



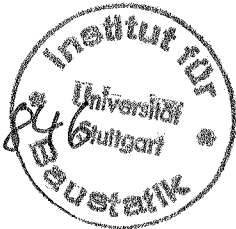
Karl Culmann (1821 - 1881)
Foto aus den wissenschaftshistorischen
Sammlungen der ETH-Bibliothek Zürich

Karl Culmann und die graphische Statik

Anhang mit umfangreichen Culmann-Texten

Bertram Maurer

Bw. Nr. 3846



2
23.12.98

Bericht Nr. 26 (1998)

Institut für Baustatik der Universität Stuttgart
Professor Dr.-Ing. E. Ramm

Berlin · Diepholz · Stuttgart 1998

Verlag für Geschichte
der Naturwissenschaft und der Technik

Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Maurer, Bertram:

Karl Culmann und die graphische Statik. Anhang mit umfangreichen Culmann-Texten. Bertram

Maurer. - Diepholz : Verl. für Geschichte der Naturwiss. und Technik, 1998

(Institut für Baustatik <Stuttgart> : Bericht ; Nr. 26)

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1997

ISBN 3-928186-41-8

D 93 (Universität Stuttgart)

ISBN 3-928186-41-8

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

Inhalt	vii
Zusammenfassung	xii
Vorwort Prof. Ramm	xiii
Vorwort	xv
Einleitung	1
1 Karl Culmanns Leben	5
1.1 Die Familie	5
1.1.1 Der Großvater: Philipp Friedrich Culmann	6
1.1.2 Die Eltern: Karl Wilhelm Culmann (1793 - 1844) und Karoline Emilie geb. Böll (*1796)	8
1.1.3 Der Onkel in Metz: Friedrich Jakob Culmann (1787 - 1849) ..	9
1.1.4 Die Geschwister	10
1.2 Karl Culmann	10
1.2.1 Karl oder Carl	11
1.2.2 Die biographischen Quellen	12
1.3 Schulzeit	14
1.4 Studium am Polytechnicum in Karlsruhe	17
1.4.1 Lodomus und Kayser	19
1.5 1841-1855 Staatsbaudienst bei der bayerischen Eisenbahn	24
1.5.1 Schnürlein	26
1.5.2 Friedrich August Pauli und die »Ludwigs Südnordbahn« ...	27
1.6 Reisen nach England und USA	37
1.6.1 Antrag auf Beurlaubung und Reisestipendium.	38
1.6.2 England	40
1.6.3 Vereinigte Staaten von Amerika	40
1.7 Reisebericht	41
1.7.1 Fachwerktheorie	46
1.7.2 Exkurs: Pauli-Brücken	50
1.7.3 Elektrizitätslehre	55
1.7.4 Technische Reisenotizen	58
1.8 Zurück in Bayern	65
1.9 Polytechnikum Zürich	66
1.9.1 Familie	70
1.9.2 Professor am Eidgenössischen Polytechnikum	70
1.9.3 Culmann als Lehrer	71
1.9.4 Die Gutachtertätigkeit	76

1.9.5	Berufung nach München	79
1.9.6	Schweizer Staatsangehörigkeit	84
1.9.7	Ehrungen	85
1.9.8	»Ich habe ein schönes Leben gehabt.«	86
1.10	Spätere Würdigungen	89
1.11	Persönlichkeit	91
2	Vorgeschichte der graphischen Statik	96
2.1	Statik	96
2.1.1	Das Parallelogramm der Kräfte	96
2.1.2	Varignon	99
2.1.3	Seil- und Kraftpolygon	103
2.1.4	Die ersten graphischen Verfahren: Lamé, Clapeyron und Poncelet	106
2.1.5	Gewölbe und Erddruck	107
2.1.5.1	Gewölbe	107
2.1.5.2	Erddruck	110
2.2	Von der Konstruktion zum Zeichnen	113
2.2.1	Gedankenkonstruktionen	113
2.2.2	Praktische Mathematik	115
2.2.3	Konstruktion mit Zirkel und Lineal und mit dem Zirkel allein	116
2.2.4	Tullas graphische Näherungsmethode	118
2.3	Vom Zeichnen zur projektiven Geometrie	122
2.3.1	Darstellende Geometrie	122
2.3.2	Projektive Geometrie	123
2.3.3	Das Verschwinden des Graphischen	124
2.3.4	Methodenreinheit	125
2.3.5	Methodenreinheit als pädagogisches Programm	127
2.4	Culmanns graphische Vorarbeiten	132
3	Die Frühgeschichte der graphischen Statik	141
3.1	Vom Reisrechnen zur graphischen Statik	141
3.2	Reuleaux »Vorabdruck« der Culmannschen Methoden	145
3.3	Graphisches Rechnen von Cousinery	149
3.4	Die graphische Statik des Jahres 1864	151
3.5	Die Kräfte- und Seilpolygon-Methode	154
3.5.1	Projektive Geometrie und Dualität	155
3.5.2	»Die Integrationsmaschine«	161
3.5.3	Reuleauxs Vorabdruck	166
3.6	Schwerpunkte	169

3.7	Trägheitsmomente	169
3.8	Der 1866er Teil der <i>Graphischen Statik</i>	171
3.9	Culmann-Gerade	172
3.10	Der »versenkte Nibelungenschatz«	173
3.10.1	Josef Schlesinger	175
3.10.2	Karl von Ott	178
3.10.3	Bauschinger	180
3.11	Der »natürliche Beweis« für die graphische Statik	181
3.11.1	Die Sichtbarkeit der Knochen-Statik	181
3.12	Resonanz in Italien	186
3.13	Culmanns Weg zur zweiten Auflage der graphischen Statik	188
3.14	Die zweite Auflage der graphischen Statik	190
3.14.1	Die Intensionen	190
3.14.2	Rechenschieber	192
3.15	Die Vollendung der zweiten Auflage durch Wilhelm Ritter	195
3.16	Kanonisierung	197
4	Das graphische Rechnen	198
4.1	Das Sammelsurium	198
4.2	Graphische Integration	200
4.3	Numerische Mathematik	203
5	Prinzipien der graphischen Statik	205
5.1	Zeichnen als Sprache des Ingenieurs	205
5.2	Einfach, schnell und anschaulich	206
5.2.1	Schnelligkeit	208
5.2.2	Genauigkeit	208
5.2.3	Einfachheit und Elementarisierung	210
5.2.4	Elementarisierung als Parole	211
5.3	Visualisierung (Versinnlichung)	215
5.3.1	Verstehen heißt Sehen	215
5.3.2	Planimeter: Ein Prinzip soll sichtbar werden	219
5.3.2.1	Kurze Frühgeschichte des Planimeters	219
5.3.2.2	Polarplanimeter	221
5.3.2.3	Culmanns erste Planimeter-Theorie	226
5.3.2.4	Culmanns anschauliche Planimeter-Theorie	227
5.3.3	Ausweitung der Anwendung des Planimeters	231
6	Die Ausbreitung der graphischen Statik	232
6.1	Die graphische Statik in den Ingenieurbüros	232

6.2	Graphische Statik an deutschsprachigen Technischen Hochschulen	237
6.3	Deutschsprachige Universitäten	240
6.4	Französische Schweiz	240
6.5	Italien	240
6.6	Frankreich	241
6.7	Großbritannien	244
6.8	Amerika	248
6.9	Weitere Länder	251

Anhang

A	Dokumente aus den Archiven	253
A.1	Studium in Karlsruhe	253
A.1.a	Vorlesungen, die Culmann in Karlsruhe besuchte	253
A.1.b	Jahresberichte über Culmanns Studien in Karlsruhe	254
A.2	Beim bayerischen Eisenbahnbau	257
A.2.a	Karl Culmanns Bewerbung für den bayerischen Staatsbaudienst	257
A.2.b	Fragebogen bei der Aufnahmeprüfung zum bayerischen Staatsbaudienst	258
A.2.c	Culmanns Tätigkeitsbericht für die Jahren 1842 bis 1846 ...	259
A.2.d	Culmanns Tätigkeitsbericht für das Jahr 1847	265
A.2.e	Culmanns Tätigkeitsbericht für das Jahr 1848	267
A.2.f	Culmanns Reiseantrag und Paulis Empfehlungsschreiben ..	275
A.2.g	Übergabe von Plänen, Karten etc. an die Oberste Baubehörde nach Culmanns Rückkehr	277
A.3.	Brief Culmanns an Bauernfeind zum Schweizer Schulsystem	278
A.4.	Technische Reisebeschreibungen	285
A.4.a	England	285
A.4.b	America	312
B	Graphische Statik an deutschsprachigen Technischen Hochschulen und Universitäten	371
B.1	TH Aachen	371
B.2	Berlin	377
B.2.a	Bauakademie (1799 - 1879)	377
B.2.b	Gewerbeakademie (1821 - 1879)	377
B.2.c	TH Berlin	377
B.3	TH Braunschweig	380
B.4	TH Breslau	382

B.5	TH Brünn	383
B.6	TH Danzig	383
B.7	TH Darmstadt	384
B.8	TH Dresden	386
B.9	TH Graz	388
B.10	TH Hannover	388
B.11	TH Karlsruhe	390
B.12	TH München	391
B.13	TH Prag	393
	B.13.a Das deutsche technische Polytechnikum	393
	B.13.b Die tschechische technische Hochschule	395
B.14	TH Riga	396
B.15	TH Stuttgart	396
B.16	TH Wien	399
B.17	ETH Zürich	402
B.18	Deutschsprachige Universitäten	405
C	Kurzbiographien von Akteuren der graphischen Statik	407
D	Quellenangaben	435
	D.1 Verzeichnis der Abkürzungen	435
	D.2 Verwendete Archiv-Quellen	436
	D.3 Verzeichnis der Culmannschriften	446
	D.4 Vorlesungen, die Culmann in Zürich gehalten hat	450
	D.5 Literaturverzeichnis	465
	D.5.a Lehrbücher zur graphischen Statik in chronologischer Ordnung	465
	D.5.b Nachschlagewerke, Vorlesungsverzeichnisse und Schriften zu den Kurzbiographien	473
	D.5.c Quellen und Sekundärliteratur	481
	Sach- und Personen-Register	535

Zusammenfassung

Karl Culmann (1821 - 1881) ist einer der bedeutendsten Ingenieurwissenschaftler des 19. Jahrhunderts. Er hat wesentliche Beiträge zur Verwissenschaftlichung des Ingenieurwesens geleistet.

Er ging dabei davon aus, daß »das Zeichnen die Sprache des Ingenieurs« ist; der Inbegriff von Wissenschaft war für ihn die Mathematik, daher entwickelte er auf der Basis der projektiven Geometrie Poncelets die *Graphische Statik*. Sie sollte die Grundlagendisziplin sein, auf die sich die ingenieurwissenschaftlichen Untersuchungen stützen sollten.

Die graphische Statik ist heute nahezu unbekannt, aber bis Anfang unseres Jahrhunderts wurden an jeder Technischen Hochschule Vorlesungen zur graphischen Statik gelesen, an manchen Hochschulen gab es sogar Professuren für diese Disziplin.

Die vorliegende Arbeit enthält eine Culmann-Biographie, eine Geschichte der graphischen Statik und einen umfangreichen Anhang mit Culmann-Texten.

Für die Biographie wurden zahlreiche bisher nicht bearbeitete Quellen herangezogen, insbesondere aus seiner Zeit beim bayerischen Eisenbahnbau und von seiner England- und Amerika-Reise.

In den Kapiteln über die Geschichte der graphischen Statik werden die Wurzeln dieser Disziplin untersucht und die Entwicklung von ihren ersten Ansätzen bei Lamé und Clapeyron bis zu Culmanns Hauptwerk, der *Graphischen Statik*, beschrieben. Es wird die rasche Ausbreitung der graphischen Statik an den Technischen Hochschulen in aller Welt verfolgt, bis dann Anfang des 20. Jahrhunderts ihre Methoden von der technischen Mechanik und der Baustatik aufgesogen wurden und die graphische Statik als eigenständige Disziplin verschwindet.

Im Anhang befinden sich über hundert Seiten bisher unveröffentlichter Culmann-Texte, darunter die Berichte aus seiner Zeit als Baupraktikant bei der bayerischen Eisenbahn, ein Gutachten über das Schulsystem im Kanton Zürich und vor allem die technischen Berichte über seine England- und Amerika-Reise.

Der Anhang enthält außerdem eine Zusammenstellung aller Vorlesungen die Culmann an der ETH Zürich gehalten hat, Kurzbiographien von Autoren der graphischen Statik, eine ausführliche Untersuchung der Stellung der graphischen Statik an deutschsprachigen Technischen Hochschulen und schließlich eine Sammlung mit etwa tausend Lehrbüchern und Originalarbeiten zur graphischen Statik.

Vorwort

Den älteren Bauingenieuren wird der Name Culmann noch aus den Vorlesungen der Technischen Mechanik bekannt sein: die Culmann-Gerade bei der Fachwerktheorie, vielleicht auch seine Arbeiten zu Kraft- und Seileck: Einige mögen sogar Culmanns vergleichende Bilder der Spannungstrajektorien von Femur-Knochen und einem Blech-Kran kennen. Culmann ist deshalb heute unter den mechanisch orientierten Biologen eher bekannt als bei den Ingenieuren. Wir alle wissen aber von der »graphischen Statik« des 19. Jahrhunderts; sie wird heute noch wegen ihrer Anschaulichkeit gelobt und ihr Verschwinden von manchen sogar bedauert. Graphische Statik heißt, daß mechanische Größen wie Kräfte oder Verschiebungen mit rein graphischen, also geometrischen Methoden bestimmt werden, sie also nicht nur zur Visualisierung analytischer Zusammenhänge dient. Meistens verbinden wir andere Namen mit der graphischen Statik, vielleicht Cremona, Ritter, Mohr, Müller-Breslau, Mörsch, und verkennen dabei, daß es Karl Culmann (1821 - 1881) - oder Carl Culmann, wie er sich selbst auch manchmal schrieb - war, der am Züricher Polytechnikum (später ETH) den Grundstein zur graphischen Statik gelegt hat.

Mit dieser Arbeit wird nun die erste Biographie über Karl Culmann vorgelegt. Wie kommt nun ein Gymnasiallehrer der Mathematik - er hatte während seiner Berufstätigkeit auch noch ein Magister-Studium der Naturwissenschaftsgeschichte und der Germanistik abgeschlossen - dazu, eine Arbeit über »Karl Culmann und die graphischen Statik« zu schreiben? Bertram Maurer hatte seit Jahren ein Interesse an historischen Zusammenhängen, hier vorwiegend seiner eigenen Disziplin, der Mathematik, an ihrem Auf und Ab über die Jahrhunderte hinweg zwischen Überwissenschaft, angewandter und reiner Lehre. Dies betrifft auch die Geometrie, hier insbesondere ihre Varianten, die darstellende und die projektive Geometrie, die gerade im 19. Jahrhundert eine Blüte erlebte. Hier stößt Bertram Maurer auf Namen wie Moge, Mascheroni, Poncelet und eben Culmann. Dieser hatte durch seine Tätigkeit bei den bayerischen Staatsbahnen einen ausgeprägten Praxisbezug, aber eben auch einen starken Hang zur Wissenschaft: Er begründete seine »Graphische Statik« mit zum Teil abstrakten Begriffen der projektiven Geometrie, Anlaß für Vorwürfe, die ihm später von vielen eher anwendungsorientierten Kollegen, z. B. Otto Mohr, gemacht werden.

Bertram Maurer hat nicht nur das Leben einer bedeutenden Persönlichkeit aufgearbeitet; es ging ihm auch und vorwiegend um die Einordnung des Lebenswerkes von Karl Culmann, der »Graphischen Statik«, in den Kontext der damaligen Wissenschaften und um den Bezug zur Anwendungspraxis. Die Arbeit ist keine Tatsachenbeschreibung, sie hat glücklicherweise eine deutliche persönliche Aussage und wird dadurch besonders spannend. Ihre »Message« hat auch heute noch oder wieder Bedeutung. Die Statik ging durch eine sehr analytische Phase, das Verlangen nach mehr Synthese, nach dem Verstehen und Visualisieren des Ganzen wird laut; die modernen Computerverfahren bieten hierzu erstaunliche Möglichkeiten.

Die Fakultät für Bau- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart hat die Arbeit als Dissertation angenommen und Bertram Maurer im Dezember 1997 zum Dr.-Ing. promoviert. Ich möchte dem Autor für diese ausgezeichnete Aufarbeitung eines so wichtigen Themas unserer Disziplin danken.

Stuttgart, im September 1998

Professor Dr.-Ing. Ekkehard Ramm
Institut für Baustatik
Universität Stuttgart

Vorwort

Es springt ins Auge, daß ich zur Beschaffung der Quellen für diese Arbeit die Unterstützung von etlichen Bibliotheken und Archiven in Anspruch genommen habe. Den Mitarbeitern der folgenden Einrichtungen danke ich für die freundliche und sachkundige Unterstützung:

Wissenschaftshistorische Sammlungen der ETH-Bibliothek Zürich, Stadtarchiv Zürich, Baugeschichtliches Archiv des Hochbauamtes Zürich, Staatsarchiv des Kantons Zürich, Archives de la Ville de Lausanne, Stadtarchiv Hof, Stadtarchiv Bad Bergzabern und Günter Volz, Landesarchiv Kaiserslautern, Badisches Generallandesarchiv Karlsruhe, Archiv der Universitätsbibliothek Karlsruhe, Archiv der Universitätsbibliothek Stuttgart, Archiv der Technischen Universität Wien, Bayerisches Hauptstaatsarchiv München, Württembergische Landesbibliothek Stuttgart, Badische Landesbibliothek Karlsruhe, Universitätsbibliothek Tübingen, Universitätsbibliothek Stuttgart.

Das Literaturverzeichnis zeigt, daß ich eine größere Zahl von Büchern und Zeitschriften-Bänden durchgesehen habe. Bevor ich sie in die Hand bekam, mußten sie zuerst in einem Bibliotheksmagazin ausfindig gemacht und herangeschafft werden. Die Hauptlast dieser Mühen haben die Mitarbeiter der ETH-Bibliothek in Zürich auf dem Höggerberg und die der Universitätsbibliothek Stuttgart getragen, nicht nur klaglos, sondern freundlich und hilfsbereit. Dafür möchte ich mich ganz herzlich bedanken.

Besondere Erlebnisse waren die Besuche bei den Wissenschaftshistorischen Sammlungen der ETH-Bibliothek in Zürich. Der damalige Leiter, Dr. Beat Glaus, hat mir nicht nur großzügig weit über die üblichen Öffnungszeiten hinaus Zugang zu den Archivalien gewährt, sondern mir auch viele Hinweise gegeben. Trotz zahlreicher Versuche, ist es mir nicht gelungen, ihm eine Frage zu stellen, zu der er mir nicht nach längstens 10 Minuten zumindest eine Quelle für die Antwort präsentieren konnte.

Diese Arbeit ist nicht gerade typisch für Dissertationen, wie sie an einem Institut für Baustatik eingereicht werden. Umso größer ist meine Dankbarkeit für die aufgeschlossene und freundliche Art, in der Professor Ekkehard Ramm und die Fakultät für Bauingenieurwesen mein Elaborat aufgenommen haben. Eine Arbeit über Culmann und die graphische Statik ist sicherlich nirgends besser aufgehoben als bei den Baustatikern, dennoch hätte ich nicht von mir aus die Kühnheit besessen, sie dort vorzulegen. Doch deutete Herr Ramm bereits beim ersten Gespräch, das auf Vermittlung von Herrn Professor Kirchgässner und Frau Professor Reich von der Mathematischen Fakultät zustande kam, an, daß ich die Arbeit möglicherweise bei ihm machen könne, und verblüffte mich mit der Frage, was er für mich tun könne, statt mir seine Anforderungen an eine Dissertation zu erläutern. Wo ich Unterstützung benötigte, erhielt ich sie prompt und perfekt.

Last but not least nenne ich Frau Professor Karin Reich, Universität Hamburg. Auf ihre Anregung hin habe ich diese Arbeit überhaupt in Angriff genommen.

Sie sorgte auch dafür, daß ich an diversen naturwissenschafts- und technikhistorischen Instituten über meine Arbeit vortragen konnte. Ohne ihre Ermutigung wäre sie nicht zu Ende gekommen. Die Wissenschaft wäre sicherlich darüber hinweg gekommen, aber rückblickend würde ich es doch bedauern.

Bertram Maurer

Einleitung

Ein wichtiger Motor für die technische und wissenschaftliche Entwicklung im 19. Jahrhundert war der Eisenbahnbau. Er stellte Mechaniker und Baumeister vor quantitativ und qualitativ neue Aufgaben. Die Anforderungen an den Bau von Eisenbahnlinien waren wesentlich höher als an den Straßenbau: Krümmung und Steigung der Strecken mußten innerhalb enger Grenzen bleiben, dadurch waren zahlreiche Damm- und Brückenbauten erforderlich. Hinzu kamen die großen Hallen, die für Bahnhöfe, Remisen und Ausbesserungswerke errichtet werden mußten. Noch größer war die Herausforderung des Maschinenbaus durch den Lokomotivenbau. Die gestiegenen Anforderungen beschleunigten den Aufbau der Polytechnika, den späteren Technischen Hochschulen, und förderten die Tendenz zur Verwissenschaftlichung des Ingenieurwesens.

Sowohl der Maschinenbau als auch das Ingenieurwesen begannen um die Jahrhundertmitte als eigenständige wissenschaftliche Disziplinen Kontur zu gewinnen. Dabei diente zunächst das mathematisch-naturwissenschaftliche Methodenideal als Vorbild. Grashof, Reuleaux und Culmann waren wichtige Protagonisten dieser Richtung.

Die mathematischen Methoden hatten hierbei eine durchaus doppelte Aufgabe: Zum einen hatten die beteiligten Wissenschaftler hohe Erwartungen in das Lösungspotential der mathematischen Methoden, zum anderen sollte das mathematische Gerüst auch für den Nimbus der Wissenschaftlichkeit sorgen. Die Polytechnika bzw. Technischen Hochschulen standen im Wettbewerb mit den Universitäten und strebten die Gleichstellung mit ihnen an.

Ab den 1870er Jahren traten die spezifisch ingenieurwissenschaftlichen Methoden in den Vordergrund, die sich aus den Material- und Festigkeitsuntersuchungen in den Ingenieurlaboratorien entwickelt hatten. Zu den führenden Männern zählten hier Carl von Bach in Stuttgart und Johann Bauschinger in München. Ende des Jahrhunderts hatte sich das Selbstbewußtsein der Ingenieurwissenschaftler durch die technischen Erfolge so gestärkt, daß an die Stelle der Imitation der Universitäten die Betonung der Eigenständigkeit trat.

Karl Culmann gehört zu den Ingenieurgestalten der frühen Phase, die von Eisenbahn- und Eisenbau geprägt waren, zudem kam er wie manch anderer Ingenieurwissenschaftler vom Eisenbahnbau. Als Begründer der Graphischen Statik hat er eine Disziplin eingeführt, die höchste wissenschaftliche Ansprüche stellte und große praktische Erfolge aufwies.

Sein Epoche machendes Werk, die *Graphische Statik* aus den Jahren 1864 bis 1866 bzw. die zweite Auflage des allgemeinen Teils aus dem Jahre 1875 trugen ihm den Ruf eines mathematisch geprägten Theoretikers ein.

Dieses Bild beschreibt aber nur einen Aspekt seines Wirkens. Die vorliegende Arbeit versucht ein differenzierteres Bild von Culmann und seiner Lebensleistung zu zeichnen. Sehr hilfreich waren dabei die zahlreichen Nachrufe, die nach Culmanns Tod Ende 1881 und Anfang 1882 erschienen. Sie charakterisierten Culmann in vielen Facetten. Hervorzuheben sind dabei drei Broschü-

ren aus dem Jahre 1882. Sie enthalten biographische Skizzen von Culmanns Leben und würdigen sein wissenschaftliches Werk. Wie es sich für einen Schweizer geziemt - Culmann nahm 1868 die Schweizer Staatsbürgerschaft an - sind sie in den drei Schweizer Landessprachen verfaßt. Die deutsche und die französische Fassung stammen von Culmann-Schülern: die deutsche von Ludwig Tetmajer, der später einen Teil des Culmann-Lehrstuhls übernahm, und die französische von Jean Meyer, dem langjährigen Präsidenten der *Gesellschaft der ehemaligen Polytechniker* (GEP); die italienische Version wurde von Antonio Favaro verfaßt. Die drei Autoren hatten langjährige persönliche Kontakte zu Culmann, ihre Schriften gehen weit über die üblichen Nekrologe hinaus und sind daher wichtige Quellen. Die drei Schriften haben unterschiedliche Schwerpunkte und ergänzen sich daher. Das Verzeichnis der Culmann-Werke von Tetmajer konnte ich nur um wenige Titel und einige Vorträge ergänzen, wobei auch mein Verzeichnis (Anhang D 3) unvollständig bleibt.

Leider sind die meisten privaten Culmann-Briefe verloren. Dagegen ist erfreulicherweise die Culmann-Akte bei der Obersten Baubehörde in München aus seiner Zeit bei der bayerischen Eisenbahn weitgehend erhalten, insbesondere befinden sich dort die Jahresberichte, die Culmann während seiner Dienstzeit verfassen mußte. Sie scheinen mir interessant und reizvoll genug, um sie im Anhang (A 2) abzdrukken. Auf Grund dieser Akten läßt sich seine damalige Tätigkeit sehr genau rekonstruieren und Verbindungen zu seinen späteren Arbeiten ziehen.

Die wissenschaftliche Karriere Culmanns begann mit einer Weltreise. Er bereiste Europa und Amerika, um seine technische Ausbildung abzurunden. Teile seines Reiseberichts wurden 1851 und 1852 in der *Allgemeinen Bauzeitung* abgedruckt und erregten in Fachkreisen vor allem durch die darin enthaltene Fachwerktheorie große Aufmerksamkeit.

In der wissenschaftshistorischen Sammlung der ETH-Bibliothek in Zürich befinden sich unter einer ganzen Reihe weiterer Manuskripte von Culmann auch die technischen Notizen (Anhang A 4), die Culmann auf seiner technischen Weltreise angefertigt hatte. Die beiden genannten Artikel sind Ausarbeitungen von Teilen dieser Notizen. Daneben existieren noch zwei weitere Bearbeitungen der Notizen, die *Technischen Reisebeschreibungen England und America*. Sie sind bislang unveröffentlicht und ebenfalls im Anhang (A.4.a und A.4.b) abgedruckt. Sie zeigen vor allem die weitgespannten Interessen Culmanns, der sich in seinen Notizen mit dem Maschinenbau ebenso intensiv befaßte wie mit dem Brückenbau, mit dem Schwarzfahren ebenso wie mit der Sklaverei. Sie zeigen vor allem aber etwas von seiner Persönlichkeit, seiner Sehweise und seiner Art zu denken.

Die Fachwerktheorie in der *Allgemeinen Bauzeitung* war verantwortlich für seine Berufung an das Züricher Polytechnikum, dem er mehr als 25 Jahre, bis zu seinem Tod treu blieb. Zur einen Seite seiner Tätigkeit in Zürich gehörten die theoretischen Untersuchungen, die ihn zur graphischen Statik führten, den Großteil seiner Zeit nahm aber seine Lehrtätigkeit, die Betreuung seiner Studenten und die Anfertigung von Gutachten in Anspruch. Dieser Teil seiner Arbeit zeigt Culmann als einen sehr praxisnahen Mann. Auch hierzu bietet die

ETH-Bibliothek reichhaltiges Quellenmaterial, vor allem Vorlesungsmitschriften und Zeichnungen von Culmann-Schülern, sowie eine Reihe gedruckter Gutachten.

Mit Culmann wird damit ein herausragender Ingenieur der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vorgestellt, bei dem gerade das Spannungsverhältnis zwischen Theorie und Praxis sichtbar wird und der die Verbindung zwischen Ingenieurwissenschaftlicher Entwicklung und dem Eisenbahnbau illustriert. Es sei dahingestellt, inwieweit Culmann exemplarisch ist für die damalige Ingenieurgeneration. Mit Culmanns Leben befaßt sich das 1. Kapitel meiner Arbeit. Zum wissenschaftlichen Hauptwerk von Culmann, der *Graphischen Statik*, gibt es seit 1989 von mathematikhistorischer Seite eine brillante Studie. Erhard Scholz hat die Rolle der Dualität für die graphische Statik in den verschiedenen Ausprägungen von Maxwell, Culmann und Cremona analysiert. Außerdem sind in den letzten Jahren einige Artikel zu Culmann und der graphischen Statik erschienen, vor allem in den *Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften* des Jahres 1995 mit Artikeln von Kurrer, Kahlow und Benvenuto. 1996 fand in Genua ein Kongreß zum Thema statt, zu dem ein Tagungsband erscheinen soll. Zudem wird die graphische Statik in jeder Geschichte des Bauingenieurwesens oder der Baustatik behandelt. Ich nenne nur Benvenuto [1991], Charlton [1982] und Straub [1992].

Was für die Culmann-Biographie gilt, trifft auch für die Geschichte der graphischen Methoden zu, auch hier wurde bereits von den Zeitgenossen Culmanns viel historische Arbeit geleistet. Kaum zehn Jahre nachdem Culmann die neue Disziplin eingeführt hatte, erschienen zwei umfangreiche Übersichtsartikel, die auch die Vorgeschichte des neuen Faches untersuchten: der eine von dem bereits erwähnten Antonio Favaro [1873 Grafica] und der zweite von dem Culmann-Schüler Jacob J. Weyrauch [1874 Gr. Stat.]. Moritz Rühlmann gab 1885 in seinen *Vorträgen über Geschichte der technischen Mechanik* einen vorzüglichen Überblick über die Frühgeschichte der graphischen Statik und in zahlreichen Originalarbeiten finden sich historische Anmerkungen, so etwa in den Büchern von Müller-Breslau und Otto Mohr, allerdings kann man deren historische Zuschreibung nicht immer für bare Münze nehmen. Eine Fundgrube ist auch der Enzyklopädie-Artikel von Henneberg [1903].

Mitte der 1870er Jahre befand sich die graphische Statik auf dem Höhepunkt ihres Ansehens. Im Jahre 1874 befaßten sich z. B. in der Zeitschrift *Civilingenieur* etwa 20 % des Bandes mit graphischen Methoden. In diesen Jahren entstanden auch Versuche zu einer graphischen Dynamik, einer graphischen Maschinenlehre, ja sogar einer graphischen Ballistik. Das 2. und 3. Kapitel meiner Arbeit stellt die Entwicklung der graphischen Statik vom Kräfteparallelogramm bei Stevin bis zu ihrer Kanonisierung dar, das 4. Kapitel beschreibt die Entwicklung des graphischen Rechnens.

Im 5. Kapitel habe ich versucht, Prinzipien herauszuarbeiten, die für Culmanns graphische Statik bestimmend waren. Von besonderer Bedeutung scheint mir dabei sein Bemühen um Anschaulichkeit, oder genauer, um Visualisierung der Sachverhalte. An verschiedenen Beispielen, vor allem aber an seiner Planimetertheorie, versuche ich zu zeigen, daß für Culmann Verstehen im Idealfall mit

sinnlicher Vorstellung verbunden ist.

Das 6. Kapitel unterzieht sich der mühsamen und nicht allzu dankbaren Arbeit, das Eindringen der graphischen Statik in die Lehrangebote der Hochschulen und Universitäten in Europa und Amerika zu verfolgen. Diese Untersuchung bleibt notwendigerweise unvollständig. Genaueres Studium verdient vor allem die Verbreitung der graphischen Statik in Italien. Nur dort wurde sie in Culmannschem Sinne behandelt. Das war in erster Linie Cremonas Verdienst, aber auch das von Favaro. Bemerkenswert sind die engen Kontakte zwischen Italien und Deutschland. Zahlreiche italienische Autoren veröffentlichten auch in deutschen Zeitschriften, deutsche Lehrbücher wurden ins Italienische übersetzt und zumindest Antonio Favaro kannte sich in der deutschsprachigen Literatur zur graphischen Statik besser aus als viele deutsche Autoren.

Wenn man die Person Culmanns und sein Werk auf einen Begriff bringen will, dann könnte dies der Begriff der Kommunikation sein. Culmann wird einhellig als freundliche und liebenswürdige Persönlichkeit geschildert, daran ändern auch seine zum Teil recht harschen Urteile über Kollegen nichts oder seine hohen Ansprüche an seine Studenten und seine schwer verständlichen Vorlesungen. Ich kann mir diesen Widerspruch nur so erklären, daß Culmann durch sein persönliches Auftreten diese Defizite immer ausgleichen konnte.

Auch seine wissenschaftliche Arbeit zeichnete sich durch das Verbindende aus, er führte Mathematik und Technik zusammen, bemühte sich um die Verbindung von Theorie und Praxis, plädierte für enge Kontakte zwischen Technischen Hochschulen und Universitäten und nicht zuletzt ist seine graphische Statik aus werbepsychologischer Sicht eine kommunikative Meisterleistung. Die Verknüpfung der graphischen Methoden mit der damals modernen, sich dynamisch entwickelnden projektiven Geometrie war die Voraussetzung, daß sich die graphische Statik eine gewisse Zeit als selbständige Disziplin in Szene setzen konnte. Für Culmann waren solche PR-Überlegungen natürlich kein Motiv dafür, die projektive Geometrie als Referenzdisziplin zu benutzen. Ihn leitete seine Liebe zur Mathematik, das daraus gespeiste Vertrauen in ihre analytische Kraft und das Potential der Geometrie, statische Zusammenhänge sichtbar zu machen.

Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts war im deutschsprachigen Raum die graphische Statik als selbständige Disziplin allgemein anerkannt, während sie doch eigentlich immer nur eine Sammlung von wenig miteinander verbundenen Methoden war. Beim graphischen Rechnen, das Culmann zur graphischen Statik zählte, wurde dieser Charakter eines Sammelsuriums schon recht bald deutlich. Es ist natürlich reine Spekulation, aber vermutlich hätten sich die graphischen Methoden ohne den projektiven Überbau nicht als eigenständiges Gebiet profilieren können, sondern wären von Anfang an ein Teil der Baustatik bzw. der technischen Methoden geblieben. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde die graphische Statik dann endgültig von diesen Fächern aufgesogen.

1 Karl Culmanns Leben

1.1 Die Familie

Karl Culmann ist in Bergzabern (heute Bad Bergzabern) in der Rheinpfalz geboren. Fragt man im dortigen Stadtarchiv nach Culmann, wird man zunächst um Präzisierung gebeten. Die Stadt hat eine ganze Reihe bedeutender Culmänner hervorgebracht. Die Familie Culmann war sich auch durchaus Ihrer Bedeutung bewußt und einer der ihren, Pfarrer Culmann aus Bischweiler, hat einen Stammbaum der Familie erarbeitet. Emilie Gummi, die Tochter von Ludwig Johann Culmann, einem Onkel von Karl, hat diesen Stammbaum erweitert.¹⁾

In der Mehrzahl hat die Familie Pfarrer und später vor allem Juristen hervorgebracht, aber es finden sich auch einige Ingenieure, Ärzte, Lehrer und Förster unter den Nachkommen. Auch belletristische Ambitionen kommen vor, Emilie Gummi bedichtete ihre Vorfahren.

»Es floh der Schlummer die müden Glieder,
Die Zeit schien endlos mir, bis es getagt,
Da dacht´ ich Eurer, wie Ihr oft und wieder
Nach Eures Hauses Chronik habt gefragt.
Im Nebelschein nur winken die Gestalten,
Die daseinsfrisch sich einst, gleich Euch, erjagt
In dieses Lebens wechselvollem Walten
Manch Erdenglück und auch so manches Leid.
Und in der nächst´gen Stunde wiederhallten
Der Töchter Worte: Jetzt ich war bereit,
Ich altes Reis an dem noch ältern Baume,
Hinabzusteigen in den Strom der Zeit,
Und aus Geröll und Schutt, manch eitlen Schaume,
zu wecken, was des Auferstehens werth.
Gern wiegt´ ich mich im Neubelebungstraume,
Und wollt´ in Worten, wie sie Prosa lehrt,
Fern von der Gegenwart und ihrem Sinnen,
Euch führen hin an Eurer Väter Herd.«²⁾

Doch von vorn:

Die Namen Culmann, Kullmann, Cuoleman, Culman und ähnliche sind spätestens ab 1300 im Rhein-Main-Gebiet eine beliebte und häufige Koseform zu Kunrad, Cuonrat, so lesen wir im Deutschen Namenslexikon von Hans Bahlow.³⁾ Insbesondere in der Pfalz finden sich einige Familien, so in Speyer und Zweibrücken.

¹⁾ E. Gummi (geb. Culmann): Chronik der Bergzaberner Linie der Familie Culmann. Dem von Pfarrer Culmann aus Bischweiler aufgestellten Stammbaum der Familie Culmann entnommen und ergänzt durch Emilie Gummi, geb. Culmann. Straßburg 1898

²⁾ E. Gummi [1897], S. 3

³⁾ Hans Bahlow: Deutsches Namenslexikon. München 1967. Taschenbuchausgabe Frankfurt 1972, S. 302. Zitiert nach Kuby [1993], S. 37

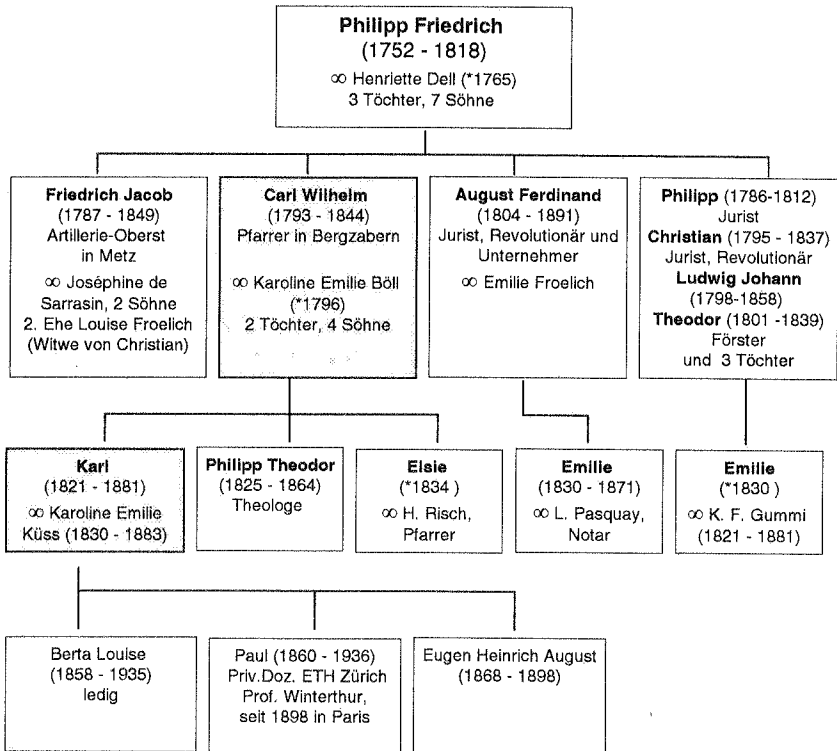


Abb. 1 Auszug aus dem Stammbaum⁴⁾ der Bergzaberner Linie der Familie Culmann

1.1.1 Der Großvater: Philipp Friedrich Culmann

Die Bergzaberner Linie der Familie beginnt mit Philipp Friedrich Culmann⁵⁾, dem Großvater von Karl. Er wurde 1752 in Altenglan, bei Neuenkirchen in der Pfalz als Pfarrerssohn geboren. Seine Mutter war eine Kaufmannstochter aus Kusel. Nachdem er das Gymnasium Bipontinum in Zweibrücken besucht hatte, wurde Philipp Friedrich 1770 an der Universität Göttingen für Theologie⁶⁾ eingeschrieben. Später studierten auch zwei seiner Brüder⁷⁾ in Göttingen. 1773 wurde er in Kusel ordiniert und kam nach einigen anderen Stationen als Vikar nach Bergzabern. Dort lernte er Henriette Margarete Dell kennen, die er 1783 heiratete. Ihre Mutter stammte aus einer Hugenottenfamilie, die von Nîmes ins Zweibrückische eingewandert war⁸⁾.

⁴⁾ Volz [1993], Gummi, Brief vom Stadtarchiv Zürich vom 24. 12. 1981

⁵⁾ Die folgenden biographischen Informationen über Philipp Friedrich Culmann stützen sich auf Volz [1993], S. 45-56

⁶⁾ Matrikel-Nr. 8483, Selle [1937], S. 183

⁷⁾ Johann Christian, Matrikel-Nr. 9982, 1774, Theologie, Selle [1937], S. 212
Friedrich Jakob Matrikel-Nr. 10852, 1777, Jura, Selle [1937], S. 229

⁸⁾ Gummi [1898], S. 5

Während der französischen Revolution zeigte Philipp Friedrich Culmann großes politisches Geschick. Die Forderungen der französischen Revolution fanden in der Südpfalz beträchtliche Resonanz. In vielen Städten nahmen sich die Bürger die Revolutionäre zum Vorbild und erhoben sich selbst gegen ihre Obrigkeit. Außerdem verlief die Front in den Revolutionskriegen immer wieder durch die Pfalz. Philipp Friedrich Culmann beteiligte sich zwar nicht an den Auseinandersetzungen, bezeugte aber seine Sympathie für die Revolution, indem er für die Verringerung des Einflusses der Landesherrschaft auf die Kirche eintrat.

Seit 1781 war er Pfarrer in Annweiler und wurde 1793 zum ersten Pfarrer der Bergzaberner Reformierten gewählt. Ehe ihn die Regierung ernennen konnte, wurde Bergzabern an die Französische Republik angeschlossen, die Kirchen geschlossen und die Pfarrer ihres Amtes enthoben. Dennoch wurde Philipp Friedrich als Bürger aufgenommen, da Beweise für seine revolutionäre Gesinnung vorlagen. Die Bergzaberner Munizipalität bescheinigte ihm, er suche als Redner in dem Tempel des Höchsten Wesens und in den Jakobiner Klubs Patriotismus und Republikanersinn mit Licht und Wärme zu pflanzen.

Um so verblüffter war vermutlich mancher Jakobiner, als Philipp Friedrich nach dem Sturz Robespierres wieder den Talar anzog und auf die Kanzel stieg. Er selbst sah darin keinen Widerspruch.

Nach der Niederlage Napoleons 1814 sollte Bergzabern zunächst bei Frankreich bleiben. Einige Honoratioren - unter ihnen auch Philipp Friedrich Culmann - hatten bereits eine Ergebnheitsadresse an Ludwig XVIII, den neuen französischen König, verfaßt, im 2. Pariser Frieden im Jahre 1815 kam die Südpfalz dann aber zunächst unter provisorische, österreichisch-bayerische Verwaltung und fiel schließlich 1816 an Bayern. Von 1816 bis zur Gründung des Bundeslandes Rheinland Pfalz im Jahre 1946 gehörte die Rheinpfalz mit Bergzabern zu Bayern.

Philipp Friedrich Culmann starb 1818. Der Bergzaberner Historiker Georg Weber schrieb in seinen Erinnerungen:

»Als [...] der reformierte Pfarrer Culmann, der lange Jahre in Leid und Freud' zu der Gemeinde in Bergzabern gestanden [...] hatte, aus dem Leben schied, folgte Alt und Jung seinem Begräbnis, ein Leichenkondukt, wie ihn Bergzabern noch nie gesehen hatte.«⁹⁾

Aus seiner Ehe mit Henriette Margarete gingen drei Töchter und sieben Söhne hervor.

Im Blick auf die Amerika-Reise Karl Culmanns sei noch erwähnt, daß nach dem Stammbaum von Gummi-Culmann fünf der Enkel von Philipp Friedrich nach Amerika auswanderten, was aber damals in der Rheinpfalz keineswegs ungewöhnlich war.

Von den sieben Söhnen interessieren uns **Carl Wilhelm** als Vater von Karl und sein Onkel **Friedrich Jacob**, der Artillerie-Oberst in Metz, der Karls Ingenieurlaufbahn einleitete.

In der allgemeine Geschichte, insbesondere der Regionalgeschichte, gilt **Au-**

⁹⁾ Zitiert nach Volz [1993], S. 56

gust Ferdinand (1804 - 1891) die größte Beachtung¹⁰⁾. Als Anwalt, Abgeordneter, Revolutionär und Unternehmer ist er sicherlich eine der farbigsten Personen der Culmann-Familie. Er studierte in Göttingen¹¹⁾ und Würzburg Jura und wurde Anwalt. Das liberale Gedankengut wird er wohl im Zweibrücker Gymnasium Bipontinum aufgenommen haben, von den besten zehn seines Abiturjahrganges waren sieben einige Jahre später im Vormärz engagiert¹²⁾. 1833 verteidigte er zusammen mit seinem Bruder Christian die Organisatoren des Hambacher Festes. Im November 1848 wurde er Abgeordneter der deutschen Nationalversammlung. Nach dem Sieg der Reaktion - mit Unterstützung preußischer Truppen - wurde er zum Tode verurteilt, konnte sich aber durch die Flucht nach Frankreich der Vollstreckung entziehen. 1861 erhielt er die französische Staatsangehörigkeit. Erst 1865, nach der Generalamnestie, konnte er ungehindert nach Bayern zurückkehren.¹³⁾

Schon vor der Revolution hatte er Kontakte zu Bergwerksgesellschaften. Von Forbach in Lothringen aus baute er diese Kontakte aus und gründete 1862¹⁴⁾ die »Frankenholzer Bergwerksgesellschaft« im Saar-Revier. August Ferdinand Culmann beteiligte sich nicht an der unmittelbaren Geschäftsführung, sorgte aber dafür, daß etliche Familienmitglieder leitende Aufgaben übernahmen. Die soziale Lage der Arbeiter war in der Culmann-Grube mindestens genau so schlecht wie in den staatlichen.¹⁵⁾

Seine Sympathie für Frankreich und seine Vorbehalte gegen Preußen blieben bis zum Tode im Jahre 1891 ungebrochen, so daß er die Reichsgründung mit wenig Begeisterung verfolgte.

Von seinen drei Kindern erwähne ich nur seine Tochter Emilie. Sie heiratete den Zweibrücker Notar Ludwig Pasquay. Er begegnet uns 1868 wieder als Anwalt von Karl Culmann bei dessen Ausbürgerung aus Bergzabern.

Am Rande gestreift sei noch Karls Onkel **Ludwig Johann**, Advokat und später Bezirksrichter in Landau. Er ist der Vater von Emilie, sie hat den Familien-Stammbaum erweitert und schrieb Gedichte, Gelegenheits-Gedichte, möchte man sagen. Sie war verheiratet mit dem Bezirksamtmannt Karl Friedrich Gustav Gummi, der wie Karl Culmann von 1821 bis 1881 lebte.¹⁶⁾

1.1.2 Die Eltern: Carl Wilhelm Culmann (1793 - 1844) und Karoline Emilie geb. Böll (*1796)

Carl Wilhelm war der dritte Sohn, er wurde 1793 in Annaberg geboren. Er studierte Theologie in Straßburg und Göttingen.¹⁷⁾

¹⁰⁾ Besonders lesenswert ist der Sammelband zu August Ferdinand, Herrmann [1993], den die Siebenpfeifer-Stiftung herausgegeben hat.

¹¹⁾ Matrikel-Nr. 29638, 19. Oktober 1822, Rhein-Bayern, Jura. Selle [1937], S. 679

¹²⁾ Herrmann [1993], S. 11

¹³⁾ Herrmann [1993], S. 170

¹⁴⁾ Herrmann [1993], S. 11, S. 170 ist 1865 als Gründungsjahr angegeben

¹⁵⁾ Herrmann [1993], S. 14f, 225f

¹⁶⁾ Gummi-Culmann [1898], S. 9

¹⁷⁾ Gummi-Culmann [1898], S. 7.

Die Göttinger Matrikel notiert für den 10. April 1815 den Beginn eines Theologiestudiums von Carl Culmann aus Niederkirchen, Sohn eines evang. reformierten Pfarrers. Matrikel-Nr. 24599, Selle [1937], S. 548 und am 11. April 1818 mit Verweis auf diese Einschreibung eine erneute

Von den sieben Söhnen Philipp Friedrichs besuchten vier wie er selbst die Universität Göttingen, aber nur Carl Wilhelm studierte Theologie, die drei anderen schlugen eine juristische Laufbahn ein.

1817 trat er in den Dienst der pfälzischen Kirche¹⁸⁾, und 1819 wurde er Pfarrer in Bergzabern.

1820 heiratete er Karoline Emilie Böll, die aus einer alten Weißenburger Familie stammte. Ihr Vater war seit 1796 Präsident des Kriminalgerichts in Weißenburg. Nachdem er 1799 den Staatsstreich Napoleons verurteilt hatte, wurde er zum Amtsverzicht gezwungen.

Bölls einziger Sohn Lebrecht¹⁹⁾ studierte mit den Culmann-Söhnen in Göttingen. So wurden vermutlich die beiden Familien miteinander bekannt. Lebrecht starb zwar jung, der Kontakt zwischen Bergzabern und Weißenburg blieb aber durch die beiden Schwestern erhalten. Die jüngste Böll-Tochter, Julie, war mit dem Weißenburger Pfarrer Pfender verheiratet. Die Verbindung zwischen den Culmanns und den Pfenders trotzte der Staatsgrenze zwischen ihnen.

Carl Wilhelm kam 1842 als Pfarrer nach Speyer und starb bereits 1844²⁰⁾. Seine Witwe hatte nach Niederschlagung der 48er Revolution, in die die Culmann-Familie stark involviert war, »die Strafe mitzuleiden, welche in Gestalt einer [...] Einquartierung erfolgte.«²¹⁾ Es blieb ihr danach nichts anderes übrig, als sich recht und schlecht mit Landwirtschaft durchzuschlagen. Unterstützt wurde sie dabei durch Karl. Ihre Tochter Elsie, also Karls Schwester, hat eine Biographie ihrer Mutter verfaßt, darin berichtet sie:

»Carl war unterdessen von seiner Studienreise aus England und Amerika zurückgekehrt und hatte das alte unzugängliche Schloß pour sa petite maman so gut wie möglich zum Betrieb einer kleinen Landwirtschaft hergerichtet. [...] Nach wie vor blieb ihr praktischer Ältester ihr Ratgeber; ihre Briefe an ihn sind voll von diesbezüglichen Fragen und zeigen, wie schwer es ihr fiel, sich wieder in die Landwirtschaft hineinzufinden.«²²⁾

1.1.3 Der Onkel in Metz: Friedrich Jakob Culmann (1787 - 1849)

Friedrich Jakob war der zweite Sohn von Philipp Friedrich. Der älteste Sohn Philipp starb bereits 1812 mit 26 Jahren.

Friedrich Jakob erhielt in der *École polytechnique* in Paris seine mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung und besuchte dann eine der ingenieurwissenschaftlichen Aufbauschulen, die *École d'application d'artillerie et du génie* in Metz. Er nahm die französische Staatsbürgerschaft an und wurde 1816 *Capitaine d'artillerie* in Straßburg.²³⁾ Er galt als vorzüglicher Kenner der Geschütztechnik. 1824 übersetzte er den *Grundriss der Metallurgie und der metallurgischen Hüttenkunde. Berlin 1818* des Geheimen Oberbergrates Carl Johann Bernhard Karsten (1822 - 1853), unter dem Titel *Manuel de la Métall-*

Immatrikulation. Matrikel-Nr. 26564, Selle [1937], S. 596

¹⁸⁾ Volz [1993], S. 58

¹⁹⁾ Matrikel-Nr. 24980, Jura, Wyssenburg im Elsass, vorher Universität Straßburg, Selle [1937], S. 557

²⁰⁾ Gummi-Culmann [1898], S. 7.

²¹⁾ Risch [1898]; S. 31

²²⁾ Risch [1898]; S. 31

²³⁾ Nouveau dictionnaire de biographie alsacienne; Bd 6, S. 557

urgie du fer ins Französische.²⁴⁾ 1830 wurde er in den Generalstab der Artillerie aufgenommen und 1835 zu einer Mission nach England geschickt. Er wurde Professor an der Artillerie-Schule in Metz, an der er studiert hatte und 1840 stellvertretender Direktor des dortigen Arsenal. 1848 vertrat er das Departement Bas Rhin in der verfassungsgebenden Nationalversammlung in Paris. Er starb 1849 in Straßburg.²⁵⁾

1.1.4 Die Geschwister

Von Karl Culmanns drei Brüdern habe ich nur Informationen über Philipp Theodor (1825 - 1864) und August (*1833). Seine zwei Schwestern waren Julie (*1829) und Elsie (*1834). Elsie hat - wie erwähnt - eine Biographie ihrer Mutter verfaßt. Zusammen mit Philipp Theodor gehörte Karl zu einer der zweifellos seltenen Familien, in der zwei Brüder in der *Neuen Deutschen Biographie* gewürdigt werden.

Philipp Theodor studierte in Erlangen 1844 - 1847 Theologie. Die Theologen beeindruckten ihn nicht sonderlich, dafür umso mehr der Theosoph E. A. v. Schaden, der von Jakob Böhme und Franz Xaver Baader beeinflusst war. In theosophischem Geiste sind sowohl *Dornröschen oder das Märchen unserer Welt. Eine kosmogonische Dichtung nach Plato und Jakob Böhm* als auch sein Hauptwerk, die *Christliche Ethik*, geschrieben. Letztere erschien erst kurz vor seinem Tod und erlebte bis zum Jahre 1929 sechs Auflagen²⁶⁾. Nach der Beschreibung dieses Werkes in der *Neuen Deutschen Biographie* zu urteilen, scheint es reichlich rätselhaft zu sein:

»Culmann, der nur Schrifttheologe sein will, bringt eine eigenartige und oft faszinierende Verbindung biblisch-evangelischer, theosophisch-katholischer und philosophischer Elemente zustande.«²⁷⁾

August, Karls jüngster Bruder, studierte zunächst Theologie, wurde Vikar, studierte dann außerdem noch Medizin und ging als Arzt nach Philadelphia. Später kehrte er zurück und wurde Lehrer für neue Sprachen in Colmar.²⁸⁾

1.2 Karl Culmann

Karl kommt in den Gedichten seiner Cousine Emilie nicht vor. Sie war verheiratet mit Karl Friedrich Gummi, er war Bezirksamtmann in Landau und Berneck in Oberfranken. Er ist zwei Monate vor Karl Culmann geboren und einen Monat vor ihm gestorben. Er schrieb auch Gedichte, eines paßt gut zu Karl:

Zu einer Brückeneinweihung

»Hoch über den Wogen schwingt sich der Bogen,
 Wölbt sich das Thor,
 Der Bau ist errichtet, mächtig geschichtet
 Erz und Gestein;
 Von Strande zu Strande reichen die Bande
 Ueber den Strom.

²⁴⁾ Friedrich Culmann ist also Übersetzer nicht Autor, wie Gummi [1898], S. 7 schreibt.

²⁵⁾ Gummi-Culmann [1898], S. 7. Volz [1993], S. 57

²⁶⁾ 2. Aufl. 1874, 3. Aufl. [1889]. Quelle: GV Bd. 26 , S. 272, Katalog WLB

²⁷⁾ W. Jung in NDB Bd. 3, S. 436

²⁸⁾ Gummi-Culmann [1898], S. 11

Auf sicherer Brücke, hin und zurücke
 Wandelt mein Fuss.
 So siegt der Gedanke über die Schranke
 Roher Gewalt,
 Drum menschlichem Denken, Sinnen und Lenken
 Preis sei gebracht,
 Doch irdischem Werke leihe die Stärke,
 Ewiger Gott!«

Karl Friedrich Gummi, 1821 - 1881

Karl Culmann wurde am 10. Juli 1821 in Bergzabern geboren. Das Taufregister existiert nicht mehr, so daß sich nicht prüfen läßt, ob dort Karl oder Carl steht.

1.2.1 Karl oder Carl

Die Schreibweise seines Vornamens ist wie die ganze Orthographie vor 1902 nicht einheitlich.

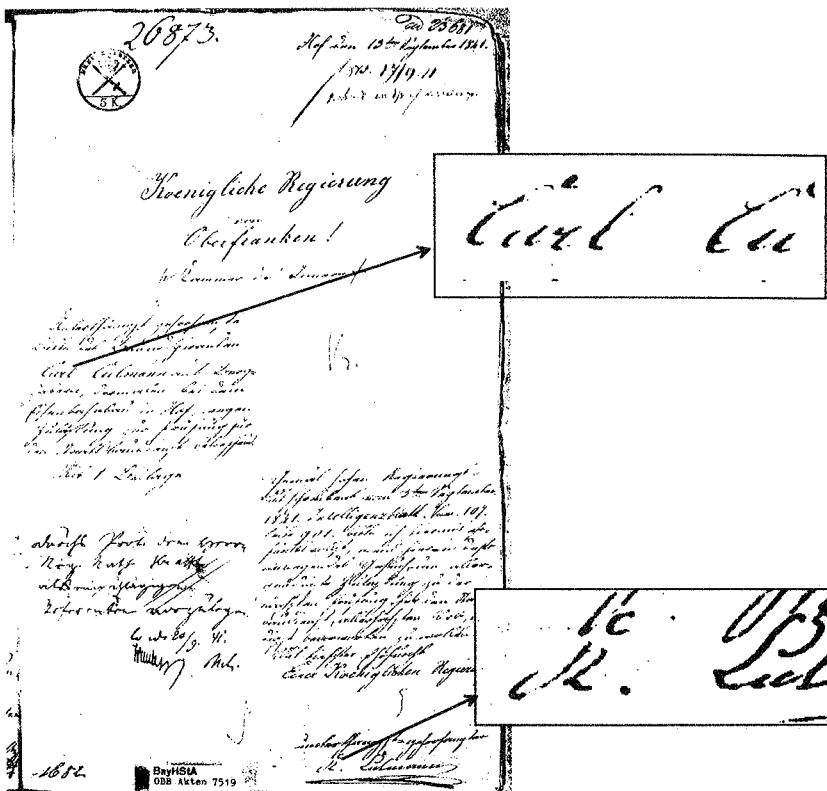


Abb. 2 Culmann-Brief vom 13. September 1841²⁹⁾

²⁹⁾ BayHSt OBB 7519, siehe Anhang A.2.a

Die erste Auflage seines Hauptwerkes *Die graphische Statik* ist von **K**arl, die zweite von **C**arl. Bei den meisten Veröffentlichungen, insbesondere den Vorträgen und Gutachten, wird der Vorname nicht genannt, beim Rest steht es sieben zu drei für Carl. Ich habe mich dennoch für K statt C entschieden, weil Culmann selbst meist Karl schreibt. Das hindert ihn aber nicht, zum Beispiel am 13. September 1841 bei seiner Bewerbung für die Zulassung zur Staatsbauprüfung bei der Koeniglichen Regierung von Oberfranken sich im Briefkopf als **Carl** Culmann zu bezeichnen und dann mit **K.** Culmann zu unterschreiben. (Abb. 2)

1.2.2 Die biographischen Quellen

Es ist nur eine einzige biographische Quelle von Karl Culmanns eigener Hand zugänglich: In seiner Bewerbung für den bayerischen Staatsdienst mußte er 1841 einen Fragebogen³⁰⁾ ausfüllen, in dem er in der Rubrik »Bereits gemachte Studien wo? und in welchen Jahren« seine Schulkarriere kurz und knapp zusammenfaßte.

Am 9. November 1854 war Culmann vom Gründungs-Präsidium für das zukünftige eidgenössische Polytechnikum aufgefordert worden, »über seine praktische und literarische Tätigkeit sowie über seine Bedingung [für eine Professur in Zürich] nähere Mittheilung zu machen«³¹⁾. Am 17. Dezember 1854 wurde die Antwort Culmanns registriert, sie enthält die »Auskunft über sich selbst und die Beding. für Ann. einer Stelle«³²⁾. Dieser Brief ist nicht mehr auffindbar.³³⁾ In der Festschrift zum 50-jährigen Bestehen des Polytechnikums zitiert Oechsli aus »für den Schulrat bestimmten biographischen Notizen« Culmanns. Dabei könnte es sich um diesen Brief handeln, denn sie enthalten auch programmatische Äußerungen zu seiner Arbeit in Zürich, nämlich daß er das Streben, Theorie und Praxis zu verbinden, nicht besser als in Zürich lehrend realisieren könne.³⁴⁾

Nach seinem Tod erschienen eine ganze Reihe knapper Würdigungen in diversen Zeitschriften und drei ausführliche Nekrologe, die alle im Jahre 1882 erschienen: Jean Meyer, Ludwig Tetmajer und Antonio Favaro³⁵⁾.

Meyer und Tetmajer sind Schüler von Culmann, beide haben an der Ingenieurabteilung des Züricher Polytechnikums studiert, Meyer von 1856 bis 1859 und Tetmajer von 1868 bis 1872. Tetmajer war außerdem von 1873 bis 1881 Assistent an der Ingenieurschule, seit 1878 zudem a. ord. Professor und von 1881 - 1901 Professor für Baumechanik und Vorstand der eidgenössischen Anstalt für Prüfung der Festigkeit von Baumaterial.

³⁰⁾ Siehe Anhang A.2.a

³¹⁾ Schulrathsarchiv ETH Zürich. Protokoll des Präsidiums S. 25f, § 92

³²⁾ Schulrathsarchiv ETH Zürich. Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes 1854-1858, Nr. 340

³³⁾ Das ETH-Archiv wurde wohl nicht immer mit soviel Sorgfalt und Sachverstand geführt, wie derzeit.

³⁴⁾ Oechsli [1905], S. 178

³⁵⁾ Meyer [1882], Tetmajer [1882], Favaro [1882]

Concursprüfung für den Staatsbaudienst im Jahre 1841.

N^o 20 General. Fragen

Vor. und Zunamen.	Karl Wilhelm <u>Carlmann</u>
Schreib. Ort und Jahr	Münchener, geboren im Jahr 1821
Legenwärtige Wohnort	Hof.
Religion	Protestantischer Religion.
Stand des Eltern	Königlicher.
Sammt gemachte Studien und in welchem Fache	<p>Am 1. August 1839 wurde ich in das Gymnasium zu Hof aufgenommen und im Herbst 1840 in das Gymnasium zu München übergeführt. Im Sommer 1841 wurde ich zum Hofbauamt zu Hof versetzt. Im Herbst 1841 wurde ich zum Hofbauamt zu Hof versetzt. Im Herbst 1841 wurde ich zum Hofbauamt zu Hof versetzt.</p>
Alleinpflichtig gemachte Bauten, bei wem? Zeit und Länge.	<p>1. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 2. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 3. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 4. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 5. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 6. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 7. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 8. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 9. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 10. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841</p>
Projeckt Aufzeichnung und Angabe des Inhalts.	<p>1. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 2. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 3. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 4. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 5. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 6. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 7. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 8. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 9. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841 10. Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841</p>
<p>Auftrag <u>Hofbauamt zu Hof im Jahr 1841</u> München, am 1. Dezember 1841</p>	

Abb. 3 Fragebogen Culmanns vom 1.12.1841 zur Bewerbung für den bayerischen Staatsdienst³⁶⁾

³⁶⁾ BayHST OBB 7519, Abschrift siehe Anhang A.2.a

Antonio Favaro (1847 - 1922) war Mathematiker und Mathematik-Historiker. Er hat eine schier unübersehbare Zahl von Veröffentlichungen herausgebracht, u.a. mehrere umfangreiche Werke über graphische Statik (siehe Abschnitt 3.12).

Man kann Favaro mit einem gewissen Recht als Schüler Culmanns bezeichnen: Wie in der italienischen Richtung der graphischen Statik üblich und gemäß der Intensionen Culmanns, präsentiert er stets die graphische Statik in enger Beziehung zur Geometrie der Lage.

Meyer ist in biographischen Angaben präziser als Tetmajer, über seine Quellen macht er jedoch keine Angaben. Vermutlich stand ihm die genannte »Selbstauskunft« zur Verfügung. Welche Informationen er von Culmann direkt oder von dessen Verwandten hatte, ist nicht erkennbar.

Tetmajer kannte entweder den Nekrolog von Meyer oder er schöpfte aus denselben Quellen, denn an manchen Stellen verwendet er ähnliche Formulierungen wie Meyer. Die Stärke der Würdigung durch Tetmajer liegt in der Analyse und Bewertung der wissenschaftlichen Arbeit Culmanns und in dem fast vollständigen Verzeichnis der Culmann-Schriften.

Favaro liefert im wesentlichen eine Übersetzung des Meyerschen Nachrufs, was er auch nicht verheimlicht. Interessant ist sein Bericht über die Aufnahme der graphischen Statik in Italien und die Beschreibung der Wirkung Culmanns in Italien (siehe 3.12 und 6.6).

Von den späteren Artikeln über Culmann muß man nur noch den bereits erwähnten Oechsli wegen seiner Culmann-Zitate nennen, alle übrigen biographischen Texte zu Culmann werden - ausdrücklich oder nicht - aus diesen vier Quellen gespeist.

1.3 Schulzeit

Amtliche Unterlagen über die Schulzeit sind bisher nicht aufgefunden worden. Im bereits erwähnten Fragebogen, den Culmann bei seiner Bewerbung für den bayerischen Staatsdienst ausfüllen mußte, schieb Culmann 1841 kurz und knapp über seine Schulbildung:

»Nach mehrjährigem Privatunterricht, den ich von meinem Vater in den alten Sprachen erhielt, besuchte ich in den Jahren 1835 und 1836 die Lateinschule in Weißenburg. Während der darauf folgenden 2 Jahre bereitete ich mich, ebenfalls im elterlichen Hause, auf die Absolutorialprüfung an der K.- Landwirtschafts- und Gewerbeschule in Kaiserslautern vor, und bestand dieselbe im Jahre 1838 unter der Leitung des Prüfungskommissairs Herrn Professor Doct. Geis«³⁷⁾

Ausführlicher wäre es in diesem Formular allerdings auch nicht möglich gewesen. Er wird aber wohl zunächst die Bergzaberner Schule besucht haben, in Bayern bestand Schulpflicht. Daneben oder danach erhielt er Privatunterricht in Latein, Griechisch und Geschichte von seinem Vater. Jean Meyer schildert in seinem Nekrolog die väterlichen Pläne mit Karl:

»Il montra de très bonne heure une intelligence très vive, le goût du travail, et surtout celui des chiffres; c'était en même temps un esprit très

³⁷⁾ BayHSt OBB 7519, siehe Anhang A.2.a

pratique qui sut se rendre utile à sa mère dans la gestion de son ménage et de exploitation agricole, il témoigna toujours beaucoup de goût pour l'horticulture et la viticulture. Ses premières études furent dirigées par son père qui l'initia surtout à la connaissance des langues anciennes et de l'histoire. Il lui témoigna plusieurs fois son idée arrêtée de ne pas se vouer à l'état ecclésiastique. Ses relations de famille l'amènèrent à compléter ses études en Alsace.«³⁸⁾

Mit 15 Jahren, von 1835 bis 1836³⁹⁾, besuchte er also das *Collège* in Wissembourg. Weißenburg, frz. Wissembourg, hatte seit 1792 mehrfach den Besitzer gewechselt, seit 1815 gehörte es zu Frankreich. Er wohnte vermutlich bei den Pfenders, seiner Tante mütterlicherseits. In der Schule fiel auch hier wieder seine mathematische Begabung auf.

Daher war es folgerichtig, daß er nun der Obhut seines Metzger Onkels Friedrich Jakob Culmann übergeben wurde. Friedrich war, wie erwähnt, Professor an der *École royale d'application de l'artillerie et du génie*, der »Schule, an der Poncelet und Felix Michot unterrichteten, die einen so großen Einfluß auf ihn [Culmann] ausüben sollten.«⁴⁰⁾

Im Bericht seiner Schwester Elsie wird deutlich, daß dieser Weg bei weitem nicht so geradlinig war, wie es hier scheint.

»Sie [seine Mutter] hatte im innigen Zusammenleben mit ihren Söhnen die Begabung des ältesten für Mathematik erkannt und trat nun auf die Seite Carls, als dieser sich weigerte, nach des Vaters Willen Theologie zu studieren. Da galt es einen stillen beharrlichen Kampf; aber sie hatte sich den Herrn zum Bundesgenossen angerufen; `Nicht mein, sondern dein Wille geschehe: führe Carl nach Frankreich oder nach Deutschland, in die Mathematik oder in die Theologie, wohin Du willst, nur führe ihn an deiner Hand, daß er dich suche und finde, daß Glück und Unglück ihn immer näher zu dir leite!«⁴¹⁾

Nach einigen weiteren Gottes-Anrufungen:

»Und nun empfängt sie mit tiefem Dank gegen Gott die endliche Zustimmung Vaters und läßt den Sohn, geleitet von heißen Gebeten, nach Metz ziehen, wo ein Onkel, Artillerieoberst, ihm sein Haus zum Besuche der dortigen Schulen öffnet. Mit Staunen erkennt der Onkel das Talent seines Neffen und redet ihm das Wort beim Vater.«⁴²⁾

Von der Entscheidung zwischen Mathematik und Theologie ist nicht mehr die

³⁸⁾ Meyer [1882], S. 3f »Er zeigte schon sehr früh eine sehr lebhafte Intelligenz, Lust zum Arbeiten und besondere Begabung für Zahlen; gleichzeitig besaß er einen sehr praktischen Verstand, der sich als nützlich erweisen sollte für seine Mutter bei der Bewirtschaftung ihres Haushaltes und ihres landwirtschaftlichen Betriebs, er äußerte sich immer mit viel Sachverstand über Garten- und Weinbau. Seine erste Ausbildung wurde durch seinen Vater geleitet, der legte besonderen Wert auf die Kenntnis der alten Sprachen und der Geschichte. Er bewies ihm viele Male seine unerschütterliche Überzeugung, daß er sich nicht dem Kirchendienst weihen wolle. Die familiären Beziehungen erlaubten es, daß er seine Ausbildung im Elsaß vervollständigen konnte.«

³⁹⁾ So steht es in dem Fragebogen zur »Concursprüfung für den Staatsbaudienst«, den Culmann am 1. Dez. 1841 ausgefüllt hat. BayHStA. OBB Akten 7519. siehe Anhang A.2.a
Im Bewerbungsschreiben vom 13.09.1841 schreibt er allerdings, daß er »vom 1ten April 1835 bis dahin 1837 das Collège in Weißenburg besucht« habe. BayHStA. OBB Akten 7519.

⁴⁰⁾ Meyer [1882] S. 4

⁴¹⁾ Risch [1898], S. 18

⁴²⁾ Risch [1898], S. 18

Rede. Bei Jean Meyer lesen wir über diese Phase:

»A l'âge de 15 ans, il fréquenta pendant un an le collège de Wissembourg, où il se distingua dans les mathématiques; il alla ensuite à Metz où, sous la direction de son oncle [Friedrich ...], il se prépara à entrer à l'école polytechnique de Paris. Il avait, par ses relations avec son oncle et avec quelques officiers et ingénieurs sortis de l'école polytechnique, conçu une grande admiration pour les études qu'on y faisait, et son plus ardent désir fut, dès lors, d'y entrer.«⁴³⁾

Ob Karl in Metz »Schulen« besuchte, wie die Schwester sagt, oder ob er vom Onkel persönlich unterrichtet wurde, wie Meyer schreibt, konnte ich nicht klären. Die *École d'application* wird er wohl kaum besucht haben. Sie war eine weiterführende Schule für Absolventen der *École polytechnique*. Mir ist nicht bekannt, ob an den *École d'applications* Vorbereitungskurse für die Aufnahmeprüfung zur *École polytechnique* stattfanden. Vermutlich wurde er von seinem Onkel unterwiesen. Welche »Offiziere und Ingenieur-Absolventen« er kennenlernte, darüber kann ich auch nur spekulieren. Poncelet hat er vermutlich in Metz nicht persönlich kennengelernt.

Poncelet hatte an Napoleons Rußlandfeldzug teilgenommen und war erst 1814 aus russischer Gefangenschaft zurückgekehrt. Von 1815 - 1825 war er Genie-Hauptmann und im Arsenal von Metz für die Konstruktion von Maschinen aller Art zuständig, 1825-1835 dann Professor an der *École d'application* in Metz. Während Karl Culmanns Aufenthalt in Metz war er aber bereits in Paris an der Sorbonne Professor für Mechanik.

Möglicherweise lernte Karl durch seinen Onkel aber Michot, Poncelets Nachfolger in Metz, kennen.

Trotz der intensiven Förderung seiner mathematischen Begabung war der Aufenthalt in Metz keine glückliche Zeit für Karl. Wieder in den Worten seiner Schwester:

»Aber noch waren die Klassen nicht absolviert, als Carl von dem furchtbaren Schleimfieber erfaßt wurde, das schon vielen Pfälzern den Tod gebracht. Die Gebete seiner Mutter umgaben ihn wie eine Mauer; nach Monaten konnte er zum Skelett abgemagert, in einem Wagen abgeholt werden; er brauchte lange, um sich zu erholen. Von da an war sein Weg für Deutschland vorgezeichnet, ein Weg, der mit viel Entbehrungen und mit eiserner Willenskraft ihn zu einem großen Ziele führen sollte.«⁴⁴⁾

Culmann selbst in seiner biographischen Notiz für den Schulrat:

»Meine Eltern sahen hierin einen Fingerzeig Gottes, daß ich nicht für Frankreich, sondern für Deutschland bestimmt sei, und es wurde beschlossen, mich nun auf die polytechnische Schule zu Karlsruhe zu schicken.«⁴⁵⁾

⁴³⁾ Meyer [1882], S. 4 »Im Alter von 15 Jahren besuchte er ein Jahr lang das Collège (Mittelschule) in Weißenburg, wo er sich in den mathematischen Fächern auszeichnete. Dann ging er nach Metz, wo er sich unter der Leitung seines Onkels [Friedrich] auf die Aufnahmeprüfung zur École polytechnique in Paris vorbereitete. Er war, wegen seiner Beziehungen zu seinem Onkel und einigen Offizieren und Ingenieur-Absolventen der École Polytechnique, begeistert von der Ausbildung, die man dort erhält, und sein brennendster Wunsch war es von da an, dort einzutreten.«

⁴⁴⁾ Risch [1898], 18f

⁴⁵⁾ Oechsli [1905], S. 177

Aus der oben zitierten Passage des Fragebogens für die bayerische Baubehörde wissen wir, daß Culmann im Jahre 1838 die Absolutorialprüfung an der K.-Landwirtschafts- und Gewerbeschule in Kaiserslautern bestand, unter der Leitung von »Professor Doct. Geis.«⁴⁶⁾

Kaiserslautern⁴⁷⁾ war in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts auf 7000 Einwohner angewachsen. Etwas vom französischen revolutionären Geist war zum Bürgertum der Stadt herübergeschwappt. Der gehobene Bürgerstand wünschte angemessene Bildungsmöglichkeiten für seine Kinder. Die Lateinschule schien ihnen dazu nicht geeignet. Deren Schülerzahlen sanken. 1834 wurde eine Gewerbeschule eingerichtet: die *Kreis-Landwirtschafts- und Gewerbeschule zu Kaiserslautern*. Sie hatte gleich im ersten Jahr 60 - 80 Schüler. Allerdings waren die Latein- und Gewerbeschule eng miteinander verbunden: Sie hatten die gleichen Lehrer und z. T. gemeinsamen Unterricht. Es war also weniger eine neue gewerbliche Schule als vielmehr ein technisch-naturwissenschaftlicher Zug im alten Gymnasium. Der Liste der Lehrer und ihrer Fächer ist zu entnehmen, daß neben Mathematik, Deutsch, Französisch, Chemie, Physik, Geographie u. a. auch Landwirtschaft, Gewerbekunde und Modellieren unterrichtet wurden. Die neue Schule sollte Zeugnis geben, »daß auch der Realismus eine vielseitige und gründliche, eine äußere und innere Bildung bezwecke und tiefe Einsicht und Tugend gefördert werden.«⁴⁸⁾

Nach § 91 der Ordnung der lateinischen Schulen und der Gymnasien im Königreich Bayern aus dem Jahre 1830 wurde die Absolutorialprüfung vor einer Kommission der Gymnasialprofessoren unter Vorsitz des Rektors abgelegt.

Über die externe Prüfung im einzelnen habe ich keine genaueren Informationen. Geprüft wurde Culmann vermutlich vom Gymnasialprofessor Richard Haas, der von der Gründung im Jahre 1834 bis 1844 Rektor der *Kreis-Landwirtschafts- und Gewerbeschule zu Kaiserslautern* war. Haas war gleichzeitig Subrektor der Lateinschule, was nochmals die enge Verbindung der beiden Schulen zeigt. Einen Professor Geis, den Culmann nennt, gab es damals nicht in Kaiserslautern.⁴⁹⁾

1.4 Studium am Polytechnikum in Karlsruhe

Vorbild und Modell des technischen Bildungswesens in Europa war im 19. Jahrhundert die 1794/95 in Paris gegründete *École polytechnique*. Sie vermittelte eine zweijährige mathematisch-naturwissenschaftliche Grundausbildung und war die Voraussetzung für den Zugang zu den höheren technischen Staatsämtern. Dazu wurden die Absolventen weitere zwei Jahre in einer technischen Spezialdisziplin an einer der *Écoles d'applications* ausgebildet. Es gab solche technischen Spezialschulen für Brücken- und Wegebau, für Bergbau, für Schiffsbau, das militärische Ingenieurwesen sowie die bereits mehr-

⁴⁶⁾ Fragebogen zur »Concursprüfung für den Staatsbaudienst im Jahre 1841«. BayHSTA. OBB Akten 7519. Anhang A.2.a

⁴⁷⁾ Mack [1976], S. 184ff

⁴⁸⁾ Rohe 1864, S. 15

⁴⁹⁾ Schriftliche Mitteilung des Landesarchivs Speyer vom 29.05.1996 und Hof- und Staatshandbuch des Königreichs Bayern.1841

fach erwähnte Schule für Artillerie. Sie waren zwar schon älter als die *École polytechnique*, aber inzwischen ebenfalls reformiert. Die Fachschulen wurden im übrigen auch von einer großen Zahl Privatingenieure während eines vierjährigen Kurses besucht.⁵⁰⁾

Das technische Bildungswesen war in Frankreich von militärischem Zuschnitt und hatte die Aufgabe, die Offiziere für das Revolutionsheer und später für Napoleons Armee heranzubilden, es war also ganz auf die Bedürfnisse des Staates zugeschnitten, ein Produkt des Ancien Régime ebenso wie der Revolution, ein Instrument des Staates mehr als der neuen bürgerlichen Gesellschaft.

In Mitteleuropa machte das französische Beispiel bald Schule: Polytechnische Schulen wurden 1806 in Prag, 1815 in Wien und 1825 Karlsruhe gegründet. Bis Mitte der dreißiger Jahre hatten alle wichtigen Mittelstaaten ähnliche Einrichtungen. Gemeinsam war diesen vormärzlichen Gründungen, daß sie nach dem Modell der *École polytechnique* eine allgemeine (mathematische) Grundausbildung zu vermitteln versuchten und daß sie, anders als in Frankreich, auch die einzelnen *Fachschulen* für Bauwesen, Maschinenbau usw. mit einschlossen. Außerdem fehlte die militärische Ausrichtung fast völlig, in Prag gab der Lehrplan 1806 als Zweck der Anstalt die »Emporbringung der vaterländischen Gewerbe durch wissenschaftlichen Unterricht«⁵¹⁾ an. Schließlich lag hier das Niveau in den naturwissenschaftlichen Fächern deutlich unter dem der *École polytechnique*. Das lag einerseits an der geringen Vorbildung der Studenten, verwundert andererseits aber auch wenig, wenn man die Namen einiger Professoren an der *École polytechnique* wie z. B. Monge, Poisson, Fourier, Poncelet, Cauchy, den Namen von einigen Professoren am Wiener Polytechnischen Institut gegenüberstellt: Georg Altmüller, Adam Burg, Schulz v. Strasznitzki, Ferdinand Heßler, Christian Doppler, der allerdings nur ein Jahr am Polytechnikum war, Josef Stummer, Johann Höning.⁵²⁾

Die Imitation des französischen technischen Schulwesens folgte also nicht der Tendenz zu hochspezialisierten Spezialschulen, sondern begann ein umfassendes technisches Hochschulwesens aufzubauen.

Im Vormärz wurden die deutschen Polytechnika von der liberalen Opposition als bürgerliche Ausbildungsstätten betrachtet, die nicht nur das Gewerbe fördern, sondern den Bürger als Staatsbürger handlungsfähiger machen sollten, was oben schon bei der Kaiserslauterner Gewerbeschule angeklungen ist. Tatsächlich bildeten sie aber noch jahrzehntelang hauptsächlich für den Staatsdienst aus.⁵³⁾

Zurück zu Karl Culmann. Nach dem gescheiterten Plan, die *École polytechnique* zu besuchen, war es nur konsequent, sich in der Polytechnischen Schule in Karlsruhe einzuschreiben. Nicht nur aus geographischen Gründen - Karlsruhe ist etwa 30 km von Bad Bergzabern entfernt - , sondern auch weil

⁵⁰⁾ Klein [1926], S. 64

⁵¹⁾ zitiert nach Schnabel [1925], S. 14

⁵²⁾ Programm Wien 1849/50, S. 4f

⁵³⁾ Rürup [1979 TU Berlin], S. 7

sich das Karlsruher Polytechnikum besonders eng an der *École polytechnique* und den *Écoles d'applications* orientierte. Der Historiker Schnabel urteilt in der Festschrift zum 100-jährigen Jubiläum der Karlsruher Schule:

»Nirgends ist so deutlich und aktenmäßig nachzuweisen wie hier, daß das Vorbild der *École Polytechnique* in Deutschland nicht nur in der wissenschaftlich-mathematischen Grundlegung des Unterrichts, sondern auch in der bewußten Trennung der Technischen Hochschule von der Universität bestand.«⁵⁴⁾

Im *Verzeichnis saemmtlicher Schüler der Polytechnischen und Vorschule im Studienjahr 1838/39* wird Culmann als einer der 11 Schüler des I. Kurses der Ingenieurschule aufgeführt. Das Eintrittsdatum war der 18. Oktober 1838; in der Rubrik »Vorbildung« ist »Privatunterricht« angegeben.⁵⁵⁾ Für mögliche Karlsruher unter den Lesern: Karl Culmann wohnte in der Kronenstr. 16.⁵⁶⁾

»Die Ingenieurschule umfaßt sämtliche Zweige des Civilingenieurwesens. Sie dient zur Bildung solcher Zöglinge, welche sich für den Dienst des Staates im Wasser- und Strassenbau, oder für ein bürgerliches Gewerbe irgend einer Art, befähigen wollen, zu dessen Betrieben vorzugsweise mechanisch-technische Kenntnisse erfordert werden.«⁵⁷⁾

Die beiden mathematischen Vorklassen mußte er nicht besuchen, weil er in der Gewerbeschule Kaiserslautern die Abschlußprüfung absolviert hatte.

Im Anhang A.1.a befinden sich die Liste der Vorlesungen, die Culmann in Karlsruhe besucht hat, und Abschriften der erhaltenen Jahreszeugnisse. Man sieht, daß Culmann ein ausgezeichnete Student war. In den meisten Fächer erhielt er die Note »sehr gut«.

Das Polytechnikum in Karlsruhe hatte schon damals einen guten Ruf. Die eigentliche Blüte der Karlsruher Hochschule begann aber erst in den 1850er Jahren mit Clebsch (1858 - 1863), Redtenbacher (1841 - 1863) und später Grashof (1863 - 1893).

1.4.1 Ladomus und Kayser

Für Culmann waren die wichtigsten Professoren in Karlsruhe damals Johann Friedrich Ladomus (1783 - 1854), Carl Heinrich Albert Kayser (1798 - 1870) und Guido Schreiber (1799 - 1871). Keiner von ihnen hat in seinen Fächern nachhaltige Wirkungen hinterlassen. In welcher Weise sie Culmann beeinflussten, ist schwer zu sagen. Über Kayser befindet sich im Vorwort der zweiten Auflage der *Graphischen Statik* eine kritische Anmerkung. Culmann kritisiert, daß Kayser sich in seinen Mechanik-Büchern bemüht auf Differential- und Integralrechnung zu verzichten: »Keine Werke sind im Verhältnis zu ihrem gediegenen Inhalt so schnell vom Schauplatz verschwunden, als wie die *Kaisers* und *Weisbachs*.«⁵⁸⁾

Die Kaiserschen Lehrbücher, *Handbuch der Statik* und *Handbuch der Mechanik*⁵⁹⁾ sind in der Tat so gründlich verschwunden, daß sie sich heute nur in we-

⁵⁴⁾ Schnabel [1925], S. 24

⁵⁵⁾ G.L.A. Karlsruhe 448/258

⁵⁶⁾ G.L.A. Karlsruhe 448 / 258

⁵⁷⁾ Programm Karlsruhe 1837/38, S. 33f

⁵⁸⁾ Culmann [1875], S. VII Weisbach [1845-60]. BM

⁵⁹⁾ ETH-Bib. 4075, 4078

nigen Bibliotheken finden lassen, zu denen gehört die ETH-Bibliothek. Das dreibändige *Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik* von Weisbach war dagegen bis Ende des Jahrhunderts eines der beliebtesten Lehrbücher. Allerdings enthielt es bereits ab der zweiten Auflage im Jahre 1850 eine »populäre Darstellung des sogenannten Infinitesimalcalculus«⁶⁰⁾. Über Ladamus kenne ich keine Äußerungen von Culmann. Immerhin finden sich die seltenen drei Bände von Ladamus' *Geometrischer Constructionslehre* ebenfalls in der ETH-Bibliothek, die ersten beiden Bände sogar in zwei Exemplaren⁶¹⁾. Auch von Schreiber, bei dem Culmann in Karlsruhe darstellende und praktische Geometrie gehört hatte, befinden sich etliche Bände in der ETH-Bibliothek. Alle diese Bände seiner Karlsruher Lehrer in der ETH-Bibliothek enthalten keinen Besitzereintrag - bei Kayser ist er ausgeschnitten - es ist aber recht wahrscheinlich, daß sie unter den »100 Bände ältere literarische und historische Werke«⁶²⁾ waren, die Culmann 1866 der Bibliothek des Züricher Polytechnikums schenkte.

Wenn also ein unmittelbarer Einfluß auf Culmann nicht demonstriert werden kann, ist es dennoch interessant, zu sehen, wie Culmann in Karlsruhe mit Ideen in Berührung gekommen ist, die sich später in seiner ingenieurwissenschaftlichen Konzeption wiederfinden.

Johann Friedrich Ladamus stammte aus Bretten, in der Nähe von Karlsruhe. Über seinen Bildungsweg ist wenig bekannt. Sicher ist, daß er bei dem führenden Ingenieur in Baden, Johann Gottfried Tulla (1770 - 1828), dem Schöpfer der Oberrhein-Regulation, Privatunterricht hatte. Ladamus schrieb im Vorwort einer seiner Bücher, daß er im Jahre 1800 von Heidelberg nach Karlsruhe kam, um »Tulla's Privatunterricht zu genießen«⁶³⁾. Nach der *Alten deutschen Biographie* hat er in Heidelberg studiert⁶⁴⁾, in der Matrikel der Universität Heidelberg ist sein Name allerdings nicht verzeichnet.⁶⁵⁾

In den Jahren 1803 und 1804 hielt er sich in Burgdorf bei Pestalozzi auf, um dessen Lehren kennenzulernen. Er unterbrach seinen Aufenthalt zu einer Reise nach Paris mit dem Kunst-Schuldirektor J. A. Breysig aus Halberstadt. Breysig schrieb über ihn:

»Es ist der Ort nicht von diesem jungen Manne, der sich bisher mit vorzüglichem Fleiße und Geschick der Mathematik widmete und gegenwärtig in Burgdorf die Pestalozzische Methode studirt, mehr zu sagen; Überdieß würde ich zu befürchten haben seine edle Bescheidenheit zu beleidigen. Man erlaube mir aber, Ihm hier, für seine mir überaus angenehm gewesene, freundliche Gesellschaft auf der Reise, öffentlich zu danken, und Ihn allen Freunden der Kunst überhaupt und besonders der Erziehung und des Unterrichts bestens zu empfehlen.«⁶⁶⁾

⁶⁰⁾ Weisbach [1862], S. X

⁶¹⁾ ETH-Bib. 7588, 71317

⁶²⁾ Gabenbuch 1855-1897, 1866, Nr. 22

⁶³⁾ Ladamus [1832], S. XVII

⁶⁴⁾ Günther in der ADB Bd. 17 1883, S. 507

⁶⁵⁾ Matrikel Heidelberg [1916], Bd. 7. Register

⁶⁶⁾ Ladamus [1804], S. 9f

Auf dieser Reise entstand seine erste Veröffentlichung, eine Schrift über Perspektive. Sie wandte sich an Künstler, denen er damit den Zugang zu dieser »Kunst« erleichtern wollte. Denn

»die hierüber vorhandenen Schriften behandeln die Perspektive entweder theoretisch und führen schwer zu begreifende Beweise, oder praktisch und liefern ihnen mit Linien verwickelte Figuren in die Hände, die ihr Auge ermüden und den Geist unbeschäftigt lassen.«

Ausdrücklich beschrieb er sein auf Pestalozzi zurückgehendes pädagogisches Verständnis in einer kleinen Broschüre unter dem Titel *Pestalozzi's Anschauungslehre der Zahlenverhältnisse in Beziehung auf die Arithmetik als Wissenschaft*:

»Aller Unterricht überhaupt besteht nur darin, daß man der Natur, die nach ihrer Entwicklung hascht, hierin Handbietung leiste. [...] Es kommt daher nicht sowohl darauf an, die Wahrheiten, welche die gewählten Unterrichtsgegenstände darbieten, dem Eleven historisch beizubringen, als vielmehr darauf, letztern fähig zu machen, dieselben selbst finden, selbständig und zweckdienlich gebrauchen zu können. [...]

Da ferner Anschauung die Basis unserer Erkenntniß ist, und die Reise letzterer von der Reise ersterer abhängt, so folgt, daß jede Wissenschaft zwey entschieden geschiedene Theile hat; nämlich erstens einen propädeutischen, der die nöthigen Anschauungen in Reihenfolgen enthält, die auf die Natur des Denkvermögens und des Gegenstandes gegründet sind; zweitens den theoretischen, welcher zeigt, wie der durch die Anschauung erwachte und durch sie gleichsam mit Stoff versehene Geist die Wissenschaft construirt und auf die ihm eigenthümliche Weise darstellt.«⁶⁷⁾

Wie sich zeigen wird, ist dieses pädagogische Verständnis dem von Culmann sehr ähnlich, ohne daß damit ein ursächlicher Zusammenhang bewiesen wäre. Ladomus versuchte diese Konzeption als Vorsteher einer von ihm gegründeten Lehranstalt in Stettin⁶⁸⁾, über die ich nichts näheres weiß, zu verwirklichen. 1807 holte ihn Tulla in seine neugegründete Ingenieurschule nach Karlsruhe zurück.

Tulla unternahm im Jahre 1801 im Auftrage des badischen Landesherrn eine Reise nach Paris, von der er seinem Landesherrn regelmäßig berichtete. Er war tief beeindruckt von dem französischen technischen Bildungswesen, und berichtete insbesondere begeistert von der Verbindung von Mathematik und Technik, wie sie z. B. in Monges *Darstellender Geometrie* erschien, einer Wissenschaft, die »für einen guten Ingenieur ganz unentbehrlich ist« und fügte dann an, daß er den »Grundsatz von Monge, die praktischen Konstruktionen auf mathematische Regeln zurückzuführen, von sich aus auf eigenen und selbständigen Wegen gefunden« habe.⁶⁹⁾

Der Kurfürst erwog auf Grund dieser Berichte bei der Reorganisation der Universität Heidelberg, einen Ingenieurstudiengang aufzubauen, und bot Tulla den Lehrstuhl für Mathematik an, auf dem er Theorie und Ingenieurpraxis verbinden sollte. Tulla lehnte aber ab, da nach seiner Überzeugung - wie beim

⁶⁷⁾ Ladomus [1807], S. 7f

⁶⁸⁾ Pogg. II

⁶⁹⁾ Schnabel [1925], S. 23

französischen Vorbild - die Ausbildung der Ingenieure unabhängig von den Universitäten erfolgen müsse und bat statt der »Professur zu Heidelberg [um] die Direktion einer Bildungsschule für Ingenieure in Karlsruhe«. ⁷⁰⁾

An diese Schule wurde Ladomus von Tulla für die Mathematik berufen, damit die jungen Leute durch ihn »in der reinen Mathematik unterrichtet, besonders aber zum Selbstdenken geleitet werden und das Erfindungsvermögen erweckt und geübt werde.« ⁷¹⁾

Nach verschiedenen vergeblichen Versuchen gelang es 1825 die von Weinbrenner reorganisierte Bauschule und die Tullasche Ingenieurschule zu einer polytechnischen Schule zu vereinen. Ladomus übernahm die Professur für die mathematischen Fächer und wurde Vorstand der Ingenieur-Abteilung.

Ladomus bemühte sich im Sinne seines Lehrers zu unterrichten. Dies zeigt seine dreibändige »Geometrische Constructionslehre«. Sie offenbart ihre Gelfolgstreue zu Tullas Zielen schon im Untertitel: »Ein Versuch geometrischer Geistesgymnastik«. Mit dem Motto »Non multa, sed multum«, in seiner Übersetzung »reife Erkenntniskraft« statt »fragmentarische Kenntnisse« ⁷²⁾, betonte er nochmals diese Intension.

Die beiden ersten Bände beschäftigen sich inhaltlich mit ebener Geometrie einschließlich Kegelschnitten und der dritte mit dem Titel *Tullas Annäherungsconstructionen* behandelt Näherungskonstruktionen. Dabei handelt es sich aber nicht um eine Sammlung unterschiedlichster Näherungskonstruktionen, wie sie seit der Antike entwickelt wurden, sondern um ein **einheitliches Verfahren**, das sich auf nahezu jede Konstruktionsaufgabe anwenden läßt: Das Problem wird reduziert auf den Schnitt zweier Ortskurven, die dann - wenn nicht anders möglich - punktweise konstruiert werden. Genaueres siehe Abschnitt 2.2.4.

Die Mechanik am Karlsruher Polytechnikum vertrat zu Culmanns Studienzeit Carl Heinrich Albert Kayser (1798 - 1870). Moritz Rühlmann zitiert in seiner Geschichte der technischen Mechanik aus einem Brief Redtenbachers an Rababe aus dem Jahre 1842:

»Die mathematischen Kenntnisse meiner Schüler am Karlsruher Polytechnikum lassen freilich manches zu wünschen übrig, was daher kommt, daß Ladomus eine alte schleppende Methode hat, mit der er nicht vorwärts kommt. Dagegen erhalten die Schüler eine solide Grundlage in der Statik und Mechanik durch Professor Kayser und das ist für mich viel werth.« ⁷³⁾

Kayser bezeichnet sich im Vorwort seiner Statik als Schüler von Ladomus, hat also vermutlich die Karlsruher Ingenieurschule besucht. Mit 21 Jahren wurde er Lehrer an der Realklasse des Karlsruher Lyzeums und unterrichtete von 1819 - 1822 Mathematik, deutsche Sprache, Geographie und Technologie. Das Lyzeum war 1538 in Durlach unter dem Namen Gymnasium gegründet worden. Es wurde 1724 nach Karlsruhe verlegt und 1807 in Lyceum umbe-

⁷⁰⁾ Tulla, zitiert nach Schnabel [1925], S. 24

⁷¹⁾ Tulla, zitiert nach Schnabel [1925], S. 24

⁷²⁾ Ladomus [1812], S. V

⁷³⁾ Rühlmann [1885], S. 414

nannt, so wie es in Baden - als Eindeutung des französischen Lycée - bei den meisten Gymnasien üblich war.⁷⁴⁾ Ab 1822 unterrichtete Kayser zunächst angewandte Mathematik an der Ingenieurschule bzw. im Polytechnikum und von 1832 bis 1858 Elementarmathematik und Mechanik.⁷⁵⁾ Er veröffentlichte seine Vorlesungen in zwei dickleibigen Bänden. Das *Handbuch der Statik mit Bezug auf ihre Anwendung und mit besonderer Rücksicht auf ihre Darstellung ohne Anwendung der höheren Analysis* aus dem Jahre 1836 umfaßte mehr als 800 Seiten und sein Mechanik-Buch unter entsprechendem Titel sogar mehr als 1000; nach Rühlmann »das erste Buch, worin die rechte Verbindung der rationalen (analytischen) Mechanik mit der technischen Mechanik versucht wurde.«⁷⁶⁾ Wie viele Statik-Bücher der damaligen Zeit behandelte es das Varignonsche Seilpolygon. (Siehe Abschnitt 2.1.2)

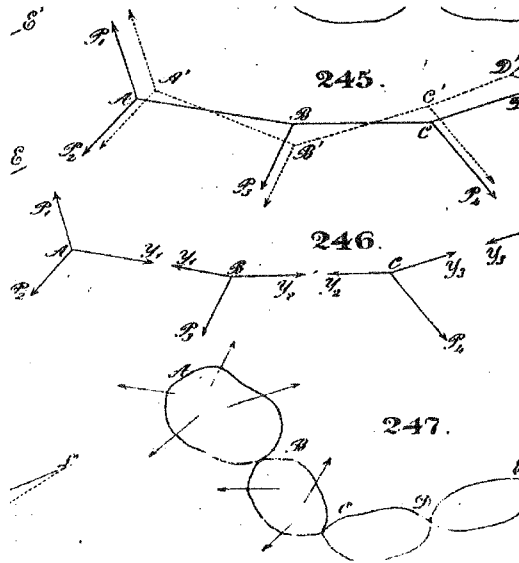


Abb. 4 Seileck bei Kayser

Die Abschluß-Prüfung bestand Karl Culmann am 9. August 1841 - im Jahresbericht wieder in der Schreibung Cullmann - mit sehr gut. Mit ihm zusammen erhielten 8 weitere Studenten ihr »Abitur-Zeugnis«. Als Gesamtnoten wurden dabei dreimal »sehr gut«, zweimal »gut«, einmal »ziemlich gut« und dreimal »mittelmäßig« vergeben.⁷⁷⁾

⁷⁴⁾ Karlsruhe [1858], S. 164f

⁷⁵⁾ Alle biographischen Angaben zu Kayser stammen aus »Großherzoglich Badische Polytechnische Schule. Generalia. Professoren & Lehrer der Anstalt« G.L.A. Karlsruhe 448 /189

⁷⁶⁾ Rühlmann [1885], S. 414

⁷⁷⁾ G.L.A. Karlsruhe 448 / 1618

1.5 1841-1855 Staatsbaudienst bei der bayerischen Eisenbahn

Am 13. September 1841 - keine vier Wochen nach seiner Abschlußprüfung - bewarb sich Karl Culmann für den Staatsbaudienst in Bayern, Abteilung Wasser-, Straßen- und Brückenbau.

Am 29. April 1841 war durch »Königliche Allerhöchste Verordnung über die Prüfung für den Staatsbaudienst im Königreich Bayern« festgelegt worden, daß für die »theoretische Prüfung« im Strassen-, Brücken- und Wasserbau nur

»solche Candidaten zugelassen werden, welche nach vollendeten Gymnasialstudien die dreijährigen Cursus einer polytechnischen Schule absolvirt und [...] durch den Besuch des bei der polytechnischen Schule in München bestehenden vierten Curses für die Strassen-, Brücken- und Wasserbaukunde speziell sich ausgebildet haben.«⁷⁸⁾

Culmann hatte zwar diesen vierten Kurs in München nicht besucht, fiel aber unter die Übergangsbestimmungen in § 31 und konnte somit dennoch sofort um die Zulassung zur Prüfung »bitten«.

Der Dienstweg war einzuhalten, d.h. er schickte ein Anschreiben an die Kammer des Innern der Königlichen Regierung von Oberfranken und zur Weiterleitung ein ausführliches Bewerbungsschreiben⁷⁹⁾ an die oberste Baubehörde beim Ministerium des Innern.

Hier skizzierte er kurz seinen Werdegang, zwei Zeugnisse waren beigelegt und von drei weiteren wurde die Nachlieferung versprochen, sie sind aber allesamt nicht mehr bei den Akten. Die Bewerbung wurde am 24. September mit neuem Anschreiben von der Regierung Oberfrankens weitergeleitet.

Sehr wahrscheinlich arbeitete Karl Culmann zum Zeitpunkt seiner Bewerbung bereits beim Eisenbahnbau in Hof, denn er schrieb in dieser Bewerbung, daß er »von der königlichen Eisenbahnbau-Commission in Nürnberg als ständiger technischer Gehülfe hierher nach Hof berufen worden« sei. Allerdings gab er im erwähnten Fragebogen nur an, daß er vom »20. September bis zum 15. November 1841 unter Leitung des Sektionsingenieurs Gulden auf der Eisenbahnbausektion Hof bei der Vermessung der Bahnlinie von Neuenmarkt über Hof zur sächsischen Grenze gearbeitet habe.«⁸⁰⁾ In einem Brief von Pauli heißt es sogar, daß er seit dem 21. August 1841 beim bayerischen Eisenbahnbau arbeitete⁸¹⁾, das würde heißen, daß er bereits 12 Tage nach der Prüfung in Karlsruhe in Hof zu arbeiten begonnen hatte.

Am 25. Oktober erhielt er den Befehl, Zeichnungsproben einzusenden, die nach § 5 eigentlich bereits bei der Bewerbung hätten eingereicht werden müssen. Am 6. November wurden sie von Culmann schließlich nachgereicht. Am

⁷⁸⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 4, S. 298

⁷⁹⁾ BayHStA. OBB Akten 7519

⁸⁰⁾ General-Fragen zur Concursprüfung für den Staatsbaudienst im Jahre 1841. BayHStA. OBB Akten 7519. Siehe Anhang A.2.a

⁸¹⁾ Brief Pauli an Koenigliches Staats-Ministerium des Handels & der oeffentlichen Arbeiten vom 04.03.1849. BayHStA. OBB Akten 7519. Siehe Anhang A.2.f

13. September wurde durch eine Bekanntmachung im Regierungsblatt⁸²⁾ der »Anfangstermin für die theoretische Prüfung« auf den 22. November gelegt. Culmanns Prüfung begann schließlich am 1. Dezember 1841 in München. Sie bestand aus einem schriftlichen und einem mündlichen Teil. Geprüft wurden:

- 1) Algebra und Analysis;
- 2) Geometrie, und zwar: elementare Geometrie, descriptive und analytische Geometrie;
- 3) Physik;
- 4) Chemie;
- 5) Lehre von den Baumaterialien;
- 6) Einrichtung und Gebrauch der Nivellier- und Meßinstrumente;
- 7) Statik und Mechanik;
- 8) Strassen-, Brücken und Wasserbaukunde.⁸³⁾

Die Gebiete 1) bis 6) wurden ausschließlich mündlich geprüft und 7) und 8) vorwiegend schriftlich, wobei aus der Statik und Mechanik sieben Fragen und aus dem Straßen-, Brücken und Wasserbau zehn Fragen gestellt wurden. Die Fragen wurden nach und nach ausgegeben und unter Aufsicht bearbeitet. Vermutlich erstreckte sich die schriftliche Prüfung über mehrere Tage.

Die Prüfungskommission stand unter dem Vorsitz eines Mitgliedes der obersten Baubehörde und bestand aus Professoren der Akademie der bildenden Künste und der polytechnischen Schulen oder einer Hochschule.⁸⁴⁾ Akten zu den schriftlichen und mündlichen Prüfungen und zu Culmanns Noten konnte ich nicht finden, dafür enthält die Personalakte Culmanns einen Fragebogen, aus dem ich bereits mehrfach zitiert habe. Er mußte offensichtlich am Prüfungstag, dem 1. Dezember, von Culmann ausgefüllt werden.⁸⁵⁾ Darin wurde nach den persönlichen Daten, den Stationen der Ausbildung und nach eventuellen praktischen Erfahrungen gefragt. Außerdem enthält der Fragebogen eine Liste der vorgelegten Zeichnungen.

Die Verordnung vom 29. April sah vor, daß der Kandidat nach bestandener **theoretischer** Prüfung zwei Jahre bei einer Baubehörde seiner Wahl praktisch arbeitet und sich dann der **praktischen** Prüfung unterzieht.⁸⁶⁾ Die praktische Prüfung war lediglich schriftlich und verlangte die Ausarbeitung eines Programmes aus jedem der drei Fächer - Straßen-, Brücken und Wasserbau - und eines davon »als Hauptprogramm vollständig auszuarbeiten, und mit Kostenanschlag, Ausführungsplan und Bedingnißheft zu versehen«⁸⁷⁾, wie der schriftliche Teil bei der theoretischen Prüfung war auch - nach § 24 - die praktische Prüfung in Klausur zu schreiben. Wenn also der »alleruntertänigst Unterzeichnete« Culmann sich »erlaubt« am 23. Februar 1842 »sein zur Prüfung für den Staatsbaudienst [...] »ausgearbeitetes Programm, nebst Kostenvoran-

⁸²⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 40, 1841, S. 789f

⁸³⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 9, S. 291

⁸⁴⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 6, S. 289

⁸⁵⁾ General-Fragen zur Concursprüfung für den Staatsbaudienst im Jahre 1841. BayHStA. OBB Akten 7519. Siehe Anhang A.2.a

⁸⁶⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 19, § 20, S. 296f

⁸⁷⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 23 B, S. 293

schlag dazu, bestehend in drei Zeichnungsblättern, und zwei Compendien«⁸⁸⁾ vorzulegen, dann hatte er offensichtlich doppelten Dispenz erhalten: weder mußte er nach der theoretischen Prüfung zwei Jahre warten, noch mußte er sein Programm unter Aufsicht anfertigen. Nach Bestehen der praktischen Prüfung wurde der »Bau- oder Ingenieur-Adspirant« zum »Bau-Practikanten« ernannt. Culmann wurde schließlich die Ernennung zum Baupraktikanten durch die oberste Baubehörde mit Schreiben vom 15. Dezember 1842 mitgeteilt.⁸⁹⁾ Eine Note ist in diesem Schreiben leider nicht angegeben.

Damit war die Ausbildung aber noch nicht beendet. §30 verlangte,

»daß die Practikanten die Zeit ihrer Praxis als eine Gelegenheit betrachten und benützen, sich für ihren künftigen Beruf auszubilden, und sich die dazu nöthigen Kenntnisse und Erfahrungen zu sammeln, nicht aber unter Hintansetzung dieses Hauptzweckes, bloß als Mittel behandeln, ihren Unterhalt zu sichern,«⁹⁰⁾

und zudem legte der § 28 den Baupraktikanten eine jährliche Berichtspflicht auf. Zum 1. Januar sollten sie

»einen ausführlichen Bericht über ihre Verwendung, über die Geschichte der Bauten, bei deren Aufsicht sie verwendet waren, und über die dabei gemachten Erfahrungen unmittelbar an die oberste Baubehörde erstatten«⁹¹⁾.

1.5.1 Schnürlein

Culmann nahm die Forderung des § 30 außerordentlich ernst, er benutzte seine karge Freizeit, um sich mathematisch weiterzubilden. Dabei war es ein besonderer Glücksfall für ihn, daß er in Hof Ludwig Christoph Schnürlein⁹²⁾ kennenlernte. Schnürlein war Professor für Mathematik am Hofer Gymnasium, er hatte wegen seiner herausragenden mathematischen Begabung von der königlichen Akademie der Wissenschaften in München ein dreijähriges Stipendium von 500 fl jährlich erhalten mit der Weisung in Göttingen Astronomie zu studieren.⁹³⁾ Am 28. August 1821 wurde er an der Universität Göttingen für Mathematik immatrikuliert.⁹⁴⁾ Dem Matrikeleintrag ist außerdem zu entnehmen, daß er vorher in Tübingen und Erlangen studiert hatte und sein Vater Gastwirt in Ansbach war.

Als Mathematiker mit astronomischen Interessen war zur damaligen Zeit Göttingen die erste Adresse, weil Carl Friedrich Gauß (1777 - 1855) Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte war. Schnürlein war tief beeindruckt von Gauß: »Hofrath Gauß war ihm Vorbild und Lehrer und zeitlebens der Gegenstand seiner höchsten Verehrung.«⁹⁵⁾ 1824 wurde Schnürlein nach

⁸⁸⁾ BayHStA. OBB Akten 7519. Brief von Culmann an den König vom 23.02.1842

⁸⁹⁾ BayHStA. OBB Akten 7519. Brief der obersten Baubehörde an Culmann vom 15.12.1842

⁹⁰⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 30, S. 302

⁹¹⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern Nro. 15, 1841, § 28, S. 302

⁹²⁾ Zur Biographie von Schnürlein siehe Maurer [1998].

⁹³⁾ Jahresbericht von der königlichen Studienanstalt zu Hof im Studienjahr 1852/53. Hof 1853, S. 6. Stadtarchiv Hof F323

⁹⁴⁾ Selle [1937], Matrikel-Nr. 28808, S. 655

⁹⁵⁾ Jahresbericht von der königlichen Studienanstalt zu Hof im Studienjahr 1852/53. Hof 1853, S. 6. Stadtarchiv Hof F323

Bayern zurückbeordert an die Sternwarte Bogenhausen als Gehilfe des kgl. Steuerrat Soldner. Als diese Gehilfenstelle im Jahre 1826 gestrichen wurde, legte er in München mit der »Note vorzüglicher Befähigung« die Konkursprüfung für das höhere Lehramt in Mathematik und Physik ab. Er kam zunächst ans Gymnasium in Erlangen und dann eben nach Hof. Dort blieb er bis 1849. Bereits 1852 starb er in Bamberg.

Karl Culmann kannte Schnürlein möglicherweise schon bevor er nach Hof zur Eisenbahn ging über seinen revolutionären Onkel. August Ferdinand Culmann war nämlich ein Studienkollege von Schnürlein. August Ferdinand hatte sich am 19. Oktober 1822 in der juristischen Fakultät der Göttinger Universität⁹⁶⁾ eingeschrieben, also ein Jahr nach ihm. Es ist recht wahrscheinlich, daß sie sich kannten, zumal sie beide aus dem »Zweibrückischen« kamen.

Wie auch immer, Karl Culmann vertiefte jedenfalls in seiner Hofer Zeit, 1841 - 1847, zusammen mit Schnürlein oder vielleicht auch unter dessen Leitung seine mathematischen Kenntnisse. Vermutlich berichtete Culmann in seiner Selbstauskunft an den Schweizer Schulrat darüber. Meine Quelle ist wieder Jean Meyer, der sich vermutlich auf jene biographische Skizze stützt:

»A côté de ses devoirs professionnels il trouva toujours du temps pour ses chères études, les mathématiques; il s'y lia étroitement avec le mathématicien Schnürlein, élève de Gauss, qui le dirigea dans ses études.«⁹⁷⁾

Bei Culmann war also in mustergültiger Weise das pädagogische Hauptziel von Lodomus erreicht worden: die Befähigung zum selbstständigen Lernen. Inwieweit Lodomus daran mitgewirkt hat, wird sich schwer klären lassen.

Zum Ende des Studienjahres 1846/47 erschien von Schnürlein eine Abhandlung mit dem Titel

»Versuch einer neuen Entwicklung der Grundgesetze der Dynamik aus der Theorie der Funktionen und Ableitung des Parallelepipedons der Kräfte und der unmittelbaren Folgen desselben aus dem der Geschwindigkeit, nebst einigen besonderen Bemerkungen und Betrachtungen«,

die eine gewisse Beachtung fand. Sie wurde z. B. in der *Allgemeinen Bauzeitung* besprochen.⁹⁸⁾

1.5.2 Friedrich August Pauli und die »Ludwigs-Süd Nordbahn«

Schnürlein hatte vermutlich während seiner Göttinger Studienzeit auch Friedrich August Pauli (1802 - 1883) kennengelernt, der am 29. April 1822 - also ein halbes Jahr nach ihm - in Göttingen immatrikuliert wurde.

Pauli ist eine der wichtigsten Personen in der frühen Phase des staatlichen bayerischen Eisenbahnbaus und spielte für Culmann als Vorgesetzter und Förderer eine entscheidende Rolle. Er war im übrigen auch Pfälzer und hatte von 1814 bis 1816 das Gymnasium Kaiserslautern besucht, an dem Culmann sein Absolutorium abgelegt hat, wenn auch extern und am gewerblichen Zug.

⁹⁶⁾ Matrikel-Nr. 29638. Selle [1937], S. 679

⁹⁷⁾ Meyer [1882], S. 5, »Neben seinen beruflichen Verpflichtungen fand er immer Zeit für seine geliebten Studien, die Mathematik; er schloß sich eng mit dem Mathematiker Schnürlein zusammen, einem Gauß-Schüler, der ihn in diesen Studien anleitete.«

⁹⁸⁾ Literatur und Anzeigenblatt der Allg. Bau. 13 (1848), S. 207f

In Bayern war 1835 als erste deutsche Eisenbahn die Privatbahn von Nürnberg nach Fürth in Betrieb genommen worden. Die Unternehmer dieser Bahn beantragten bereits Anfang 1836 die Lizenz für eine Bahnlinie von Nürnberg über Bamberg und Hof zur sächsischen Reichsgrenze, die dann bis Leipzig fortgesetzt werden sollte.⁹⁹⁾ Die Genehmigung wurde erteilt und auf Staatskosten eine vorläufige Vermessung vorgenommen. Die Gesellschaft erstellte einen Kostenvoranschlag und arbeitete das Projekt weiter aus. Die Pläne für die Strecke Nürnberg - Bamberg wurden im Frühjahr 1838 genehmigt, u. a. mit der Auflage, daß der Bau der Strecke von Bamberg bis zur Grenze 1839 begonnen werden müsse. Die Gesellschaft fürchtete nun aber wegen der hohen Kosten der Strecke zwischen Kulmbach und Hof über die Wasserscheide im Fichtelgebirge, ihre Gewinnerwartung nicht realisieren zu können. Außerdem scheiterten damals verschiedene andere Eisenbahnprojekte, so daß der Baubeginn hinausgezögert wurde. Daraufhin beschloß die bayerische Regierung, ihre Eisenbahnpolitik zu ändern, und die Bahnlinien in staatlicher Regie zu bauen und zu betreiben. Am 19. November 1840 wurde der Gesellschaft wegen Nicht-Einhaltung des Bautermins die Konzession für die Strecke Nürnberg - Hof - sächsische Grenze entzogen.¹⁰⁰⁾ Die Regierung erweiterte die ursprünglichen Pläne und beschloß eine Bahnlinie von der sächsischen Grenze über Hof, Bamberg, Nürnberg bis Augsburg mit der Option der Weiterführung nach Lindau, die sogenannte Ludwigs - Südnordbahn.

Zu Projektierung, Bau und provisorischem Betrieb der Staatseisenbahnen wurde am 1. Juli 1841 die Kgl. Eisenbahnbau - Kommission mit Sitz in Nürnberg gegründet. Die Kommission unterstand bis 1848 dem Kgl. Staatsministerium des Innern, danach dem Kgl. Staatsministerium des Handels und der öffentlichen Arbeiten.¹⁰¹⁾

Friedrich August Pauli wurde technischer Vorstand der Abteilung Augsburg - Nürnberg. Paul Denis, der Konstrukteur der Bahnlinie Nürnberg - Fürth, wurde technischer Vorstand der Abteilung Nürnberg - Hof. Denis war zwar kein Pfälzer, sondern Franzose, aber immerhin vorher Ingenieur in der Rheinpfalz. F. J. Dürig war schließlich administrativer Vorstand. Da Pauli und Denis sich über Baugrundsätze und Streckenführung - über Nördlingen oder die direkte Verbindung - nicht einigen konnten, ging Denis nach Speyer zurück und plante die pfälzische Bahnen. Damit war Pauli ab Juni 1842 alleiniger technischer Leiter. Er war nun auch für die Strecke Nürnberg - Hof zuständig und damit Culmanns Vorgesetzter.

Die Bauarbeiten bei den bayerischen Staatsbahnen begannen bereits im August 1842, und zwar zunächst auf der Strecke Nürnberg - Bamberg. Grosse Schwierigkeiten verursachten die Bahntrassierungen zwischen Donauwörth und Nürnberg und dann im Fichtelgebirge zwischen Kulmbach und Hof.¹⁰²⁾

Culmann war also an einem der schwierigsten Streckenabschnitte tätig und zwar praktisch von Anfang an. Denn es wurden zwar für die Strecke Nürnberg

⁹⁹⁾ Zur Geschichte der Ludwigs - Südnordbahn: Bauernfeind [1845], S. 5-11, Preu [1851], S. 130-134.

¹⁰⁰⁾ Regierungsblatt für das Königreich Bayern, 1840, S. 965f

¹⁰¹⁾ Marggraff [1982], S. 20, 27

¹⁰²⁾ Marggraff [1982], S. 32

Übersichts-Karte der Eisenbahnen Bayerns r/Rh.
nach dem Stande vom 1. April 1858.



Abb. 5 Streckennetz der bayerischen Eisenbahn bis 1858 nach Marggraff¹⁰³⁾

¹⁰³⁾ Marggraff [1894], S. 179

- Bamberg die Pläne der Privatgesellschaft verwendet, aber der Abschnitt durch das Fichtelgebirge wurde völlig neu projektiert. Die genaue Kostenanalyse der Fichtelgebirgsstrecke zeigte, daß sie praktisch unbezahlbar war, es gab nur ein Mittel zur Kostenverminderung:

»Dadurch nämlich, dass statt des englischen Locomotivsystems das americanische angenommen wurde. Man braucht kein Techniker zu seyn, um einzusehen, dass sich die Kosten für Erdarbeiten und Kunstbauten bedeutend vermindern müssen, wenn man weiss, dass americanische Locomotiven Krümmungen von weniger als 1000 Fuss Radius und Steigungen von mehr als 1 auf 100 ohne Gefahr passiren können; man begreift leicht, dass man eben deshalb die Bahn dem Terrain sowohl in horizontaler als in verticaler Beziehung möglichst anschmiegen und so die Eisenbahnen durch Thäler führen kann, die für das englische System, bei dem man ungerne Kurven von weniger als 3000 Fuss Krümmungshalbmesser und Steigungen größer als 1 auf 200 anwendet, viel zu eng sind. Auf der anderen Seite haben freilich die americanischen Maschinen auch wieder ihre Nachtheile gegen die englischen: sie bewegen sich nur halb so schnell und veranlassen grössere Betriebskosten.«¹⁰⁴⁾

Ab Frühjahr 1843 wurde die Streckenführung zwischen Kulmbach und Hof nach dem amerikanischen System neu festgelegt. Eine besondere Herausforderung war der Anstieg zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast.

In der ersten Projektierung hatte man noch zwischen Pferdebetrieb und Lokomotiven geschwankt. Bei der Neuprojektierung wurde über stationäre Dampfmaschinen mit Seilzügen oder ein »Compensationssystem« diskutiert, bei dem der Reisezug bei der Bergauffahrt über ein Seil durch einen ins Tal rollenden Ballastzug unterstützt wird. Pauli selbst war sogar nach England und "Grenze, sächsische"¹⁰⁵⁾ gereist, um zu prüfen, ob die damals aufkommenden »atmosphärischen Systeme« für diese Steigung geeignet sind. Dabei wurden die Wagen mit »komprimierter Luft« den Berg hinaufgeschoben. Zwischen den Schienen lag ein Rohr, in dem durch eine »mächtige Luftpumpe« ein Zylinder nach oben getrieben werden konnte. Der Zylinder war über eine Stange mit dem Wagen verbunden, dazu hatte das Rohr einen Schlitz, der durch Klappen mit Stahlfedern luftdicht verschlossen war. Die Stange drückte die Klappen auf, die Federn schlossen sie wieder, wenn die Stange vorbei war. So abenteuerlich die Beschreibung dieses atmosphärischen Systems klingt, es erfreute sich den 40er Jahren einer gewissen Beliebtheit¹⁰⁶⁾. In England und in Frankreich (St. Germain) wurden atmosphärische Strecken gebaut¹⁰⁷⁾, obwohl auch James Nasmyth (1808 - 1890), der Erfinder des Dampfhammers, dem »Hauptübelstand«, dem »Mangel an Dichtigkeit«¹⁰⁸⁾, nicht abhelfen konnte.

¹⁰⁴⁾Bauernfeind [1845], S. 9

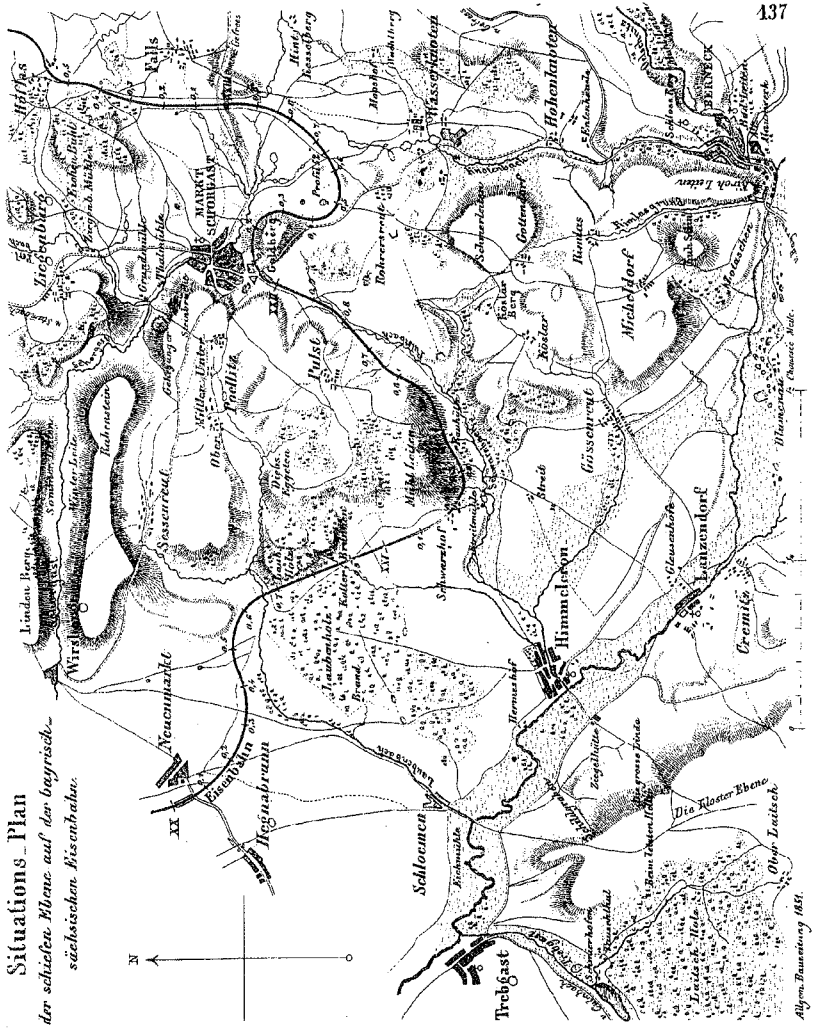
¹⁰⁵⁾Preu [1851], S. 140. Der Preusche Artikel ist in Lüdecke [1993] abgedruckt. Lüdecke beschreibt den Streckenabschnitt zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast, in dem die schiefe Ebene liegt, und den Bahnbetrieb auf dieser Strecke mit über 500 z. T. historischen Abbildungen.

Vgl. auch Culmanns Reisebericht England, S. [25]

¹⁰⁶⁾Becker [1844] spricht in seiner Zusammenfassung der englischen Erfahrungen von einem »eben so einfachen als sinnreichen Apparat«, »praktische Vorteile«, S. 1.

¹⁰⁷⁾Eisenbahnzeitung 3 (1845), S. 123, 227; 4(1846), S. 5, 121

¹⁰⁸⁾Eisenbahnzeitung 3 (1845), S. 267



Situations-Plan
der schiefen Ebene auf der bayrisch-
sächsischen Eisenbahn.

Abb. 6 Die schiefe Ebene bei Marktschorrast¹⁰⁹⁾

¹⁰⁹⁾Preu [1851], S. 137

All diese Lösungen wurden verworfen, da es mit dem amerikanischen System und den Fortschritten im Lokomotivenbau möglich war, mit reinem Lokomotiv-Betrieb zu arbeiten. Es mußten lediglich für schwere Güterzüge oder bei ungünstiger Witterung zwei Lokomotiven verwendet werden, eine, die zog, und eine, die schob. Trotz amerikanischem System war auch hier England das Vorbild. Pauli hatte bei der Likey-Steige auf der Strecke von Gloucester nach Birmingham die Lösung nach dem amerikanischen System kennengelernt.¹¹⁰⁾

Entscheidend für diese Art der Streckenführung waren Lokomotiven, die die beträchtlichen Steigungen überwinden konnten. Beim englischen Vorbild wurden Maschinen von Norris aus Philadelphia verwendet und auch Pauli entschied sich für diese Lokomotiven. In Belgien (Lüttich), in Preußen (Berlin-Frankfurt) und Österreich (Gätzer-Mürzzuschlager Eisenbahn) konnte Norris ebenfalls Maschinen absetzen. Die Geschäfte liefen für Norris in Europa so gut, daß er 1845 in Wien unter eigener Leitung eine Zweigstelle einrichtete.¹¹¹⁾ Die Strecke Nürnberg - Grenze stellte auch sonst hohe technische Anforderungen, es waren zahlreiche, umfangreiche Erdbewegungen für Dammbauten erforderlich und nicht zuletzt, wegen der wiederholten Saale-Überquerungen, zahlreiche Brücken, Viadukte und Tunnels nötig. Auf der Strecke von Nürnberg bis Lichtenfels wurden 231 Brücken und Durchlässe gebaut und von Lichtenfels bis zur Grenze nochmals 285¹¹²⁾.

Der soeben mehrfach zitierte Friedrich Preu war wie Culmann in dieser Zeit Baupraktikant, vermutlich bei der Sektion Kulmbach. Preu tauchte in den Personalakten Culmanns in der Liste der Ingenieure auf, mit denen zusammen er 1854 zum Sektionsingenieur ernannt wurde. Carl Max Bauernfeind (1818 - 1894), dessen Beschreibung der Fichtelgebirgstrecke zitiert wurde, soll nach Poggendorff ebenfalls beim Bau der Strecke durch das Fichtelgebirge beteiligt gewesen sein. Dem Hof- und Staatshandbuch ist nur zu entnehmen, daß er ab 1845 als Hilfslehrer für Straßen-, Brücken- und Wasserbau an der Polytechnischen Schule in München tätig war, 1846 wurde er Professor. Daneben arbeitete er aber als Ingenieur für Eisenbahn- und Brückenbau bei der obersten Baubehörde¹¹³⁾. Seine Freundschaft mit Culmann stammte vermutlich aus dieser Zeit. Zwischen 1866 und 1868 war er die treibende Kraft bei den Planungen zur Gründung des Münchner Polytechnikums, er wurde der erste Rektor der späteren Technischen Hochschule.

Neben diesen beiden Zeugen für den Bau der Strecke durchs Fichtelgebirge haben wir noch einen dritten, nämlich Culmann selbst.

Die Ingenieurpraktikanten hatten nach § 28 der Verordnung für die Prüfung zum Staatsbaudienst »alljährlich am 1. Januar ausführlichen Bericht über die Verwendung, über die Geschichte der Bauten, bei deren Aufsicht sie verwendet waren, und über die dabei gemachten Erfahrungen unmittelbar an die Oberste Baubehörde zu erstatten.«¹¹⁴⁾

¹¹⁰⁾Reisebeschreibung. England [5], Preu [1851], S. 145f

¹¹¹⁾Eisenbahnzeitung 3 (1845), S. 228

¹¹²⁾Bauernfeind [1845], S. 26f

¹¹³⁾NDB Bd. 1, S. 647

¹¹⁴⁾Regierungsblatt für das Königreich Bayern, 1841, § 28, S. 302

In der Personalakte von Culmann¹¹⁵⁾ befinden sich drei solche Berichte¹¹⁶⁾: Der erste stammt vom 5. Februar 1847, umfaßt 31 Seiten und behandelt den Zeitraum 1842 bis 1846. Culmann verweist zwar auf den oben zitierten Paragraphen, scheint ihn aber jetzt erstmals zu erfüllen. Der zweite Bericht stammt vom 23. Dezember 1847, ist sieben Seiten lang und beschreibt Culmanns Aufgaben im Jahre 1847. Der dritte Bericht schließlich trägt das Datum vom 30. Dezember 1848 und umfaßt 20 Seiten. Durch diese drei Berichte wird - bis auf drei Monate - die gesamte Tätigkeit im Staatsbaudienst bis zur Europa- und Amerika-Reise abgedeckt. Alle drei Berichte sind im Anhang abgedruckt. Culmann kam am 4. April 1842 nach Hof. Im ersten Bericht beschreibt Culmann, wie er bis zum Ende des Jahres als technischer Gehilfe bei der Vermessung und der Bestimmung der Streckenführung nach dem englischen System beteiligt war, bis schließlich

»eine der vielen vermessenen und nivellirten Linien die allerhöchste Genehmigung erhielt und deren horizontale und verticale Projection festgestellt wurde. Da erlitt plötzlich am Anfang des Jahres 1843 das bisher befolgte System eine totale Änderung.

Einem Amerikaner, Norris, war es gelungen Locomotiven zu construiren, mittelst denen man Curven von 600 bis 800 Fuß Halbmesser noch bei Steigungen von 1 auf 100, und sogar von 1 auf 80 befahren kann; während dem früher keine größeren Steigungen als 1 auf 250, und keine Krümmungshalbmesser unter 3000' angewendet werden durften. Wo man früher genöthigt war Berge und Thäler quer zu durchschneiden, und wo auf einen hohen Auftrag, ein ebenso tiefer Einschnitt folgte, da können jetzt beide umgangen werden; wobei sich die Erd- und Kunstbauarbeiten oft um das 3 bis 4 fache vermindern.«¹¹⁷⁾

Es mußte also mit der Suche nach der Linienführung von vorne begonnen werden. Culmann zeigte sich zumindest in seinem Bericht sehr erfreut über die doppelte Arbeit:

»Diese Arbeiten waren jedoch in der hiesigen Section sehr interessant, indem das gebirgigte Terrain sehr viele Schwierigkeiten darbot, und weil in demselben zwei Linien, nach ganz verschiedenen Systemen ausgearbeitet werden mußten, wobei man Gelegenheit hatte, mit jeder Absteckungs-Methode vertraut zu werden.«¹¹⁸⁾

Die schiefe Ebene bei Marktschorgast, der eigentlich Grund für den Systemwechsel, gehörte nicht zur Sektion Hof. Es wurde aber der ganze Abschnitt von Kulmbach bis zur sächsischen Grenze im amerikanischen System gebaut. Die neue Streckenführung wurde ausgearbeitet und erhielt, wie Culmann stolz anmerkte, »ohne die geringste Änderung die allerhöchste Genehmigung«¹¹⁹⁾. Allerhöchste Genehmigung hieß hier, Genehmigung durch Pauli, den technischen Vorstand der Eisenbahnbau-Kommission.

Die genauen Pläne und die Arbeitsvorbereitung für die 12 Bauabschnitte der Sektion Hof wurden von 1843 bis 1845 ausgearbeitet. Der Bau erfolgte von

¹¹⁵⁾BayHStA. OBB Akten 7519

¹¹⁶⁾Diese Berichte sind im Anhang A.2.a bis e vollständig abgedruckt.

¹¹⁷⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 5.2.1847, S. [4-6]

¹¹⁸⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 5.2.1847, S. [2]

¹¹⁹⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 5.2.1847, S. [11]

Ende 1843 [?] bis 1846. Culmann erhielt die Bauaufsicht über die Lose 7 bis 12. Pauli schrieb später:

Culmann »hat in den Jahren 1845/48 die spezielle Aufsicht über die 5 schwierigen Loose der Section Hof von Moschendorf bis zur Reichsgrenze in einer Längenausdehnung von 4 1/4 Stunden geführt.«¹²⁰⁾

In seinen Aufgabenbereich fiel damit das Moschendorfer Viadukt im 7. Los, eine Brücke über die Saale mit 9 Öffnungen zu 50 Fuß Spannweite, 540 Fuß Länge und einer Höhe von 25 Fuß¹²¹⁾ und das Unterkotzauer Viadukt im 10. Los, ebenfalls eine Saalebrücke. Sie hatte 8 Öffnungen mit 46 Fuß Weite, 558 Fuß Länge und eine Höhe von 86 Fuß über dem höchsten Wasserstand der Saale.¹²²⁾

In den Jahren 1845 und 1846 war die Auseinandersetzung mit den ausführenden Bauunternehmern Culmanns Hauptaufgabe. Die meisten Brücken, Dämme und Einschnitte wurden nicht in eigener Regie, sondern von Privatunternehmern ausgeführt. Culmanns Erfahrungen im Umgang mit diesen Unternehmern gipfelten in der Bemerkung:

»Leider aber sind gewissenhafte, tüchtige Unternehmer und Werkführer eine große Seltenheit.«¹²³⁾

Beim Moschendorfer Viadukt wurde dem Unternehmer sogar der Auftrag entzogen und das Bauwerk in eigener Regie der Sektion Hof gebaut, kurzzeitig wohl unter Leitung von Culmann. In Anbetracht seiner zahlreichen übrigen Aufgaben wurde ein weiterer Ingenieur-Praktikant herangezogen.

Culmann scheint trotz seiner jungen Jahre bemerkenswertes Durchsetzungsvermögen bewiesen zu haben. Jedenfalls gelang es ihm alle Termine einzuhalten.

Auch im Jahre 1847 war er fortwährend mit der Disziplinierung der Privatunternehmer beschäftigt. Fast alle Erd- und Brückenbauarbeiten wurden von Akkordanten ausgeführt, nur das Schienenlegen wurde von Culmann alleine geleitet. Er benutzte es dazu, um die Bauarbeiten zu forcieren:

»Dabei wirkte aber die Drohung sämtliche bei dem Schienenlegen beschäftigten Arbeiter auf ihre Kosten feiern zu lassen (: was auch wirklich einigemal geschah :) mächtig als Sporn, und mehr als alle bisher angebotenen Conventionalstrafen.

Wäre das Ende der Schienenlage, der fortschreitenden Vollendung der Erdarbeiten nicht Schritt für Schritt gefolgt, so wäre auch in diesem Jahre die Bahngleise nimmermehr fertig geworden.«¹²⁴⁾

Dieser 2. Bericht trägt das Datum des 23. Dezember 1847, des Tages, an dem der Schienenweg die sächsische Grenze erreichte.

Im Jahre 1848 wurden die Bauarbeiten abgeschlossen und die Abrechnungen zu Ende geführt.

¹²⁰⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Pauli-Brief vom 4. März 1849, Begleitschreiben zum Reiseantrag von Culmann. Anhang A.2.f

¹²¹⁾ Bauernfeind [1845], S. 27 u. BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 5.2.1847, S. [14]. Anhang A.2.d

¹²²⁾ Bauernfeind [1845], S. 27 u. BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 5.2.1847, S. [15]. Anhang A.2.d

¹²³⁾ Culmanns Tätigkeitsbericht 1842-1846, S. [23]. Anhang A.2.c

¹²⁴⁾ Culmanns Tätigkeitsbericht 1847, S. [6]. Anhang A.2.c

Insgesamt zeigen die drei Berichte, daß Culmann eine sehr vielseitige Tätigkeit bei der bayerischen Bahn hatte. Sie reichte von Vermessungsaufgaben, über die Suche und Festlegung der Streckenführung, das Abstecken der Linie, die Ausarbeitung der Pläne für die Bahnlinie, der Bauleitung bei den Erdarbeiten, beim Brückenbau und bei der Schienen-Verlegung mit allen Auseinandersetzungen mit den ausführenden Unternehmern bis zur Erstellung bzw. Überprüfung von Kostenvoranschlägen und Abrechnungen.

Eine große Rolle spielen also Vermessungs- und Managementaufgaben, während Culmann mit eigentlichen baustatische Fragen nicht betraut wurde.

Im Bericht über das Jahr 1848 erfahren wir auch, daß Culmann ab Mitte Juni 1848¹²⁵⁾ in München bei der Eisenbahnbau-Kommission arbeitete. Damit war Pauli sein unmittelbarer Vorgesetzter. Die Eisenbahnbau-Kommission war am 14. September 1847 von Nürnberg nach München verlegt worden, da sich die Haupttätigkeit des Bahnbaus mittlerweile mehr auf die südlichen Landesteile erstreckte.¹²⁶⁾

Es sei dahin gestellt, ob Culmann » seine Versetzung nach der Hauptstadt [erwirkte], lediglich um hier seine projectierten Studienreisen nach Amerika gehörig vorzubereiten.«¹²⁷⁾, wie Tetmajer behauptet, oder ob die Versetzung nur eine Folge der nahenden Fertigstellung des Streckenabschnitts Neuenmarkt - Hof - Grenze war, der dann am 20.11.1848 in Betrieb genommen wurde.

Wir erfahren, daß er auch in München der Sektion Hof treu blieb, weil er dort den Spurplan des Bahnhofs Hof zu zeichnen hatte.¹²⁸⁾

Der dritte Bericht unterscheidet sich deutlich von den beiden vorherigen. Mit Blick auf den bevorstehenden Antrag für Culmanns England- und Amerikareise macht er den Eindruck einer Talentprobe.

Culmann wollte wohl seinen Vorgesetzten demonstrieren, daß er der richtige Mann für eine solche Reise ist.

Insbesondere die Seiten [13] bis [20] fallen ganz aus dem geforderten Rahmen eines Tätigkeitsberichts heraus: dazu gehörte es gewiß nicht, von einer Privatreise technische Beschreibungen mit ausgearbeiteten technischen Zeichnungen mitzubringen. Die Beschreibung seiner Fahrt über Lindau durch die Schweiz und durch das Elsaß über Straßburg nach Speyer hat auch in der Tat eine gewisse Ähnlichkeit mit den Reisebeschreibungen, die er später von England und Amerika mitbrachte. Den Abstecher in die Schweiz machte er wohl im Blick auf Paulis eigene Schweiz-Reise aus dem Jahre 1846.

Der Bericht ist eine Probearbeit, aber er führt darüber hinaus Fähigkeiten Culmanns vor, die ihn zu einer solchen Studienreise prädestinieren:

Seine Aufmerksamkeit beschränkt sich nicht auf rein technische Fragen, sondern er geht mit allen Aufgaben des Ingenieurs sehr reflektiert um, seien es ökonomische¹²⁹⁾ oder Sicherheitsfragen¹³⁰⁾, oder gar ökologische Probleme¹³¹⁾.

¹²⁵⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 27.12.1848, S. [11]. Anhang A.2.e

¹²⁶⁾ Marggraff 1982, S. 34

¹²⁷⁾ Tetmajer [1882], S. 5f

¹²⁸⁾ Eine Information, die nicht so recht nachvollziehbar ist: kurz vor der Fertigstellung der Strecke hätte die Gleisführung im Bahnhofsbereich von Hof doch bereits festgelegt sein müssen.

¹²⁹⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 27.12.1848, S. [2-4] und [6-7]. Anhang A.2.e

Der Bericht zeigt, daß Culmann pointiert zu formulieren verstand und ein sicheres Urteilsvermögen besaß. Am Beispiel der Spurpläne der Bahnhöfe¹³²⁾ demonstriert er seine Fähigkeit zur mathematischen Strukturierung von praktischen Aufgaben: Ein kleines Kapitel Mathematisierung des Gleisbaus. Hier deutete sich schon an, was er sieben Jahre später dem Schulpräsidenten in seiner Selbstauskunft mitteilt, daß »er von jeher gesucht habe, die Theorie der Praxis anzupassen: `Dieses Streben kann ich gewiß nicht besser als zu Zürich lehrend befriedigen.´«¹³³⁾

Er lies auch erkennen, daß ihn keine unnötigen Sentimentalitäten plagten: für unser Gefühl klingt jedenfalls die folgende Unfallbeschreibung etwas roh.

»Die beiden vorderen Wagen wurden aber durch die nicht unbedeutende Fleischmasse der beiden über die Schienen geworfenen Pferde, aus dem Geleis gefahren und von den nachstürzenden übrigen Wagen zertrümmert.«

Es überrascht zunächst auch, daß Culmann im Jahre 1848 zwei Monate, August und September, Urlaub für einen Familienbesuch in der Pfalz erhalten hatte. Gründe für diese Beurlaubung sind den Akten nicht zu entnehmen, aber es wurde oben schon berichtet, daß die Culmannsche Familie stark in die 48er-Revolution involviert war. August Ferdinand, Culmanns Onkel, hatte im Frühjahr 1848 in Bergzabern für das Paulskirchen-Parlament kandidiert, hatte allerdings wegen einer Intrige nicht genügend Stimmen bekommen. Ende November 1848 wurde er aber dann doch noch als Nachrücker für den Bezirk Landau in die verfassungsgebende Nationalversammlung gewählt. August Ferdinand trat dort insbesondere für Religionsfreiheit und die Trennung von Kirche und Staat ein. Als sich Ende April 1849 das Scheitern der Paulskirche abzeichnete, riefen die Paulskirchenabgeordneten, unter ihnen auch August Ferdinand Culmann, dazu auf, »sich in den Verteidigungszustand zu setzen [...] um nötigenfalls der Gewalt mit der Gewalt entgegenzuwirken.«¹³⁴⁾ Culmann gehörte nicht der Revolutionsregierung an, die im Mai in Kaiserslautern eingesetzt wurde, war aber in ihrem Auftrag zu Verhandlungen in Frankreich. Am 14. Juni 1849 besetzte Preußen nach einem Hilfversuchen aus Bayern die Pfalz. August Ferdinand wurde in Abwesenheit zum Tode verurteilt. Culmanns Mutter, die seit 1844 verwitwet war, hatte eine schwere Zeit durchzustehen. Culmanns Schwester Elsie berichtet, daß die Mutter entsetzt war über die »Bergzaberner Sensenmänner«, die ein königstreues Nachbardorf niedergebrannt hatten, aber für die preußischen Besatzer hatte sie allerdings noch weniger Sympathie:

»Die angesehensten Familienväter unseres Städtchens mußten fliehen oder wurden auf lange Jahre ins Gefängnis geworfen; die Abwesenden wurden [...] zum Tode verurteilt. Meine Mutter litt nicht allein mit den beteiligten nahen Verwandten und Freunden, sie hatte auch die Strafe mitzuleiden, welche in Gestalt einer drückenden, sechs Monate dauernden

¹³⁰⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 27.12.1848, S. [7f]. Anhang A.2.e

¹³¹⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 27.12.1848, S. [9]. Anhang A.2.e

¹³²⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 27.12.1848, S. [11]. Anhang A.2.e

¹³³⁾ Oechsli [1905], S. 178

¹³⁴⁾ Herrmann [1993], S. 133

Einquartierung über das Städtchen verhängt worden war.«¹³⁵⁾
 Die wirtschaftliche Situation von Culmanns Mutter war schließlich so schlecht, daß sie sich eine kleine Landwirtschaft aufbauen mußte. Karl unterstützte sie dabei nachdrücklich, vor allem durch einen intensiven Briefwechsel,¹³⁶⁾ aber erst nach seiner Studienreise. Später, in einem Trotz der sich abzeichnenden revolutionären Auseinandersetzungen in der Pfalz, brach Karl Culmann am 15. März 1849 nach Belgien auf.

1.6 Reisen nach England und USA

Reisen bildet. Seit Menschengedenken gilt Reisen als wesentliche Quelle der Wissenserweiterung.

Dabei stand der Ingenieur und Pfarrerssohn Culmann in einer doppelten Tradition. Einerseits in der Tradition der Wanderung des Handwerksgehilfen und andererseits in der der Bildungsreise. Culmanns Reisen sind zugleich Grand Tour des Gentlemans und Wanderschaft des wissbegierigen Jungingenieurs.

Für deutsche Ingenieure des 19. Jahrhunderts gehörte das Reisen schon deshalb zur selbstverständlichen Aufgabe, weil neue Entwicklungen beim großen Vorbild England studiert werden mußten. Im vorigen Abschnitt war genau von solch einem Beispiel die Rede: Pauli reiste nach England und "Grenze, sächsische, um die atmosphärische Eisenbahn zu studieren und brachte das amerikanische System für die Steilstrecken über die Wasserscheide des Fichtelgebirges mit. Das Beispiel lehrt, daß bereits in den 40er Jahren die amerikanischen Ingenieure als Vorbild ernst genommen wurden, allerdings - wie dieses Beispiel auch zeigt - nicht ohne Bestätigung durch englische Erfahrungen.

Umgekehrt waren auch die erfolgreichen englischen Ingenieure - und nicht nur sie - ständig auf Reisen, um im Ausland Gutachten zu erstellen oder Bauprojekte durchzuführen. Z. B. Stephenson¹³⁷⁾, Fairbairn und auch der Schwabe Etzel. Culmann beklagte in seinen technischen Reisebeschreibungen, daß der englische Ingenieur in Deutschland schrankenloses Vertrauen genieße, während man dem deutschen mit Mißtrauen begegne.¹³⁸⁾

Culmann gehörte später selbst zu den Ingenieuren, die in ihrer freien Zeit entweder in der Schweiz oder im Ausland unterwegs waren und erhebliches Vertrauen genossen.

Die neuen Erfahrungen und die Information über neue Entwicklungen, die auf Reisen gewonnen wurden, mußten verbreitet werden. Dazu bildete sich der spezifisch technische Reisebericht heraus. Er hatte das technische Gutachten als Vorbild, ließ aber häufig erkennen, daß der Autor seine übrigen Reiseerlebnisse ebenfalls für berichtenswert hielt.

Ein schönes Beispiel ist der Artikel von Preu über die schiefe Ebene bei Marktshorgast. Nach einer Analyse des Eisenbahnbetriebs auf starken Steigungen und einer Beschreibung der Lösung auf der Fichtelgebirgsstrecke, folgt ein

¹³⁵⁾Risch [1898], S. 30

¹³⁶⁾Risch [1898], S. 31

¹³⁷⁾Auszug aus dem Bericht R. Stevenson's über den Bau von Eisenbahnen in der Schweiz. Allg. Bau. 15 (1850), S. 337-347

¹³⁸⁾Technische Reisebeschreibung England [64f]. Anhang A.4.a

dreiseitiger Anhang mit einer Landschaftsbeschreibung.

»Nach dieser Beschreibung aller Einzelheiten des Eisenbahnbaues der schiefen Ebene zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast werfe ich noch einen Ueberblick auf dieselbe, indem ich mir meinen Leser als Wanderer zugeselle und mit ihm zum Vergnügen diese Eisenbahn-Rampe bereise.«¹³⁹⁾

In den Zeitschriften des Ingenieurwesens erschienen damals in stattlicher Zahl technische Reiseberichte. Die Zahl der Bücher und Artikel mit Reisebeschreibungen von Ingenieuren stieg noch gewaltig durch die Weltausstellungen.

Einzelne Ingenieure überschritten mit ihren Berichten die Grenze zur Belletristik, z. B. Max Eyths Roman *Hinter Pflug und Schraubstock* aus dem Jahre 1899.

Für Culmann kam noch ein dritter Aspekt hinzu: Die Reise als Emigration. Einige seiner Verwandten waren in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts nach Amerika ausgewandert. Aus seinem Reisebericht geht hervor, daß er zwei Verwandte in Amerika besucht hat und sich von der Härte des Farmerlebens überzeugen konnte. Zur selben Zeit wie Culmann waren auch eine ganze Reihe seiner Landsleute aus der Pfalz unterwegs nach Amerika, sie gingen nach der Niederschlagung der Revolution ins Exil.

1.6.1 Antrag auf Beurlaubung und Reisestipendium.

Karl Culmann bat am 2. März 1849 beim zuständigen Handelsministerium um zweierlei: einen eineinhalbjährigen Urlaub und ein Reisestipendium. Die bayerische Regierung stellte für die Baupraktikanten einen Stipendienfond zur Verfügung. Culmann beantragte aus diesem Fond eine Unterstützung von 1000 Gulden für seine Reise.

In der Begründung für sein Reisegesuch stand die Komplettierung seiner Ausbildung im Mittelpunkt, insbesondere die Erweiterung seines Horizonts und die Vermeidung von Einseitigkeit:

»Seit acht Jahren war der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete im Dienst der Koeniglichen Eisenbahnbau-Commission beim Eisenbahnbau verwendet, und hatte während dieser Zeit Gelegenheit großartige Bauten unter seinen Augen entstehen zu sehen, und die Ausführung einiger derselben auch selbst zu leiten; da jedoch die Kenntniß der Bauten eines einzigen Landes, bei welchen immer ein gewisser, durch örtliche Verhältnisse gebotener Grundcharacter der Formen und Constructionen vorherrscht, nie vor einer gewissen Einseitigkeit bewahren kann: so wünscht derselbe nun sich zu seiner fernern Ausbildung, die Eisenbahnbauten der anderen Länder, namentlich die Königreiche Belgien, England, und wo möglich auch Nordamerica kennen zu lernen. [...]

Man [muß ...] den Eisenbahnbau in den verschiedenen Ländern, und unter den verschiedenartigsten Umständen an Ort und Stelle selbst studiren, und mit Bauten die man selbst ausgeführt hat, vergleichen [...].«¹⁴⁰⁾

Kurz: ohne eine Studienreise über Hunderte von Kilometern ist die Ingenieur-ausbildung unvollendet. Culmann hat auch schon sehr präzise Vorstellungen,

¹³⁹⁾Preu [1851], S. 160

¹⁴⁰⁾BayHStA München. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an Behörde vom 2. März 1849. Anhang A.2.f

welche Bauwerke und Fabriken er besichtigen will. Im Mittelpunkt steht, wie nicht anders zu erwarten, die Eisenbahn und ihr Bau.

»Der Reiseplan, den der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete vorläufig entworfen hat, ist folgender:

Über Frankfurt und Cöln auf die Belgischen Eisenbahnen; dann über Ostende nach London. In London so wie überhaupt in England Aufenthalt von vier bis fünf Monaten. Von London auf der Great Western Eisenbahn nach Bristol, dann über Worcester und Birmingham nach Liverpool. Von da über Sheffield & Leeds in den nördlichen Theil von England, um in der Gegend von Newcastle die berühmtesten Kohlenbergwerke Englands zu sehen. Dann wieder zurück nach Liverpool und den Dee-Fluß entlang nach der Insel Anglesey, berühmt durch die großen eisernen Brücken, die sie mit dem Festland verbinden. Von Holyhead nach "Grenze, sächsische hinüber um die Kingstown-Dalkey Eisenbahn zu sehen. Reichen nun die Mittel hin, so wird der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete, sich von hier aus nach America übersetzen lassen, wenn nicht, so wird er sich nach Frankreich übersetzen lassen.

In Paris Aufenthalt von einigen Monaten, um die neuesten technischen Werke studiren und die hier ausmündenden Eisenbahnen befahren zu können. Von da auf der Südeisenbahn nach Orleans, Limoges [?], und weiter nach Bordeaux, um an den Ufern der Dordogne die schönen Brücken und Kanalbauten zu sehen. Dann herüber in das Rhone Thal nach Marseille, St. Etienne, Lyon dann über Chalon s./S. nach Besançon an den Kanal Mosier¹⁴¹⁾, der den gehorsamst Unterzeichneten zurück an den deutschen Rhein führen wird.«¹⁴²⁾

Den Besuch der Vereinigten Staaten führte er nur unter der Voraussetzung als Reiseziel auf, daß die Geldmittel ausreichen.

In einem Schreiben vom 4. März unterstützte Pauli nachhaltig den Antrag:

»Wir halten uns verpflichtet, dieses Doppelgesuch Eurer Koeniglichen Majestaet dringend zur allergnädigsten Berücksichtigung zu empfehlen. Denn ist jemand vorbereitet eine solche Reise mit Nutzen zu machen, so dürfte es Culmann seyn. Seit dem 21. August 1841 ist derselbe bei dem Eisenbahnbau beschäftigt, hat alle Stadien desselben, von den ersten Vermessungen zu generellen Kartierungen einer Linie, bis zur gänzlichen Vollendung durchgemacht, hat in den Jahren 1845/48 die spezielle Aufsicht über die 5 schwierigen Loose der Section Hof von Moschendorf bis zur Reichsgrenze in einer Längenausdehnung von 4 1/4 Stunden geführt, und sich dabei nach den Euer Koeniglichen Majestaet vorliegenden Qualifikationslisten stets durch unermüdlichen Eifer, strenge Pünktlichkeit und große Gewandtheit ausgezeichnet, so gehört Culman offenbar zu den begabtesten Bau-Practicanten. Wir können weiter beifügen, daß derselbe sich schon seit längerer Zeit zu einer solchen Reise vorbereitet, und zu dem Ende während seines Hierseins die Erlernung der englischen Sprache obgelegen ist, die er so ziemlich geläufig spricht. Auch ist derselbe gesonnen, eine nicht unbedeutliche Summe aus seinen Privatmitteln auf diese Reise zu verwenden, was wohl auch eine Berücksichtigung verdie-

¹⁴¹⁾Gemeint ist vermutlich der Canal du Rhône

¹⁴²⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an die Behörde vom 2. März 1849. Anhang A.2.f

nen dürfte.«¹⁴³⁾

Am 15. März 1849 reiste Culmann zunächst über Belgien nach England. Wie die Karte (Abb. 7) zeigt, wählte er eine etwas andere Route, besuchte aber alle genannten Ziele.

1.6.2 England

London	→	Swindon	→	Gloucester	→	Birmingham	→
Derby	→	Crewe	→	Chester	→	Bangor	→
Menai-Strait	→	Caernarfon	→	Snowdon (1085 m)	→	Holyhead	→
Dublin	→	Liverpool	→	Manchester	→	Sheffield	→
Leeds	→	York	→	Newcastle upon Tyne			



Abb. 7 Culmanns Reiseroute durch England

1.6.3 Vereinigte Staaten von Amerika

New York	→	Paterson	→	Baltimore	→	Washington	
(Dezember 1849 bis Mitte März 1850) ¹⁴⁴⁾					→		
Richmond	→	Wilmington	→	Charlston	→	Aiken	→
Augusta	→	Union Point	→	Athens	→	Atlanta	→

¹⁴³⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Pauli an Behörde vom 4. März 1849. Anhang A.2.f

¹⁴⁴⁾Reisebericht America S. [46] »ganzer Winter in Washington« und [89] »3 monatlicher Aufenthalt« und Weiterreise »Mitte März«

Chattanooga → Griffin → Opelika → Montgomery →
 Selma → Mobile → New Orleans → Memphis →
 Cairo → St. Louis → Hermann → Henry →
 Peru → Joliet → Chicago → Lake Michigan →
 Lake Huron → Detroit¹⁴⁵⁾ → Sandusky → Cincinnati →
 Erie
 Abstecher nach Pittsburg
 Buffalo
 Abstecher zu den Niagara Falls
 Rochester → Albany
 Abstecher nach Cold Springs, zur Militärakademie West Point
 und nach Binghampton
 Springfield → New Haven → Burlington → Boston

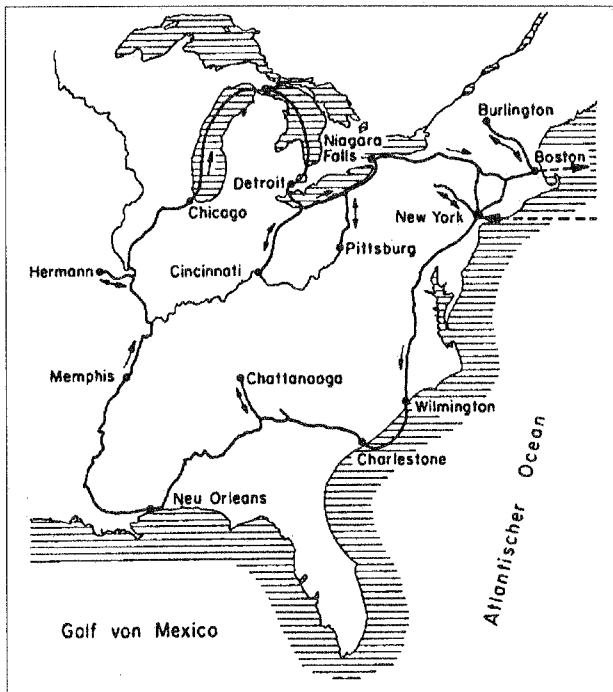


Abb. 8 Culmanns Reiseroute durch Amerika¹⁴⁶⁾

1.7 Reisebericht

Culmann sah die Reise nicht nur als Möglichkeit zum Lernen, sondern auch als Mittel, sich in Fachkreisen zu profilieren. Das konnte nur durch Veröffentlichungen geschehen. Ganz abgesehen von seinem persönlichen Ehrgeiz hatte

¹⁴⁵⁾Hier endet der ausgearbeitete Reisebericht. Siehe Anhang A.4.b.

¹⁴⁶⁾Abbildung aus Stüssi [1971], S. 697 nach Vorlage von M. Steinhauser, Beverly Hills, und H. Strüssler, Zürich.

er das Reisestipendium mit der Auflage erhalten, nach der Rückkehr einen Bericht vorzulegen. Die literarische Verarbeitung seiner Reisen besteht aus vier sehr unterschiedlichen Teilen.

1. Teil: »Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Ergebnis einer im Auftrag der königlich bayerischen Regierung in den Jahren 1849 und 1850 unternommenen Reise durch die Vereinigten Staaten von Nordamerika und England.«¹⁴⁷⁾

»*Erstes Kapitel*: Beschreibung der hölzernen Brückensysteme in Amerika in ihrer chronologischen Entwicklung

Zweites Kapitel: Theorie der Fachwerk-, Latten- und Bogenbrücken

Drittes Kapitel: Anwendung der entwickelten Theorie auf die beschriebenen Brücken«

2. Teil: »Fortschritte im Brücken-, Eisenbahn- und Flußdampfschiffbau, sowie in Errichtung der elektromagnetischen Telegraphen in Nordamerika und England. 2. Abschnitt: Der Bau der eisernen Brücken in England und Amerika.«¹⁴⁸⁾ In Culmanns Zählung das *vierte Kapitel*¹⁴⁹⁾.

3. Teil:

»*Fünftes Kapitel*: Einige größere Dachstühle

Sechstes Kapitel: Über die Geschwindigkeit des elektromagnetischen Stromes in den Telegraphen-Drähten«¹⁵⁰⁾

4. Teil: Technische Reisebeschreibung

a) England

b) Amerika¹⁵¹⁾

Trotz aller Talentproben, die ihn als brillanten Bericht-Schreiber zeigen sollten, kostete ihn die Abfassung größte Anstrengungen, das zeigt nicht allein die schleppende Ablieferung.

Am 11. Februar 1851¹⁵²⁾ schickte Culmann die gesammelten Karten und Schriften an die oberste Baubehörde, er berichtete über die freundliche Aufnahme in den USA und bat um Erlaubnis,

»den verbindlichsten Dank von Seite der Kgl. Bayerische Staats-Regierung, in einem Briefe an diese Herren ausdrücken zu dürfen«.

Er kündigte an, daß sein Reisebericht erst in einigen Monaten fertiggestellt sein würde, und bat um die Genehmigung, Teile des Berichts noch vor der Ablieferung veröffentlichen zu dürfen.

Die Unterlagen, unter denen sich auch die Windkarten von Maury befanden, wurden der Bibliothek der obersten Baubehörde übergeben.¹⁵³⁾ Die Behörde zog es allerdings vor, den »verbindlichsten Dank von Seiten der Kgl. Bayerischen Staats-Regierung« nicht durch Culmann, sondern durch die Regierung selbst übermitteln zu lassen. Das Bayerische Ministerium des Handels und der öffentlichen Arbeiten übersandte der königlichen Gesandtschaft in Berlin zur

¹⁴⁷⁾Titel beim Abdruck in der Allg. Bau. 16 (1851)

¹⁴⁸⁾Titel beim Abdruck in der Allg. Bau. 17 (1852)

¹⁴⁹⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an die OBB vom 23. Februar 1851

¹⁵⁰⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Pauli an das Ministerialreferat vom 26. Juli 1855

¹⁵¹⁾ETH-Bibliothek 2997 : 1 (Hs)

¹⁵²⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an die OBB vom 11. Februar 1851. Anhang A.2

¹⁵³⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Aktennotiz Nr. 667 vom 1.3.1851

Weiterleitung an die Gesandtschaft der nordamerikanischen Regierung in Berlin eine Note, in der es unter anderem heißt:

»Die k. Regierung fühlt sich durch die zuvorkommende Behandlung und durch die freundliche Aufnahme, welche Ingenieurpraktikant Culmann in den nordamerikanischen Staaten, von Seite der Regierung und den Staatsbehörden gefunden hat, und welche ihn für die Erreichung seines Reisezwecks von dem größten Werthe geworden sind, zum lebhaftesten Dank verpflichtet.«

Am 22. Juni 1851 legte Culmann die ersten drei Kapitel vor, also den 1. Teil über die hölzernen Brücken. Im Begleitschreiben erwähnt er, daß er von der Erlaubnis zur Veröffentlichung Gebrauch gemacht habe, die *Allgemeine Bauzeitung* werde diese drei Kapitel abdrucken.¹⁵⁴⁾

Dort erschienen sie noch im Jahre 1851 unter dem Titel *Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika* mit der Ankündigung, daß der

»gegenwärtige Aufsatz [...] als der erste Abschnitt einer Darstellung der neuesten Fortschritte im Brücken-, Eisenbahn- und Flußdampfschiffbau, sowie in der Errichtung der elektromagnetischen Telegraphen in Nordamerika und England zu betrachten [sei], deren vollständige Mittheilung uns der Herr Verfasser zu versprechen die Güte gehabt hat.«¹⁵⁵⁾

Im Brief vom 22. Juni kündigte Culmann zwei weitere Kapitel an, »die eisernen Brücken und Dachstühle enthaltend«.

Am 1. Dezember 1851 hatte das Ministerium offensichtlich noch nichts erhalten und mahnte bei der Eisenbahnbau-Kommission die »Vorlage der beyden letzten Kapitel seines Reiseberichts« an.

Am 12. Dezember leitete Pauli die ausgesprochen persönlich gehaltene Antwort Culmanns vom 9. Dezember weiter.

Culmann berichtet, daß er von dem Abschnitt über eiserne Brücken die Balken- und Gitterbrücken ausgearbeitet hat und nur noch die Latten-, Bogen- und Kettenbrücken beschreiben müsse und verspricht, daß er spätestens Ende Januar fertig sein werde. Dann erklärt er sehr plastisch seine Schwierigkeiten mit dem Schreiben:

»Die Mitglieder der k. Obersten Baubehörde und die k. Eisenbahnbau-Commission, die alle einen so großen Wirkungskreis haben [...] werden vielleicht darüber lächeln, daß der gehorsamst Unterzeichnete es wagt, seine Berufsgeschäfte als Verzögerungsgrund bei der Ausarbeitung seines Berichtes anzuführen.

Und dennoch ist es so.

Obgleich die amtlichen Arbeiten viel mehr Zeit übrig lassen, als zum wirklichen Schreiben nothwendig ist, so ist doch der Geist immer mehr mit den hier auszuführenden Bauten und anderen Bauten, als mit den vor zwei Jahren in Amerika gesehenen Werken beschäftigt. Es kostet immer eine gewisse Ueberwindung, um die Gedanken von den durch jeden Tag gelieferten Stoff abzulenken und an die anliegende Arbeit zu fesseln. Und

¹⁵⁴⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an die Behörde vom 22. Juni 1851. Bei den Akten befindet sich eine Abschrift dieser drei Kapitel mit allen Zeichnungen, das Original schreibt Culmann - wurde an die *Allgemeine Bauzeitung* nach Wien geschickt.

¹⁵⁵⁾Allg. Bau. 16 (1851), S. 69

dann wird von 8 Uhr Abends bis Mitternacht oft weiter nichts gethan, als das schon Geschriebene durchstudirt, um wieder in den Zusammenhang zu kommen, nur in der letzten halben Stunde wird eine halbe Seite statt 3 bis 4 Seiten geschrieben. Mit einem Wort: es ist die Zerstreung durch das viele Personal und die Neuheit der Stellung, die bisher die Vollendung der Berichte verzögerte. Doch geht es jetzt im Winter viel besser voran, als während des Sommers, wo beinahe gar nichts gethan wurde, und der unterthänig gehorsamst Unterzeichnete wird alle seine Kräfte aufbieten, um bis zum Wiederbeginn der Arbeiten den größten Theil seines Berichts zur Vorlage bringen zu können.«¹⁵⁶⁾

Am 20. Februar 1852 kam die nächste Mahnung, diesmal wurde eine Frist von sechs Wochen zur Abgabe gesetzt.¹⁵⁷⁾ Die unausgesprochene Drohung: Rückforderung des Stipendiums von 1000 Gulden.

Am 23. Februar 1852 lieferte Culmann die erste Hälfte des 4. Kapitels - also über eiserne Brücken - ab, von der wir wissen, daß sie schon am 9. Dezember des Vorjahres fertig war, und versprach die zweite Hälfte innerhalb von drei Wochen nachzuliefern. Als Begründung für die Verspätung gibt er eine Telegrammversion seines Briefs vom Dezember an:

»Derselbe muß um Nachsicht wegen der spaeten Vorlage bitten. Die tägliche Zerstreung durch die Sektions-Arbeiten beschaeftigen den Geist so sehr, daß es schwer ist, sich zu Nachdenken erforderndere Arbeiten zu sammeln.« Er versprach aber, den »Rest des Berichts möglichst bald zur Vorlage zu bringen«¹⁵⁸⁾.

Am 29. März folgte dann der Rest des 4. Kapitels.¹⁵⁹⁾ Noch im Jahr 1852 wurde das Kapitel als zweiter Teil des Reiseberichts unter dem Titel *Der Bau der eisernen Brücken in England und Amerika* in der *Allgemeinen Bauzeitung* abgedruckt.

Damit gab sich das Ministerium dann zufrieden, weitere Mahnungen kamen nicht mehr, zumindest enthält die Personalakte keine mehr.

Das schlechte Gewissen plagte Culmann wohl noch immer, denn vor seiner Abreise in die Schweiz übergab er Pauli noch zwei Kapitel seines Reiseberichts.

»Cap. V einige größere Dachstühle, Cap. VI über die Geschwindigkeit des elektromagnetischen Stromes in den Telegraphen-Drähten«¹⁶⁰⁾

Pauli leitete sie am 26. Juli 1855 weiter an das Ministerialreferat. Sie zirkulierten dann durch die Baubehörde, der Umlaufvermerk wurde von sechs Beamten abgezeichnet. Danach wurde das Heft an das »Conservatorium« weitergegeben.¹⁶¹⁾ Dessen Bestände lagern mittlerweile im Bayerischen Hauptstaatsarchiv in München. Gut möglich, daß die beiden Kapitel sich dort auch noch befinden, ich konnte ihren Standort aber leider nicht ausfindig machen.

Gedruckt wurden diese beiden Kapitel jedenfalls nicht, aber sicherlich hat sie

¹⁵⁶⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an die Eisenbahnbau-Commission vom 9. Dezember 1851

¹⁵⁷⁾BayHStA München. OBB Akten 7519

¹⁵⁸⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an Behörde vom 23. Februar 1852

¹⁵⁹⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an Behörde vom 29. März 1852

¹⁶⁰⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Pauli an Ministerialreferat vom 26. Juli 1855

¹⁶¹⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Pauli an Ministerialreferat vom 26. Juli 1855

Culmann der *Allgemeinen Bauzeitung* angeboten.

Aus der oben zitierten Ankündigung in der *Allgemeinen Bauzeitung* war mit den ersten vier Kapiteln erst der 1. Abschnitt - Brückenbau - des ursprünglich vorgesehenen Berichts fertig. Culmann plante vermutlich drei weitere Abschnitte:

2. Abschnitt: Eisenbahnbau in Nordamerika und England,
3. Abschnitt: Flußdampfschiffbau in Nordamerika und England und
4. Abschnitt: Elektromagnetische Telegraphen in Nordamerika und England.

Diesen Plan hatte er wohl längst vor Abfassung der Kapitel 5 und 6 aufgegeben. Die beiden Kapitel selbst passen bereits nicht mehr in das Konzept. Das 5. Kapitel könnte man höchstens als Anhang zum 1. Abschnitt verstehen und das 6. Kapitel als Teil des geplanten 4. Abschnitts.

Zu allen diesen Themen hatte Culmann während seiner Reise ausgiebig Material gesammelt und Notizen und Skizzen angefertigt. In der wissenschaftshistorischen Sammlung der ETH-Bibliothek in Zürich befinden sich - vermutlich vollständig - diese technischen Reisenotizen.¹⁶²⁾ Es handelt sich um etwa 120 Seiten mit zahlreichen Skizzen. Aus diesem Material hätten sich zu allen genannten Gebieten Artikel verfassen lassen. Was bislang wenig bekannt war, zeigen diese Notizen: Culmann interessierte sich nicht nur für Brücken und Dachstühle, sondern genauso intensiv für Maschinenbau (Lokomotiven, Gleisbau, Wagenbau, Schiffsbau, Werkstätten) und auch für Elektrizitätslehre.

Der Vergleich der Notizen mit dem Brückenbau-Abschnitt, insbesondere mit den ersten drei Kapiteln zeigt, daß Culmann den entscheidenden Teil der Arbeit erst nach der Rückkehr geleistet hat. Zu seiner Fachwerktheorie (siehe Abschnitt 1.7.4) gibt es in den Notizen keine Ansätze.

Vermutlich sah er sich neben der Berufsarbeit nicht in der Lage, die Notizen für die Abschnitte 3 und 4 mit demselben gedanklichen Aufwand umzuarbeiten, möglicherweise versuchte er deshalb, das reiche Material in anderer Weise zu nutzen. So könnte man sich den 4. Teil der Culmannschen Reiseauswertung, die *Technischen Reisebeschreibungen*¹⁶³⁾, entstanden denken.

Sie sind jedenfalls nach dem 5. Kapitel geschrieben worden, und dann wohl nicht mehr in Vilshofen, sondern schon in Zürich. Jedenfalls verweist Culmann im Amerika-Bericht bei einem Hinweis auf eine Bahnhofshalle in Baltimore darauf, daß er deren Dachstuhl¹⁶⁴⁾ bereits beschrieben habe.

Die technische Reisebeschreibung als Resteverwertung nach den sechs abgelieferten Kapiteln, das bestätigen auch die ersten Zeilen des Englandberichts:

»In den vorigen Abschnitten habe ich die Brücken¹⁶⁵⁾, Dachstühle¹⁶⁶⁾ und

¹⁶²⁾ETH-Bib. 2997:3 (Hs)

¹⁶³⁾siehe Anhang A.4

¹⁶⁴⁾Reisebericht Amerika, S. [46]

¹⁶⁵⁾1. bis 4. Kapitel

¹⁶⁶⁾5. Kapitel

Telegraphen¹⁶⁷⁾, die ich auf meiner Reise vorzugsweise im Auge hatte und studirte, systematisch geordnet, zu beschreiben und wo es möglich war mit der Theorie zu vergleichen gesucht. In dem folgenden Abschnitt will ich nun alles zusammenfassen, was ich Interessantes zu sehen Gelegenheit hatte und zu keinem der früher behandelten Gegenstände paßte.

Die chronologische Ordnung ist hierfür die einzig passende.«¹⁶⁸⁾

Die technischen Notizen und auch die Reiseberichte selbst strafen ihn im übrigen Lügen, was seine Präferenzen während der Reise betraf: sie enthalten mindestens eben soviel Material zu Dampfmaschinen aller Art, wie etwa zu Brücken, und die Telegraphen sind eher ein Randgebiet. Es fehlte ihm viel eher die Zeit und Energie und nach der Berufung auf einen Lehrstuhl für Ingenieurwesen auch die Motivation, seine Beobachtungen zum Maschinenbau, wie die zum Brückenbau, zu systematisieren und theoretisch durchzuarbeiten. Vergleicht man die technischen Reisebeschreibungen mit den Notizen, so stellt man fest, daß er seitenweise die Notizen unverändert abgeschrieben hat. Das spricht für die Qualität seiner Aufzeichnungen, bestätigt aber auch, daß es um eine arbeitssparende Auswertung ging.

Er war sicherlich an einer Veröffentlichung interessiert und das Adjektiv »technische« im Titel und die wiederholten Hinweise und Selbstbeschwörungen, er müsse sich aufs technische beschränken, lassen vermuten, daß er an eine technische Zeitschrift gedacht hat.

1.7.1 Fachwerktheorie

Der 1. Abschnitt des Reiseberichts enthielt weit mehr als der Titel »Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika« versprach. Culmann war zwar mit diesem Artikel derjenige, der das amerikanische Holzbrücken-System, die Systeme von Theodore Burr, Ithiel Town, Long und vor allem das System von William Howe in Europa bekannt gemacht hat, wie Friedrich Steiner in seinem eigenen Buch über den Brückenbau in Nordamerika schrieb.¹⁶⁹⁾ Der eigentliche wissenschaftliche Wert von Culmanns Brückenartikel ist allerdings die Fachwerktheorie, die er im zweiten Kapitel entwickelte. Es war damals üblich, die Fachwerk-Systeme wie massive Balken zu behandeln und die Elastizitäts-Formeln nach Navier bzw. Clapeyron anzuwenden.

Für die Bemessung von Bauwerken galt ohnehin die Erfahrung und das sogenannte »statische Gefühl« mehr als die Berechnung. Culmanns Anlaß für die Entwicklung der Fachwerktheorie war die statische Analyse der amerikanischen Brücken. Alle diese Brücken waren von Baumeistern gebaut worden, die man eher Handwerker als Ingenieure nennen muß. Culmann versuchte also die empirischen Ergebnisse theoretisch zu untermauern und einfache Regeln zur Dimensionierung zu liefern. Die Mühe lohnte sich für Culmann des-

¹⁶⁷⁾6. Kapitel

¹⁶⁸⁾Reisebericht England, S. [1]

¹⁶⁹⁾Steiner [1876]. Steiner war Assistent bei dem großen Brückenbauer Emil Winkler an der TH Wien und wurde als Berichterstatter zur Weltausstellung in Philadelphia 1876 geschickt. Sein Buch ist also ebenfalls ein Reisebericht. 1893 veröffentlichte Culmanns Nachfolger Wilhelm Ritter ein Buch über den Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas.

halb, weil die amerikanischen Holzkonstruktionen wesentlich weiter entwickelt waren als die europäischen. Culmann machte für die auch in Amerika häufigen Brückeneinstürze weniger Systemschwächen als Überlastung verantwortlich.¹⁷⁰⁾

Er gab der Theorie zwar einen großen Stellenwert und bevorzugte einen »denkenden Menschen« vor einem »alten Praktiker«. Er konzidierte aber durchaus, daß die Bau erfahrung zu statisch guten Lösungen geführt hatte. Außerdem schloß er immer wieder von der Verbreitung eines Systems auf seine Qualität: Was häufig gebaut wird, ist gut. Was schlecht ist, wie die Townschen Lattenbrücken, wird auch selten gebaut.¹⁷¹⁾ Er mißachtete also das statische Erfahrungswissen keineswegs prinzipiell, wie verschiedentlich unterstellt wurde. Stüssi erklärte zum Beispiel die geringe Begeisterung Culmann für den Schweizer Brückenbauer Grubenmann damit, daß Culmann »kein Sensorium für intuitive Leistung«¹⁷²⁾ besessen habe. Ich halte es für fraglich, daß Culmann die Townschen Brücken nur deshalb so scharf kritisiert hatte, weil Town ein Handwerker war und kein Ingenieur¹⁷³⁾. Dafür gibt es im Text keine Anhaltspunkte, zumal die Brückenkonstruktion des Handwerkers William Burr von Culmann das Prädikat »vollkommen gelungen«¹⁷⁴⁾ erhielt.

Durch den Eisenbahnbau war die Zahl neuer Brücken beträchtlich gestiegen, außerdem war die Belastung der Brücken durch die Eisenbahn erheblich größer als durch Fuhrwerke. Hinzu kam der verstärkte Einsatz von Eisen beim Brückenbau.

Den neuen Anforderungen begegneten die Brückenbauer mit dem Superpositionsprinzip, die Überlagerung verschiedener statischer Systeme. Dabei konnte man allerdings nicht davon ausgehen, daß die Schwächen verschiedener Systeme bei der Kombination aufgehoben wurden. Zuweilen war das Ergebnis der Kombination schlechter als jedes der beiden einzelnen, wie es Culmann bei der Überlagerung des Burrschen und des Howeschens Systems beobachtete.¹⁷⁵⁾ Wie reif die Zeit für eine angemessene theoretische Behandlung von zusammengesetzten Bauwerken war, zeigt sich überdies daran, daß gleich mindestens vier Wissenschaftler unabhängig voneinander Fachwerktheorien entwickelten.

Alle Theorien betrachteten das Fachwerk als ein unbewegliches System aus gelenkig gelagerten Stäben, wenn dies auch nicht so formuliert wurde. Culmann beispielsweise nennt solche Brückenformen Fachwerkbrücken,

»welche aus einem oberen und unteren Streckbaume, der aus mehreren neben oder übereinander liegenden Theilen gebildet sein kann, bestehen, welche durch zwei Systeme Verbindungsstücke, wovon eines Druck und das andere Spannung auszuhalten hat, so miteinander verbunden sind, daß bei der Belastung die Krümmungsmittelpunkte beider Streck-

¹⁷⁰⁾Culmann [1851], S. 129

¹⁷¹⁾Culmann [1851], S. 105

¹⁷²⁾Stüssi [1950], S. 10

¹⁷³⁾Trautz [1991], S. 36

¹⁷⁴⁾Culmann [1851], S. 70

¹⁷⁵⁾Culmann [1851], S. 77

bäume zusammenfallen.«¹⁷⁶⁾

Durch die Unterscheidung von Streben, die nur gepreßt, und solchen, die nur gespannt waren, erhielt man ein Fachwerk, das sich statisch eindeutig berechnen ließ. Später wurden solche Fachwerke statisch bestimmte genannt. Auch die drei anderen Fachwerktheorien konzentrierten sich auf statisch bestimmte Fachwerke.¹⁷⁷⁾

Die zuerst veröffentlichte Fachwerktheorie stammte von einem Amerikaner. Squire Whipple (1804 - 1888) beendete im Jahre 1830 sein Studium am Union College in Schenectady, New York. Er leitete dann die Vermessung mehrerer Bahnlinien, machte Erfindungen und baute 1840 als erster in den Vereinigten Staaten eine Fachwerk-Brücke vollständig aus Eisen (siehe Abb. 9) und zwar teils aus Gußeisen und teils aus Schmiedeeisen.

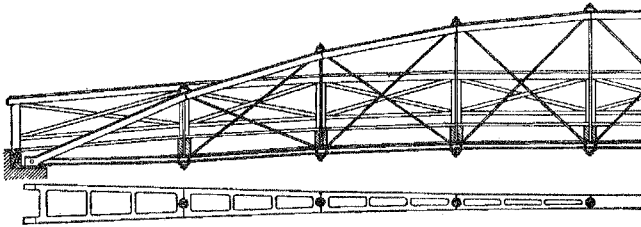


Abb. 9 Whipple-Brücke 1840. Erste eiserne Brücke

1847 veröffentlichte er eine theoretische Untersuchung zu Fachwerksystemen¹⁷⁸⁾, um die Dimensionen der Bauteile berechenbar zu machen. Er begann bei der Untersuchung eines Fachwerks (Abb. 10) an einem Widerlager und berechnete dann sukzessive die Kräfte in den einzelnen Bauteilen. Whipple löste die Aufgabe auch graphisch mit dem Kräfteparallelogramm.¹⁷⁹⁾

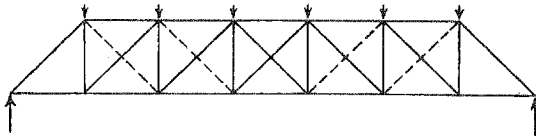


Abb. 10 Whipple. Fachwerk¹⁸⁰⁾

Sein Buch blieb aber offensichtlich auch in Amerika unbeachtet, denn ein späterer Autor¹⁸¹⁾ beklagt 1851, er habe weder bei Ingenieuren, Baumeistern noch in Büchern Informationen zur Dimensionierung von Bauteilen gefunden. So erklärt sich auch, daß Culmann bei seiner Amerika-Reise von keinem der Ingenieure, die er traf, auf dieses Buch hingewiesen wurde.

¹⁷⁶⁾Culmann [1851], S. 86

¹⁷⁷⁾Zu den Anfängen der Fachwerk-Theorie siehe Timoshenko [1953], S. 184-192

¹⁷⁸⁾Whipple [1847]

¹⁷⁹⁾Leider konnte ich sein Buch nicht auftreiben. Ich stütze mich auf Timoshenko [1953], S. 185

¹⁸⁰⁾Timoshenko [1953], S. 185

¹⁸¹⁾Herman Haupt: General Theory of Bridge Construction. New York 1851 und 1869. Ebenfalls nicht in ETH-Bibliothek. Zitiert nach Timoshenko

Die zweite Auflage seines Buches aus dem Jahre 1869¹⁸²⁾ soll über Jahrzehnte im Eisenbahnbau breit benutzt worden sein.¹⁸³⁾ Es befindet sich aber nicht in der ETH-Bibliothek: vermutlich hat es Culmann nie zu Gesicht bekommen.

D. I. Jourawski (1821 - 1891) besuchte die *École des Travaux Publics* in St. Petersburg, die von französischen Ingenieuren, u. a. Lamé und Clapeyron, gegründet worden war. Das Geburtsjahr ist nicht die einzige Gemeinsamkeit mit Culmann. Wie Culmann entwickelte auch Jourawski seine Fachwerktheorie im Eisenbahndienst. Ab 1842 arbeitete er am Bau der Eisenbahn von Moskau nach St. Petersburg mit und 1844 wurde er mit dem Bau des größten Projekts an der Strecke, der Brücke über den Fluß Werebia, beauftragt. Im Zusammenhang damit untersuchte er sowohl die Scherkräfte in Balken¹⁸⁴⁾ als auch die Statik von statisch bestimmten Fachwerk-Brücken.

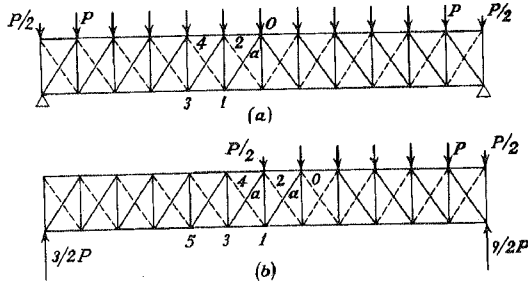


Abb. 11 Zeichnung zu Jourawskis Fachwerktheorie¹⁸⁵⁾

Die Grundidee seiner Fachwerktheorie unterscheidet sich etwas von der Whipples. Er betrachtet zuerst den symmetrischen Fall und beginnt dann mit der Bestimmung der Kräfte in der Mitte (obere Teil von Abb. 11). Bei asymmetrischer Belastung muß zunächst überlegt werden, welche Bauteile mit Zug (gestrichelt) und welche mit Druck (durchgezogen) belastet werden.

Auf diese Weise konnte Jourawski auch die ungünstigste Lastverteilung bestimmen und an ihr die Dimensionierung orientieren.

Jourawski behandelte dann verschiedene weitere Fachwerksysteme und befaßte sich auch mit statisch unbestimmten Fachwerken. Seine Methode veröffentlichte Jourawski allerdings erst 1850 nach Fertigstellung der Brücke¹⁸⁶⁾ und die Ergebnisse seiner Untersuchungen über den Brückenbau erst 1856-57.

Culmann und Johann Wilhelm Schwedler (1823 - 1894)¹⁸⁷⁾ veröffentlichten ihre Theorien beide im Jahre 1851. Nach Timoshenko sind dies die vollständigsten der damaligen Zeit.¹⁸⁸⁾ Beides sind analytische Methoden, die Gleichungssysteme zur Berechnung der Stabkräfte aufstellen. Schwedler benutzt dazu das

Biegemoment und die Querkräfte und stellte die Beziehung $V = \frac{dM}{dx}$ auf und

¹⁸²⁾S. Whipple: An Elementary and Practical Treatise on Bridge Building

¹⁸³⁾Britannica [1991], Bd 12, S. 622, 3a

¹⁸⁴⁾Timoshenko [1953], S. 142

¹⁸⁵⁾Timoshenko [1953], S. 142

¹⁸⁶⁾Zhurnal Glavnogo Upravleniya Putej Soobshchenia i Publichnih Rabot, 1850. Siehe Timoshenko [1953], S. 189.

¹⁸⁷⁾Swedler [1851]. Für eine Kurze Beschreibung siehe Trautz, S. 18-25

¹⁸⁸⁾Timoshenko [1953], S. 192

zeigt damit, daß das Biegemoment sein Maximum hat, wenn die Querkräfte ihr Vorzeichen wechseln. Dieses Ergebnis wurde insbesondere in der graphischen Statik intensiv genutzt.

Culmann betrachtet die Hälfte des Fachwerks (Abb. 12) und unterscheidet wie Jourawski zwischen zug- (einfach) und druckbelasteten (doppelt) Stäben und

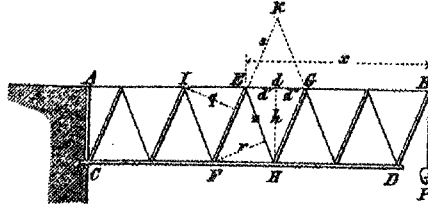


Abb. 12 Zeichnung zu Culmanns Fachwerktheorie¹⁸⁹⁾

stellt dann im Gleichgewichtsfall in Abhängigkeit vom Abstand x Gleichungen für die Kräfte $Q(x)$ in den Streckbäumen, den Druck $S(x)$ in den Streben und den Zug $Z(x)$ in den Zugbändern auf. Die Rechnung wird an verschiedenen Fachwerktypen durchgeführt.

Culmanns Fachwerktheorie ist also eine analytische Methode. Sein Artikel enthält aber dennoch an einigen Stellen einen Vorgeschmack auf seine graphische Denkweise, und das letzte Kapitel über die Burrsche Bogenbrücke verwendet die graphische Methode von Poncelet. (Siehe Abschnitt 2.1.4).

Vermutlich gibt es außer den vier genannten Ansätzen zu einer Fachwerktheorie noch weitere. Michot, der Nachfolger Poncelets in Metz soll schon 1848 die Spannungen in Fachwerkdächern berechnet haben.¹⁹⁰⁾ Außerdem befindet sich in der ETH-Bibliothek ein Buch von dem Eisenbahningenieur Ghega aus dem Jahre 1844 »Ueber nordamerikanischen Brückenbau und Berechnung des Tragvermögens der Howe'schen Brücken«¹⁹¹⁾.

Nicht zuletzt ist hier auch der Lehrer Culmanns C.H.A. Kayser zu nennen, bei dem Culmann in Karlsruhe Mechanik gehört hatte. Sein »Handbuch der Statik« enthält mehr als nur Ansätze zu einer Fachwerktheorie. (Siehe Abschnitt 2.1.3)

Eine Verbesserung der Fachwerktheorie brachte die Rittersche Schnittmethode, die der Aachener Professor für Ingenieurmechanik, August Ritter (1826 - 1908), zur Vereinfachung der Berechnung eingeführt hatte¹⁹²⁾. Dabei wird ein Schnitt so durch das Fachwerk gelegt, daß nur drei Stäbe geschnitten werden. Durch den Schnitt werden Stabkräfte zu äußeren Kräften. Da ein ebenes Kräfte-System mit drei Kräften im Gleichgewichtsfall berechnet werden kann, erhält man die Stabkräfte.

Der zweite Teil von Culmanns Artikels behandelt die eisernen Brücken, bringt aber keine neuen Aspekte.

¹⁸⁹⁾Culmann [1851], S. 89, Fig. 1

¹⁹⁰⁾Timoshenko [1953], S. 186

¹⁹¹⁾Ghega [1844]

¹⁹²⁾A. Ritter [1862]

1.7.2 Exkurs: Pauli-Brücken

Friedrich August Pauli war nicht nur der große Organisator im bayerischen Eisenbahnbau, sondern auch einer der Pioniere des Fachwerkbrückenbaus in Bayern. 1853 baute er auf der Strecke Ulm - Augsburg bei Günzburg die erste eiserne Fachwerkbrücke in Bayern.

Er knüpfte bei seinem Fachwerksystem an die sogenannten Träger gleichen Widerstands an, die bereits 1826 von Louis Navier vorgeschlagen worden waren. Unabhängig von Navier war auf empirischem Wege 1834 Ludwig Laves ebenfalls auf diesen Gedanken gekommen. Bemißt man einen gleichmäßig belasteten Balken nach seiner größten Beanspruchung in der Mitte, dann ist er an allen übrigen Stellen überdimensioniert. Laves sägte daher den Balken längs in der Mitte auf und spreizt ihn durch Klötze auf.

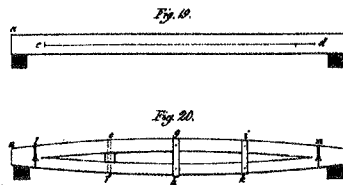


Abb. 13 Laves-Balken¹⁹³⁾

Später setzte er den Balken aus zwei gekrümmten Balken mit dazwischengeklebten Pfosten und Streben zusammen.



Abb. 14¹⁹⁴⁾ Laves-Balken

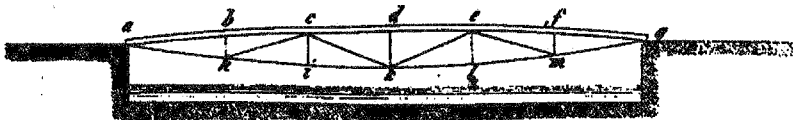


Abb. 15¹⁹⁵⁾ Laves-Träger

Paulis Überlegungen gingen über den Ansatz Laves' hinaus¹⁹⁶⁾. Die deutlichste Darstellung des Paulischen Systems stammt aus der ersten Auflage (1866) der »Graphischen Statik« von Culmann. Er stellte zwar selbst fest, daß der Brückenbau eigentlich kein Thema der Statik sei, sondern zur Anwendung der Statik gehöre, da aber die Äußerungen über die Pauli-Brücken zeigten, daß ihr Konstruktionsprinzip nicht verstanden wurde, fügte er vier Kapitel Brückenbau ein: drei um die theoretischen Hintergründe der Pauli-Konstrukti-

¹⁹³⁾Laves [1840], Blatt 338, Fig 19 und 20

¹⁹⁴⁾Laves [1840], Blatt 338, Fig. 32 und 25

¹⁹⁵⁾Laves [1840], Blatt 338, Fig. 3

¹⁹⁶⁾Kokkelink [1989] beschreibt ausführlich die Entwicklung und Verbreitung der Lavesschen Erfindung. Nach seinem Urteil ist der Pauli-Träger lediglich eine Nacherfindung des Laves-Balkens.

on zu erläutern und eines, um zu zeigen, daß es bei Laves keine theoretischen Argumente gibt.¹⁹⁷⁾ Eine gewisse mangelnde Begeisterung für rein empirische Entwicklungen ist in diesen Abschnitten unverkennbar.

»Herr v. Pauli war [...] von der Idee beherrscht, es seien vorzugweise die Erschütterungen, welche die über Brücken fahrenden Züge verursachen, namentlich bei eisernen Brücken schuld an der Zerstörung derselben. [...] Die Erschütterungen, die nicht allein den Oberbau, sondern nach und nach auch die Widerlager zerstören, glaubte Herr v. Pauli [...] zu vermindern, indem er seine Träger in der neutralen Axe aufhing und diese geradlinig bildete.«¹⁹⁸⁾

Diese Bedingungen waren beim ersten Versuch, der Eisenbahnbrücke bei Günzburg, im Jahre 1853 erfüllt:

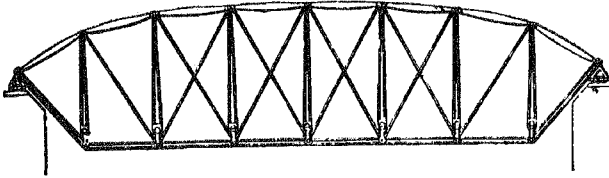


Abb. 16 Pauli-Träger von 1853¹⁹⁹⁾

Die endgültige Form des Pauliträgers ergab sich aus den zusätzlichen Forderungen:

- a) Ein constanter Querschnitt der Streckbäume [Gurtbögen].
- b) Ein Minimum des Materials für die Füllungsglieder.
- c) Ein Minimum der Verschiebung der einzelnen Fächer, aus denen der Balken besteht.«²⁰⁰⁾

Der geringste Materialverbrauch wird erreicht, wenn man die Bauteile nach den Spannungen bemißt, denen sie ausgesetzt sind. Sollen die Gurtbögen überall gleichen Querschnitt haben, dann müssen der Ober- und Untergurt so gekrümmt werden, daß überall dieselbe Spannung herrscht. Auf diese Weise kam Pauli zu der typischen symmetrischen Linsenform seines Trägers.

Nachdem Culmann einige Einwände gegen Pauli-Träger besprochen hat, beendet er seine Beurteilung mit dem Hinweis, daß dies die durchdachteste Konstruktion sei, die überdies den »geringsten Aufwand an Material und Kosten«²⁰¹⁾ benötige.

Pauli ließ sich seinen Träger im Jahre 1857 patentieren. Im selben Jahr wurde unter der Bauleitung von Heinrich Gerber die Isarbrücke bei Großhesselohe mit dem Pauli-System vollendet. Diese Brücke war 30 m hoch und besaß zwei Felder zu je 54 m und zwei Felder zu je 29 m Weite.

In der Pauli-Biographie für die Allgemeine Deutsche Biographie reklamierte Bauernfeind seinen und Gerbers Anteil an der Entwicklung des Pauliträgers:

»auf Herrn von Pauli's Wunsch [hat] der Verfasser dieser Biographie im

¹⁹⁷⁾Culmann [1864-66], zu S. 393-403 und 407-417, Laves S. 404-407

¹⁹⁸⁾Culmann [1864-66], S. 394

¹⁹⁹⁾Culmann [1864-66], Fig. 163

²⁰⁰⁾Culmann [1864-66], S. 398f

²⁰¹⁾Culmann [1864-66], S. 407

Mai 1856 ein von den Mängeln des Günzburger befreites und somit verbessertes System entwickelt und in einer ausführlichen Denkschrift dargestellt [...]. An diesem System traf Pauli in Verbindung mit [...] Gerber nur noch bezüglich eines Konstruktionsteils eine Aenderung.«²⁰²⁾

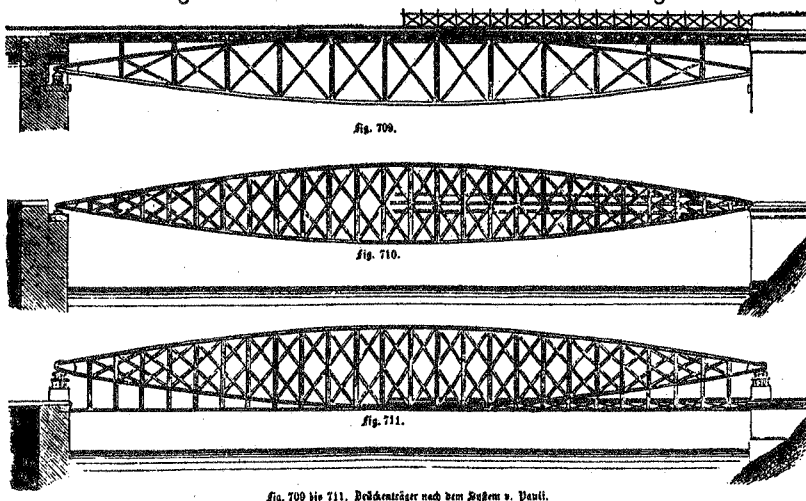


Abb. 17 Pauli-System²⁰³⁾

Dieses Gutachten konnte ich leider nicht ermitteln. Ich kenne lediglich eine drei Spalten lange

»Beschreibung der von dem Königl. Bayerischen Director Friedrich August Pauli erfundenen eisernen Balkenbrücken mit gekrümmten Stemm- und Spanngurten«²⁰⁴⁾

von Pauli. Sie wurde von Klaus Köpcke (1831 - 1911), dem späteren Straßen-, Wasser- und Eisenbahnbau-Professor in Dresden, abgedruckt, um nachzuweisen, daß Paulis Überlegungen nicht über die von Laves hinausgehen. In dem Pauli-Text war die Theorie allerdings nur angedeutet. Aber selbst in Hannover gab es Fürsprecher für Pauli. Moritz Rühlmann sah die Priorität zwar bei Laves, anerkannte aber,

»1. daß Herr Pauli die Bogenform nicht willkürlich - wie Herr Laves - angenommen, sondern die betreffenden Krümmungshalbmesser aus dem Satze abgeleitet habe: daß die Querschnitte der Bogenrippen überall gleich [...] sein sollen;

2) die durchdachte, eigenthümliche und sorgfältige Construction aller Details so wie des ganzen Werkes«²⁰⁵⁾

Ausgearbeitete ingenieurwissenschaftliche Arbeiten von Pauli kenne ich nicht.

²⁰²⁾Bauernfeind in ADB, Bd 25, S. 256

²⁰³⁾Heinzerling [1870], S. 307

²⁰⁴⁾Köpcke [1858], S. 293-296

²⁰⁵⁾Rühlmann bei Versammlung des Architekten- und Ingenieur-Vereins. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins Hannover 4 (1858), Angelegenheiten des Vereins S. 14

Die einzige Veröffentlichung einer ingenieurwissenschaftlichen Untersuchung von ihm stammt von Bauernfeind: »Die Pauli'sche Gewölbetheorie«²⁰⁶⁾ ist das Ergebnis von Vorlesungen, die Pauli 1840/41 an der Münchner polytechnischen Schule gehalten hat. Professor Hummel, sein Nachfolger, hat die Vorlesung weitergeführt und der damalige Hilfslehrer Bauernfeind hat die Ausarbeitung besorgt. Es handelt sich um eine analytische Theorie, die intensiv von der Differential- und Integralrechnung Gebrauch macht. Nach Bauernfeinds Urteil hat Pauli

»eine so einfache Betrachtungsweise über die Wirkung der in einem Gewölbe thätigen Kräfte aufgestellt, daß sich daraus ohne Mühe alle auf die Konstruktion der Gewölbe beziehenden Fragen beantworten lassen.«²⁰⁷⁾

Auch hier werden sich also schwer die Grenzen ziehen lassen zwischen den jeweiligen Anteilen an der Theorie von Pauli, Bauernfeind und Hummel.

Die Gewölbetheorie hat inhaltlich nichts mit der Theorie der Pauli-Brücke zu tun. Aber auch zur Pauli-Brücke ist Pauli in präziser Form nur aus zweiter oder dritter Hand zu bekommen.

1859 waren zwar bereits 44 Pauli-Träger im Einsatz in einer Gesamtlänge von 822 Meter,²⁰⁸⁾ dennoch erschien es der Baufirma Klett & Co, der späteren Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg, die die Großhesseloher Brücke gebaut hatte, nötig, Kritik am »Pauli'schen System« auszüräumen. Es gab vor allem Sicherheits-Bedenken. In einer kleinen Schrift erläuterte Heinrich Gerber, damals Brückenbau-Ingenieur bei Klett & Co, das Pauli-System und bemühte sich »im Interesse der Nationalökonomie und der wissenschaftlichen Technik auf seine Verbreitung zu wirken«²⁰⁹⁾. Die Broschüre von Gerber »deutet« an, »wie Herr von Pauli bei der Berechnung seiner Brücke verfährt«²¹⁰⁾. In einer längeren Fassung für die Zeitschrift des VDI verweist Gerber auch auf das Gutachten Bauernfeinds²¹¹⁾. In beiden Fällen wurde die Culmannsche Fachwerktheorie verwendet.

Der Bericht von 1859 wurde in der Eisenbahnzeitung in Auszügen abgedruckt.²¹²⁾ Überhaupt wurde das Pauli-System in den Fachzeitschriften heftig diskutiert.²¹³⁾

Heinzerling behandelt in seinem Buch aus dem Jahre 1870 über die Eisenbrücken die Pauli-Brücken ausführlich und beschreibt etliche von ihnen, z. B. die Brücke über die Rodach, die Straßenbrücke über den Main bei Schweinfurt, die Eisenbahnbrücke des Jahres 1861 über die Brahe bei Czersk, die Eisenbahnbrücke aus dem Jahre 1862 über den Rhein bei Mainz und die Ayrachbrücke von 1864 bei Euskirchen.²¹⁴⁾ Bei dieser Mainzer Brücke erreicht der Abstand zwischen den Stützen mit 105 m den größten Wert bei einer Pau-

²⁰⁶⁾Bauernfeind [1846]

²⁰⁷⁾Bauernfeind [1846], S. 293

²⁰⁸⁾Gerber [1859], S. 16

²⁰⁹⁾Gerber [1859], S. 1

²¹⁰⁾Gerber [1859], S. 7

²¹¹⁾Gerber [1865], S. 474

²¹²⁾Eisenbahnzeitung 17 (1859), S. 173f

²¹³⁾Eisenbahnzeitung 15 (1957), S. 189-191, 16 (1858), Nr. 50, 17 (1859), S. 41f, ZVDI 9 (1865), Über Belastungsversuch in Allg. Bauz. 1859, Heft 3 u. 4, ZVDI 8(1864), S. 359ff und 417ff

²¹⁴⁾Mehrtens [1900], S. 58

li-Brücke.²¹⁵⁾

Immer wieder wurde die Wirtschaftlichkeit der Pauli-Träger wegen ihrer Materialersparnis gerühmt. Culmann behandelte sie regelmäßig in seinen Vorlesungen und ließ sie graphisch berechnen.²¹⁶⁾ Dennoch scheint ihre Bedeutung gegen Ende des Jahrhunderts stark abzunehmen. Mehrtens führt in einer Liste mit 32 »bemerkenswerten deutschen Balkenbrücken aus dem 7. Jahrzehnt mit Weiten über 35 m« nur drei Brücken mit Pauli-Trägern auf und in einer entsprechenden Liste für die Jahre 1870 bis 1900 bei Weiten von mehr als 50 m bzw. mehr als 60 m keine einzige.²¹⁷⁾

1.7.3 Elektrizitätslehre

Von den bisher nicht aufgefundenen Kapitel 5 und 6 des Culmannschen Reiseberichts enthält das über Dachstühle vermutlich keine besondere Überraschungen. Dachstühle sind in der Regel ebenfalls Fachwerkkonstruktionen. Dieses Kapitel schließt sich also zwanglos an die ersten vier Kapitel an. Außerdem werden auch in Culmanns *Graphischer Statik* Dachstühle ausgiebig behandelt.

Dagegen gibt es außer dieses verlorenen 6. Kapitels des Reiseberichts »Über die Geschwindigkeit des elektromagnetischen Stromes in den Telegraphen-Drähten« und einer kurzen Notiz zu den Telegraphen auf der Sternwarte in Washington im Reisebericht über Amerika²¹⁸⁾ keine weiteren Arbeiten von Culmann zur Elektrizitätslehre. Das Interesse für das Telegraphenwesen ist für einen Eisenbahn-Ingenieur nichts ungewöhnliches, da in den im Telegraphenwesen führenden Ländern wie England und Amerika die Telegraphenleitungen meist an den Bahnliesen entlang gebaut wurden. Ganz abgesehen davon, daß der Telegraph für Informationen dasselbe darstellte, was die Eisenbahn für Personen und Güter war. Samuel Morse (1791 - 1872) hatte 1837 in New York ein erstes Modell seines einfachen und leistungsfähigen Telegraphensystems vorgestellt. 1844 wurde eine Versuchsstrecke entlang der Bahnlinie Washington-Baltimore über eine Entfernung von 64 km eröffnet. Bereits ein Jahr später gab es in den Vereinigten Staaten 1455 Kilometer Telegraphenlinie, während auf dem europäischen Kontinent noch ausschließlich optische Telegraphen verwendet wurden.²¹⁹⁾ In England wurde 1848 ein privates Telegraphennetz eröffnet. Dabei wurde das Telegraphen-System von Cooke und Wheatstone verwendet, das diese von 1837 bis 1846 entwickelt hatten.²²⁰⁾

In Deutschland wurden zwar mehrere Telegraphen entwickelt, aber vor 1848 keiner in größerem Maßstab installiert. Carl August Steinheil (1801 - 1870) hatte zum Beispiel bereits 1836 ein funktionstüchtiges System gebaut. Seine geplante Versuchsstrecke entlang der Eisenbahnlinie Nürnberg - Fürth wurde aber von Beamten des Königreichs Bayern verhindert; sie hielten die opti-

²¹⁵⁾Mehrtens [1900], S. 17

²¹⁶⁾Culmann [1864-66], Taf. 27, Culmann [1875], Fig. 3, Taf. 10, ETH-Bib. Hs 489: 54 / 1-3, Hs 1310:2 / 7

²¹⁷⁾Mehrtens [1900], S. 58, 62, 64, 72

²¹⁸⁾Amerika, S. [81f]

²¹⁹⁾Oberliesen [1982], S. 103, 105, 107

²²⁰⁾Oberliesen [1982], S. 102f

schen Telegraphen-Systeme für ausreichend.²²¹⁾ Culmann macht dazu in seinem Bericht über die eisernen Brücken einige bittere Bemerkungen.²²²⁾

Im Jahre 1848 hatte die Allgemeine Bauzeitung einen ausführlichen Artikel über die Anwendung von Telegraphensystemen beim Eisenbahn-Betrieb²²³⁾ veröffentlicht, allerdings ein reiner Literaturbericht. Eine Beschreibung der tatsächlichen Praxis wäre von der *Allgemeinen Bauzeitung* wohl gerne veröffentlicht worden. Schon seit Mitte der 1840er Jahre gibt es keine Ausgabe, z. B. der Zeitschrift *Die Eisenbahn*, die nicht in kurzen Notizen über Erfahrungen und Pläne im Telegraphiewesen berichtet.

Die technischen Notizen von Culmann enthalten allerdings keine Beschreibungen von Telegraphen-Systemen oder ihren Anwendungsmöglichkeiten im Eisenbahnwesen, sondern lediglich ein Exzerpt einer nicht unmittelbar praktisch ausgerichteten Studie von Charles Wheatstone (1802 - 1875) mit dem Titel »An Account of some Experiments to measure the Velocity of Electricity and the Duration of Light«²²⁴⁾. Culmann war bei seinem Washington-Aufenthalt auf diesen Artikel gestoßen und hatte ihn auf vier Seiten in englischer Sprache zusammengefaßt. Das »Extract« trägt das Datum vom 7. Februar 1849 und enthält auch die drei unten abgebildeten Skizzen. Culmann hat die Abbildungen²²⁵⁾ aus dem Wheatstone-Artikel sehr genau kopiert. Das Exzerpt besteht zum Teil aus Abschriften²²⁶⁾ und zum Teil aus Zusammenfassungen²²⁷⁾. Culmann beschränkte sich auf den Teil über die Stromgeschwindigkeit.

Charles Wheatstone ließ durch einen Draht von einer halben Meile Länge (etwa 800 m) einen Strom fließen. Als Spannungsquelle diente eine Leidner-Flasche (Abb. 19). Der Stromkreis führte von der Leidner-Flasche über die Kabel 1 und 6 zum Funken-Brett (Abb. 20) von dort über zwei Funkenstrecken an das obere (Kabel 2) und untere (Kabel 3) Ende des langen Drahtes. Dessen Mitte wurde über die Kabel 3 und 4 zu einer dritten Funkenstrecke auf dem Funken-Brett geführt. Neben der Leidner-Flasche war eine waagrecht gelagerte Achse aufgebaut, die einen Drehspiegel E und einen Arm Q trägt. Der Arm Q schloß den Stromkreis für einen Augenblick, wenn er zwischen den beiden Kugeln stand.

Die Entladungen auf dem Funken-Brett wurden über den Drehspiegel beobachtet. Bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 600²²⁸⁾ Umdrehungen je Sekunde sah man von den drei Funken drei Strecken. Die Verspätung des mittleren Blitzes betrug ein halbes Grad, daraus errechnete sich, daß der Strom für eine viertel Meile eine



²²¹⁾Oberliesen [1982], S. 100

²²²⁾Culmann [1852], S. 214

²²³⁾Stauffert [1848]. Der Artikel über Telegraphen erschien unter der Rubrik »Verschiedene Gegenstände des Baufachs«

²²⁴⁾Aus: Philosophical Transactions - Part II. 1834, S. 583-591 u. Tafel 29 und 30. Culmann hat die Quelle angegeben, allerdings ist ihm bei der Jahresangabe ein Zahlendreher unterlaufen: Er schreibt 1843 statt 1834.

²²⁵⁾Tafel 29 und 30.

²²⁶⁾a. a. O. S. 588

²²⁷⁾a. a. O. S. 589f

²²⁸⁾Wheatstone S. 589 rechnet mit 800 Umdrehungen, gib aber in einer Fußnote an, daß eine spätere verbesserte Messung der Umdrehungszahl 600 ergeben habe.

864 000²²⁹⁾-tel Sekunden benötigte. Er erreichte damit eine Geschwindigkeit von 216 000 Meilen/Sekunde. Aus der Länge der Strecken konnte man auf die Dauer der Entladung schließen, bei den beobachteten 24° eine 20 000-tel Sekunde.

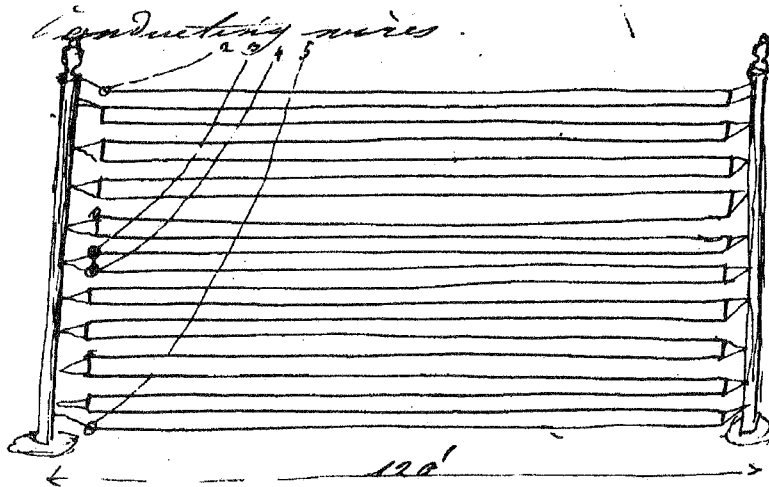


Abb. 18 Eine halbe Meile Kupfer-Draht²³⁰⁾

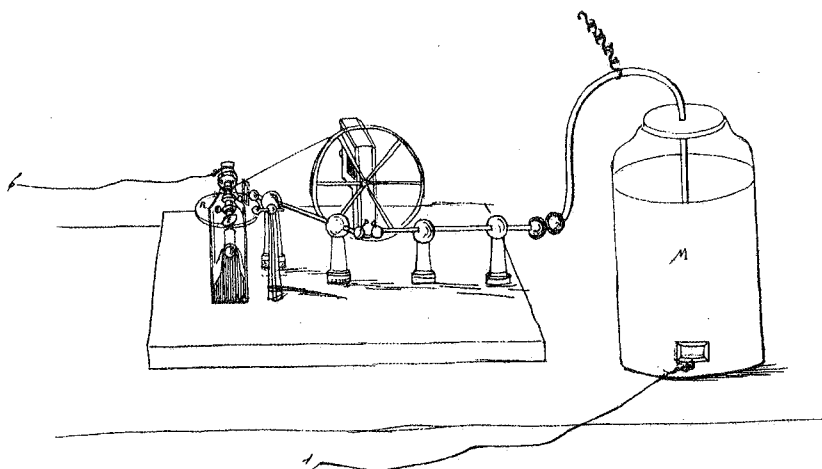


Abb. 19 Wheatstones Versuchsaufbau²³¹⁾

²²⁹⁾Bei Culmann befindet sich hier ein Fehler, er kommt mit dem falschen Wert auf 241000Meilen/s

²³⁰⁾Culmann: Technische Notizen. ETH-Bib. 2997:3

²³¹⁾a.a.O.

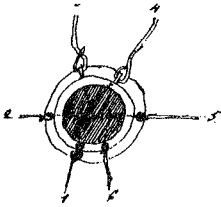


Abb. 20 Funken-Brett

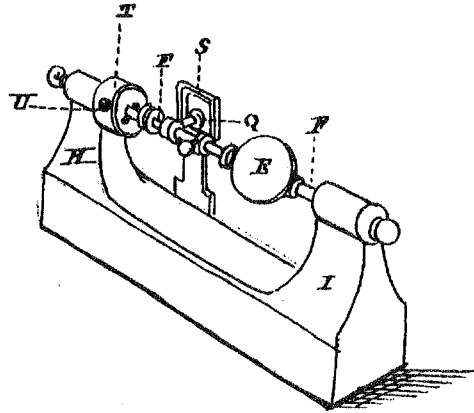


Abb. 21 Drehspiegel mit Halterung

Weitere Exzerpte oder Beobachtungsnotizen zur Elektrizitätslehre oder Telegraphie gibt es nicht in den Reisenotizen. Das verlorene 5. Kapitel »Über die Geschwindigkeit des elektromagnetischen Stromes in den Telegraphen-Drähten« enthält vermutlich genau den Inhalt dieses Exzerptes. Leider wird sich wohl nicht herausfinden lassen, ob der ursprünglich angekündigte Artikel über das Telegraphenwesen darüber hinaus gehen sollte.

1.7.4 Technische Reisenotizen

Die technischen Reiseberichte über England und Amerika sind im Anhang²³²⁾ erstmals abgedruckt. Sie unterscheiden sich über weite Strecken deutlich von den Brückenkapiteln. Ihre rein technischen Teile sind weitgehend unverändert aus den Reisenotizen abgeschrieben, eine theoretische Durcharbeitung fehlt. Eine Systematisierung gib es nur von Fall zu Fall und dann nur in Ansätzen. Dennoch hielt Culmann die Fiktion aufrecht, daß es sich um rein technische Reisebeschreibungen handle, und er ließ den Leser auch nicht im Unklaren über die Mühen, die ihn die Selbstbeschränkung kostete: Nach einer kurzen Beschreibung eines Ausflugs um den Snowdon, den er mit den Alpen vergleicht, folgt der Seufzer:

»Wie gerne wäre ich länger verweilt und weilte auch jetzt länger daselbst, wenn ich nur etwas anderes als technisches oder nie dagewesenes berichten dürfte.«²³³⁾

Oder zumindest die Bitte um Absolution vor einer Entgleisung:

»Obgleich ich nun dem Präsidenten keine technische Seite abgewinnen kann, so bitte ich doch, mir einige Worte über den originellen Besuch, den ich ihm machte, gestatten zu wollen.«²³⁴⁾

²³²⁾Anhang A. 4.a und b

²³³⁾England, S. [23]

²³⁴⁾Amerika, S. [85]

Und nach 10 Seiten über das traurige und gefährliche Landleben und die Vorzüge der Sklaverei folgt die Entschuldigung:

»Die obigen beiden Ausflüge waren die einzigen, welche ich mir erlaubte, ohne gerade einen speziellen technischen Zweck zu verfolgen, in der Folge werde ich nicht mehr mit derartigen Abschweifungen stören.«²³⁵⁾

Obwohl der Bericht nach 14 Seiten abbricht, konnte er das Versprechen nicht halten. Den Abschluß bildet die Übersetzung eines Artikels aus einer amerikanischen Zeitung, in dem das neu gebaute Schiff »Ocean« besungen wird.

Beim Englandbericht geht es inhaltlich - bis auf zwei Wasserwerke²³⁶⁾ und eine Schiffsdampfmaschine²³⁷⁾ - ausschließlich um das Eisenbahnwesen und alles, was unmittelbar damit zu tun hat. Brücken beachtet er mit Ausnahme der Menai-Brücken weniger, sein Interesse konzentriert sich auf Lokomotiven²³⁸⁾, Schienen und Weichen²³⁹⁾, Eisenwerke²⁴⁰⁾, Bahnhöfe²⁴¹⁾, Werkstätten und Fabriken²⁴²⁾. Der Maschinenbau genießt also die besondere Aufmerksamkeit Culmanns. Kenntnisreich - so weit ich das beurteilen kann - beschreibt Culmann Lokomotiven und Bahnhofseinrichtungen. Bei seiner Projektierungs- und Bauleitertätigkeit hatte er zwar nur mit Hilfsbahnen zu tun; in seinem Bericht aus dem Jahre 1848 können wir aber lesen, daß er Hof verlassen mußte, bevor die Lokomotiven kamen²⁴³⁾. Dennoch kann man bei der Gier Culmanns nach Wissen unbesorgt unterstellen, daß er jede Gelegenheit nutzte, sich über alles zu informieren, was mit dem Eisenbahnwesen zu tun hat. Außerdem hatte gerade die Diskussion über die Fichtelgebirgsstrecke gezeigt, daß Fahrweg und Antriebsmaschinen in engstem Zusammenhang stehen: die Wahl der Lokomotive hatte letztlich die Streckenführung bestimmt. Und schließlich gehören zur Planung einer Eisenbahnlinie neben dem Fahrweg auch die Bahnhöfe mit Remisen und Werkstätten.

Ein von der Ingenieurwelt vielbeachtetes Ereignis war damals der Bau der ersten beiden Stahlbrücken, die Conway- und die Britannia-Brücke über die Straße von Menai. Jeder Ingenieur, der es ermöglichen konnte, besuchte die Baustelle. Culmann war zwei Tage auf dem Bauplatz der Britannia-Brücke. Der Bau der Conway-Brücke war damals schon abgeschlossen. Im 4. Kapitel des Reiseberichts²⁴⁴⁾ ist die Entstehungsgeschichte und die Konstruktion der beiden Brücken gründlich beschrieben:

»die Idee [ist] einfach und nichts weniger als sinnreich. [...] Es ist überhaupt nicht die Konstruktion dieser Röhren, welche unsere Bewunderung erregt, sondern mehr die Art und Weise, wie sie ausgeführt worden sind;

²³⁵⁾ Amerika, S. [157]

²³⁶⁾ England, S. [58-62], [67-69]

²³⁷⁾ England, S. [21f]

²³⁸⁾ England, S. [3], [14], [24], [28], [63f], [66], historisches Interesse an der atmosphärischen Eisenbahn in Dublin [25-27],

²³⁹⁾ England, S. [4], [12f], [55-57]

²⁴⁰⁾ England, S. [5f]

²⁴¹⁾ England, S. [30-33], [39f], [48f]

²⁴²⁾ England, S. [27-29], [41-47], [49-55], [62-66], [70]

²⁴³⁾ BayHStA. OBB Akten 7519, Culmanns Bericht vom 27.12.1848, S. [2]. Anhang A.2

²⁴⁴⁾ Culmann [1852], S. 172-188

die schönen Maschinen, die hier zur Anwendung kamen, die Geschicklichkeit, mit der diese 1587 Tonnen schwere Eisenmassen bewegt, in nicht mehr als 5 Stunden Zeit von dem Ufer [...] zwischen die Pfeiler gebracht und dann 100' hoch gehoben wurden: dies sind die in der Geschichte der Brückenbauten einzig dastehenden Thaten.²⁴⁵⁾

Die Brücken waren von Robert Stephenson, dem Sohn des Lokomotiven-Konstrukteurs, ursprünglich als Hängebrücken mit verstärkter Fahrtafel gedacht. Wegen schlechten Erfahrungen mit anderen Hängebrücken wandte er größte Sorgfalt auf die Versteifung der Fahrbahn. Die Experimente von Eaton Hodgkins (1789 - 1861) und William Fairbairns (1789 - 1874) führten zu einer rechteckigen Röhre und zur zusätzlichen Versteifung der oberen und unteren Fächer mit einer kastenförmigen Wabenkonstruktion. Die Röhre wurde schließlich so groß ausgelegt, daß die Eisenbahn darin fahren konnte. Die Steifigkeit der Röhre reichte aus, damit sie sich selbst tragen konnte, Ketten waren nicht mehr nötig.²⁴⁶⁾ So entstand die Idee, die Culmann für wenig durchdacht hielt.



Abb. 22 Conway-Brücke über die Menai-Straße²⁴⁷⁾

Die beteiligten Konstrukteure konnten sich über ihren Anteil an dem Jahrhundertwerk nicht einigen. Daher verfaßte zunächst der Fabrikant William Fairbairn²⁴⁸⁾ eine umfangreiche Verteidigungsschrift, um seinen Anteil gegen den Robert Stephenson hervorzuheben. Darauf antwortete der Baustellenleiter Clark²⁴⁹⁾ in einem dreibändigen Werk. Auf diese Weise entstand eine fast lück-

²⁴⁵⁾Culmann [1852], S. 179

²⁴⁶⁾Peters [1981 Time], S. 105-115, Nedoluha. [1960], S. 100f.

²⁴⁷⁾Stehlin [1849], Blatt 273

²⁴⁸⁾Fairbairn [1849]

²⁴⁹⁾Clark[1850]

kenlose Beschreibung des Bauprozesses, die noch durch zahllose Artikel in den Fachzeitschriften ergänzt wurde.

Auch der spätere Züricher Kollege Culmanns Joseph Wolfgang von Deschwanden, der Gründungsrektor des Züricher Polytechnikums, besuchte im Sommer 1849 die Baustelle: er bereiste 1849/50 England, Schottland und Frankreich²⁵⁰⁾.

Deschwanden hatte schon vorher und auch danach während der Ferien der Industrieschule in Zürich ausgedehnte Reisen unternommen und technische Lehranstalten und Maschinenwerkstätten in der Schweiz, Belgien und Frankreich besucht. Insbesondere zog es ihn immer wieder zu den polytechnischen Schulen in Paris, Karlsruhe und Stuttgart. Er protokollierte die Beobachtungen in seinen Tagebüchern. Wie Culmann hatte auch Deschwanden die Neigung zu Abschweifungen und bereicherte seine Notizen mit Landschaftsbeschreibungen und Landschaftsskizzen.²⁵¹⁾

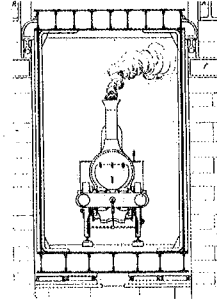


Abb. 23 Querschnitt durch die Conway-Röhrenbrücke²⁵²⁾

In den technischen Reisebeschreibungen ergänzte Culmann seinen Bericht über die Britannia-Brücke mit Impressionen von der Baustelle und einigen Maschinenbeschreibungen. Er verließ dann »diesen Bauplatz neidisch auf die schönen Maschinen, die guten Arbeiter und des Landes reiche Mittel.«²⁵³⁾

Im Bericht über Amerika verschob sich Culmanns technisches Interesse von der Eisenbahn, die in Europa »weiter vorangeschritten zu sein scheint als in Amerika«²⁵⁴⁾ etwas zur Flußschiffahrt und zum Wasserbau. Er beschreibt zwar auch Lokomotiven²⁵⁵⁾, Eisenbahnwagen²⁵⁶⁾, schiefe Ebenen²⁵⁷⁾ und Straßenbahnen²⁵⁸⁾, aber mehr Aufmerksamkeit erhielten die Flußschiffe²⁵⁹⁾, Dock-Anlagen²⁶⁰⁾, Schiffswerften²⁶¹⁾, Schiffsdampfmaschinen²⁶²⁾ und auch wieder Wasserwerke²⁶³⁾. Die Studien in Washington während des Winters finden ihren Niederschlag in langen Abschnitten über Landvermessung und -verteilung²⁶⁴⁾, Küstenvermessung²⁶⁵⁾ und Windkarten²⁶⁶⁾. Er beschrieb verschiedene Werk-

²⁵⁰⁾Gyr [1881], S. 82. Deschwanden-Tagebuch vom 10. Juli 1849 bis Sommer 1850

²⁵¹⁾Gyr [1881], S. 81f und Anmerkung 67, S. 228

²⁵²⁾Stehlin [1849], Bl 274

²⁵³⁾England, S.[20]

²⁵⁴⁾Amerika, S. [24]

²⁵⁵⁾Amerika, S. [10f], [29-34]

²⁵⁶⁾Amerika, S. [9], Schlafwagen [110]

²⁵⁷⁾Amerika, S. [106f]

²⁵⁸⁾Amerika, S. [6]

²⁵⁹⁾Amerika, S. [157f], [166f], Mississippi-Dampfer[130-137]

²⁶⁰⁾Amerika, S. [26], [145f]

²⁶¹⁾Amerika, S. [83f], [138f], [145f]

²⁶²⁾Amerika, S. [11-21]

²⁶³⁾Amerika, S. [23-25], [35f], [144f]

²⁶⁴⁾Amerika, S. [47-54]

²⁶⁵⁾Amerika, S. [54-64]

stätten²⁶⁷⁾, insbesondere die von Norris in Philadelphia²⁶⁸⁾, dessen Eisenbahnen auf der Fichtelgebirgsstrecke verkehrten.

Die Abschweifungen vom rein Technischen sind im Bericht über England noch selten, sie nehmen im Amerikabericht deutlich zu und bieten dort einen besonderen Reiz.

In den Abschweifungen deutet Culmann ein beachtliches schriftstellerisches Potential an. Immer etwas gehemmt durch die auferlegte Beschränkung aufs »Technische und nie dagewesene« entfaltet er vielfältige erzählerische Mittel:

Der Oberlehrerton beim Appell an den deutschen Patriotismus:

»Hätten die Deutschen in Amerika nur einen Funken dieses Patriotismus, sie könnten eine andere Rolle jenseits spielen. Sie wissen nichts Besseres zu thun, als über ihr Vaterland zu schimpfen, bereitwillig wird es nachgeplaudert und sie selbst mit dem Lande verachtet.«²⁶⁹⁾

Eine Friedhofsbeschreibung mit bitterem Sarkasmus:

»Hohe Mauern 8 oder 15´ breit, eingerichtet wie Honig-Waben und in jeder Zelle Platz für einen Todten. [...] Hier werden dann die Cadaver bei einer tropischen Hitze in ihren Backöfen destillirt und mögen nicht wenig zur Vermehrung von Seuchen an diesem an und für sich schon so ungesunden Orte, beitragen.«²⁷⁰⁾

Spannend und witzig erzählte Anekdoten, wie z. B. die Besichtigung des Waisenhauses im Theseus-Tempel²⁷¹⁾ und der Besuch beim Präsidenten²⁷²⁾ oder das Frühstück auf der Bahnfahrt durch die Wildnis²⁷³⁾.

Die klassische Beschreibung von Reiseimpressionen bei der Dampferfahrt auf dem Mississippi²⁷⁴⁾ oder der Eisenbahnfahrt durch die Wildnis²⁷⁵⁾.

Die ironische Kontrastierung eines romantischen Bildes mit den Unfallgefahren: Beim Nietten werden die glühenden Nietten auf die Röhre hinaufgeworfen:

»wobei die in regelmäßigen Zeiträumen aufsteigenden glühenden Eisenkörper auf dem dunklen Hintergrund einen eigenthümlichen Anblick gewähren [...]«

man assoziiert »nächtlichen Sternenhimmel«, und dann fährt Culmann fort:

»[...] der nur das Unangenehme hat, daß man immer fürchten muß, es möchte sich jemand verbrennen.«²⁷⁶⁾

Ein besonderer Leckerbissen ist die Charakterisierung des Selfmade-Ingenieurs Remington.²⁷⁷⁾ Sie changiert zwischen Amusement und Respekt, zwischen Staunen und Indignation. Culmann kündigt einige »Notizen über die Erscheinungen dieses originellen Mannes«²⁷⁸⁾ an, beschreibt das Betreten des

²⁶⁸⁾Amerika, S. [71-83]

²⁶⁷⁾Amerika, S. [42-46], [83f], [91]

²⁶⁶⁾Amerika, S. [30-34]

²⁶⁹⁾Amerika, S. [122]

²⁷⁰⁾Amerika, S. [128]

²⁷¹⁾Amerika, S. [37-42]

²⁷²⁾Amerika, S. [85-89]

²⁷³⁾Amerika, S. [100f]

²⁷⁴⁾Amerika, S. [130-137]

²⁷⁵⁾Amerika, S. [100f]

²⁷⁶⁾England, S. [19]

²⁷⁷⁾Amerika, S. [115-1224]

²⁷⁸⁾Amerika, S. [115]

Zimmers, es folgt ein minutiöses Durchmustern des Zimmers, »das kostbarste im Zimmer«, »ein kleines verschlossenes Kästchen« mit den Zeichnungen seiner Erfindungen wird durchgestöbert und die »technische Poesie«²⁷⁹⁾ herausgezerrt. Erst nach fünf Manuskriptseiten fällt der Blick auf Remington: »Der erste Eindruck [...] war kein besonders günstiger.« Dann entpuppt er sich aber doch noch als »genialer Mann« mit »nordischer Intelligenz und südlicher Phantasie« von großer Herzlichkeit und noch größerem Bierdurst.

Versuche in schwarzem, englischem Humor bei der Beschreibung des englischen Kohlereviers:

»Die Häuser und selbst die wenigen verdorrten Blätter, die man noch hie und da zu sehen bekommt, haben einen schwarzen Anstrich, und nach der Menge Rauch und Ruß zu urtheilen, die man verzehrt, muß [7] nicht nur das Aeußere, sondern auch das Innere der Bewohner dieser Gegend ganz schwarz sein. Deshalb darf man sie aber nicht für böse halten, im Gegentheil sie sind in der Regel recht gute Leute.«²⁸⁰⁾

Die Unterschiede zwischen dem Bericht über England und dem über Amerika sind auch begründet in den unterschiedlichen Perspektiven auf die beiden Ingenieurnationen England und Amerika.

England ist die große bewunderte und beneidete Ingenieurnation, deren technische Lösungen in Deutschland imitiert werden. Für einen deutschen Ingenieur ist die britische Technik daher im Grunde vertraut. Die ironische Bemerkung von Culmann über Snowdon, »nicht so großartig als in den Alpen, aber dennoch äußerst anmuthig«, gilt in Umkehrung für die Technik der beiden Länder. Die englische Technik scheint ihm nur größer und schöner, wenn auch zuweilen die »überspannten Erwartungen«²⁸¹⁾ enttäuscht werden, was die Vertrautheit aber eher noch vergrößert. Und sie haben auch ihre Schwächen, die englischen Ingenieure, sie sind Verschwender²⁸²⁾, können nicht mit dem Geld umgehen und haben keinen Blick für Proportionen²⁸³⁾ und Materialien: Holz durch Eisen kaschieren, das kann nur ein Engländer.

Ganz anders verhält es sich mit Amerika: die ersten beiden Sätze sind programmatisch:

»Nie hätte ich mir den Unterschied zwischen der äußeren Erscheinung der neuen und alten Welt so groß gedacht. Alles sieht anders aus, in ganz verschiedenen Formen treten die Schiffe, die Maschinen, die Städte und Dörfer mit ihren Straßen und Häusern vor uns hin und nur die Menschen sind die selben geblieben.«

Von dieser Spannung zwischen Vertrautheit und Fremdheit lebt die Technische Beschreibung Amerikas. Die Erwartungen eines Europäers sind gegenüber amerikanischer Technik nicht überspannt, im Gegenteil: er erwartet und findet auch »einfache«²⁸⁴⁾, »unvollkommene«²⁸⁵⁾, »schlottrige«²⁸⁶⁾ Technik und

²⁷⁹⁾Amerika, S. [117f]

²⁸⁰⁾England, S. [6f]

²⁸¹⁾England, S. [5]

²⁸²⁾England, S. [64]

²⁸³⁾England, S. [13]

²⁸⁴⁾Das Wort einfach wird 22 mal im Amerika-Bericht verwendet, etwa zur Hälfte negativ wie »einfach und roh« [142], »einfach und unzweckmäßig« [2], und zur Hälfte positiv wie »einfach und schön«

»sprichwörtlich gewordenen Leichtsinn«²⁸⁷⁾.

Aber das Bild ist widersprüchlich, neben dem Schrott »begegnet man den vollkommensten und schönsten Maschinen, die überhaupt gefertigt werden können«²⁸⁸⁾. Seine Beschreibungen verraten viel Identifikation mit den Amerikanern, unter denen ja auch viele Pfälzer sind, auch Verwandte von ihm. Daher geht er mit seinen Beobachtungen ausgesprochen apologetisch um, immer auf der Suche nach den ökonomischen, geographischen, klimatischen Gründen, die eine fremd und seltsam erscheinende Beobachtung plausibel machen.

Schon auf der ersten Seite konstatiert er, daß in Amerika schwimmende Häuser auf den Flüssen verkehren im Unterschied zu den sturmfesten Flußschiffen in Europa. Der Grund: In Amerika ist die Flußschifffahrt das Primäre, in Europa ausgehend von England die Seeschifffahrt. Die Amerikaner haben also die der Flußschifffahrt angemessene Schiffsform entwickelt.

Oder zur Unvollkommenheit der amerikanischen Dampfmaschinen: Sie müssen so primitiv sein, damit sie auch vom »erst besten Schlossergesellen«²⁸⁹⁾ bedient werden können. Und »nur der einfachsten Konstruktion war die große allgemeine Verbreitung möglich, die sie im Westen gefunden hat«. Was als primitiv unangenehm auffällt, ist tatsächlich die optimal an die Verhältnisse angepaßte Technologie.

Der amerikanische Leichtsinn wird mit fiktiven Statistiken widerlegt:

»Die Zahl der Unglücksfälle wird von jeder Zeitung registriert, allein noch Niemand hat sie mit der Zahl der bestehenden Maschinen verglichen und die durchschnittliche Zahl der Opfer, die in Amerika auf 1 000 Maschinen treffen, dürfte kaum größer sein, als in Europa.«²⁹⁰⁾

Mit dieser Perspektive gelingt ihm eine außerordentlich scharfsinnige ökonomische, technische Analyse der Rolle der Eisenbahn bei der Besiedlung des Westens.²⁹¹⁾ Eine erste primitivste Bahn - finanziert von den Grundstücksbesitzern in sicherer Erwartung der Wertsteigerungen ihrer Grundstücke - erschließt die »Wildnis«, läßt die Besiedlung beginnen, die Bahnstrecke wird ausgebaut und der Ausbau finanziert sich durch den steigenden Transport, die Ortschaften wachsen, der Verkehr erhöht sich, die Bahnlinie wird verbessert usw., bis die Bahn europäischem Standard genügt.

Am deutlichsten wird Culmanns persönliche Anteilnahme beim Besuch auf den Farmen in Hermann und Henry, wo er seine Verwandten besuchte. Deren ärmliches Leben lehrt ihn das Grauen. Als einzige Alternative sieht er die Sklavenhaltung und schon hat ihn das Vertrauen in die Rationalität amerikanischer Verhältnisse zu einem Plädoyer für die Sklaverei verleitet. Getreu der vorher so erfolgreichen Argumentationslinie, was der Amerikaner tut, ist optimal an

[37], »einfach und dauerhaft« [103]. Im England-Bericht ist das Verhältnis 1 zu 6.

²⁸⁵⁾Amerika, S. [91]

²⁸⁶⁾Amerika, S. [103], [107], [142]

²⁸⁷⁾Amerika, S. [22]

²⁸⁸⁾Amerika, S. [21]

²⁸⁹⁾Amerika, S. [21]

²⁹⁰⁾Amerika, S. [22]

²⁹¹⁾Amerika, S. [93-100]

die amerikanischen Verhältnisse angepaßt.

Culmann hatte schon am Anfang des Berichts ein Übermaß an Einfühlung gezeigt, als er die Neigung der Amerikaner zum Schwarzfahren mit ihrem Freiheitsdrang erklärte²⁹²⁾. Nun versucht er die Notwendigkeit der Sklaverei zu verteidigen: Das Farmerleben ist ohne Sklaven »unerträglich«, weil in den Südstaaten wegen des Klimas »nur Neger den Boden bearbeiten können«, da die aber natürlich nicht freiwillig für Weiße arbeiten, braucht man die Sklaverei, nur mit Sklaven kann der Farmer ganz »behaglich« leben.²⁹³⁾

»Freilich muß man dann den Widerwillen gegen Sklaverei überwinden, den alle Deutsche mit sich bringen; man muß die Verhältnisse nehmen wie sie sind und einsehen, daß in den südlichen Staaten nur durch Neger der Boden bebaut werden könne, daß diese nur gezwungen eine Hand nähren.«²⁹⁴⁾

Ganz praktisch orientiert recherchiert er auch gleich, wieviel Kapital man als »arbeitender und nicht arbeitender Einwanderer in den Staat Missouri« besitzen muß, um eine Farm zu übernehmen.²⁹⁵⁾ Die Auswanderer, deren Zahl aus Bayern und der Pfalz Ende der 40er Jahre stark zugenommen hatte, sind vielleicht dankbar für praktische Ratschläge.

Bei »Negern« versagt sein Einfühlungsvermögen offensichtlich, nicht so bei weißen Arbeitskräften. Trotz aller Rechtfertigungsversuche schlägt sein soziales Gewissen angesichts der Arbeitsbedingungen. Das hatte schon bei den englischen Mietern geschlagen und zwingt jetzt zur direkten Kritik:

»Doch sollten die Arbeiter, wie mich dünkt, ebenso sehr des Schutzes gegen die Sonne als die im Norden derselben gegen die Kälte bedürfen und wenn hiefür im Süden weniger gut gesorgt ist, so dürfte hieran doch nur die größere Indolenz und die Verachtung der arbeitenden Sklaven schuld sein.«²⁹⁶⁾

Er scheint also doch nicht so ganz von der Sklaverei überzeugt zu sein.

Keine Gnade erfahren die amerikanischen Architekten. Schon in seinem Artikel über die hölzernen Brücken hatte er geurteilt:

»die architektonischen Formen unserer Gebäude werden so servil nachgeahmt, daß selbst da, wo das Material fehlt, aus dem gewisse Formen hergestellt werden sollten, dieselben aus irgend einem andern Material nachgeäfft werden.«²⁹⁷⁾

In den Reisebeschreibungen kritisiert er mehrfach die unerwiderte Liebe der amerikanischen Architekten zur griechischen Kunst:

»wahrer Unfug wird hier /: ich meine den ganzen Osten von Amerika :/ mit den griechischen Säulenordnungen getrieben.«²⁹⁸⁾

²⁹²⁾Amerika, S. [8]

²⁹³⁾Amerika, S. [152]

²⁹⁴⁾Amerika, S. [153]

²⁹⁵⁾Amerika, S. [154f]

²⁹⁶⁾Amerika, S. [104]

²⁹⁷⁾Culmann [1851], S. 69

²⁹⁸⁾Reisebericht America, S. [93], siehe auch S. [40] und S. [65]

1.8 Zurück in Bayern

Culmanns Rückkehr war mehrfach gefährdet, denn auch die Amerikaner erkannten schnell die Qualitäten dieses Mannes. Lieutenant Maury, der Direktor der National-Sternwarte in Washington, bot ihm eine feste Anstellung bei der Küstenvermessung²⁹⁹⁾ an, und der Ingenieur Slate, der Compagnon des Brückenbauunternehmers Thayer, wollte ihn zum »Brückenbaumeister«³⁰⁰⁾ machen. Keines dieser Angebote konnte ihn in Amerika halten. Im Sommer 1850 kehrte er über Frankreich in die Pfalz zurück. Am 12. 10. 1850 kam Culmann von seiner technischen Weltreise in Bergzabern an.

Am 09. 12. 1850 trat er seinen Dienst in München an und nahm seine Arbeit bei der Eisenbahnbau-Kommission wieder auf. Anfang 1851 wurde er nach Burgau versetzt. Der Versetzungstermin lag zwischen dem 18. Februar 1851 und dem 22. Juni 1851, denn zum ersten Termin schrieb er noch aus München und zum zweiten bereits aus Burgau. Er hatte in der Eisenbahn-Sektion Burgau bei der Augsburg-Ulmer-Bahn die Funktion eines Sektions-Ingenieurs³⁰¹⁾, war aber dem Titel nach immer noch Baupraktikant.

Im April 1852³⁰²⁾ wurde er dann an die »Projectirungssection« Vilshofen bei der »Nürnberg-Regensburg-Paßauer-Bahn« versetzt, wieder in der Funktion eines Sektionsingenieurs. Am 14. Juni 1852 wurde Culmann das »Erlöschen der Eigenschaften eines Baupraktikanten« mitgeteilt, er war damit »Aspirant im Staatsbaudienst«. Die Ernennung zum Sektions-Ingenieur erfolgte erst zwei Jahre später am 10. Januar 1854 durch Maximilian II³⁰³⁾. In Vilshofen blieb er bis zu seiner Beurlaubung im Frühjahr 1855.

1.9 Polytechnikum Zürich

Vermutlich wurde die Gründungskommission des Züricher Polytechnikums durch die Reiseberichte in der *Allgemeinen Bauzeitung* auf Culmann aufmerksam. In seiner »Geschichte der Gründung des Eidgenössischen Polytechnikums« schrieb Wilhelm Oechsli:

»Von hervorragendem Glücke waren die Bemühungen des Schulrates in betreff der zweiten Abteilung, der Ingenieurschule, gekrönt. Vermutlich durch den berühmten Eisenbahntechniker Etzel, der damals den Bau der Schweizerischen Zentralbahn leitete, wurde Kern, der ihn um Vorschläge anging, auf Eisenbahndirektor Scheffler in Braunschweig und auf den bayrischen Ingenieur Culmann hingewiesen. Scheffler lehnte eine Berufung ab; dagegen gelang es Kern, durch rasches Handeln Culmann zu einer Zusage zu bewegen und diesen genialen Kopf Karlsruhe vorweg zu nehmen, das ihn ebenfalls zu gewinnen trachtete.«³⁰⁴⁾

In den Protokollen des Präsidenten des Schulrates liest sich die Kontaktaufnahme zu Culmann etwas anders. Am 18. Oktober 1854 heißt es dort:

²⁹⁹⁾Pestalozzi [1881], S. 149

³⁰⁰⁾Amerika, S. [111]

³⁰¹⁾Im Hof- und Staatshandbuch von 1852, S. 156, wird Culmann mit dieser Tätigkeit aufgeführt, die vorhergehende Ausgabe des Handbuchs stammte von 1849.

³⁰²⁾Lutz [1883], S. 235

³⁰³⁾BayHStA OBB Akten 7519

³⁰⁴⁾Oechsli [1905], S. 177

»An den Herrn Sektionsingenieur Culmann in Baiern wird durch Vermittlung von Kaufmann Georg Döbler in Friedrichshafen ein Schreiben gesandt, worin die Anfrage an ihn gerichtet wird, ob er für Uebernahme einer Stelle am Polytechnikum in Unterhandlungen einzutreten bereit sei.«³⁰⁵⁾

Über den mysteriösen Vermittler Döbler konnte ich nichts in Erfahrung bringen. Am 4. November 1854 traf eine Antwort von Culmann ein, in der er wohl sein Interesse bekundete. Der Brief ist wie die folgenden Culmann-Briefe nicht auffindbar. Von ihrer Existenz weiß ich aus der »Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes«, dem Protokollbuch, in dem alle eingehenden Briefe registriert wurden. Etzel kommt dort erst nach der Kontaktaufnahme mit Culmann ins Spiel. Am 6. November 1854 hält das Protokoll fest:

»An Herrn Oberbaurath Etzel wird ein Gesuch gerichtet, über die Ingenieure Culmann in Baiern, Hansen in Gotha, Scheffler in Braunschweig, in Bezug auf deren Tüchtigkeit und ihre Leistungen als Lehrer, Auskunft zu ertheilen.«³⁰⁶⁾

Eine Antwort Etzels konnte ich nicht finden. Die Geschäftskontrolle verzeichnet in diesem Zeitraum keinen Brief von Etzel, außerdem wird Etzel auch in keinem der Protokolle zitiert.

Am 9. November 1854 wird Culmann »eingeladen, über seine praktische und literarische Tätigkeit, sowie über seine Bedingungen nähere Mittheilung an das Präsidium gelangen zu lassen.«³⁰⁷⁾

In seiner Antwort an den Schulrat vom 17. Dezember 1854 erteilte Culmann »Auskunft über sich selbst und [nannte] die Bedingungen für die Annahme einer Stelle«³⁰⁸⁾. Bei diesem Brief bedauert man den Verlust besonders, er scheint eine biographische Skizze zu enthalten. Immerhin hat Oechsli zwei Sätze daraus gerettet:

»Ich bilde mir ein in demselben (Reisebericht) zuerst klar nachgewiesen zu haben, wie die verschiedenen Kräfte in den zusammengesetzten Brücken wirken und wie dementsprechend deren Dimensionen berechnet werden müssen.«

und

»Dieses Streben [die Theorie der Praxis anzupassen] kann ich gewiß nicht besser als zu Zürich lehrend befriedigen.«³⁰⁹⁾

Welche Bedingungen Culmann stellte, können wir auch ohne den Brief erfahren. Im Protokoll des Präsidenten des Schulrathes vom 23. Dezember 1854 lesen wir:

»In Folge Zuschrift von Herrn Culmann vom 17. Dec., worin sich derselbe für Annahme eines Rufes bereit erklärt, unter den Bedingungen,

- 1) lebenslängliche Anstellung,
- 2) eines Gehaltes von 5000 Fr., welches vom Zeitpunkt des Eintreffens in Zürich an beginnen soll.
- 3) eines vom Schulrath festzusetzenden Beitrages an den Umzugsko-

³⁰⁵⁾ Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1854, S. 17

³⁰⁶⁾ Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1854, S. 24

³⁰⁷⁾ Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1854, S. 25f

³⁰⁸⁾ Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 1854, Brief 340

³⁰⁹⁾ Oechsli [1905], S. 178

sten.

4) 12 Stunden wöchentliche Vorträge wird demselben erwiedert, daß das Präsidium des Schulrathes bei letzterem den Antrag auf Berufung auf Grundlage vorstehender Bedingungen stellen werde. Zugleich wird Herr Culmann angefragt [...] über die Besoldungsverhältnisse von Herrn Ingenieur Bauernfeind in München nähere Informationen zu erteilen.«³¹⁰⁾

Offensichtlich hatte Culmann seinen Freund Bauernfeind, der damals an der polytechnischen Schule in München für die Ingenieursfächer zuständig war, ins Gespräch um noch unbesetzte Stellen gebracht. Allerdings ohne Erfolg. Am 11. Januar lieferte Culmann noch ein Zeugnis der Eisenbahnbau-Kommission nach.³¹¹⁾ In zwei weiteren Briefen vom 23. Dezember 1854³¹²⁾ und vom 17. Januar³¹³⁾ gab er Auskunft über Bauernfeind und Asimont aus München und über Seidel aus Regensburg, allerdings erhielt keiner der drei eine Stelle in Zürich.

Am 30. Januar 1855 beschloß »Der schweizerische Schulrath« Culmann dem Bundesrat »für die erste Professur für Ingenieurwissenschaften, vorzüglich für Strassen-, Eisenbahn-, Brücken- und Wasserbau, mit Uebungen im Zeichnen und Entwerfen von Projekten« vorzuschlagen und ihm zugleich die Direktion der zweiten Abteilung oder der Ingenieurschule zu übertragen.³¹⁴⁾ Alle seine Bedingungen wurden erfüllt.

Am 2. März stimmte der Bundesrat zu und am 23. März 1855 wurde die Ernennungsurkunde ausgefertigt und an Culmann geschickt.³¹⁵⁾

Oechsli erwähnte in der oben zitierten Passage, daß auch das Polytechnikum in Karlsruhe damals an einer Berufung Culmanns interessiert gewesen sei. Auch Jean Meyer³¹⁶⁾ spricht davon. Allerdings habe ich weder in Karlsruhe noch in Zürich dazu Belege gefunden.

Der Schulrat hatte eine außerordentlich geschickte Hand bei der Berufung der 31 Professoren: es gelang ihm herausragende Fachleute zu gewinnen, u.a. den Direktor der Dresdener Bauakademie, den Erbauer der Dresdener Oper, Semper, die Maschinenbauer Zeuner und Reuleaux, den Ingenieur Culmann, den Physiker Clausius, den Astronomen Wolf, den Germanisten Vischer und den Historiker Jakob Burckhardt. Sie konnten nach Zürich gelockt werden, weil einige zur Zeit ihrer Berufung noch unbekannt waren, andere zog die schweizer Liberalität an, z. B. Semper, der 1849 als Teilnehmer an der 48er Revolution aus Dresden fliehen mußte. Oechsli schrieb:

Die Ausschreibung der Stellen »am eidgenössischen Polytechnikum war für die Gelehrtenkreise ein Ereignis, das seine Wellen weit über die Grenzen unseres Landes warf, namentlich nach Deutschland hinaus, wo der dumpfe Druck der Reaktion manchem regsamen Geiste ein Wirken im

³¹⁰⁾Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1854, S. 47

³¹¹⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 1855, Brief 20

³¹²⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 1854, Brief 368

³¹³⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 1855, Brief 32

³¹⁴⁾Protokolle des Schulrathes. ETH-Bib. 1855, S. 15

³¹⁵⁾Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1855, S. 18

³¹⁶⁾Meyer [1882], S. 6. In der NZZ vom 12.12. 1881 wird auch eine Berufung nach Karlsruhe erwähnt.

schweizerischen Freistaat in lockendem Lichte erscheinen ließ.«³¹⁷⁾ Erst am 3. April 1855³¹⁸⁾, nachdem er die Ernennungsurkunde am 27. März erhalten hatte, stellte Culmann einen Antrag zur Beurlaubung bei der Eisenbahnbau-Kommission bis zum Oktober 1858. Obwohl er in Zürich eine Stellung auf Lebenszeit gefordert und erhalten hatte, hielt er sich doch den Rückweg in den Bayerischen Baudienst offen.

Pauli leitete den Urlaubsantrag mit umfangreicher Begründung am 13. März³¹⁹⁾ an das Ministerialreferat weiter und am 28. April 1855 erging der königliche Befehl,

»den nachgesuchten Urlaub zur Übernahme der Professur der Ingenieurwissenschaften an dem Polytechnikum zu Zürich vom 1. künftigen Monats bis zum 1. Oktober 1858 mit der Bedingung zu bewilligen [...], daß derselbe auf seinen Gehalt verzichtet und daß ihm die Zeit des Urlaubs nicht als bayerische Dienstzeit angerechnet wird.«³²⁰⁾

Damit war Culmann ab dem 1. Mai 1855 beurlaubt, sein Dienstantritt in Zürich war auf Mitte Oktober festgelegt worden.³²¹⁾ Vermutlich hat er in dieser Zeit die Kapitel 5 und 6 seines Reiseberichts über Dächer und Telegraphen verfaßt, die er wie erwähnt erst Ende Juli 1855³²²⁾ bei Pauli ablieferte. Möglicherweise stammen auch die Technischen Reisebeschreibungen aus dieser Zeit.

Jedenfalls nutzte er die freie Zeit zu einer Reise nach Wien, am 14. Juni³²³⁾ teilte er dies seinem neuen Arbeitgeber mit. Von Wien aus schickte er seine Anschaffungsvorschläge für Zeitschriften, Bücher und Instrumente³²⁴⁾ und seine Wünsche für die Stundenverteilung und weitere Anschaffungsvorschläge³²⁵⁾ nach Zürich. Über den Wienaufenthalt gibt es keine weiteren Unterlagen, aber Culmann wird dort sicherlich bei Christian Friedrich Ludwig Förster, dem Herausgeber der *Allgemeinen Bauzeitung*, vorgesprochen haben, wenn nicht überhaupt Verhandlungen zum Abdruck der Reste seines Reiseberichts der Hauptzweck der Reise waren. Allerdings hatte er offensichtlich keinen Erfolg, in der *Allgemeinen Bauzeitung* wurden außer den beiden Teilen über den Brückenbau keine weiteren Artikel von Culmann veröffentlicht. Auch später nicht. Leider läßt sich aus den Quellen nicht schließen, ob die technischen Reisenotizen vor oder nach dem Wien-Besuch entstanden sind.

Das nächste, was wir von Culmann hören, stammt aus dem Tagebuch von Deschwanden, dem Gründungsrektor des Eidgenössischen Polytechnikums. Er notierte für den 1. August:

»Erstes Zusammentreffen mit Prof. Culmann. Er hat ein jugendliches

³¹⁷⁾Oechsli [1904], S. 175

³¹⁸⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an die Eisenbahnbau-Kommission vom 3. April 1855

³¹⁹⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von der Eisenbahnbau-Kommission an Ministerialreferat vom 13. April 1855

³²⁰⁾BayHStA München. OBB Akten 7519, Brief vom Ministerium des Handels an die Eisenbahnbau-Kommission vom 28. April 1855

³²¹⁾Protokolle des Schulrathes. ETH-Bib. 18. April 1855, S. 67

³²²⁾BayHStA. OBB Akten 7519, Brief von Culmann an das Ministerialreferat vom 26. Juli 1855

³²³⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 14. Juni 1855, Briefe 274

³²⁴⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 9. Juli 1855, Briefe 321, 322, 323, 324

³²⁵⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 13. Juli 1855, Briefe 339

aber festes und geistvolles Aeussere: giebt sehr schnell u. sehr bestimmte Urtheile ab, oft bevor er alle nöthigen Prämissen dazu gesammelt, aber Alles in einer freundlichen äusseren Miene.«³²⁶⁾

Spätestens seit dem 26. September 1855 wohnte Culmann in Zürich und zwar bei Dr. Gattiker in Seefeld, denn an diesem Tag reichte er seinen Antrag auf Erstattung eines Teils seiner Umzugskosten ein³²⁷⁾. Er machte 900 Fr. geltend und erhielt 600 Fr. erstattet.³²⁸⁾ Damit hatte Culmann nach dem Professor für Nationalökonomie Cherbuliez, der für 1350 Fr. von Genf nach Zürich umzog, die höchsten Umzugskosten.

1.9.1 Familie

Nach dem ersten Studienjahr, am 21. August 1856, heiratete Culmann in Schlettstadt im Elsaß Emilie Mathilde Küss aus Wissembourg (Bas Rhin). Er hatte drei Kinder, aber weder über seine Frau noch über die Kinder sagen die vorhandenen Quellen viel aus.

Seine älteste Tochter Berta Louise wurde 1858 geboren und starb 1935, sie blieb ledig und lebte zumindest zeitweilig in Paris.

Paul Friedrich wurde 1860 geboren, er studierte Physik und war vom WS 1885 bis zum SS 1890 Privatdozent für mathematisch-physikalische Disziplinen am Züricher Polytechnikum³²⁹⁾, danach Professor am Technikum in Winterthur. 1890 heiratete er Jeanne Laurein von Neuilly bei Paris und siedelte 1898 nach Paris um, vor seinem Wegzug aus der Schweiz hatte er zwei Söhne (Jean Alexander, *1891, und Charles René, *1893). 1936 starb er in Paris.

Der jüngste Sohn Eugen Heinrich wurde 1868 geboren, er wurde Ingenieur und starb 1898. Verheiratet war er mit Anna Helena Staub aus Riesbach bei Zürich. Seine Tochter Ilse Berta wurde 1898 geboren, sie heiratete 1922 in St. Gallen Franz Hugentobler.³³⁰⁾

1.9.2 Professor am Eidgenössischen Polytechnikum

Culmann teilte sich das Arbeitsgebiet der Ingenieurwissenschaften mit Johannes Wild. Culmann war für den ganzen Bereich des Straßen-, Brücken-, Eisenbahn- und Wasserbau zuständig. Wild hatte die Professur für Vermessungswesen und Geodäsie. Gemessen an seinem Arbeitsgebiet bei der Eisenbahn, bei der er auch für die Vermessungen und Linienfestlegung neuer Bahnen zuständig gewesen war, eine Einschränkung seines Arbeitsgebietes,

³²⁶⁾Tagebuch vom 16. April 1855 bis 13. März 1856, 113 S. ETH-Bib. Hs 142.17. Zitiert nach Gyr [1981], S. 129

³²⁷⁾Geschäftscontrolle des schweizerischen Schulrathes. ETH-Bib. 26. September 1855, Briefe 473

³²⁸⁾Protokolle des Schulrathes. ETH-Bib. 16. Oktober 1855, S. 167

³²⁹⁾ETH Zürich [1980], S. 624

³³⁰⁾Alle biographischen Angaben zur Familie aus: Familienschein. Stadtarchiv Zürich. Acten 1868, 171b und Brief des Stadtarchivs Zürich an Prof. D. Vischer vom 24. Dezember 1981. ETH-Bibliothek. Dossier Culmann

Über Paul Culmann siehe auch Gummi [1898], S. 13.

Eine Kartei-Karte im Katalog der wissenschafts-historischen Sammlung der ETH-Bib. mit

biographischen Angaben zur Culmann-Familie enthält eine Notiz aus dem Jahre 1971, möglicherweise von Fritz Stüssi. Danach teilte Frau Hugentobler auf telefonische Nachfrage hin mit, daß »vom Nachlass Culmann in der Familie nichts erhalten« sei.

im Blick auf die schnelle wissenschaftliche Entwicklung ein gewaltiges Pensum. Seine Vorlesungen erstreckten sich daher über das gesamte Spektrum des Ingenieurbaus.

Ab 1864 wurde zwar der Hilfslehrer Pestalozzi zum Professor ernannt und las selbständig Vorlesungen über Themen des Wasserbaus, aber erst mit dem Studienjahr 1868/69 verzichtete Culmann darauf, selbst eine Vorlesung zum Kanal- und Wasserbau zu halten, und erst 1881, nach Culmanns Tod, wurde für Pestalozzi ein eigener Lehrstuhl für Wasserbau eingerichtet. 1881 bekam Tetmajer, der seit 1878 den Professoren-Titel trug, eine Professur für Baumechanik. Darin wurde auch der beständig steigenden Bedeutung der Ingenieurlaboratorien Rechnung getragen. 1882 wurde schließlich auch der Eisenbahn- und Straßenbau aus dem ursprünglichen Culmann-Lehrstuhl ausgegliedert.

1.9.3 Culmann als Lehrer

Die eigentliche wissenschaftliche Leistung aus seiner Züricher Zeit ist die Entwicklung der graphischen Statik und sein Hauptwerk *Graphische Statik* aus den Jahren 1864 und 1866 bzw. der 1. Band der 2. Auflage im Jahre 1875. Gemessen an seiner gesamten Tätigkeit stellt aber die graphische Statik nur einen kleinen Teil seiner Arbeit in Zürich dar. Seine Hauptaufgaben waren es, Unterrichtsveranstaltungen, Vorlesungen und Übungen, durchzuführen und Gutachten zu verfassen. Bei den Vorlesungen stand die graphische Statik als zweistündige Veranstaltung gewiß nicht im Mittelpunkt, wenn auch natürlich ihre Methoden stark in die Fächer wie Brückenbau und Erdbau hineinwirkten. Aus den meisten Culmann-Vorlesungen sprach keineswegs dieselbe mathematische Leidenschaft wie aus der »Graphischen Statik«. Aus den knapp 14 Jahren beim Eisenbahnbau hatte er sich ein waches Auge für die praktischen Bedürfnisse erhalten. Das Hauptziel seiner Ausbildung ist die Befähigung zur praktischen Ingenieur Tätigkeit. Wenn er auch beim wissenschaftlichen Blick auf die technische Praxis der Mathematik eine große Rolle beimaß.

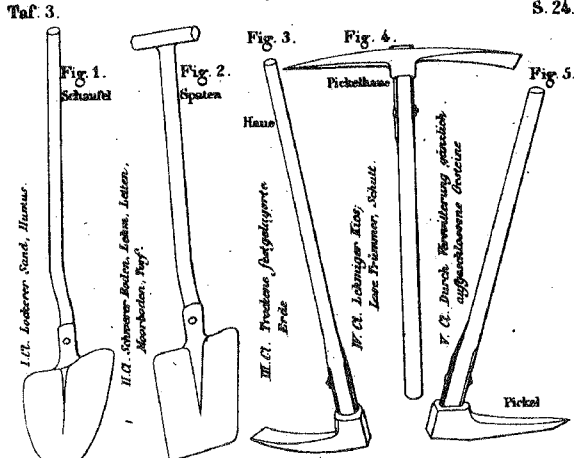
Im Anhang D.4 sind die Titel aller Vorlesungen aufgelistet, die Culmann gehalten hat. Den Inhalt und Stil seiner Vorlesungen kann man einigen erhaltenen Vorlesungsmitschriften³³¹⁾ entnehmen. Außerdem wurde 1872 ein Vorlesungsmanuscript gedruckt: Die »Vorlesungen über Ingenieurkunde. I. Abtheilung: Erdbau« erschien 1872 als Buch, wohl nur in bescheidener Auflage.

Die Vorlesungsmitschriften von Autran, Kussevich und Szávits zeigen, daß Culmann sich in seiner Vorlesung über Erdbau auf diesen Text stützte. Schon am Inhaltsverzeichnis sieht man, daß hier die Praxisorientierung erste Priorität hatte. Im 1. Kapitel geht es um »Das Traciren eines Strassenzuges«, es beginnt mit den Problemen von Flußgebieten und Wasserscheiden und reicht über die Festlegung des Straßenverlaufs bis zur Bestimmung der nötigen Erdbewegungen. Das 2. Kapitel behandelt die eigentlichen Erdarbeiten: hier bespricht Culmann die verschiedenen Methoden der Erdbewegung, streift in einem kleinen Exkurs die Form der Minentrichter, stellt die für den jeweiligen Boden angemessenen Grabwerkzeuge (siehe Abb. 24) vor und gibt schließ-

³³¹⁾Liste siehe der Archiv-Quellen. Anhang D.2

lich eine graphische Darstellung der Transportkosten bei verschiedenen Transportmethoden. Im 3. Kapitel erläutert Culmann, wie die Erdbauten durch Planierung, Anlage von Rasen oder Verlegung von Pflaster vor Erosion geschützt werden können. Das 4. Kapitel beschäftigt sich mit der Neigung von Böschungen und der Stärke von Stützmauern.

Classification der Erden.
Ungebundene Erdarten.



Gebundene Erdarten (Felsen).

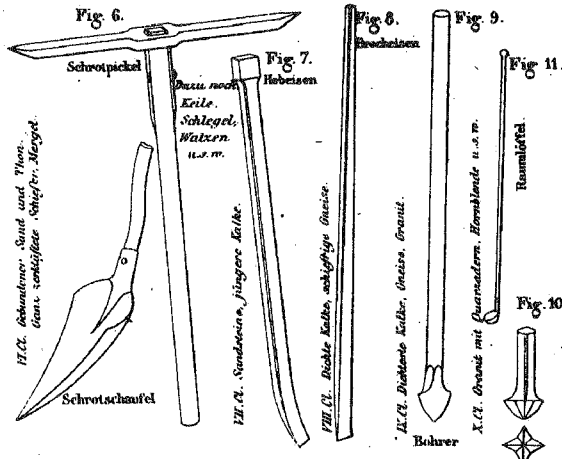


Abb. 24 Abbildung aus Culmanns Ingenieurkunde aus dem Jahre 1872

In diesem Themenkatalog befinden sich zwei Gebiete, zu denen Culmann mathematische Untersuchungen veröffentlicht hat. 1856 erschien im Programmheft der ETH sein Artikel *Ueber die Gleichgewichtsbedingungen von*

Erdmassen und 1871 hielt er vor der *Zürcher Naturforschenden Gesellschaft* einen Vortrag über Minenrichter, der in der Vierteljahresschrift abgedruckt wurde. Im gedruckten Manuskript wurden diese beiden Gebiete behutsam behandelt. In den Vorlesungsmitschriften kommt der Minenrichter gar nicht vor.

Die graphische Erddrucktheorie findet sich auch in der *Graphischen Statik*³³²⁾, den Vorlesungsmitschriften nach zu urteilen wurde sie aber nicht in der Vorlesung über graphische Statik behandelt, sondern in der über *Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau*³³³⁾ und dort auch nur sehr knapp.

Die Abbildung zu den Erdarten (Abb. 24) zeigt sein praktisches Interesse besonders deutlich. Culmann hatte während seiner Zeit als Bauleiter bei der bayerischen Eisenbahn seine Liebe zur Mathematik nicht vergessen, aber genausowenig hat er in seiner ingenieurwissenschaftlichen Tätigkeit vergessen, daß auch die Wahl der Schaufel oder der Schubkarre, von Belang ist. Seinem Anspruch nach war Theoretisieren immer nur ein Mittel zum Zweck, so wie in der exemplarischen Stelle seines Jahresberichts aus dem Jahre 1848 bei den Gleiskonstruktionen.

In den hinterlassenen Manuskripten befinden sich Notizen zu einer *Vorlesung über Baumaterialien*, bei der die Praxishöhe noch weiter getrieben wird. Unter diesen Unterlagen finden sich Instruktionen zum Mischen, Anrühren und Verarbeiten von »Harz-Cement« und umfangreiche Preislisten für Standardarbeiten: 18 Posten Erdarbeiten, 21 Posten Maurerarbeiten usw. Allerdings verzeichnen die Programme der ETH keine derartige Vorlesung von Culmann.

Zu seiner Unterrichtstätigkeit gehörte auch die Organisation von Exkursionen, die jedes Studienjahr stattfanden. Beliebte Ziele waren besondere Bauwerke und Baustellen. Die Exkursionen fanden meist Anfang Juli statt und dauerten mehrere Tage.

»So besuchten die Ingenieurschüler 1856 unter Culmanns Führung den Bau der eisernen Sitterbrücke bei St. Gallen und wurden dabei zur Aufnahme so genauer Skizzen und Maße angeleitet, daß sie nachher zu Hause vollständige Zeichnungen davon ausführen konnten.«³³⁴⁾

Eine Kunst, die Culmann selbst bei seinen technischen Reisen ausgiebig geübt hatte. Die Studienfahrten hatten zuweilen ein auch für heutige Verkehrsmittel beeindruckend umfangreiches Programm. Im Jahre 1861 wurden mit der »Hauptabsicht: Besuch von Wasserbauten« folgende Programmpunkte aufgeführt:

»Masseldranger Ablagerungsplatz; Mollis; Rufenverbauungen; Wildbach bei Niederurnen; Serfcorrection zwischen Engi und Matt, Brücke bei Ilanz, Versann, Reichenau; Rheinbauten bei Chur; Correctionen der Landquart; Rheinbauten zwischen Landquart und Ragatz.«³³⁵⁾

Im Jahre 1862 veranstaltete Culmann gleich zwei Exkursionen:

»Unter Leitung des Herrn Vorstandes, Prof. Culmann. Es wurde im März

³³²⁾ Verweis auf *Graphische Statik*. Culmann [1864-66], S. 623

³³³⁾ Vgl. z. B. die Vorlesungsmitschrift von Kussevich aus dem WS 1869/70.ETH-Bib. Hs 488:9

³³⁴⁾ Oechsli [1905], S. 238

³³⁵⁾ Programm ETH Zürich 1861/62 Schulnachrichten 1860/61, S. 14

(1862) eine dreitägige Exkursion nach Freiburg (Eisenbahnbrücke über die Saane, Bahn bei Neyruz und Tunnel bei Hageneck), eine zweite im Juli nach Württemberg und zwar Heilbronn (Umbau des Bahnhofes, Eisenbahnbrücke über den Neckar, Hafen), Weinsberg (Tunnelbau), Bietigheim und Besigheim (Viadukte), Berg (das Pumpwerk), Esslingen (Lokomotivfabrik), Geisslingen (Landheimer Tunnel), Stuttgart, Ulm, Friedrichshafen (Eisenbahnhöfe), vorgenommen.«³³⁶⁾

Im Jahre 1863 besuchte Culmann

»mit den Schülern der oberen Kurse die Brückenbauten über die Aare bei Bussmyl und zwar gerade in dem Moment, wo einer der Pfeiler mittelst comprimierter Luft versenkt wurde. Ferner wurde der interessantere Theil der Reppischbahn bis jenseits Bonstetten begangen und die Erdarbeiten und der Tunnelbau bei Birnenstorf genauer besichtigt.«³³⁷⁾

Alle Äußerungen über Culmann als Lehrer beschreiben ihn als einfallsreichen, freundlichen Menschen mit großem Interesse für seine Studenten, dessen Vortrag allerdings nicht einfach zu verstehen war.

»Unabhängig in seinen Ansichten, freimütig und dabei von der liebenswürdigsten Bescheidenheit, war er wohl einer der populärsten Lehrer des Polytechnikums, an welchem die Schüler stets, nach längst absolvirten Studien, mit treuer Anhänglichkeit hingen.«³³⁸⁾

Ein Student der mechanischen Abteilung, der 1859 Student bei Culmann war, schrieb in der Festschrift zum 25-jährigen Jubiläum der *Gesellschaft der ehemaligen Polytechniker*.

»Von Culmann sprachen selbst diejenigen seiner Schüler, die ihn nicht verstanden, mit Begeisterung. Der unerschöpfliche Ideenreichtum, die originelle Ausdrucksweise, das überstürzende Temperament erhielten die Zuhörer in ständiger Aufregung. Dabei fehlte es nicht an komischen Momenten; so wenn er die Belastung einer Brücke durch den Rauch einer Lokomotive andeutete, oder wenn er um den unendlich fernen Punkt einer Geraden zu bezeichnen, die Kreide an die Decke des Hörsaales warf.«³³⁹⁾

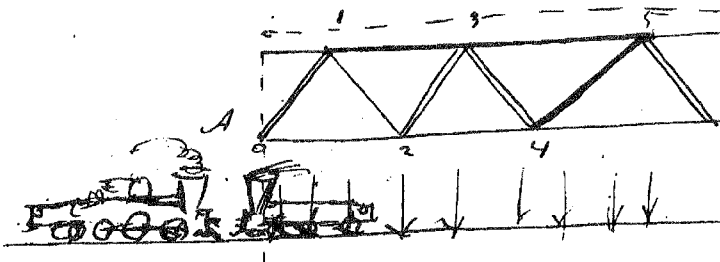


Abb. 25 Zeichnung aus der Mitschrift einer Culmannschen Vorlesung³⁴⁰⁾

³³⁶⁾Programm ETH Zürich 1862/63 Schulnachrichten 1861/62, S. 14

³³⁷⁾Programm ETH Zürich 1862/63 Schulnachrichten 1862/63, S. 15

³³⁸⁾NZZ 12.12.1881

³³⁹⁾GEP 25jähriges Jubiläum. Autor war ab 1859 Student der mechanischen Abteilung; S. 138

³⁴⁰⁾Aus Vorlesungs-Mitschrift *Culmann: Graphische Statik. WS 1874/75* von Georg Szávits. ETH-Bib.

Auch im Nachruf der schweizerischen Bauzeitung für Wilhelm Ritter findet sich der Hinweis, daß Culmann nicht von allen Studenten verstanden wurde:

»Im Jahre 1873 erfolgte die Berufung Ritters als Professor der Ingenieurwissenschaften an das Polytechnikum in Riga. Nur ungern sahen ihn die damaligen Studierenden der Ingenieurschule in Zürich scheiden, denn er pflegte ihnen die Wege zu ebnen zum Verständnis der Vorträge und Theorien des genialen Culmann, der häufig auf die Fassungskraft seiner Zuhörer zu wenig Rücksicht nahm, in dem er - wie Geibel das Wesen des lehrenden Genius trefflich zeichnet - meinte, wo seine Flügel ihn trugen, da sollten Andere gehen können.«³⁴¹⁾

Bei aller Mühe um die Vermittlung praktisch verwertbarer Kenntnisse, drückte sich in der Vorlesung die wichtige Rolle aus, die er der Mathematik zubilligte. Man hat zwar bei Durchsicht der Vorlesungen den Eindruck, daß der mathematische Anspruch in der Vorlesung bei weitem nicht so hoch war, wie man nach der *Graphischen Statik* und insbesondere nach deren Vorwort erwarten mag. Nach den Mitschriften zu urteilen, scheint er aber in der Vorlesung schwierige Dinge oft sehr knapp behandelt zu haben, wodurch er den Studenten das Verständnis gewiß nicht erleichterte.

Jean Meyer hebt Culmanns Geduld und sein Engagement für die Studenten hervor:

»Un des plus beaux côtés de son caractère, était une rare modestie et une bonté inépuisable; il prenait un grand intérêt à ses élèves et nul comme lui n'avait su se faire respecter, aimer et estimer d'eux. Il les suivait dans leur carrière pratique, et, malgré ses très nombreuses occupations, il ne leur refusait jamais des conseils qu'il donnait toujours avec la plus grande bienveillance.«³⁴²⁾

Wie hoch seine pädagogischen Fähigkeiten einzuschätzen sind, bei all den mutmaßlichen methodischen Schwächen, zeigt sein hohes Ansehen bei den Studenten trotz seiner hohen Ansprüche. Daß dies nicht selbstverständlich war, zeigt Wilhelm Fiedler. Er lehrte darstellende Geometrie und Geometrie der Lage, ein Fach das auf Betreiben Culmanns in Zürich erst eingeführt wurde. Fiedler verfocht seine mathematischen Ansprüche, die gewiss nicht höher waren als die von Culmann, mit solcher Konsequenz, daß die Studenten gegen ihn revoltierten. Im Februar 1878 provozierte er durch seine Anforderungen einen kleinen Studentenaufstand. In der Festschrift zum 50jährigen Bestehen des Verbandes der Studierenden an der ETH heißt es:

»Die Klagen der Überbürdeten [...] fand bei den Vorgesetzten kein Gehör. Vorwürfe, die im einzelnen vielleicht berechtigt waren, wurden aufs Ganze ausgedehnt. Eine erbitterte Stimmung bemächtigte sich der Studentenschaft.«³⁴³⁾

Trotz aller Praxisorientierung in den Vorlesungen und trotz aller methodischen

Hs 489 : 21

³⁴¹⁾Nachruf Ritter. Schw. Bau. 1906

³⁴²⁾Meyer [1882], S. 8 »Eine der besonders guten Seiten seines Charakters war eine seltene Geduld und eine unerschöpfliche Freundlichkeit; er nahm großen Anteil an seinen Schülern und niemand gelang es wie ihm, von ihnen respektiert, geliebt und geschätzt zu werden. Er verfolgte ihre praktischen Karrieren, und trotz seiner äußerst zahlreichen Verpflichtungen, verweigerte er ihnen niemals seinen Rat, den er immer mit größtem Wohlwollen gab.«

³⁴³⁾Verband der Studierenden [1913], S. 9

Schwächen als Lehrer überrascht es nicht, daß Culmann vor allem begabte Studenten sehr erfolgreich förderte. Unter seinen Schülern sind viele, die in ihrem Heimatland wichtige Ingenieuraufgaben übernahmen und mindestens acht seiner Studenten wurden später selbst Professoren: Henri Friedrich Besard, J. Friedrich Bubendey, Andreas Rudolf Harlacher, Karl Emil Hilgard, Wilhelm Ritter, Wilhelm Stahl, Ludwig Tetmajer, Jacob J. Weyrauch.

1.9.4 Die Gutachtertätigkeit

Culmann war in seiner Zeit am Züricher Polytechnikum ein gefragter Gutachter. Das Verzeichnis seiner Veröffentlichungen enthält überwiegend (17) Gutachten. Sowohl der Stadtrat in Zürich, verschiedene Kantone - Zürich, Neuchâtel (Neuenburg), Waadt, Freiburg - als auch der schweizerische Bundesrat erbaten von ihm Expertisen.

Er galt als Experte bei Wasserbaumaßnahmen: Jurakorrektur (1858, 1864), Kanal-Projekt (1870), Limmatquai (1874), Rutschungen bei Horgen (1876),

bei technischen und auch wirtschaftlichen Fragen des Eisenbahnbaus: Eisenbahn Chur - Locarno), Straßenbahnen (1863), Gebirgsbahnen (1869), Verlegung des Güterbahnhofs (1875), Betriebskosten (1876), Seebach-Zürich (1876) und

bei Brückenbauten.

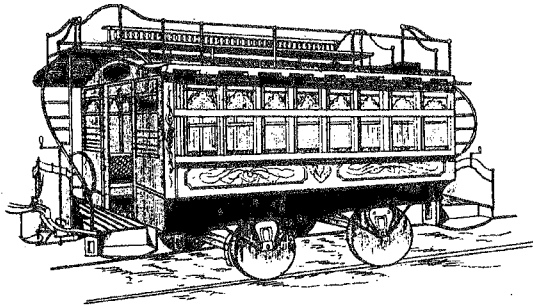


Abb. 26 Omnibus zu Birkenhead aus Culmanns Gutachten über Straßenbahnen³⁴⁴⁾

Beim Verzeichnis der Culmann-Schriften im Anhang C.3 fällt auf, daß dort kein Gutachten zum Brückenbau zu finden ist, obwohl gerade seine Arbeiten über die amerikanischen Brücken am Beginn seiner Karriere standen. Dies zeigt aber lediglich, daß diese Liste immer noch unvollständig ist.

Jean Meyer sieht gerade im Brückenbau ein Hauptgebiet seiner Gutachtertätigkeit.

»Il n'y avait, pour ainsi dire, pas un concours pour la construction d'un grand pont, où il ne fût appelé à siéger dans le jury d'experts.«³⁴⁵⁾

Jean Meyer leitet eine kurze Aufzählung von Culmann-Gutachten mit der Be-

³⁴⁴⁾Culmann [1863]

³⁴⁵⁾Meyer [1882], S. 6 »Es gab, sozusagen, keine Ausschreibung für den Bau einer großen Brücke, bei der er nicht als Mitglied in die Jury der Experten berufen wurde.«

merkung ein, er könne die zahllosen Gutachten, bei denen Culmann beteiligt war, nicht aufzählen und gibt einige Beispiele an, die sein besonderes Interesse an der französischen Schweiz belegen:

1877 Über die Schwierigkeiten durch die Erhöhung des Wasserspiegels des Genfer Sees

1877 und 1879 Über die Konstruktion der Brücke von Javroz nach Char-mey auf der Straße von Bulle nach Boltigen³⁴⁶⁾, und über die Gründung der großen Hängebrücke in Fribourg, die 1881 gebaut wurde.

Für den Kanton Neuchâtel fertigte er mehrere Gutachten zur Korrektur der Reuse an.³⁴⁷⁾

Seine umfassendste Gutachtertätigkeit erstreckt sich auf die Gewässerkorrektur im Jura. Bereits 1857 verfaßte er zusammen mit La Nicca, K. E. Müller, R. Gerwig und F. Hartmann ein Gutachten dazu. Im folgenden Jahr berichtete er in der *Schweizerischen polytechnischen Zeitschrift* über dieses Projekt, das eine lange Vorgeschichte hat. Seit über 150 Jahren hatte man versucht das Ansteigen des Wasserspiegels der Jura-Seen, die Überschwemmungen und die Versumpfung der umliegenden Gebiete zu stoppen. Ausgelöst wurden die Probleme hauptsächlich durch die Geschiebe-Ablagerungen der Aare unterhalb der Seen. Mit seinem Gutachten bewegte sich Culmann auf den Spuren Tullas, denn 1816 wurde Tulla mit einem Gutachten beauftragt³⁴⁸⁾. Allerdings wurde keiner von Tullas Vorschlägen ausgeführt, statt dessen wurden lokale Korrekturen vorgenommen und statt entschiedener Maßnahmen wurden Berge von Gutachten mit wechselnden Fragestellungen angefordert.

Ein Folgegutachten Culmanns beschäftigte sich mit den Schweizer Wildbächen im Jura. In den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863 untersuchte Culmann, z. T. zusammen mit dem Oberingenieur Hartmann aus St. Gallen die Gewässer des Jura. Dabei handelt es sich im Grunde wieder um einen Reisebericht. Wobei dieses Mal die Naturverhältnisse und nicht die technischen Einrichtungen im Vordergrund stehen. Der Bericht entstand im Auftrag des Schweizer Bundesrates und umfaßt 650 Seiten. Er ist damit umfangreicher als die erste Auflage der graphischen Statik. Er erschien in deutscher Sprache 1864 in Zürich. H. F. Bessard, damals Privatdozent am Polytechnikum, übersetzte den Bericht ins Französische (Lausanne 1865) und Carlo Arduini³⁴⁹⁾, Professor für italienische Literatur am Polytechnikum und langjähriger Kollege von Culmann, erstellte die italienische Übersetzung (Lugano 1866).

Vom Bundesrat waren ihm fünf Fragen vorgelegt worden:

- »1. Welches sind in Bezug auf die Forstkultur und die Ueberschwemmung der Thäler die gefährlichsten Bergwasser, die in ein allgemeines Correctionssystem aufzunehmen wären?
2. Welche technischen Vorkehrungen sind gegen die Verheerungen der

³⁴⁶⁾In einer Notiz des Kantonalingenieurs von Fribourg, M. Amédé Gremand, werden als beratende Experten Culmann, der Chefindingenieur der Gothard-Bahn Bridel und der ehemalige Kantonalingenieur von Fribourg Montenach genannt. *Die Eisenbahn* 13 (1880), S. 139

³⁴⁷⁾Meyer [1882], S. 8

³⁴⁸⁾Culmann [1858 Jura], S. 7

³⁴⁹⁾Carlo Arduini (1808-1881), 1861-1881 Professor für italienische Literatur. Er starb wenige Wochen vor Culmann, am 23. 10.1881.

Bergbäche zu treffen?

3. Wie hoch würden sich die Kosten dieser Correctionen belaufen? ³⁵⁰⁾

Es folgen noch Fragen zu den Sicherungsmaßnahmen, die in den einzelnen Kantonen bereits ergriffen wurden, und zu allgemeinen Maßregeln.

Das Ergebnis von Culmanns minuziöser Beschreibung einer großen Zahl von Juratälern ist eher undramatisch: Die Gefahr durch Wildbäche ist gering, der Aufwand für Korrekturen hält sich in Grenzen. Dennoch ist diese Arbeit als hydrographische Bestandsaufnahme einer Alpenregion bemerkenswert, Culmann sah das auch so, seine Einführung in den Text für den Bundesrat endet mit dem Hinweis

»Indem wir nochmals wiederholen, daß die uns gestellten Aufgaben eigentlich weitaus die Kräfte des Einzelnen übersteigen, hoffen wir, es werde das [...] begonnene Werk nicht bei diesen Untersuchungen stehen bleiben.« ³⁵¹⁾

Eine Bemerkung, die sich in ähnlicher Weise in der *Graphischen Statik*, findet. Culmann neigte zu epochalen Werken.

Er war außerdem viele Jahre Mitglied der *Baucommission der Stadt Zürich*, war einer ihrer Experten für die Wasserversorgung und hat dadurch der Stadt »wesentliche Dienste geleistet« ³⁵²⁾, was ihm nicht zuletzt die Schweizer Staatsangehörigkeit eintrug. Im Schriftenverzeichnis befinden sich einige Gutachten für die Stadt, an denen Culmann mitgearbeitet hat. Z. B. ein Bericht des Preisgerichtes betreffend die Quaiprojekte in Zürich (1874), zur Streckenführung der Eisenbahn Seebach- (Oerlikon-) Zürich auf städtischem Gebiete (1876).

Im Jahre 1879 besuchte er Rumänien zusammen mit dem Stadttingenieur von Zürich, Bürkli-Ziegler. Sie hatten den Auftrag erhalten, die öffentlichen Wasserbau-Projekte in Bukarest und Umgebung zu leiten: die Korrektur der Dimbowitz, die Wasserversorgung und die Kanalisation der Stadt. ³⁵³⁾

Bei einer Versammlung des *Zürcher Ingenieur- und Architekten-Vereins* berichtete Bürkli-Ziegler über die »betreffenden Verhältnisse und projectirten Bauten« und Culmann machte anschließend einige »interessante Notizen über die Bauart der ländlichen und städtischen Wohnhäuser und ihrer höchst primitiven Einrichtungen, sowie über die Trachten und Sitten der Bewohner Rumäniens.« ³⁵⁴⁾ Culmann hatte sich also offensichtlich seine Neigung zum feuilletonistischen Reisebericht über die Jahre erhalten, wenn er ihr auch - so weit mir bekannt - schriftlich nicht mehr nachgegeben hat.

Keines der genannten Gutachten findet sich in meinem Schriftenverzeichnis. Vermutlich lassen sich in diversen Archiven Schweizer Baubehörden noch eine ganze Reihe weiterer Gutachten auffinden. ³⁵⁵⁾

³⁵⁰⁾Culmann [1864 Jura], S. III-IV

³⁵¹⁾Culmann [1864 Jura], S. X

³⁵²⁾Pestalozzi [1881], S. 149. Nach Mitteilung des Stadtarchivs von Zürich vom 21.10.1996 befinden sich sehr wahrscheinlich noch weitere Gutachten von Culmann in ihren Beständen.

³⁵³⁾Meyer [1882], S. 7, *Die Eisenbahn* 13 (1880), S. 148

³⁵⁴⁾*Die Eisenbahn* 13 (1880), S. 148

³⁵⁵⁾Im Anhang C.2 habe ich die Schweizer Archive angegeben, bei denen ich angefragt habe.

1881 unternahm er eine weitere Reise nach Rumänien, die er bis Konstantinopel ausdehnte.³⁵⁶⁾ Pestalozzi berichtete in seinem Nekrolog über Culmann in der Zeitschrift *Die Eisenbahn*, daß Culmann an der Gewölbekonstruktion der Kuppel der Hagia Sophia Studien machen wollte.³⁵⁷⁾

Die Hagia Sophia war im Jahre 1879 durch den italienischen Architekten Foscati repariert worden. Kurze Zeit später hatte sich der Zustand der Kuppel aber wieder in besorgniserregender Weise verschlimmert. Die Architekten Europas waren in heller Aufregung, zumal sie den Eindruck hatten, daß der Sultan nicht sonderlich beunruhigt war.³⁵⁸⁾ Culmann selbst konnte die Kirche aber nur einmal besuchen. Er hatte sich auf dieser Reise mit einem tödlichen Lungenfieber angesteckt und »es bedurfte seiner ganzen Willenskraft, um nach Zürich zurückzureisen.«³⁵⁹⁾

Tetmajer berichtete: Culmann war »ständiger Experte bei Entscheidungen bautechnischer Fragen des Landes [...] und nicht selten ist sein Rath auch von ausländischen Regierungen in Anspruch genommen worden.«³⁶⁰⁾ Allerdings ist nicht zu entnehmen, welche Regierung außer der rumänischen bei ihm Gutachten in Auftrag gab.

1.9.5 Berufung nach München

In einem nicht datierten und signierten Entwurf zur Besetzung der ingenieurwissenschaftlichen Lehrstühle des Münchner Polytechnikums hat möglicherweise der Gründungsrektor Bauernfeind persönlich für die Gestaltung der ingenieurwissenschaftlichen Abteilung folgendes vorgeschlagen:

»III. Ingenieurwissenschaften

dieselben sollen in drei Hauptabteilungen zerfallen

a) Graphische Statik. - Erdbau-, Strassen-, Eisenbahn-, Brücken- u. Tunnelbau

b) Landwirtschaftliche Tiefbauten

c) Baukonstruktion und Wasserbau

für dieselben sind vorgeschlagen

ad a. Prof. Culmann in Zürich

ad b. Prof. Doehlemann in Freising

ad c. Assistent Frauenholz in München, letzteren als a. o. Professor.

Auf die Gewinnung Culmanns muß ich, nach allem, was ich über ihn höre, das

größte Gewicht legen, und würde ich bitten, sofort mit demselben ins Benehmen zu treten, um dessen Bedingungen für seine Übersiedelung nach München kennen zu lernen.«³⁶¹⁾ (Abb. 27)

³⁵⁶⁾Festschrift NGZü [1896], S. 97

³⁵⁷⁾Pestalozzi [1881], S. 150

³⁵⁸⁾*Die Eisenbahn* 16(1882), S. 113

³⁵⁹⁾*Die Eisenbahn* 15 (1881), S. 150

³⁶⁰⁾Tetmajer [1882], S. 21

³⁶¹⁾BayHStA. MK 19554.

III. Ingenieurwesenpersönlichkeiten

Wirdelmann kann in dem Gutachten
gelesen.

a. Geographische Statik. - fortwäh. Professur
Forschungswesen u. Zinnarbeiten.

b. Eisenwerkstoffeigenschaften.

c. Eisenbauarbeiten und Maschinenbau.

Freiwilligkeit von Prof. Culmann

ad a. Prof. Culmann in Zürich

ad b. Prof. Dackmann in Berlin

ad c. Offizier von der Holzindustrie
in Zürich u. v. Prof. Culmann.

Abb. 27 Gutachten zur Reorganisation der Münchner Ingenieurschule³⁶²⁾

Culmann war für den ersten Lehrstuhl nicht nur die Idealbesetzung, sondern diese Professur war direkt auf Culmann zugeschnitten. Bemerkenswerterweise wird die graphische Statik als erstes Gebiet genannt. Eine Antwort Culmanns konnte ich bei den Akten - weder in Zürich noch in München - nicht finden. Das Ergebnis der Verhandlungen ist bekannt: Culmann blieb in Zürich. Über die Gründe, die die Annahme einer Münchner Professur verhinderten, kann nur spekuliert werden.

In der Begräbnisrede macht Professor Oberst Pestalozzi, seit Gründung des Polytechnikums Kollege Culmanns an der Ingenieurabteilung³⁶³⁾, die Treue zur neuen Heimat, in der Culmann »einen schönen Wirkungskreis gefunden« habe, dafür verantwortlich, daß ihn »die schönsten Anerbieten haben nicht bestimmen können, [...] das Land zu verlassen.«³⁶⁴⁾

Der pfälzische Landesgeschichtler Victor Carl gibt in seinem Buch *Berühmte Pfälzer im Ausland* die Studienfreiheit als Grund an:

»Die Münchner Hochschule bot Culmann in den späten siebziger Jahren einen Lehrstuhl an. Die Berufung scheiterte aber an den Forderungen Culmanns, der verlangte, daß die akademischen Freiheiten der Studenten im Besuch der Vorlesungen eingeschränkt werden. An der Hochschule sollte nach seiner Ansicht ein straffer, schulmäßiger Lehrbetrieb herrschen. In München glaubte man, auf diese Forderung nicht eingehen

³⁶²⁾ BayHStA. MK 19554.

³⁶³⁾ Zuerst als Hilfslehrer, ab 1864 als Professor

³⁶⁴⁾ NZZ 13.12.1881

zu können.«³⁶⁵⁾

Allerdings gibt Carl keine Belege dafür an und hat sich ja auch in der Zeit veran. Interessant ist der Gedanke aber, weil Culmann sich 1875 tatsächlich sehr negativ über die Studienfreiheit an deutschen Hochschulen äußerte. Im Vorwort zur 2. Auflage der *Graphischen Statik* schrieb er:

»In zahlreichen grösseren und kleineren Abhandlungen wird jetzt die Statik ihres Geistes entkleidet, und so verdaulicher gemacht für junge Techniker, die ungenügend vorbereitet für das Studium der Ingenieurwissenschaften, Dank der Studienfreiheit die jetzt Mode ist, frisch in den obersten Curs eintreten; und mit ungeheurem Selbstbewußtsein, das die Herrn Professoren noch begünstigen welche möglichst populär vortragen wollen. [...] Wären solche Werke für Baugewerkschulen, und derartige Institute zweiten Ranges geschrieben worden, so könnte man sich ja nur freuen über die Verbreitung, welche die graphische Statik gewinnt, allein an *polytechnischen* Schulen sollte man denn doch höhere Ziele verfolgen.«³⁶⁶⁾

Ein Blick in die Liste der Lehrbücher zur graphischen Statik zeigt, daß nur Johann Bauschinger und Karl von Ott gemeint sein können. Ott war damals Oberrealschullehrer in Prag und hatte einen Lehrauftrag für Baumechanik am Prager Polytechnikum. Sein Buch, das 1871 in 1. Auflage und 1872 in zweiter Auflage erschien, wandte sich an seine »Schüler oder auch alle Ingenieure oder Bautechniker«³⁶⁷⁾. Seine Schüler waren eher an der Realschule zu suchen, da seit 1869 der Culmann-Schüler Harlacher die graphische Statik in Prag las. Es wäre also denkbar, daß Culmann Ott unter die Verbreiter der graphischen Statik an den »Instituten zweiten Ranges« zählte.

Kein Zweifel besteht darin, daß Culmann Johann Bauschinger bei der zitierten Stelle im Auge hatte. Bauschinger hatte in München die Professur erhalten, die Culmann nicht angenommen hatte. Im Vorwort zu seinen *Elemente der graphischen Statik* hatte Bauschinger 1871 nach viel Lob für Culmann bemerkt,

»daß die geringe Verbreitung, welche die Anwendung der Culmannschen Statik bis jetzt unter den Ingenieuren gefunden hat, hauptsächlich dem Umstand zuzuschreiben ist, dass es an einem eigentlichen, systematischen Lehrbuch für die neue Wissenschaft fehlt.« Und fuhr dann fort:

»Vielleicht kann zu dieser weiteren Verbreitung auch die Eigenschaft meines Buches beitragen, dass zu seinem Verständnis die Kenntniss der sog. neueren Geometrie nicht erforderlich ist. Ich hatte es bei der Bearbeitung nicht darauf abgesehen, es hat sich von selbst so gemacht.«

Das war für Culmann aus mehreren Gründen schmerzhaft. Einerseits sprach Bauschinger Culmanns Werk den Charakter eines Lehrbuchs ab und ließ nebenbei durchblicken, daß die Geometrie der Lage eine künstliche Verkomplizierung der graphischen Statik sei. Andererseits kam diese Kritik von einem Mann, der eigentlich sein Statthalter auf einem für ihn geschaffenen Lehrstuhl sein sollte, und sie kam aus München, aus einer Stadt, zu der er eine emotio-

³⁶⁵⁾Victor Carl S. 58

³⁶⁶⁾Culmann [1875], S. VI

³⁶⁷⁾Ott [1872], Vorwort zur 1. Auflage, S. IV (Siehe Abschnitt 3.10.2)

nale Beziehung hatte und von der er zuweilen als von »meinem München«³⁶⁸⁾ sprach.

All dies ist aber etliche Jahre später und erst die Folge davon, daß er die Münchner Professur nicht angenommen hatte.

Das Münchner Polytechnikum nahm im Studienjahr 1866/67 Kontakt zu Culmann auf und damals äußerte Culmann noch eine ganz andere Haltung zur Studienfreiheit. Im Vorwort zur 1. Auflage der *Graphischen Statik* hatte er seine Schwierigkeiten geschildert, die neuere Geometrie in Zürich in den Lehr- und Studienplan integrieren zu lassen. Angesichts der Schwerfälligkeit der Schulverwaltung setzte er auf die Vernunft der Studenten:

»welches ängstliche Widerstreben man Neuerungen überhaupt entgegengesetzt; wie es wohl noch möglich ist, mit Mühe und Noth den Schülern ein einzelnes nothwendiges Fach aufzubürden, allein wie es geradezu bare Unmöglichkeit ist, ein überflüssiges abzustossen, wie schliesslich dadurch eine solche Ueberbürdung der Schüler mit Stunden entsteht, dass ihnen vor lauter Hören das Studiren vergeht: dann gelangt man unabweisbar zum Schluss, dass *akademische Studienfreiheit* allein würdig dem Unterricht an höheren Lehranstalten entspreche. Wir wollen zwar gern zugeben, dass in den untern Cursen des Polytechnikums geschult werden müsse, weil dieser Anstalt keine so homogen organisirten Schulen vorausgehen, als wie die Gymnasien z. B. den Universitäten; und es hier also noch eines gewissen Zwanges bedarf, um die zum Folgen unumgänglich nothwendigen Vorkenntnisse während der *ersten* Jahre den Schülern beizubringen: allein das eidgenössische Polytechnikum blüht gewiss nicht, weil diese Bleikugel des Studienzwangs, an seinen unteren Cursen hängt, sondern weil an demselben in Folge seiner zufälligen Verbindung mit der kantonalen Universität wissenschaftlicher als an andern technischen Anstalten gebildet wird.«³⁶⁹⁾

Diese Sätze klingen umso bemerkenswerter als im Juli 1864 325 Studenten des Polytechnikums den Rücktritt des Direktors Bolley forderten, weil sie dem »tyrannos« nicht ihre akademischen Rechte opfern wollten.³⁷⁰⁾ Oechslli erläutert:

»das von der akademischen Lernfreiheit so stark abweichende System der Anstalt mit seinen obligatorischen Lehrplänen, Repetitorien, Zensuren und Promotionen wurde von Studierenden nicht ohne eine gewisse innere Opposition ertragen.«³⁷¹⁾

Bolley und der Schulrat gaben nicht nach, 303 Studenten verließen das Polytechnikum, und Culmann schwärmte wenig später von der akademischen Studienfreiheit.

Wenn Culmann auch dem Ruf nach München nicht folgte, so war er an der Gründung oder Reorganisation der Königlich Polytechnischen Schule zu München doch stärker beteiligt als bisher bekannt. Der geschickte Organisator der Neugestaltung, Carl von Bauernfeind, hatte sich an Culmann gewandt, um von ihm über das Züricher Polytechnikum und das ganze schweizer Schulsystem

³⁶⁸⁾ BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. Siehe Anhang A.3

³⁶⁹⁾ Culmann [1864-66], S. VIII f

³⁷⁰⁾ Verband der Studierenden [1913], S. 6f.

³⁷¹⁾ Oechslli I [1905], S. 311

informiert zu werden. Culmann antwortete ihm am 12.10.1866 mit einem 13-seitigen Gutachten und vielen Dokumenten.³⁷²⁾ Für einen möglichen Wechsel von Culmann nach München gibt es in diesem Brief keine Anzeichen. Das Gutachten zeigt aber zwei Gründe für Culmanns Verbleib in Zürich.

Der erste ist die Begeisterung über das schweizerische - genauer Züricher - Schulwesen im allgemeinen und das Polytechnikum im besonderen und das geringe Vertrauen in die bayerische Regierung:

»und wünsche von Herzen, es möge einmal etwas ordentliches in Bayern zu Stande kommen, denn es läßt sich nicht leugnen und man muß sich beinahe schämen es zu bekennen: Stuttgart, Dresden, Wien, Berlin, Hannover, Carlsruhe und Zürich stehen höher als mein München. Soll eben etwas ordentliches vollbracht werden, so muß man bei der Organisation alle lateinisch, academische, religiöse und politische Vorurtheile bei Seite setzen und nach dem Höchsten streben. [...] Besser aber wäre es, gar nichts als ein Mittelmäßiges zu schaffen. Besser wäre es alle Bürger ins Ausland zu schicken (:26 studiren schon hier:) um gebildete Techniker zu erhalten«³⁷³⁾

Am Züricher System schätzte er vor allem, die solide naturwissenschaftliche Grundbildung in den Sekundarschulen, die starke mathematisch-naturwissenschaftliche Orientierung des Polytechnikums, die enge Verbindung zur Universität, die liberale Haltung bei der Stellenbesetzung - frei von politischen und religiösen Vorurteilen - und nicht zuletzt die gute finanzielle Ausstattung. Kein Wort übrigens zu akademischer Studienfreiheit und zum Schulzwang.

Schaut man sich die Gehälter des Studienjahres 1868/69 in der Ingenieurwissenschaftlichen Abteilung an, so könnten auch Culmanns Gehaltsforderungen eine Rolle gespielt haben. Culmanns Ersatzmann Bauschinger erhielt ein Jahresgehalt von 1400 Gulden, Doehlemann von 1600 Gulden. Culmann bekam zum damaligen Zeitpunkt in Zürich insgesamt mit allen Schülergeldern und Zulagen 7000 Fr (= 3260 Gulden)³⁷⁴⁾. Soviel hätte er auch in München bekommen können, denn ein Blick in die Liste der Professorengehälter zeigt, daß die Münchner die Gehälter streng nach dem Marktwert der Professoren festlegten. Bauernfeind konnte durch einen Brief des Karlsruher Rektors Hänssel³⁷⁵⁾ belegen, daß er in Karlsruhe 3500 Gulden bekommen hätte, und er bekam 3500 und zusätzlich eine Funktionszulage von 1000 Gulden. Der renommierte Mathematiker Otto Hesse bekam ebenfalls 3500, sowie der Physiker Beetz. Der Maschinenbauer Ludwig aus Zürich, den Culmann empfohlen hatte, erhielt 2500 ebenso wie der Chemiker Erlenmeyer.³⁷⁶⁾ Allerdings nutzte Culmann die Ablehnung der Berufung nach München dazu, um eine deutliche Gehaltserhöhung durchzusetzen. Schon in seinem Gutachten beschrieb er am Beispiel von Kenngott, Clausius und Zeuner, daß in Zürich Bleibeverhandlungen der sicherste Weg zur Einkommenssteigerung waren.

³⁷²⁾BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. Siehe Anhang A.3

³⁷³⁾BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. Siehe Anhang A.3 [11]

³⁷⁴⁾BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. Siehe Anhang A.3 [9]

³⁷⁵⁾BayHStA. MK 19554. Brief von Hänssel an Bauernfeind vom 15.10.1866

³⁷⁶⁾BayHStA. MK 19590. Special-Etat der K. polytechnischen Schule München für das Rechnungsjahr 1868/69.

Der Schulratspräsident Kappeler brachte den Antrag zur Erhöhung der Bezüge Culmanns am 29. Mai 1868 auf den Weg.

»Mit Rücksicht auf einen an Herrn Professor Culmann ergangenen Ruf für Uebernahme einer Lehrstelle an der polytechnischen Schule in München nach stattgefundener Rücksprache mit demselben und auf erhaltene Zusicherung die Berufung unter gewissen [unten...] aufgeführten Bedingungen ablehnen zu wollen, wird verfügt.«³⁷⁷⁾

Die erwähnten »Bedingungen« waren

1) »Es sei der Jahresgehalt des Herrn Professor Culmann aus der Schulkasse vom 1. Oktober 1868 an gerechnet von 5600 Frk auf 7000 Frk zu erhöhen.«

2) »Sei in Erwägung, daß es sich um Erhaltung einer ausgezeichneten Lehrkraft handelt, dem Herrn Culmann aus dem bezüglichlichen Legate eines Ungenannten vom gleichen Zeitpunkt an eine jährliche Gehaltszulage von 1000 Frk dekretirt.«³⁷⁸⁾

Die Mitglieder des Schulrates stimmten zu und der Bundesrat beschloß die Erhöhung³⁷⁹⁾. Der »Ungenannte«, aus dessen Stiftung die Zulagen für Kennigott, Clausius, Zeuner und jetzt auch Culmann kamen, war nach Culmanns Angaben der 1857 verstorbene Kaufmann Châtelain³⁸⁰⁾.

Rechnet man die »1400 Frs Schülergelder und Nebeneinnahmen«³⁸¹⁾ hinzu, die er bislang zusätzlich zu seinem Gehalt bekommen hatte, dann kam Culmann ab Oktober 1868 auf Einnahmen von 9400 Frk (4377 Gulden). Finanzielle Gründe könnten also durchaus eine gewisse Rolle gespielt haben, in Zürich zu bleiben.

1.9.6 Schweizer Staatsangehörigkeit

Ein weiteres Ergebnis seiner Treue zu Zürich war die Verleihung der Schweizer Staatsangehörigkeit. In einem Schreiben des Züricher Stadtrates heißt es:

»Zürich hat es stets als eine Ehrensache betrachtet, die Verdienste, welche ausgezeichnete Männer um die Anstalten auch des Kantons und der Eidgenossenschaft sich erworben haben, [...] zu ehren«,

indem sie Ihnen das Bürgerrecht der Stadt »schenkte«³⁸²⁾. Culmann wurde also nicht im engeren Sinn Ehrenbürger, wie man häufig liest³⁸³⁾, sondern ihm wurden lediglich die Kosten der Einbürgerung erlassen.³⁸⁴⁾ Seine Verdienste für das Polytechnikum waren der Hauptgrund für diese Ehrung, der Anlaß war die abgelehnte Berufung.

»Herr Professor Karl Culmann [...], der seit der Gründung der eidgenössischen polytechnischen Schule mit ausgezeichnetem Erfolge an der Ingenieurschule dieser Anstalt gewirkt und in bedeutendem Maße zum Aufblühen derselben beigetragen, hat in neuester Zeit einen sehr ehrenvol-

³⁷⁷⁾Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1868, S. 77

³⁷⁸⁾Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1868, S. 77

³⁷⁹⁾Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. ETH-Bib. 1868, S. 87, 89

³⁸⁰⁾BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. Siehe Anhang A.3 S. [10]

³⁸¹⁾BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. Siehe Anhang A.3 S. [10]

³⁸²⁾Stadarchiv Zürich. Stadtrath Zürich. Bürgl. Section. Acten 1868. No 171a. Brief vom 27.06.1868

³⁸³⁾NZZ 12.12.1881

³⁸⁴⁾Brief des Stadtrarchiv Zürich an Prof. D. Vischer vom 24. Dezember 1981. ETH-Bibliothek. Dossier Culmann

len und vortheilhaften Ruf an die neugegründete polytechnische Schule in München mit Rücksicht auf seine Stellung in Zürich ausgeschlagen.«³⁸⁵⁾

Zudem wurde gewürdigt, daß er der Stadt selbst durch

»die bereitwillige Uebnahme mehrer sehr wichtiger Expertengutachten wiederholt vorzügliche Dienste geleistet hat.«³⁸⁶⁾

Am 8. September 1868 wurde die Schenkung vollzogen. In seinem Dankesbrief vom 17. September 1868 ließ Culmann wieder erkennen, wie wohl er sich in Zürich fühlte. Letztlich blieb Culmann wohl vor allem deshalb in Zürich, weil er nicht erwartete, anderswo bessere Bedingungen vorzufinden.

»Wenn man den Werth des Bürgerrechtes nicht nach der Größe der Nation, sondern nach dem Maß der Freiheit und Sicherheit bemißt, das er den Besitzern derselben verleiht, dann ist das Schweizer Bürgerrecht mehr werth als das irgend eines anderen continentalen Staates. Auf mein Bayerisches [?] bildete ich mir nie viel ein; nie gelüstete es mich Franzose, Oesterreicher oder Preuße zu heißen; dagegen hätte ich stolz darauf sein können, ein Engländer oder Amerikaner zu sein, und mit mehr Recht und Grund freut es mich heute Schweizer zu werden.«³⁸⁷⁾

Dazu mußte er seine bayerische Staatsangehörigkeit aufgeben. Am 14. Oktober theilte das königliche Bezirksamt Bergzabern in einem Schreiben dem Bürgermeister von Bergzabern mit:

»Nachdem der Professor Carl Culmann von hier welcher sich derweilen in Zürich aufhält um die Erlaubnis zur Auswanderung nach Zürich in der Schweiz nachgefragt hat und gegen dieses Vorhaben, welches in gehöriger Weise publizirt worden ist, keine Einwendungen gemacht worden sind, so wird dem genannten Carl Culmann hiermit die Erlaubnis erteilt sich in Zürich in der Schweiz ansäßig zu machen. Die definitive Entlassung aus dem bayerischen Untertanenverbande wird erst dann erfolgen, wenn derselbe den Nachweis über erlangte Naturalisation in der Schweiz erbracht haben wird.«³⁸⁸⁾

Als Notar fungiert der oben erwähnte Ludwig Pasquay, der mit der Tochter Emilie seines Bruders August Ferdinand verheiratet war.

Nachdem dieser Nachweis erbracht war, wurde am 27. November 1868 vom Bürgermeisteramt Pasquay die Entlassungsurkunde zur Weiterleitung an Culmann ausgehändigt. Danach konnte er sich die schweizer »Landrechtsurkunde« von der Staatskanzlei aushändigen lassen.³⁸⁹⁾

1.9.7 Ehrungen

Culmann war seit 1855 bis 1881 Vorstand der Ingenieurschule mit Ausnahme vom Herbst 1872 bis Herbst 1875, während seiner Zeit als Rektor. In diesen drei Jahren vertrat ihn sein Ingenieurkollege Professor Wild, der seit der Gründung Professor für Vermessungswesen und Geodäsie war. Das Rektoramt

³⁸⁵⁾Stadtarchiv Zürich. Stadtrath Zürich. Bürgl. Section. Acten 1868. No 171a. Brief vom 27.06.1868

³⁸⁶⁾Stadtarchiv Zürich. Stadtrath Zürich. Bürgl. Section. Acten 1868. No 171a. Brief vom 27.06.1868

³⁸⁷⁾Stadtarchiv Zürich. Stadtrath Zürich. Bürgerl. Section. Acten 1868, No. 187. Brief Culmanns an den Züricher Stadtrat vom 17.09.1868.

³⁸⁸⁾Archiv der Stadt Bad Bergzaben. All Nr. 8

³⁸⁹⁾Stadtarchiv Zürich. Stadtrath Zürich. Bürgl. Section. Acten 1868. No 204. Erlaß des Regierungsrathes vom 26.09.1868

brachte letztlich mehr Mühen mit sich als Ehre. Ungeteilt war die Ehre bei der Verleihung der Promotion. Im Jahre 1880 erhielt er zusammen mit dem Schulrat Kappeler die Doktorwürde der Universität Zürich:

»Polytechnikumsfeier. Zürich 31. Juli. Von schönem Wetter begünstigt, spielte sich die heutige Feier in durchaus befriedigender Weise ab. Der Festzug langte kurz nach 10 Uhr in dem prächtigen neuen Börsensaale an, wo nach einem schönen Gesang des Studentengesangvereines Hr. Schulrathspräsident Kappeler die schon publizierte Begrüßungsrede hielt. Ihm folgte als Vertreter der eid. Rätthe Hr. Anderwert, Vizepräsident des Bundesrathes. Dann verkündigte Hr. Prof. Dr. A. Hug, als Rektor der Hochschule, die Ehrenpromotion der HH. Prof. Culmann und Schulpräsident Kappeler (Jenem ist von der naturwissenschaftlichen Fakultät, diesem von der juristischen Fakultät das Doktordiplom ertheilt.).«³⁹⁰⁾

1.9.8 »Ich habe ein schönes Leben gehabt.«

Wie oben bereits erwähnt, war Culmann seit 1879 neben seiner Tätigkeit am Polytechnikum mit Gutachen für die rumänische Regierung beschäftigt. Zusammen mit dem Stadtgenieur Bürkli-Ziegler³⁹¹⁾ unternahm er zwei Reisen nach Rumänien. Bei der zweiten im Jahre 1881 steckte er sich mit einem Lungenfieber an, ob in Varna (Bulgarien)³⁹²⁾ oder in Bukarest³⁹³⁾, sei dahingestellt. Er kehrte zwar umgehend nach Zürich zurück, konnte sich aber nicht mehr erholen, und nach mehr als zwei Monaten schwerer Krankheit starb er im Alter von 60 Jahren am 9. Dezember 1881 um 5 Uhr morgens³⁹⁴⁾ in Riesbach, einer damals noch selbständigen Gemeinde, die 1893 von Zürich eingemeindet wurde.³⁹⁵⁾

Karl Culmanns Beerdigung fand am 12. Dezember statt. Sie wurde in der Neuen Züricher Zeitung mit einer ersten Würdigung verbunden und der Ankündigung eines Nachrufs:

»es bedarf zur richtigen Würdigung seiner Verdienste fachmännischer Kenntnisse, die uns abgehen. Aber einstweilen wollen wir nicht säumen, einige Worte des Dankes und der Anerkennung auf das Grab zu legen, das heute über Culmann sich schließen wird.«*)

*) Der Leichenzug geht in die Fraumünsterkirche, wo der französische Pfarrer die Abdankung halten und ein Vertreter der Lehrerschaft sprechen wird. Die Beisetzung der Leiche erfolgt auf dem Zentralfriedhof; am Grabe werden Redner aus der Reihe der gewesenen und der dormaligen Schüler Culmann's sprechen.«³⁹⁶⁾

Über die eindrucksvolle Trauerfeier selbst wurde am nächsten Tag berichtet:

»Das Leichenbegräbnis des Prof. Dr. Carl Culmann gestaltete sich zu einer großartigen Feier. Vor dem Trauerhause in der Mainaustraße setzte sich am Montag nachmittag der gewaltige Zug in Bewegung, welcher von

³⁹⁰⁾NZZ 1.8.1880

³⁹¹⁾Arnold Bürkli-Ziegler vertrat neben Culmann und anderen die Ingenieurwissenschaften in der Naturforschenden Gesellschaft Zürich

³⁹²⁾Tetmajer [1882], S. 22

³⁹³⁾NZZ 12.12.1881

³⁹⁴⁾Tetmajer [1882], S. 21

³⁹⁵⁾Brief des Stadtarchivs Zürich vom 24.12.1981 an Prof. Vischer. ETH-Bib

³⁹⁶⁾NZZ 12.12.1881

einer Abtheilung Ingenieurschüler mit der Fahne der Fachabtheilung eröffnet wurde. Nach dem leeren Leichenwagen wurde der Sarg von Ingenieurschülern getragen, von Professoren, Vertretern der *Gesellschaft ehemaliger Polytechniker*, des *Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins*, und der Schülerschaft eskortirt. Daran schlossen sich eine lange Zahl von Leidtragenden, der Schulrath, die Stadtbehörden, die Dozentenschaft, die *Gesellschaft ehemaliger Polytechniker*, der *Verein schweizerischer Ingenieure und Architekten*, die studierende Jugend nach Nationalitäten geordnet, mit ihren Fahnen und Vertretern. Auch das eidgen. Departement des Innern war durch den Sekretär desselben, Hrn. Abt, vertreten. Die Abdankung in der Fraumünsterkirche hielt Hr. Pfarrer Jaccard, welcher des Verstorbenen Geistes- und Herzenseigenschaften in ein helles Licht setzte. Eine merkwürdige Frische und Klarheit, so schloß er, habe des Verbliebenen Leben durchweht, wie sie auch dem Dr. Kern entgegenleuchtete; als er das curriculum vitae des später hierher Berufenen durchlas und wie sie noch in den Worten des schwer krank Darniederliegenden hervortrat: >Ich habe ein schönes Leben gehabt.< Prof. Oberst Pestalozzi, als Vertreter der Dozentenschaft des Polytechnikums, widmete dem dahingeshiedenen Freunde und Kollegen ehrende Worte des Nachrufs. [...] Man muß im Andenken halten, daß er trotz seines steigenden Ruhmes doch stets der Schweiz, der polytechnischen Schule treu geblieben ist; die schönsten Anerbietungen haben ihn nicht bestimmen können, das Land, in dem er einen schönen Wirkungskreis gefunden, zu verlassen. Aber seine Schüler sind hinausgezogen in alle Welt; an die größten Werke der Neuzeit knüpft sich sein Name und seine Schüler haben sich in hervorragender Weise an diesen modernen Großthaten der Ingenieurwissenschaft beteiligt. Der Redner betonte noch seine Leutseligkeit und Liebe gegenüber den Schülern, seine Redlichkeit und Treue gegenüber seinen Kollegen. Der Verstorbene habe Liebe gesät und Liebe geerntet, und diese Liebe werde fortblühen in den Herzen aller Derer, welche ihn kannten. - Der Zug formirte sich auf's Neue, um nach dem Zentralfriedhof das Gefolge fortzusetzen. Dort langte man in tiefer Dunkelheit an, Fackeln verbreiteten ungewisse Helligkeit, ein Musikchor intonirte einen Choral, ein Vertreter des Vereins ehemaliger Schüler des Polytechnikums hielt eine Grabrede, die Fahnen senkten sich hernieder, und dann prasselten die Schollen auf den Sarg dessen, der eine der größten Zierden des Polytechnikums gewesen.<³⁹⁷⁾

In allen technischen und vielen mathematischen Fachzeitschriften fanden sich nun mehr oder weniger knappe Notizen oder Würdigungen zu seinem Tod, natürlich auch im Programm der ETH für das folgende Studienjahr:

»Mit ihm verlor das Polytechnikum einen Mann, der seit der Gründung der Anstalt eine Zierde derselben war. Seine glänzenden und dauernden wissenschaftlich-technischen Leistungen, sein lebenswürdiger und edler Charakter werden unvergessen bleiben.«³⁹⁸⁾

Der *Schweizerische Ingenieur- und Architekten-Verein*, in dessen *Central-Comité* Culmann seit Oktober 1876³⁹⁹⁾ war, gedachte Culmann in seiner nächsten

³⁹⁷⁾NZZ 13.12.1881

³⁹⁸⁾Programm ETH 1882/83. Schulnachrichten 1881/82, S. 20

³⁹⁹⁾*Die Eisenbahn* 5 (1876), S. 115

Sitzung, am 17. Dezember. Präsident Strupler widmete Culmann »warme Worte des Nachrufes«. ⁴⁰⁰⁾ In derselben Ausgabe der Zeitschrift *Die Eisenbahn*, in der das Protokoll veröffentlicht wurde, erschien auch der Nachruf von Karl Pestalozzi.

Die *Naturforschende Gesellschaft* in Zürich hielt in ihrer Sitzung, am 23. Januar 1882, eine Gedenkminute ab:

»Der Präsident gibt der tiefen Trauer Ausdruck über das seit der letzten Sitzung, den 9. December 1881, erfolgte Ableben des um die Gesellschaft viel verdienten Mitgliedes, Herrn Professor C. Culmann. Die Versammlung gibt ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.« ⁴⁰¹⁾

Anschließend sprach der Culmann-Schüler und neben Wilhelm Ritter einer seiner Nachfolger, Prof. Tetmajer »über die bleibenden Leistungen des verstorbenen Herrn Prof. Culmann«. ⁴⁰²⁾ Dieser Vortrag erschien 1882 gedruckt und ist immer noch eine wichtige Quelle zu Culmann. Dasselbe gilt für die biographische Notiz von Jean Meyer, einem der ersten Culmann-Schüler und im Todesjahr von Culmann noch Präsident der *Gesellschaft ehemaliger Polytechniker*, Meyers Artikel erschien 1882 als Sonderdruck der GEP.

Die ETH-Bibliothek besitzt eine große Zahl von Büchern und Broschüren mit Widmungen für Culmann, dies klärt ein Blick in das »Gabenbuch« der Polytechnikums-Bibliothek, in dem Geschenke an die Bibliothek registriert wurden. Dort ist unter den Zugängen des Jahres 1882 verzeichnet: »Aus dem Nachlasse des seligen Professor Culmann eine große Anzahl fachwissenschaftlicher Werke und Abhandlungen«. ⁴⁰³⁾ Culmann hatte vorher schon verschiedentlich Bücher der Polytechnikums-Bibliothek geschenkt, z. B. 1856 ein Mitbringsel von seiner Amerika-Reise »Maury's Wind and Current Charts« ⁴⁰⁴⁾, diverse eigene Werke und vor allem 1866 »100 Bände ältere literarische und historische Werke«. ⁴⁰⁵⁾

Der Sohn Paul Culmann, selbst Naturwissenschaftler, hatte offensichtlich für die ingenieurwissenschaftlichen Werke und die zur graphischen Statik keine Verwendung. Die Übergabe der Privatbibliothek an die Polytechnikum-Bibliothek war auch damals durchaus nicht gängige Praxis. Wenige Tage vor Culmann, am 15. November, starb der Züricher Stadtrat, Ingenieur Tobler, mit dem zusammen Culmann 1876 auch einmal ein Gutachten verfaßt hatte. Toblers Erben baten die Redaktion der Zeitschrift *Die Eisenbahn*, dabei mitzuhelfen, die Toblersche Bibliothek, »welche eine grosse Anzahl werthvoller technischer Werke enthält«, zu verkaufen. Dazu wurde ein kostenloser Katalog angeboten. ⁴⁰⁶⁾

⁴⁰⁰⁾ *Die Eisenbahn* 16 (1882), S. 17

⁴⁰¹⁾ VNGZ, 27 (1882), S. 105

⁴⁰²⁾ VNGZ, 27 (1882), S. 106

⁴⁰³⁾ Gabenbuch 1855-1897, 1882, Nr. 15

⁴⁰⁴⁾ Gabenbuch 1855-1897, 1856, Nr. 41

⁴⁰⁵⁾ Gabenbuch 1855-1897, 1866, Nr. 22

⁴⁰⁶⁾ *Die Eisenbahn* 16 (1882), S. 16

1.10 Spätere Würdigungen

Bereits am 14. Januar fand ein Vorgespräch zwischen dem Direktor des Polytechnikums, dem Mathematik-Professor Carl Friedrich Geiser und GEP-Vertretern statt, bei dem über eine Initiative zu einem Culmann-Denkmal gesprochen wurde. Am 23. Januar 1882 wandte Geiser sich offiziell an die GEP mit dem Vorschlag, ein Komitee für ein Culmann-Denkmal bzw. eine Culmann-Stiftung zu gründen.

»Die Stätte, an welcher der so hochverdiente Herr Professor Dr. Culmann gewirkt hat, darf nicht ohne ein Monument bleiben, das in dauernder Weise bekundet, wie die Behörde des Landes, dem er seine Kräfte als Lehrer und Techniker widmete, wie seine Kollegen und Freunde, wie seine Schüler das Glück zu schätzen wussten, ihn besessen zu haben.«⁴⁰⁷⁾

Die Antwort des Gesamtausschusses der GEP erfolgte prompt. Am 30. Januar teilt er mit, daß sie gerne mitmachen

»und verdankt Ihnen bestens die Anregung zur Verwirklichung der Wünsche der Schüler, Freunde und Verehrer Culmann's, welche gerne bereit sein werden, ihrer Anhänglichkeit durch ein äusseres Zeichen und eine bleibende Stiftung Ausdruck zu verleihen.«⁴⁰⁸⁾

In das Komitee wurden aus der Gesamtkonferenz der Lehrerschaft des Polytechnikums drei Mitglieder entsandt, vom *Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein*, der GEP und dem Verein der Polytechniker jeweils zwei Vertreter und von der Kantons-Regierung und dem Stadtrat von Zürich je ein Delegierter, außerdem gehörte der Schulratspräsident Kappeler dem Komitee an.

Am 27. Februar wurde in der Zeitschrift *Die Eisenbahn* die

»Einladung
zur Bethelligung an der Subscription für ein Denkmal und eine
Stiftung zu Ehren Culmann's«

abgedruckt.

Über die Sammelergebnisse wurde in der Zeitschrift *Die Eisenbahn* regelmäßig berichtet. Der hohen Qualität des Komitees entsprach das Spendenaufkommen. Bis Ende September 1882, in eineinhalb Jahren, kamen 6750 Franken zusammen, 1884 waren es dann 16000 Franken. Culmann hatte Schüler aus aller Welt, viele kehrten nach ihrem Studium wieder in ihr Heimatland zurück und so gingen Spenden aus zahlreichen Ländern ein, nicht nur aus Frankreich, Deutschland und Italien⁴⁰⁹⁾, sondern z. B. auch aus Serbien, Kroatien, Ungarn, Dänemark, den Vereinigten Staaten, Kanada, Peru, Chile. Die Spenden kamen von Ingenieur-Vereinen, Technischen Hochschulen, Eisenbahn-Gesellschaften und Baufirmen, wodurch der Wirkungskreis von Culmann nochmals deutlich umrissen wird. Die Spenderlisten lassen auf Culmanns weltweite Wirksamkeit schließen.

Viele Spender waren ehemalige Schüler, aber auch etliche ehemalige Kollegen spendeten, darunter Franz Reuleaux und Emil Winkler ebenso wie der

⁴⁰⁷⁾ *Die Eisenbahn* 16 (1882), S. 30

⁴⁰⁸⁾ *Die Eisenbahn* 16 (1882), S. 30

⁴⁰⁹⁾ Von verschiedenen italienischen Technischen Hochschulen kamen von einer Sammlung 500 Fr.
Die Eisenbahn 17 (1882), S. 12

Mathematiker H. A. Schwarz.

Von den insgesamt gesammelten 16 000 Franken wurden 8000 Franken zur Prämierung von ausgezeichneten Arbeiten aus dem Gebiet des Bauingenieurwesens verwendet.⁴¹⁰⁾

Mit der anderen Hälfte wurde nicht nur das Denkmal finanziert, sondern auch ein Grabmal auf dem damaligen Zentralfriedhof, heute Friedhof Sihlfeld⁴¹¹⁾. Das Grabmal war bereits 1883 fertiggestellt und ein Termin für die Übergabe an die Familie bereits vereinbart, da starb Culmanns Frau. Zwei Jahre nach ihrem Mann, am 30. November 1883, folgte sie ihm im Alter von nur 53 Jahren ins Grab.

Die Culmann-Büste wurde von Professor F. Bluntschli⁴¹²⁾ entworfen. Sie besteht aus »Carara-Marmor, die Architekturteile sind aus poliertem gelbem Lommiswyler Kalkstein in drei Farbenabstufungen ausgeführt. Die Bildhauerarbeiten sind matt gehalten und wirken etwas heller als der polierte Stein.«⁴¹³⁾, sie wurden von Richard Kissling ausgeführt.⁴¹⁴⁾

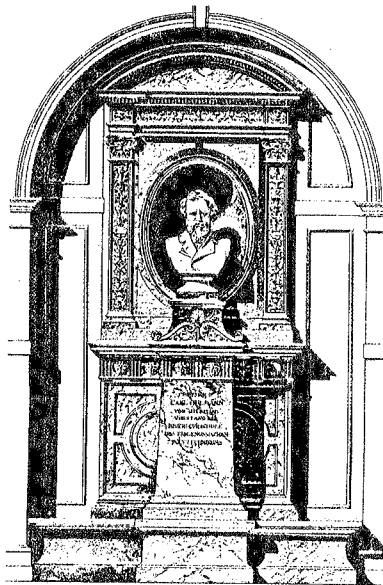


Abb. 28 Culmann-Denkmal⁴¹⁵⁾

Das Culmann-Denkmal wurde im Hauptgebäude des Polytechnikums an der Rämistraße aufgestellt. Im Vestibül des ersten Stockes bildete es das Gegenstück zum Semper-Denkmal.

⁴¹⁰⁾Thürlimann: Carl Culmann: Schweizer Ing. und Arch. 3/82

⁴¹¹⁾Grab Nummer 82 484

⁴¹²⁾1886 erbaute er zusammen mit Prof. Lasius das neue Chemiegebäude. GEP [1894], S. 74

⁴¹³⁾Architektonische Rundschau 1889, Text zu Tafel 58

⁴¹⁴⁾Thürlimann: Carl Culmann: Schweizer Ing. und Arch. 3/82

⁴¹⁵⁾Architektonische Rundschau 1889, Tafel 58

Die feierliche Enthüllung fand am 20. Oktober 1884 statt. Wie bei der Beerdigung hielt auch hier Culmanns langjähriger Kollege Oberst Pestalozzi die Gedenkrede:

»Heute werden wir das Denkmal sehen, aufgestellt im Polytechnikum, im Mittelpunkte des in die weitesten Kreise reichenden Schaffens des Verstorbenen. Wenn die Hülle gefallen ist, so werden wir uns freuen über die Leistungen der Künstler. [...] Der Künstler hat es verstanden, ein Bild herzustellen, welches auf das Innere, auf den Geist hinweist. Beim Anblick desselben fühlen wir, dass es einen Mann darstellt, dessen Gedanken bedeutend sind. Der ernste Ausdruck, die energischen Züge erinnern an die Fortschritte, welche die Ingenieurwissenschaften ihm verdanken.«⁴¹⁶⁾

Beim Umbau des Hauptgebäudes in den 70er Jahren mußte die Büste von Culmann entfernt werden⁴¹⁷⁾, die von Semper blieb stehen.

Seit dem Umzug der Abteilung für Bauingenieurwesen der ETH auf den Hönggerberg⁴¹⁸⁾ steht die Culmannbüste, schlecht ausgeleuchtet, etwas verloren zwischen Blumenkübeln in der Eingangshalle des Bauingenieur-Gebäudes.

Am 10. Dezember 1981 »aus Anlaß des 100. Todestages [...] hat die Abteilung für Bauingenieurwesen der ETH Zürich mit einer schlichten Gedenkfeier den neuen Standort eingeweiht.«⁴¹⁹⁾

Solche Feiern gab es an den Jahrestagen von Geburt und Tod Culmann auch andernorts, insbesondere zum 150. Geburtstag, 1971, und zum 100. Todestag, 1981. Zum Beispiel fand am 9. Dezember 1981 in Bad Bergzabern eine Gedenkstunde statt, veranstaltet von der Volkshochschule und dem Arbeitskreis für Heimatgeschichte, mit einem Vortrag von Oberstudienrat i. R. Falk.⁴²⁰⁾ Prof. Dr. Hans Georg Hahn vom Lehrstuhl für technische Mechanik der Universität Kaiserslautern veranstaltete eine Vortragsreihe zum 100. Todestag von Culmann und verfaßte für die *Rheinpfalz* am 12. Dezember 1981 einen kleinen Artikel.

Zu diesen Terminen erschienen auch einige Artikel, zum Beispiel würdigte Dipl.-Ing. Ernst Werner Culmann in Heft 5 vom Juli/August 1971 der Zeitschrift *Consulting*, im selben Jahr schrieb Prof. Fritz Stüssi in der *Schweizerischen Bauzeitung* über Culmanns Leistungen. Stüssi hatte bereits am 18. November 1950 seine Rektoratsrede Karl Culmann und der graphischen Statik gewidmet. Tom Peters gedachte des »Pioniers der graphischen Statik« am 9. Dezember 1981 in der Neuen Züricher Zeitung.

1.11 Persönlichkeit

Karl Culmann wurde von allen, die ihn kannten, als ein freundlicher, herzlicher Mensch beschrieben. Die Äußerungen über seinen Charakter sind erstaunlich einheitlich. Ich habe keine einzige negative Bemerkung über ihn finden können. Das unvoreilhafteste was ich über ihn lesen konnte, ist die bereits zitierte Tagebuchnotiz von Deschwanden: Culmann »giebt sehr schnell u. sehr be-

⁴¹⁶⁾Schweizerische Bauzeitung 4 (1884), S. 114

⁴¹⁷⁾NZZ 11.12.1981

⁴¹⁸⁾Thürlimann: Carl Culmann: Schweizer Ing. und Arch. 3/82

⁴¹⁹⁾NZZ 11.12.1981. Standort: Erdgeschoss des HIL-Gebäudes

⁴²⁰⁾Pfälzer Tagblatt vom 14. 12. 1981

stimmte Urtheile ab, oft bevor er alle nöthigen Prämissen dazu gesammelt, aber Alles in einer freundlichen äusseren Miene.«⁴²¹⁾

Die Einheitlichkeit liegt gewiß auch daran, daß ich kaum private Quellen gefunden habe. Dennoch bestätigen die großartige Beerdigung, die Leichenrede über die Liebe, die er gebracht habe, die Nachrufe, die alle etwas warmherziger klingen als üblich, die Bemühungen um ein Culmann-Denkmal und das beachtliche Sammelergebnis, daß Culmann wohl wirklich von seinen Kollegen und Schülern nicht nur als ungewöhnlich kompetent, sondern auch als ein liebenswerter Mensch erlebt wurde.

Das Bild des freundlichen, ausgleichenden Menschen wird bestätigt durch den Umstand, daß Culmann an keinerlei Prioritätsstreitereien teilgenommen hat. Seit im 17. Jahrhundert mit der »New science«, »Nuova Scienza« bzw. »Neuen Wissenschaft« das Wahre nicht mehr in der Überlieferung, sondern in der Novität gesucht wurde, ist der Prioritätsstreit ein fester Bestandteil wissenschaftlicher Auseinandersetzung. Da steht auch die junge Ingenieurwissenschaft nicht hinten an. So haben etwa die Kollegen von Culmann Mohr, Müller-Breslau und Georg Christoph Mehrrens ihre wissenschaftlichen Auseinandersetzungen reichlich mit persönlichen Angriffen garniert:

Müller-Breslau gegen Mohr:

»Es geschieht dies in einem Tone, der zwar beweist, daß Herr Mohr um sachliche Gründe verlegen ist, der mich aber doch zwingt, mit einer Entgegnung nicht zu zögern.«

Mohr gegen Müller-Breslau:

»Derartige Bestrebungen, Ergebnisse der deutschen Wissenschaft Ausländern zuzueignen sind in der literarischen Tätigkeit des Herrn Müller-Breslau nicht neu.«

Müller-Breslaus Antwort:

»Der [...] Chauvinismus fand den Beifall des Herrn Professor Mehrrens, dem ich vor einiger Zeit einen groben Fehler [...] nachweisen mußte.«
 »[...] seine bedenkliche Unkenntnis verratende Angabe über die Anwendungsgebiete der Verfahren von Maxwell und Castigliano [...]«, »Sein Angriff fällt damit in die Klasse der Schriften, gegen welche Niedrighängen die beste Abwehr ist.«⁴²²⁾

Mohr zitiert in seinen Abhandlungen aus dem Gebiet der technischen Mechanik kein einziges mal Müller-Breslau und selbst die Herausgeber der 3. Auflage aus dem Jahre 1928 - Beyer und Spangenberg - , die Kommentare und Literaturangaben ergänzt haben, vermeiden es konsequent Müller-Breslau zu nennen. Ebenso gab es zwischen Müller-Breslau und Land Plagiatsvorwürfe.⁴²³⁾

Auch Culmann hätte verschiedentlich Gelegenheiten gehabt, Prioritätsstreitigkeiten auszutragen. Auf den eklatantesten Fall, ein Reuleaux-Plagiat, gehe ich im Kapitel 3.2 ein.

Bei allem Desinteresse am Streit um Prioritäten, wies er in privaten Äußerun-

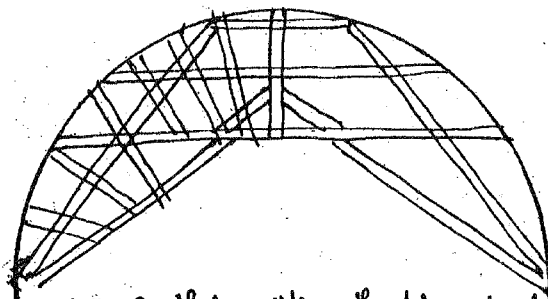
⁴²¹⁾Tagebuch vom 16. April 1855 bis 13.März 1856, 113 S. ETH-Bib. Hs 142.17. Zitiert nach Gyr [1981], S. 129

⁴²²⁾Alle Zitate aus Müller-Breslau [1906], Beilage S. 1

⁴²³⁾z.B. Müller-Breslau [1888]

gen und in Vorlesungen gerne auf seine geistigen Leistungen hin. Ich erinnere an die zitierte Selbstauskunft an den Schulrat, in der er den Anspruch auf die Urheberschaft an der Fachwerktheorie⁴²⁴⁾ erhob. In diesem Falle hatte er sich bekanntlich (siehe Abschnitt 1.7.4) geirrt. Außerdem sprach Culmann in seinen Vorlesungen gerne vom Satz von Culmann, dem Culmannschen Lehrgerüst usw., zumindestens findet man in den Mitschriften solche Formulierungen (Abb. 29 bis Abb. 31). Das abgebildete Lehrgerüst hat im Übrigen eine deutliche Ähnlichkeit mit dem Lehrgerüst, das Kayser in seinem Handbuch der Statik unter Nummer 224 abgebildet hat.⁴²⁵⁾ Allerdings hat er - nach meiner Kenntnis - in keiner veröffentlichten Schrift irgendwelche Ergebnisse als sein geistiges Eigentum bezeichnet. Daher gab es auch keine Auseinandersetzung mit Schwedler über die Priorität der Fachwerktheorie.

Lehrgerüst von Culmann für 30' Aufg.



Ausrichtung der Seilzugkräfte - bei Seilzugverfahren

Abb. 29 Aus Vorlesungsmitschrift von Kussevich⁴²⁶⁾

Culmannscher Satz

Satz von Culmann

Der 6. Arm der Seilzug des Monuments ist in der Mitte

Abb. 30

Abb. 31

Aus Vorlesungsmitschrift von Szávits⁴²⁷⁾. Es handelt sich bei beiden Sätzen um Aussagen über das Kräfteck-, Seilzugverfahren zur Momentenbestimmung

Tetmajer bemerkte:

»Culmann sympathisierte wenig mit der krankhaften Schreibsucht seiner Zeit und unterliess, den Ursprung und die Prioritäten mancher Schöpfungen seines Genies zu documentiren.«⁴²⁸⁾

⁴²⁴⁾ zitiert bei Stüssi [1951], S. 1

⁴²⁵⁾ Siehe Abschnitt 2.1.3, Abb. 44

⁴²⁶⁾ ETH-Bib. Hs 488

⁴²⁷⁾ ETH-Bib. Hs 489 : 21

⁴²⁸⁾ Tetmajer 1882, S. 13

Man könnte sich hier an den Brief aus dem Jahre 1851 an die Eisenbahnbau-Kommission erinnern fühlen, in der er seine Schwierigkeiten beim Verfassen wissenschaftlicher Texte schilderte.⁴²⁹⁾ Daran fühle man sich auch schon erinnert, wenn man in der *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft* in Zürich feststellt, daß Culmann von den meisten seiner Vorträge keine Textfassung ablieferte und von der Hälfte nicht einmal eine Zusammenfassung. Darüber darf man allerdings nicht vergessen, daß sein Schriftenverzeichnis Werke von zusammen mehr als 2000 Seiten umfaßt.

Culmann konnte sich seine öffentliche Zurückhaltung in Prioritätsfragen auch gut leisten. Er hatte genügend Schüler, die seine Leistungen, auch wenn sie unveröffentlicht blieben, ins rechte Licht setzten. Als Beispiel eine Notiz in der Zeitschrift *Die Eisenbahn* von Tetmajer, der sich hier als begabter Polemiker zeigt:

»Auf Wunsch von Herrn Prof. Dr. Fränkel in Dresden erkläre ich mit Vergnügen, dass der in meinem Aufsätze [...] ⁴³⁰⁾ nach Culmann gebrauchte Momentendrehpunkt zuerst von Prof. Fränkel (Civilingenieur, 1875) benutzt wurde. Gleichzeitig bezeuge ich aber auch, dass Culmann, ohne Kenntniss der Fränkelschen Arbeit, auf ganz anderem Wege bei Durchbildung der Bogenfachwerktheorie (1876/77) zur Anwendung des gleichen Principis gelangte.

Um allfällige Missverständnisse oder absichtliche Missdeutungen zu verhindern, sei noch die Bemerkung erlaubt, [...]«⁴³¹⁾

Es folgt eine Bemerkung zu zwei Konstruktionen von Mohr.

In dieses Bild von Culmann als freundlichem, Konflikt vermeidenden Menschen wollen einige der von ihm überlieferten Äußerungen nicht so recht passen. Insbesondere die Vorworte zu den beiden Auflagen der *Graphischen Statik* enthalten einige Passagen, in denen er verschiedenen Kollegen auf die Füße tritt.

Bereits erwähnt wurde sein Plädoyer für die Studienfreiheit im Vorwort zur ersten Auflage, kurz nachdem 300 Studenten wegen eben dieser unerfüllten Forderung die Hochschule verließen.

Seine Klage - ebenfalls im Vorwort zur ersten Auflage - über die Schwierigkeiten bei der Einführung der Geometrie der Lage richtet sich nicht nur gegen den Schulrat, sondern unverkennbar auch gegen Deschwandens und dessen Auffassung von darstellender Geometrie. Culmann lag weniger an der Einführung eines neuen Faches als an der Umgestaltung der darstellende Geometrie zu einer Projektionswissenschaft auf Basis der projektiven Geometrie, so wie es Fiedler, Deschwandens Nachfolger, später praktizierte.⁴³²⁾

In den Bemerkungen über Bauschinger, dem es nicht elementar genug sein könne, und den Studentenbeschimpfungen in der zweiten Auflage⁴³³⁾, spürt man nichts von solcher Freundlichkeit.

⁴²⁹⁾Siehe Abschnitt 1.7

⁴³⁰⁾Tetmajer: Construction der Einsenkung einfacher Balken-Fachwerke. *Die Eisenbahn* 14 (1880)

⁴³¹⁾*Die Eisenbahn* 14 (1881), S. 130

⁴³²⁾Culmann [1864-66], S. VIII

⁴³³⁾Culmann [1875], S.

Hierzu paßt besser die Charakterisierung von Deschwanden: schnelle und bestimmte Urteile oder vielleicht sogar: impulsiv und schroff.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Eigenschaften auch im persönlichen Umgang zu Tage traten, aber anscheinend konnte Culmann seine Umgebung immer wieder für sich einnehmen.

Eine gewisse Widersprüchlichkeit zwischen seinen Worten und seinem Verhalten kann man wohl unterstellen. Auch im Kapitel über sein Hauptwerk, die *Graphische Statik*, zeigt sich dieser Widerspruch zwischen verbal vertretener Intention und tatsächlicher Praxis.

Wenig kann man über die politischen Positionen von Culmann sagen. Die 1848er Revolution hat er wohl aus der Distanz verfolgt, sonst hätte er nicht mitten in den heftigsten Auseinandersetzungen in der Pfalz seine technische Weltreise vorbereitet. Er dachte wohl nicht daran, wie sein späterer Züricher Kollege Gottfried Semper, selbst aktiv zu werden. Der Komponist Richard Wagner hatte den Baumeister der Semper Oper in Dresden auf die Barrikaden gerufen, Semper mußte daher nach der Niederschlagung der Revolution ins Exil.

Die einzige politische Stellungnahme Culmanns, die ich gefunden habe, befindet sich in dem Brief an Bauernfeind über das schweizer Schulsystem. Hier lobt er die schweizer Liberalität, die bei der Besetzung der Professorenstellen keine politischen oder religiösen Vorurteile kennt⁴³⁴⁾ und sich nur an der fachlichen Qualität orientiert, so daß auch Männer wie eben Semper gewonnen werden konnten.

⁴³⁴⁾BayHStA. MK 19554. 12.10.1866 Culmann an Bauernfeind. S. [8], Siehe Anhang A.3

2 Vorgeschichte der graphischen Statik

Die graphische Statik in der Form, wie sie von Culmann propagiert wurde, hat drei Wurzeln: die Statik, das Zeichnen und die projektive Geometrie. Sie ging einerseits aus der jahrhundertelangen Beschäftigung mit Gleichgewichtsbedingungen hervor, andererseits konnte sie auf eine lange Vorgeschichte der Umwandlung des Konstruierens zum Zeichnen zurückgreifen und drittens entwickelte sie sich im theoretischen Rahmen der projektiven Geometrie.

Die Entwicklung der Statik alleine führte nicht zu graphischen Lösungsverfahren. Dazu war es nötig, daß zuvor das maßstäbliche, exakte Zeichnen kultiviert und unter Ingenieuren verbreitet worden war. Neben den euklidischen Gedankenkonstruktionen mußte sich das praktische Zeichnen etabliert haben. Aus der Systematisierung der zeichnerischen Verfahren der Raumdarstellung entstand die Mongesche *Geométrie descriptive*, mit deren Weiterentwicklung die projektive Geometrie und damit die Reorganisation der gesamten Geometrie.

Mit der projektiven Geometrie lag das Referenzmodell vor, mit dem Culmann der graphischen Statik ein wissenschaftliches Gesicht geben konnte. Ohne diese Anlehnung an eine wissenschaftlich hochgeachtete dynamische Disziplin hätte sie sicherlich nicht diese breite Resonanz erzielen können. Obwohl der Verbreitung der fachwissenschaftlichen Ergebnisse die projektive Grundlegung gewiß nicht genützt hat.

2.1 Statik

2.1.1 Das Parallelogramm der Kräfte

Der Weg der Statik zu graphischen Lösungswegen führt über das Parallelogramm der Kräfte. Der erste Ansatz zu einer geometrischen Addition von Kräften geht auf Leonardo da Vinci (1452 - 1519) zurück. Leonardo verwendete zwei Ansätze, um das Zusammenwirken von Kräften zu untersuchen. Einerseits das Gleichgewicht an zwei schiefen Ebenen und andererseits eine Masse, die an zwei Seilen aufgehängt ist.

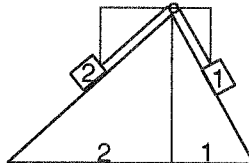


Abb. 32 Gleichgewicht an der doppelten schiefen Ebene nach Leonardo⁴⁹⁵⁾

Bei der Kräftezerlegung an der schiefen Ebene kommt Leonardo allerdings zu dem falschen Ergebnis, daß sich die Kräfte verhalten, wie die Tangenswerte der Winkel (siehe Abb. 32). Die Zerlegung durch zwei Seile (Abb. 33) führte ihn über das Momentengleichgewicht zu den richtigen Seilspannungen. Allerdings kann man mit seiner Lösungsmethode die beiden Seilkräfte nicht in ei-

⁴⁹⁵⁾Vgl. DSB, Bd. 8, S. 217

nem Arbeitsgang bestimmen, wie später beim Kräfteparallelogramm.

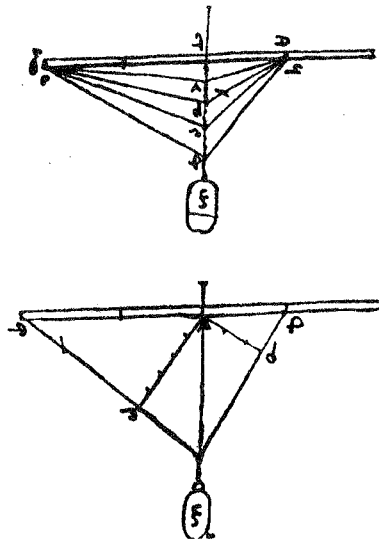


Abb. 33 Kräftezerlegung am Seil nach Leonardo⁴³⁶⁾

Die wirklichen Verhältnisse erkannte Simon Stevin (1548 - 1603).

Stevin arbeitete zunächst in der Finanzverwaltung in Antwerpen und später in Brügge. Ab 1583 studierte er an der Universität Leyden. Er beschäftigte sich sowohl mit Mathematik als auch mit Mechanik. Er führte die Dezimalbrüche ein und setzte, als erster Autor der Renaissance, das mechanische Werk von Archimedes fort. Die von Spanien abtrünnigen Nord-Niederlande boten ihm ein reiches Betätigungsfeld als Berater und »Ingenieur« im Heere des Prinzen Moritz von Oranien. Dabei verstand es Stevin immer Theorie und Praxis miteinander zu verbinden. Er beschäftigte sich mit Hydrostatik, Kanalbau und Windmühlen, Astronomie und Navigation, Festungsbau und Strategie bei der Kriegsführung. Seine Hauptwerke sind *De Beghinselen der Weeghconst* und *De Beghinselen der Waterwichts*.

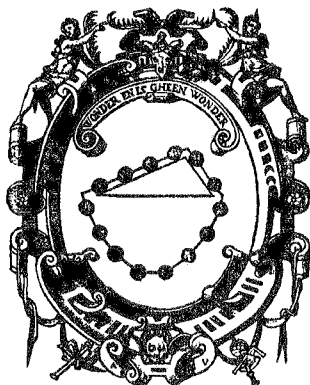
Hier interessiert seine Untersuchung der Kräftezerlegung. Er stellte sich dazu eine geschlossene Kette aus gleichgroßen Kugeln vor, die über zwei schiefen Ebenen liegt. Eine Skizze dieses Gedankenexperiment verwendete er sowohl für sein Briefsiegel als auch in der Titelvignette seiner Bücher. (Siehe Abb. 34) Auf dem Rand der Vignette steht: »Wonder en is gheen wonder«, also etwa »Hier ist ein Wunder und doch kein Wunder«, geradezu ein Kampfruf der neuen Wissenschaft.

Die Vignette befindet sich insbesondere auch auf der Titelseite von *De Beghinselen der Weeghconst*, dem Buch aus dem Jahre 1586, in dem er mit die-

⁴³⁶⁾Zitiert nach Straub [1992], S. 91

sem Gedankenexperiment die Gesetze der Kräftezerlegung herleitete.

D E
B E G H I N S E L E N
D E R W E E G H C O N S T
B E S C H R E V E N D V E R
S I M O N S T E V I N
v a n B r u g g h e .



T O T L E Y D E N ,
I n d e D r u c k e r y e v a n C h r i s t o f f e l P l a n t i j n ,
B y F r a n c o y s v a n R a p h e l i n g h e n .
C I O . I O . L X X X V I .

Abb. 34 Titelblatt von Stevins Buch über Wägekunst

Er überlegte sich zunächst, daß die Kette sich nicht von selbst in Bewegung setzen kann. Die Kette ist also in Ruhe und bleibt es auch, wenn der untere Teil abgeschnitten wird. Damit ist erwiesen, daß auf schiefen Ebenen gleicher Höhe zwei miteinander verbundene Körper im Gleichgewicht sind, wenn ihre Gewichte sich wie die Längen der schiefen Ebenen verhalten. Genauer gesagt, wie die Sinuswerte der Winkel gegen die Horizontale.

Das ist im Prinzip das Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte. Davon war es nur ein kleiner Schritt, um zu erkennen, daß ein Gewicht, das an einem System von Seilen aufgehängt ist, das Prinzip der Zusammensetzung der Kräfte enthält.⁴³⁷⁾

Damit hatte er zumindest implizit Kräfte als Strecken veranschaulicht, es wäre also leicht möglich gewesen, Kräftezerlegungen graphisch durchzuführen. Die Anwendungsbeispiele von Stevin zeigen allerdings, daß er seine Skizzen nur als Wegweiser für die rechnerische Lösung benutzte. Im Pferdewagen-Bei-

⁴³⁷⁾Benvenuto [1991], S. 4

spiel (Abb. 35) wird das Dreieck IHK nicht zur Konstruktion, sondern zur Berechnung der Hangabtriebskraft verwendet.

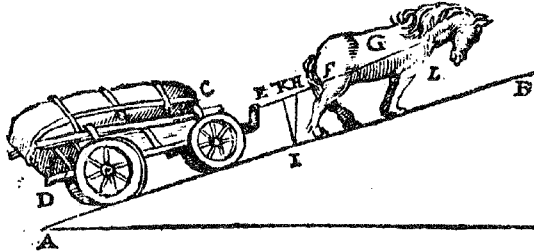


Abb. 35 Pferdewagenbeispiel von Stevin⁴³⁸⁾

Ein Beispiel aus dem zweiten Buch, bei dem das Gleichgewicht von drei Kräften untersucht wurde, zeigt, daß Stevin sehr nahe am Kräfte-Polygon und damit an der graphischen Lösung statischer Fragen war.

Ebenso wenig wie Stevin interessierte sich Newton für graphische Lösungen, als er das Kräfteparallelogramm allgemein im 2. Zusatz zum 3. Axiom (*Actio = Reactio*) formulierte. Die Geschichte des Kräfteparallelogramms trägt wenig zur Herausbildung der graphischen Methoden bei. Glücklicherweise möchte ich anfügen, denn bei der Durchsicht des Referatenorgans *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* zeigt sich, daß kein Thema innerhalb der Mechanik so häufig behandelt wurde wie das Kräfteparallelogramm, am ehesten konkurrenzfähig ist das Problem der Geradföhrung aus der Kinematik.

2.1.2 Varignon

Die weitere Untersuchung der Kräftepolygone wurde vor allem von Pierre Varignon (1654 - 1722) durchgeführt. Auch er hatte sich natürlich mit dem Parallelogramm der Kräfte beschäftigt. Nach Benvenuto vollendete Varignon in seiner *Nouvelle mécanique ou Statique* aus dem Jahre 1687, die allerdings erst nach seinem Tod im Jahre 1725 veröffentlicht wurde, unser heutiges Konzept von Statik.⁴³⁹⁾

Die *Nouvelle mécanique* spielte für die Entwicklung der graphischen Statik eine herausragende Rolle.

Varignon baute Leonardos Seil-Idee zu einer heuristischen Methode aus. Mit seinem »corde lâche & parfaitement flexible« gelang ihm die Analyse von allgemeinen Kräftesystemen mit beliebig vielen Kräften im Gleichgewichtsfalle. Im Theorem VIII⁴⁴⁰⁾ und den Corollaren I bis III wird der Zusammenhang zwischen der Geometrie der Seile und dem Betrag der Kräfte an Hand von Figur 79 (Abb. 36) untersucht. Die Diagonalen CE und DF, »korrespondieren« dabei mit den beiden »Gewichten« K und L. In einer etwas anachronistischen Interpretation der Figur - so wird es in den genannten Sätzen nicht formuliert - ,

⁴³⁸⁾Stevin [1586], S. 31, Nachdruck [1955], S. 348

⁴³⁹⁾Benvenuto [1991], S. 4

⁴⁴⁰⁾Varignon [1725], Bd I, S. 179

kann man sagen: das Kräftesystem aus den beiden parallelen Kräften EC und FD wird ersetzt durch das System aus den Kräften ED und FC. Denn die Figur enthält zwei Kräfteparallelogramme, durch die die Kräfte EC und FD in Komponenten zerlegt werden und zwar so, daß sich die Komponenten EM und FN gegenseitig aufheben. Aus MC und ND ließe sich dann mit Hilfe eines weiteren Kräfteparallelogramms die Ersatzkraft bestimmen. Aus K und L wäre dies nicht direkt möglich gewesen.

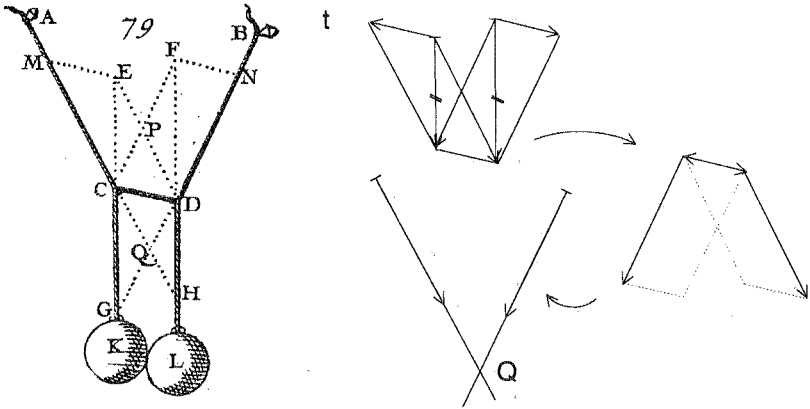


Abb. 36 Einfachstes Seileck⁴⁴¹⁾

In Figur 81 (Abb. 37) werden bei Varignon in Theorem IX S und k beliebig gewählt. Die Orthogonalen durch S auf den Seilen und die Orthogonale auf CK durch k ergeben die Schnittpunkte E und F und die Orthogonale auf DL durch F liefert G. Varignon leitet daraus Proportionalitäten her oder geometrisch formuliert, das Viereck FGSE ist ein um 90° gedrehtes Kräftepolygon, wobei EF bzw. FG den Kräften K bzw. L entsprechen und GS bzw. SE den Lagerkräften in A bzw. B.

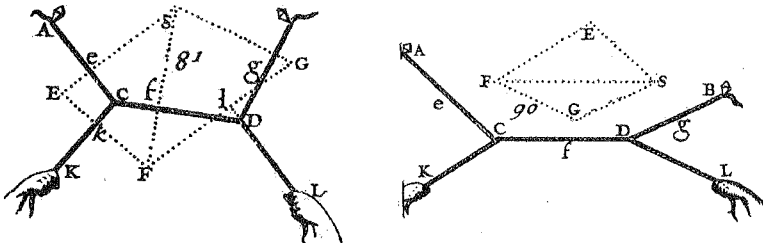


Abb. 37 Varignonsche Kraft- und Seilecke⁴⁴²⁾

In Figur 90 (Abb. 37) zu Theorem X befindet sich eine entsprechende Figur um 90° gedreht. Hier haben wir - bei einem geeigneten Kräftemaßstab - das Kräftepolygon. Es enthält in EG die Resultierende von K und L, allerdings noch nicht deren Wirklinie.

⁴⁴¹⁾Varignon [1725], Bd I, Fig. 79, S. 190

⁴⁴²⁾Varignon [1725], Bd I, Fig. 81 und 90, S. 190

Das Figurenpaar 88 und 93 (Abb. 38) behandelt ein Kräftesystem paralleler Kräfte mit mehr als 2 Kräften und das Figurenpaar 86 und 92 (Abb. 39) dasselbe für beliebige gerichtete Kräfte.

Dabei kann wieder jeweils ER als Resultierende gesehen werden und SE bzw. RS als Lagerkräfte in A bzw. B.

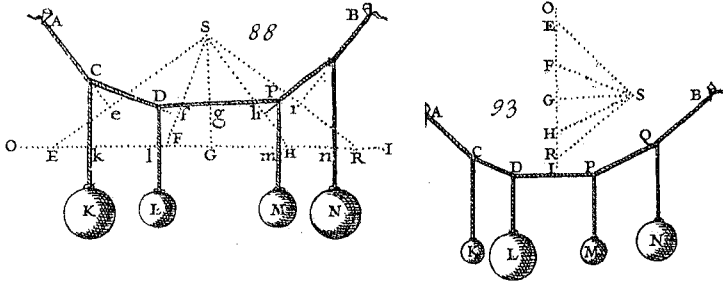


Abb. 38 Varignonsche Kraft- und Seilecke⁴⁴³⁾

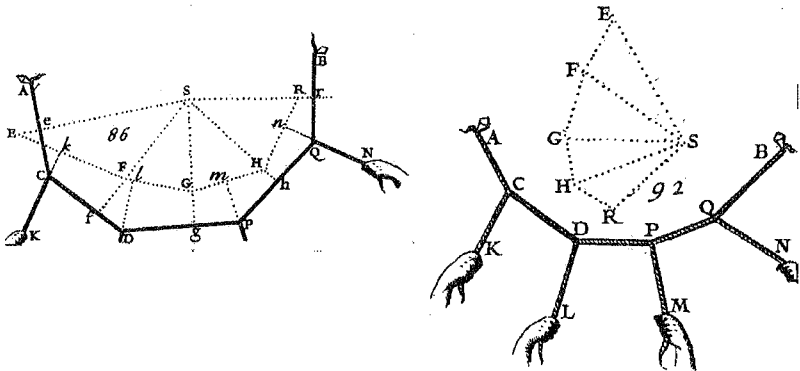


Abb. 39 Varignonsche Kraft- und Seilecke⁴⁴⁴⁾

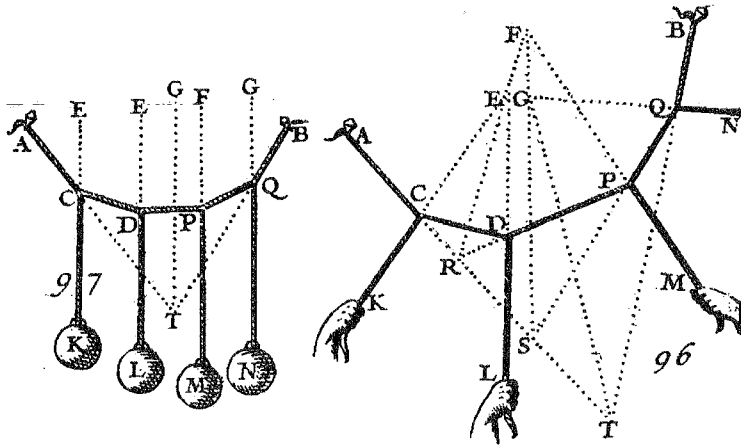
Die Figuren 96 und 97 (Abb. 40) zeigen, daß sich aus dem Seileck unmittelbar die Wirklinie der Resultierenden ergibt, sie läuft durch den Schnittpunkt T.

Da Gleichgewicht vorausgesetzt ist, müssen sich die Lagerkräfte in A und B das Gleichgewicht halten mit der Resultierenden, d. h. ihre Wirklinien müssen sich in einem Punkt schneiden. Die Wirklinien der Resultierenden geht also jeweils durch den Schnittpunkt der Wirklinien der Lagerkräfte, den Punkt T. In Figur 96 ist die Gerade durch G und T bereits deren Wirklinie.

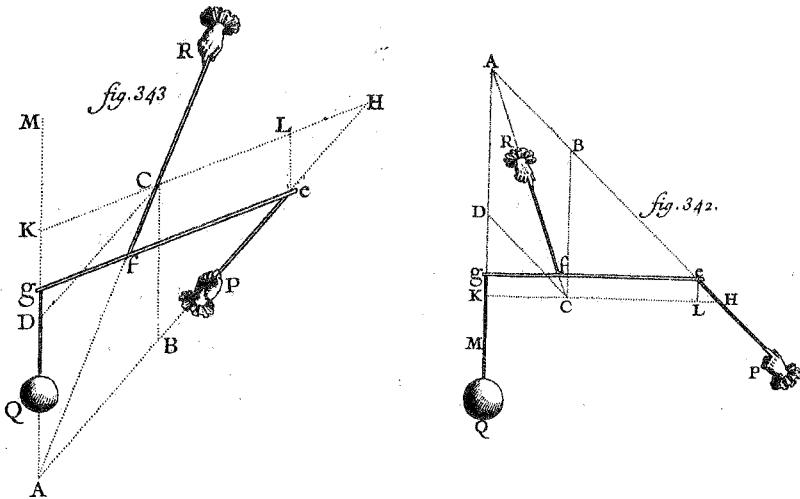
In all diesen Figuren und den zugehörigen Sätzen geht es nie um graphische Bestimmung von Kräften, obwohl sie unmittelbar möglich wäre.

⁴⁴³⁾Varignon [1725], Bd I, Fig. 88 und 93, S. 190

⁴⁴⁴⁾Varignon [1725], Bd I, Fig. 86 und 92, S. 190

Abb. 40 Varignonsche Kraft- und Seilecke⁴⁴⁵⁾

Bei Varignon befindet sich im zweiten Band die Grundlage zu einem weiteren graphischen Verfahren, das später in Culmanns graphischer Statik auftritt. Es ist heute unter dem Namen Drei-Kräfte-Verfahren bekannt: Ist eine der drei Kräfte bekannt, die Wirklinie einer anderen und ein Punkt der Wirklinie der 3. Kraft, dann lässt sich im Gleichgewichtsfall der Betrag der zweiten und die dritte Kraft bestimmen, weil die drei Wirklinien sich in einem Punkt schneiden müssen. Zur tatsächlichen Konstruktion der unbekanntten Kräfte wird dann ein Kräfte-dreieck benutzt.

Abb. 41 Drei-Kräfte-Verfahren⁴⁴⁶⁾

⁴⁴⁵⁾Varignon [1725], Bd I, Fig. 96 und 97, S. 190

⁴⁴⁶⁾Varignon [1725], Bd 2, Blatt 49 Seite 318f

Wenn auch Varignon keine konstruktiven Lösungen statischer Probleme angab, so hat er doch mit Kraft- und Seilpolygon die Schlüsselemente der graphischen Statik bereitgestellt. Nach Weyrauch besteht fast die gesamte graphische Statik in der Ausbildung und Ausnutzung von Krafteck- und Seileck-Beziehungen.⁴⁴⁷⁾

2.1.3 Seil- und Kraftpolygon

Die Methode des Kraft- und Seilpolygons wurde in der Folge von verschiedenen Wissenschaftlern aufgenommen und an diversen Hochschulen gelehrt. An vorderster Stelle steht hier Poncelet (1788 - 1867), der in seinem *Cours de Mécanique Industrielle* für die statische Berechnung von Gewölben und Brücken Seil- und Kraftpolygone benutzt. Rühlmann zitiert eine lithographische Ausgabe der zweiten Auflage des Jahres 1829⁴⁴⁸⁾ aus Metz, die ich nicht erhalten konnte. Die erste Auflage von 1826, die ich ebenfalls nicht einsehen konnte, scheint nach Rühlmann wenig zum Seileck zu enthalten. Ich stütze mich auf eine Ausgabe von 1839 aus Liège. Dort behandelt Poncelet das Seileck in einem Kapitel mit dem Titel »einfache Maschine - Verbindung von Stäben oder Seilen«⁴⁴⁹⁾.

Er zeigte mit dem Kräfteparallelogramm das Prinzip des Seilecks. In der Abb. 42 wird die Kraft R in zwei Komponenten zerlegt, die in Richtung der Seile CB und CD liegen. Entsprechend wird die Kraft Q in zwei Komponenten in Richtung von BC und BA zerlegt. Dabei heben sich die Komponenten, die in Richtung CB bzw. BC liegen, gegenseitig auf, entsprechend für DS und AP .

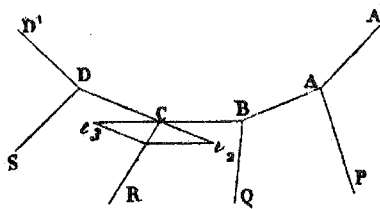


Abb. 42 Seileck nach Poncelet⁴⁵⁰⁾

Mit dem Seileck und dem zugehörigem Krafteck, das wie bei Varignon um 90° gedreht ist, untersucht er dann die Spannungen in einer Kette.

Die Ergebnisse werden schließlich auf eine Kettenbrücke⁴⁵¹⁾ angewandt. (Abb. 43) Die Kette wird dazu durch ein Seilpolygon ersetzt. Poncelet beschrieb hierbei keine Konstruktionen, seine Skizzen bilden die Grundlage für die Berechnung, allerdings ist eine maßstäbliche Zeichnung alles, was zu einem graphischen Verfahren fehlt.

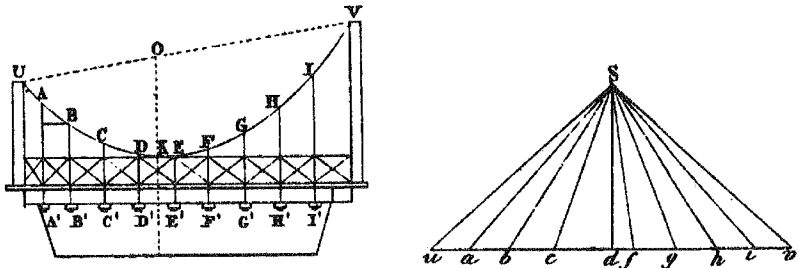
⁴⁴⁷⁾Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 366

⁴⁴⁸⁾Poncelet [1829]

⁴⁴⁹⁾Poncelet [1839], S. 156

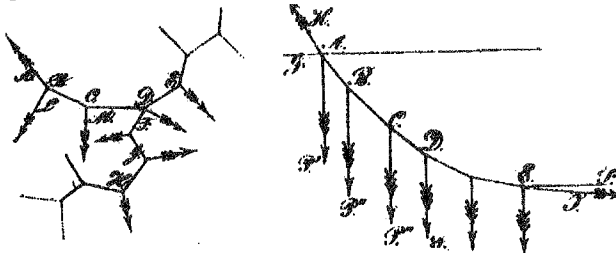
⁴⁵⁰⁾Poncelet [1839], Tafel IV, Nr. 116

⁴⁵¹⁾Poncelet [1839], S. 171-175

Abb. 43 Kettenbrücke mit Seil- und Kräftepolygon⁴⁵²⁾

Als erstes Werk eines deutschen Autors, der die Seil- und Kraftpolygone behandelt, nennt Rühlmann die *Statik fester Körper* von Brix aus dem Jahre 1831.⁴⁵³⁾ Mit Blick auf Culmanns Studium in Karlsruhe muß ich hier noch einen zweiten deutschen Autor nennen: C. H. A. Kayser. Wie bereits im biographischen Kapitel erwähnt war er seit 1832 Professor für Mechanik am Karlsruher Polytechnikum und behandelte von Anfang an in seiner Vorlesung über Elementarstatik das Seileck⁴⁵⁴⁾. Ab 1836 stützte sich seine Vorlesung auf ein »eigenes Handbuch«⁴⁵⁵⁾. Dieses Buch gliedert sich in die drei Teile: Allgemeine Statik, Statik fester Körper und Statik flüssiger Körper.

Im 10. Kapitel des Abschnittes »Statik fester Körper« verwendet Kayser das Seilpolygon, um die Gleichung der Kettenlinie herzuleiten.⁴⁵⁶⁾ (Abb. 44)

Abb. 44 Skizzen zur Herleitung der Kettenlinie⁴⁵⁷⁾

Kaysers Buch ist analytisch orientiert, es enthält keine graphischen Verfahren. Er bemüht sich im Gegenteil darum, nichts zu behandeln, was Gegenstand der darstellenden Geometrie sein könnte⁴⁵⁸⁾.

Kayser unterzog in seinem 14. Kapitel, *Von dem Gleichgewicht der Holz- und Metall-Constructionen*⁴⁵⁹⁾, exemplarisch eine Reihe von Sprengwerken, Dachstühlen und Lehrgerüsten (Abb. 45) einer statischen Untersuchung.

⁴⁵²⁾Poncelet [1839], Tafel V, Nr. 134 und 135

⁴⁵³⁾Rühlmann [1885], S. 474

⁴⁵⁴⁾Kayser [1836], S. VI

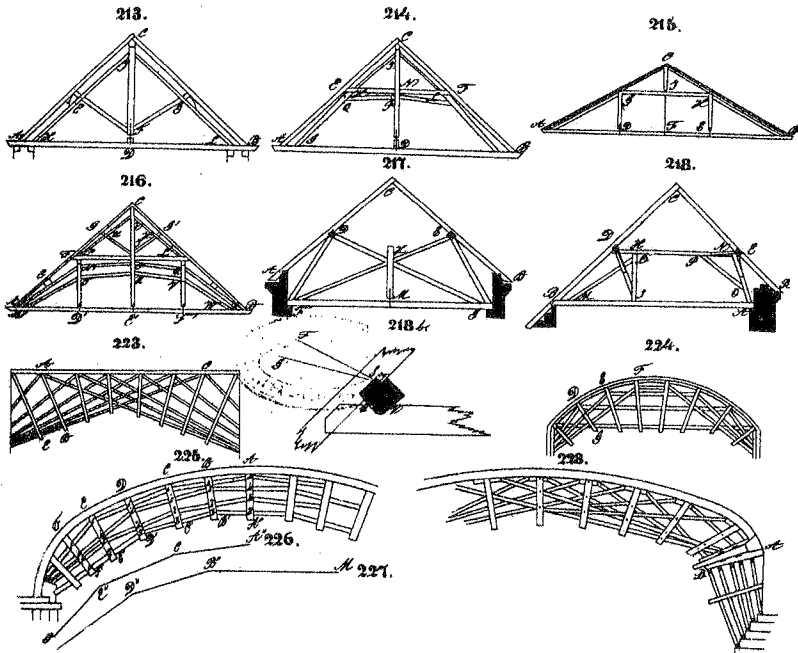
⁴⁵⁵⁾Kayser [1836], bogenweise ab November 1833 an die Hörer verteilt.

⁴⁵⁶⁾Kayser [1836], S. 205-231

⁴⁵⁷⁾Kayser [1836], Tafel II, Fig. 51 und 52

⁴⁵⁸⁾Kayser [1842], S. XIV

⁴⁵⁹⁾Kayser [1836], S. 583-641



Kayser, Handbuch der Statik.

Abb. 45 Dachstühle und Lehrgerüste⁴⁶⁰⁾

Das Kapitel ist als Aufgabensammlung gestaltet, der zwei Lösungsverfahren vorangestellt sind. Das erste Verfahren wird folgendermaßen beschrieben:

»Man sondere die Balken von einander ab, und stelle an jedem das Gleichgewicht durch Kräfte, die gleich sind den Pressungen, welche vorher von anstoßenden Teilen oder den festen Stützen ausgeübt wurden, wieder her. Wenn ein Balken mit einer Fläche eines andern Balkens oder einer Widerlage so in Berührung ist, daß er sich bloß anlehnt, und auf derselben nach allen Seiten ausgleiten kann, so ist die Richtung der Kraft auf der Berührungsfläche normal; sonst ist die Richtung derselben meistens unbekannt. Man kann die unbekannt Richtung thätig ist, meistens durch zwei oder drei unbekannt Kräfte ersetzen, die nach bekannten Richtungen wirken; [...] Nachdem man auf diese Art so viele einzelne Systeme gebildet hat, als Balken vorhanden sind, setzt man die Gleichung für das Gleichgewicht nach den Regeln der allgemeinen Statik an. Wenn aber Balken vorhanden sind, die in mehr als zwei Punkten mit einander in Berührung oder unterstützt sind, so erhält man auf diese Art nicht so viele Gleichungen, als unbekannt Größen; man muß dann das Verhältniß der Vertheilung des Druckes auf die Stützpunkte nach der Lehre von den biegsamen Körpern⁴⁶¹⁾ berücksichtigen, und erhält dadurch neue Relationen zwischen den Kräften und

⁴⁶⁰⁾Kayser [1836], Tafel VIII

⁴⁶¹⁾Elastische Linie

neue Gleichungen.«

Dies ist nichts anderes als das Programm zu einer Fachwerktheorie. Das Zitat enthält die Methode des Frei-Schneidens, unterscheidet ein- und zweiwertige Lager und in dem ausgelassenen Teil die feste Einspannung. Es behandelt überdies sowohl statisch bestimmte, als auch statisch unbestimmte Fälle. Angewandt wird das Konzept unter anderem auf die abgebildeten Dachstühle. Bei den Lehrgerüsten werden die Gleichungssysteme nicht aufgestellt, sondern nur der Weg beschrieben.

2.1.4 Die ersten graphischen Verfahren: Lamé, Clapeyron und Poncelet

Die ersten, die das Seil- und Kräftepolygon für statische Konstruktion einsetzen, waren Lamé und Clapeyron. Die beiden französischen Ingenieure lehrten von 1820 bis 1830 bzw. 1832 an der *École des Travaux Publics* in St. Petersburg. Zu ihren Aufgaben gehörte dort auch die wissenschaftliche Begutachtung von Bauvorhaben. Insbesondere hatten sie für die Rekonstruktion der Kuppel der St. Jacobs-Kirche in St. Petersburg ein Gutachten zu erstellen. Für die lange Geschichte der Gewölbetheorien verweise ich auf Benvenuto⁴⁶²⁾ bzw. Kurrer⁴⁶³⁾. Lamé und Clapeyron forderten, wie lange vor ihnen zum Beispiel Robert Hooke (1635-1703), daß die Gewölbeschwerachse nach der umgekehrten Kettenlinie geformt sein müsse. 1748 hatte Giovanni Poleni (1683-1761) diese Idee bereits bei Rekonstruktion der Peterskuppel in Rom benutzt. Aber im Unterschied zu ihren Vorläufern

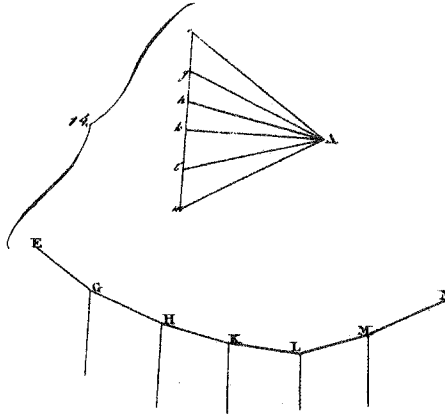


Abb. 46 Zuglinienkonstruktion von Lamé und Clapeyron⁴⁶⁴⁾

verwendeten sie das Kraft- und Seileck-Verfahren, um die Drucklinie des Gewölbes zu *konstruieren*. Wie erwähnt war es vorher schon üblich gewesen, die Kettenlinie durch ein Seilpolygon zu approximieren, aber keiner hatte die Auf-

⁴⁶²⁾Benvenuto [1991], Bd II

⁴⁶³⁾Kurrer [1991]

⁴⁶⁴⁾Lamé, Clapeyron [1826/7], Tafel IV, Fig. 14, vgl. auch Rühlmann [1885], Abb. 65, S. 473

gabe tatsächlich konstruktiv gelöst. Im Jahre 1826 veröffentlichten sie ihre Methode in dem wenig verbreiteten Petersburger *Journal des Voies de Communication* unter dem Titel *Mémoire sur la stabilité des voutes*. Ende des Jahres erschien von ihnen unter dem Titel *Sur les polygones funiculaires* der erste Teil eines weiteren Artikels zum Thema Krafteck-Seileck, der zweite Teil folgte 1827. Sie ersetzten vermutlich vor Poncelet die Kette durch ein Seilpolygon und vor allem, sie konstruierten. Im zugehörigen Kräftepolygon verwendeten sie die Bezeichnung Pol (in der Abb. 46 der Punkt A), die weder Varignon noch Poncelet benutzt hatten.

Diese Petersburger Ansätze wurden von den beiden Autoren nach ihrer Rückkehr nach Paris nicht weiterverfolgt. Lamé konzentrierte sich auf theoretische Physik, sein viel beachtetes Buch über Elastizitätstheorie beschränkte sich auf analytische Methoden. Clapeyron beschäftigte sich mit dem Eisenbahnbau, insbesondere der Lokomotivenkonstruktion. Beide befaßten sich aber nicht mehr mit graphischen Verfahren.

2.1.5 Gewölbe und Erddruck

Poncelet nahm die Ansätze von Lamé und Clapeyron auf, er verfaßte zwei Arbeiten, mit denen die graphischen Verfahren zu einem festen Teil der Bauwissenschaft zu werden begannen. Beide wurden im *Mémorial de l'officier du génie* veröffentlicht. Die erste aus dem Jahre 1835, *Solution graphique des principales questions sur la stabilité des voutes*, befaßte sich mit Gewölben und die zweite aus dem Jahre 1840, *Mémoire sur la stabilité des revêtements et de leurs fondations*, stellte eine graphische Erddrucktheorie vor. Die Arbeit über den Erddruck erschien 1844 auch in deutscher Übersetzung⁴⁶⁵⁾.

Die graphische Behandlung von baustatischen Aufgaben begann mit Problemen, deren theoretische Behandlung besonders prekär war. Die Theorie des Gewölbes galt alles andere als gelöst und die Theorien über den Erddruck wurden noch Ende des 19. Jahrhunderts von Sommerfeld als reine Spekulationen abgetan.

In beiden Fällen handelte es sich allerdings um außerordentlich wichtige Fragen und in beiden Fällen erwiesen sich die analytischen Lösungsversuche als ausgesprochen komplex. Beide Gebiete hatten eine umfangreiche Vorgeschichte und beide führten zu Lösungen, die außerordentlich rechenaufwendig waren.

2.1.5.1 Gewölbe

Poncelets Arbeit enthält keinen neuen Ansatz zur Gewölbetheorie, er verweist auf Coulomb. Das Gewölbe wird in fiktive Gewölbesteine (Voussoirs fictifs) zerlegt. Von jedem Stein wird angenommen, daß er über seine Kante kippen oder über die darunterliegende Schicht gleiten kann. Unter diesen Annahmen konstruierte Poncelet die Flächen und damit die Momente der einzelnen Steine. Daraus wurde konstruktiv der maximale Druck und die Bruchkante ermittelt. Außerdem konstruierte er die Gewölbeschwerachse und bestimmte graphisch die Stärke der Pfeiler. Die graphischen Lösungen gehen von den be-

⁴⁶⁵⁾Poncelet [1844]

kannten Formeln aus und übersetzen sie schrittweise in geometrische Konstruktionen.

Poncelet verwies im übrigen ausdrücklich auf eine Arbeit von Lamé und Clapeyron⁴⁶⁶⁾, in der ebenfalls eine graphische Methode zur Bestimmung der Bruchkante verwendet wurde,⁴⁶⁷⁾ verwendet aber nicht deren Verfahren.

Der Ausschnitt (Abb. 47) zeigt, daß auch die graphische Lösung mit einiger Mühe verbunden ist.

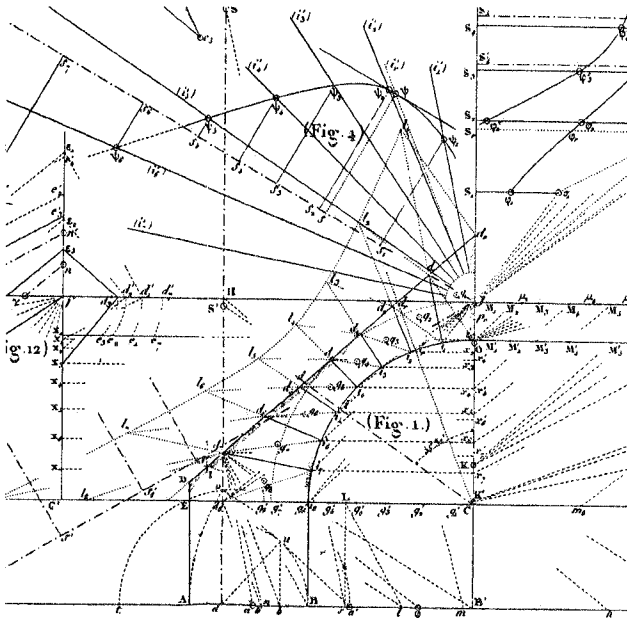


Abb. 47 Ausschnitt aus einer Konstruktion zu Poncelets Gewölbe-Theorie⁴⁶⁸⁾

Poncelet gab noch eine zweite graphische Lösung an, die mit graphischer Integration arbeitet und er bemerkt dazu, »Si on veut obtenir les mêmes nombres au moyen des méthodes de quadrature mentionnées au N° 7 notamment par la méthode attribuée à Thomas Simpson, le procédé devra être très-peu modifié.«⁴⁶⁹⁾

Die Abb. 48 zeigt die Integration nach Simpson. Die Strecke $\alpha_3\mu_3$ ergibt sich aus $(a_3m_3 + 4 \cdot \alpha_3n_3 + a_4m_4)/6$. Ob diese Größe konstruktiv bestimmt wurde ist nicht erkennbar.

Die Kurve $s_0 \dots s_8$ in Abb. 49 wird aus Gewölbedaten von rechts nach links konstruiert. Die Kurve $m_1 \dots m_8$ entsteht dann durch Integration, allerdings wird der Inhalt jedes Flächenstücks vorher noch mit einem Faktor multipliziert.

⁴⁶⁶⁾Mémoire sur la stabilité des voûtes. Annales des Mines. 8 (1823), S. 162, S. 174

⁴⁶⁷⁾Benvenuto [1991], Bd. II, S. 428-431

⁴⁶⁸⁾Poncelet [1835], Tafel III

⁴⁶⁹⁾Poncelet [1835], S. 162

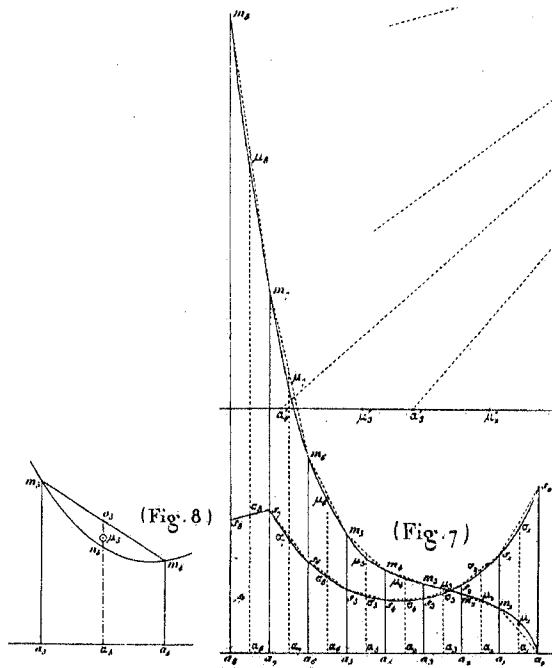


Abb. 48 (Fig. 8) und Abb. 49 (Fig. 7) aus der Konstruktion zu Poncelets Gewölbe-Theorie⁴⁷⁰⁾

Für diese Arbeit gilt, wie auch für die über den Erddruck, das Culmann-Zitat aus der Einleitung zu seiner *Graphischen Statik*:

»Was mit allen jenen Theorien anfangen, [...] die uns wohl in den Stand setzen, mit grossem Aufwand an Zeit und Mühe einzelne Aufgaben zu lösen: die aber viel zu umständlich sind, um auf jeden einzelnen in der Praxis sich darbietenden Fall angewendet zu werden [...]? ist eine Frage, die ohne Zweifel Poncelet vorschwebte, als er sich bemühte, geometrische Lösungen für die verschiedenen im Ingenieurfach sich darbietenden Aufgaben zu ersinnen.«

»Die Lösungen Poncelet's waren immer nur Uebersetzungen vorher entwickelter analytischer Ausdrücke. Dass dies ein Umweg sei und dass eine geometrische Construction viel weniger leicht sich einprägt, wenn man bei Anwendung derselben eine analytisch entwickelte Formel, deren Herleitung vielleicht nicht mehr gegenwärtig ist, im Kopfe haben muss, als wenn das durch die Aufgabe gegebene Liniengebilde selbst die Grundlage bildet, aus der sich die Lösung einfach geometrisch entwickelt: hat wohl Poncelet selbst innig gefühlt, und eifrig studierte er Geometrie, gleichsam ahnend, welchen Nutzen sie gewähren könnte.

Allein nur ausnahmsweise bediente er sich ihrer zur Lösung statischer Aufgaben aus dem Gebiete des Baufaches, immer zog er analytische Lösungen, die er nachher übersetzte, vor.«⁴⁷¹⁾

⁴⁷⁰⁾ Poncelet [1835], Tafel III

⁴⁷¹⁾ Culmann [1864-66], S. IVf

2.1.5.2 Erddruck

Die Frage nach der Dimensionierung von Stützmauern gegen Erdmassen beschäftigte die Techniker schon lange. Insbesondere im Festungsbau bestand großes Interesse an Dimensionierungsregeln. Daher kamen die ersten Untersuchungen von Festungsbaumeistern. Im 18. Jahrhundert wurde eine ganze Reihe von Ansätzen zur Berechnung des Erddrucks unternommen, u. a. von Bélidor.⁴⁷²⁾ Die erste brauchbare und im übrigen auch mathematisch sorgfältige Untersuchung des Erddrucks auf Futtermauern stammte von Coulomb aus dem Jahre 1773, die sich - wenn auch sehr langsam - als die herrschende durchsetzte.

»Fast ohne Ausnahme nehmen die Bearbeiter der Erddrucktheorie die Thatsache zum Ausgangspunkt ihrer Betrachtungen, dass man erdige oder sandige Substanzen bis zu einer gewissen Böschung aufschütten kann.«⁴⁷³⁾

Die steilste Böschung, die seitlich nicht gestützte, kohäsionslose Erdmassen bilden können, nannte man *natürliche Böschung*. Coulomb betrachtete das Prisma, das im Grenzfall in Gefahr steht abzustürzen, als einen Keil, der zwischen der Mauer und der Gleitfläche ruht. Dabei verglich er die resultierende Kraft des Erdkörpers gegen die Mauer mit der Resultierenden der Mauer gegen den Erdkörper. Die Bestimmung des Erddrucks E hieß damit, die Grenzfälle zu ermitteln, bei denen einerseits der Erdkörper die Mauer wegdrückt, oder andererseits die Mauer nach innen fällt.

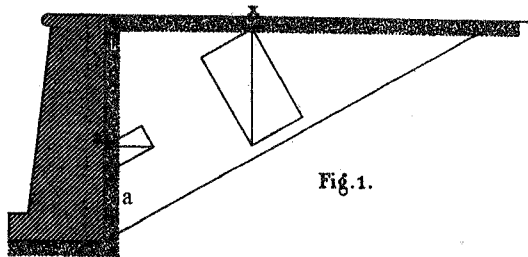


Abb. 50 Coulombsche Erddruck-Theorie. Zeichnung von Kötter⁴⁷⁴⁾

Coulomb stellte sich vor, daß beim Einsturz der Mauer - gleichgültig nach welcher Seite - sich im Erdreich eine Bruchkante bildet, über die ein prismatischer Erdkörper abrutscht. Im einfachsten Fall (Abb. 50) ist die Grundfläche des Prismas ein Dreieck. Der liegende Erdkörper hat die Höhe a , die Breite x und die dritte Seite entspricht der Gleitfläche. Zur richtigen Dimensionierung der Mauer muß man also vor allem eine untere Grenze für den Erddruck E bestimmen. Diese erhielt er, indem er das Prisma bestimmte, »welches den größten

⁴⁷²⁾Kötter, F. [1891/92], S. 79ff. Fritz Kötter gibt in dieser Arbeit einen mehr als 70 Seiten umfassenden Überblick über die Geschichte der Erddrucktheorien mit zahlreichen Quellenangaben. Historische Skizzen finden sich auch bei Winkler [1872] und Crugnola [1880] und später Müller-Breslau [1906].

⁴⁷³⁾Kötter [1891/92], S. 78f

⁴⁷⁴⁾Kötter [1891/92], Taf. I

Widerstand erfordert, wenn es am Abgleiten gehindert werden soll.«⁴⁷⁵⁾ Im abgebildeten Sonderfall mußte also lediglich x bestimmt werden, damit hatte man die Gleitfläche und konnte die untere Grenze für E bestimmen. Etwas verkürzt sprach bereits Coulomb vom »Prisma größten Drucks«, später nannte man dieses Vorgehen das »Principe des abrutschenden Prismas vom größten Drucke«⁴⁷⁶⁾ und schließlich das Coulombsche Prinzip. Es erfreute sich auch Anfang des 20. Jahrhunderts noch großer Beliebtheit. Müller-Breslau schreibt zum Beispiel 1906 in seinem Buch *Erddruck auf Stützmauern*:

»Den Ausgangspunkt bildet das Coulombsche Prinzip, das älteste und bis jetzt noch nicht übertroffene Rüstzeug der wissenschaftlichen Erddruckbestimmung.«

Auf Coulombs Arbeit folgten Anfang des 19. Jahrhunderts eine ganze Reihe Erweiterungen, die aber zumeist auf »äußerst verwickelte und schwerfällige«⁴⁷⁷⁾ Formeln führten. Mit seiner Arbeit aus dem Jahre 1840 gebührt Poncelet das Verdienst, als erster geometrische und zeichnerische Mittel zur Untersuchung des Erddrucks herangezogen zu haben.⁴⁷⁸⁾

Fritz Kötter sah in dieser Arbeit den Beginn der graphischen Statik:

Poncelet »förderte [...] nicht allein die Aufgabe der Erddruckbestimmung, sondern wurde zugleich der geistige Urheber einer Disciplin, welche für die Entwicklung der Statik, namentlich nach ihrer praktischen Seite hin, von der weittragendsten Bedeutung gewesen ist.«

Poncelets Motivation bestand alleine in der Vereinfachung der Rechenverfahren:

»Die Weitläufigkeit der Rechnung und die verwickelte Form der Gleichungen lassen schwerlich eine Ausdehnung dieser Vereinfachung auf andere Voraussetzungen [...] zu. [...] Die verwickelte Form verschwindet jedoch größtentheils, wenn man dieselben geometrisch behandelt.«⁴⁷⁹⁾

Das graphische Verfahren erhielt er dadurch, daß er »die Formeln des ersten Abschnitts in rein geometrische Konstruktionen« übertrug und sogar auf »Mauern mit geneigter innerer Seitenwand«⁴⁸⁰⁾ ausdehnte. Zu der Konstruktion selbst beschränke ich mich auf einige Kommentare zu einer Schnittfigur (Abb. 51) für einen einfachen Fall.

Hier wird angenommen, daß alle Begrenzungsflächen eben sind und alle senkrecht zur Zeichenebene liegenden Kanten parallel liegen. BM markiert die natürliche Böschung. Konstruiert wird die Gleitfläche BZ des Prismas größten Drucks. Ohne die Idee der Konstruktion zu erläutern, weise ich nur im Blick auf Culmanns graphisches Rechnen darauf hin, daß zunächst das Polygon $BHJE$ in das flächengleiche Dreieck BKE verwandelt wird, außerdem werden mehrfach graphische Multiplikationen und Divisionen durchgeführt.

⁴⁷⁵⁾Kötter [1891/92], S. 87

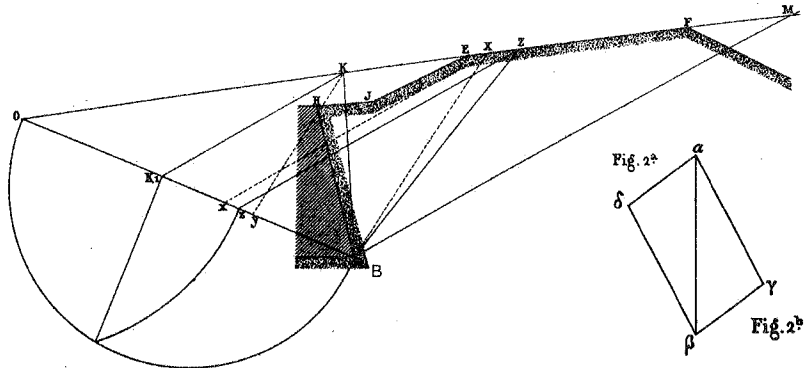
⁴⁷⁶⁾Tetmajer [1882], S. 9

⁴⁷⁷⁾Kötter [1891/92], S. 92

⁴⁷⁸⁾Rebhann [1850]

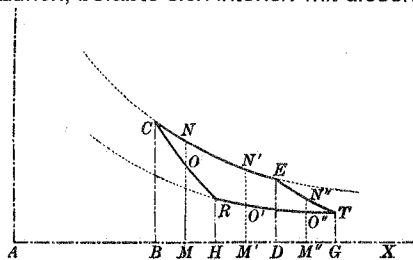
⁴⁷⁹⁾Poncelet [1844], S. 77

⁴⁸⁰⁾Poncelet [1844], S. 77f

Abb. 51 Poncelets graphische Erddrucktheorie. Zeichnung von Kötter⁴⁸¹⁾

Die Ideen von Lamé, Clapeyron und Poncelet wurden von anderen Autoren aufgenommen, z.B. von Méry und insbesondere von Michot, Poncelets Nachfolger in Metz.⁴⁸²⁾

Wenn hier nun die Rede vom Aufkommen graphischer Verfahren ist, muß ein Bereich erwähnt werden, in dem ebenfalls graphische Mittel verwendet wurden, nämlich die Wattschen Indikator-Diagramme (Abb. 52) und die daraus abgeleiteten Diagramme zum Carnotschen Kreisprozeß. Dieser Bereich spielte in dem Versuch zur Vereinheitlichung der graphischen Verfahren nach meiner Kenntnis allerdings keine große Rolle. Gustav Zeuner, Culmanns Maschinenbau-Kollege in Zürich, befaßte sich intensiv mit diesen Diagrammen.

Abb. 52 Indikator-Diagramm⁴⁸³⁾

Der Weg zur graphischen Statik führt stufenlos von Poncelet zu Culmann. Man wird sehen, daß Culmann zunächst unmittelbar an die betrachteten Arbeiten Poncelets anknüpfte. Dennoch will ich hier unterbrechen, um einen Blick auf die Voraussetzung zu werfen, die die zeichnerischen Verfahren erst möglich gemacht hat: die Entwicklung des Zeichnens.

⁴⁸¹⁾Kötter [1891/92], Taf. I. Ich verzichte hier auf die Reproduktion einer Poncelet-Zeichnung aus der deutschen Übersetzung, Poncelet [1844], zugunsten der wesentlich klareren Zeichnung von Kötter.

⁴⁸²⁾Michot [1843], vgl. zur Geschichte des Kraft- und Seilecks auch Favaro [1877 Poligoni]. Zu Michot siehe dort S. 22-25.

⁴⁸³⁾Rühlmann [1885], S. 454

2.2 Von der Konstruktion zum Zeichnen

Von »graphisch« ist immer dann die Rede, wenn es um das tatsächliche Zeichnen geht und nicht um »Gedankenkonstruktionen«, um eine gerne verwendete Formulierung aus dem 19. Jahrhundert zu verwenden.

2.2.1 Gedankenkonstruktionen

Die graphische Lösung von Problemen scheint seit der Vorherrschaft der Geometrie in der griechischen Mathematik, also seit 500 vor Chr., keine ungewöhnliche Angelegenheit.

Weil es nicht gelungen war, die Irrationalzahlen theoretisch innerhalb der Arithmetik befriedigend zu erfassen, verlegten die Griechen die Ergebnisse der babylonischen Algebra in die Geometrie⁴⁸⁴⁾. Geometrisch stellen Irrationalzahlen kein Problem dar: als Maßzahl einer Streckenlänge kann jede Zahl repräsentiert werden. Die babylonische Mathematik hatte bereits 1500 Jahre früher Rezepte zum Beispiel zur Lösung quadratischer Gleichungen angegeben. Inhaltlich entsprechen diese Rezepte den auch heute noch verwendeten Lösungsformeln, allerdings hatte man keine Universalformel, sondern unterschied drei verschiedene Typen von quadratischen Gleichungen. Bei der Übertragung in Geometrie entwickelten die griechischen Mathematiker die sogenannte Methode der Flächenanlegung. Je nach Typ konnte die Gleichung mit der hyperbolischen, elliptischen oder parabolischen Flächenanlegung gelöst werden.

Allerdings hatte die griechische Mathematik keinerlei Interesse daran, tatsächlich konkrete quadratische Gleichungen zu lösen. Die ersten bedeutenden griechischen Mathematiker, Thales und Pythagoras, sind nicht zufällig als Philosophen bekannt. Die spezifisch griechische Mathematik ist ein Produkt der entstehenden Philosophie. Bis in die hellenistische Epoche hinein ist sie von einem distanzierten Verhältnis zur praktischen Anwendung geprägt. Nicht nur Platon schätzte vor allem die philosophische Seite der Mathematik:

»So wäre denn die Kenntnis (der Rechenkunst) ganz geeignet, o Glaukon, sie gesetzlich einzuführen, und die, welche an dem Größten im Staate teilhaben sollen, zu überreden, daß sie sich an die Rechenkunst geben und sich mit ihr beschäftigen, nicht auf gemeine Weise, sondern bis sie zur Anschauung der Natur der Zahlen gekommen sind durch die Vernunft selbst, nicht Kaufs und Verkaufs wegen wie Handelsleute und Krämer darüber nachsinnend, sondern (...) wegen der Seele selbst und der Leichtigkeit ihrer Umkehr vom Werden zum Sein und zur Wahrheit.«⁴⁸⁵⁾

Den Charakter der griechischen Konstruktion läßt ein sehr einfaches Beispiel aus dem 1. Buch von Euklids Elementen deutlich hervortreten.

» § 2 An einem gegebenen Punkte eine einer gegebenen Strecke gleiche Strecke hinzulegen.«⁴⁸⁶⁾

Um den Punkt A soll ein Kreis mit Radius BC gezeichnet werden.

⁴⁸⁴⁾Ich ignoriere hier, daß diese Deutung von Istvan Szabo und anderen bestritten wird.

⁴⁸⁵⁾Platon: Politeia (Der Staat). 524d-526e

⁴⁸⁶⁾Euklid: Die Elemente. Darmstadt 1980, S. 4

Hat man als Zeicheninstrument einen Zirkel zur Verfügung, dann wird man die Strecke BC in die Zirkelöffnung nehmen und den Kreis um A zeichnen. Bei Euklid findet man dagegen ein reichlich umständlich erscheinendes Verfahren. (Abb. 53)

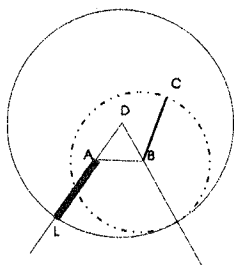


Abb. 53 Euklidische Konstruktion zum § 2 des 1. Buchs

Es werden zwei Drehungen verwendet, um die Strecke BC an den Punkt A anzulegen. Ein Blick auf die Propositionen erklärt warum: Dort ist nirgendwo von einem Zirkel oder überhaupt einem Zeicheninstrument die Rede. Es geht überhaupt nicht ums Zeichnen, sondern um die Deduktion geometrischer Objekte aus gegebenen Voraussetzungen mit den Definitionen und Postulaten. Die Aufgabe wäre so trivial, wie sie zunächst erscheint, wenn es ein Postulat (Z) gäbe, das sagt, daß ein Kreis dann gegeben ist, wenn Mittelpunkt und Radius gegeben sind. Bei Euklid findet sich aber lediglich das schwächere Postulat (3): »Daß man mit jedem Mittelpunkt und Abstand den Kreis zeichnen kann.«⁴⁸⁷⁾ Diese Forderung muß so verstanden werden, daß neben dem Mittelpunkt ein Peripheriepunkt gegeben sein muß. Der Radius muß durch eine Strecke mit dem Mittelpunkt als einem Endpunkt festgelegt sein, es genügt nicht, wenn der Radius durch eine beliebig gelegene Strecke gegeben ist.

Die obige Euklidische Aufgabe aus § 2 entspricht Postulat (Z) und es muß mit der abgebildeten Konstruktion erst ein Peripheriepunkt L durch zwei Drehungen bestimmt werden, um dann Postulat (3) anwenden zu können.

Es handelt sich also um »beweisende Konstruktionen«, an eine zeichnerische Realisierung wird nicht gedacht. Theoretisches Interesse ist auch in der Beschränkung des Instrumenten-Kanons deutlich. Die klassischen Probleme der Würfel-Verdoppelung, Quadratur des Kreises und Winkeldreiteilung zogen gerade deshalb eine so großes Interesse auf sich, weil sie die Grenzen der Erzeugbarkeit auszuloten versprachen. Läßt man zusätzliche Kurven und die sie erzeugenden Mechanismen zu, dann sind die Probleme allesamt lösbar. Mit der Konchoide kann man jeden Winkel in drei Teile teilen, mit der Quadratrix ist die Quadratur des Kreises möglich, usw.

Zeuthen sieht den Grund für die starke Betonung der Konstruktion darin, daß durch die Konstruktion immer auch ein Existenzbeweis geführt wird. Die Konstruierbarkeit beweist die Existenz des Objekts, von dem die Rede ist. Das könnte man allerdings auch, wenn man auch Kegelschnitte und Konchoiden als Grundelemente zuließe. Wie auch immer, das Interesse an der Konstrukti-

⁴⁸⁷⁾Euklid, a.a.O. S. 2

on ist in der euklidischen Mathematik ganz theoretisch. Aus Kreisen und Geraden wird konstruiert, nicht mit Zirkel und Lineal gezeichnet. Von Instrumenten ist nicht die Rede und sie sind auch nicht gemeint. Keine dieser Konstruktionen muß tatsächlich ausgeführt werden, es sind eben Gedankenkonstruktionen.

Näherungskonstruktionen sind daher von geringem Interesse, selbst wenn sie bei der zeichnerischen Ausführung genauer als die exakten Konstruktionen sind, da Genauigkeitsfragen aus dieser Perspektive völlig belanglos sind.

2.2.2 Praktische Mathematik

Das maßstäbliche Zeichnen spielte dagegen mindestens seit der Renaissance in der darstellenden Kunst, dem Vermessungswesen, der Kartographie, im Militärwesen, vom Festungsbau bis zur Kanonenausrichtung, eine bedeutende Rolle. Filippo Brunelleschi (1377 - 1446) und seine Zentralperspektive wäre hier zu nennen, aber auch Albrecht Dürer (1471 - 1528) mit seiner *Underweysung der messung mit dem zirckel und richtscheyt*⁴⁸⁸⁾, bis hin zu Galileo Galilei (1564 - 1642) und seinem Proportionalzirkel. Genutzt wurde der Proportionalzirkel vor allem von den Kanonieren zur Bestimmung von Abschußwinkel, Kugelgröße und Pulvermenge für das jeweilige Ziel bei der jeweiligen Kanone. Dabei mußten im wesentlichen Dreisatzaufgaben und das heißt Proportionalgleichungen gelöst werden. Der Proportionalzirkel ist der markanteste Vorläufer des graphischen Rechnens, er ist zwar einerseits Funktionsleiter, insofern eine graphische Tafel, aber andererseits kann man mit seinen Skalen Strahlensatzkonstruktionen ausführen, also rechnen.

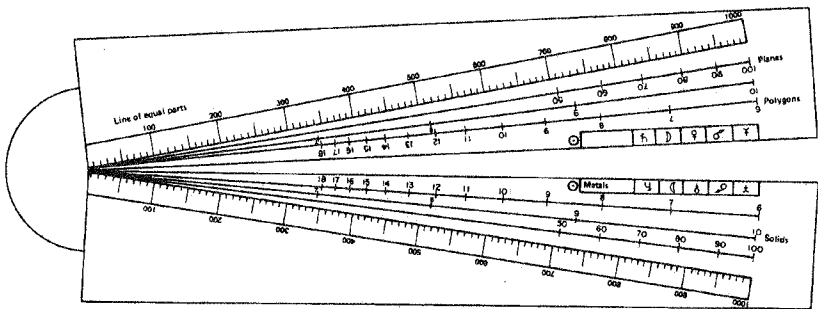


Abb. 54 Proportionalzirkel⁴⁸⁹⁾

In gewissem Sinne ist er der Vorläufer des logarithmischen Rechenschiebers. Viele ältere, vor allem astronomische Instrumente hatten zwar ebenfalls Skalen, die aber nur zum Einstellen und Ablesen verwendet wurden. Und er ist Ende des 19. Jahrhunderts durchaus noch nicht verschwunden, Culmann selbst empfiehlt ihn bei der Bestimmung krummlinig begrenzter Flächen mit der Parabelmethode.⁴⁹⁰⁾

⁴⁸⁸⁾Dürer: *Underweysung der messung mit dem zirckel und richtscheyt*. Nürnberg 1525

⁴⁸⁹⁾Williams [1985], S. 82

⁴⁹⁰⁾Culmann [1864 -66], S. 40

2.2.3 Konstruktion mit Zirkel und Lineal und mit dem Zirkel allein

Auch in der praktischen Mathematik spielten Zirkel und Lineal die dominierende Rolle als Zeicheninstrumente. Dafür ist die Euklidische Tradition verantwortlich, in der sich auch die mathematischen Praktiker sahen, aber nicht allein. Der Zirkel ist in der Tat ein sehr einfaches Instrument, mit dem eine recht hohe Präzision erreichbar ist. Beim Lineal liegen die Verhältnisse schon komplizierter. Zunächst einmal ist das Lineal kein Instrument, sondern eine Schablone und als solche weit schwerer in hoher Präzision herzustellen.

Es erstaunt daher nicht, daß der traditionelle Kanon der Konstruktionsinstrumente aus ganz praktischen Gründen in Frage gestellt wurde.

Der italienische Mathematiker Lorenzo Mascheroni (1750 - 1800) veröffentlichte 1797 in Pavia ein Buch unter dem Titel *La geometria del compasso*, in dem er zu zeigen versuchte, daß alle geometrischen Konstruktionen, die sich mit Zirkel und Lineal lösen lassen, auch mit dem Zirkel allein lösbar sind.⁴⁹¹⁾

Mascheroni hatte im übrigen vorher bereits ein Buch über Gewölbestatik veröffentlicht.⁴⁹²⁾ Seine Zirkel-Geometrie wurde von Carette ins Französische und schließlich 1818 von Grünson aus dem Französischen ins Deutsche übersetzt. Ich stütze mich auf diese deutsche Ausgabe.

Mascheroni gibt in seiner Vorrede zunächst ein theoretisches Motiv an:

»Sollte man nicht, da täglich so herrliche Entdeckungen beim Fortschritte in der Mathematik gemacht werden, zurückgehend auf ihre erste Spur, irgend einen noch unbekanntem Fleck in ihrem ungeheuren Gebiete auffinden können? Das war der erste Gedanke, welcher mich zu dem Versuche bewog, die neue Bahn der Geometrie des Zirkels einzuschlagen. Bisher hat man in der Geometrie für die einfachsten Auflösungen diejenigen gehalten, welche nur des Lineals, oder der einfachsten, d.h. der geraden Linie, und des Zirkels, oder der einfachsten krummen Linie, des Kreises bedurften.«⁴⁹³⁾

»Ist es wirklich wahr, daß die Elementaraufgaben des Euclid von der möglichst einfachen Construction sind? Sollte man das mathematische Element nicht in seine Ur-Elemente, das Lineal und den Zirkel, zerlegen können, nach dem Vorgang derer, welche das Wasser in zwei Gasarten, und die bis jetzt als einfach betrachtete Luft in zwei andere Bestandtheile zerlegt haben?«⁴⁹⁴⁾

Er fragte sich, ob man nicht bei den klassischen Konstruktionen mit Zirkel und Lineal auf das Lineal verzichten könne. Aber er zögerte aus zwei Gründen damit, die Untersuchung energisch in Angriff zu nehmen:

Einerseits war er sich nicht sicher, ob er sein Ziel erreichen würde. Falls es ihm nicht gelänge zu demonstrieren, daß alle Konstruktionen mit Zirkel und Lineal auch ohne Lineal möglich sind, so wäre die ganze Arbeit umsonst, die Zeit verthan.

Zum anderen befürchtete er, daß seine neuen Konstruktionen »noch weit ver-

⁴⁹¹⁾Vor ihm hatte bereits Georg Mohr (1640-1697) diese Aufgabe gelöst: Euclidis Danicus, niederländisch und dänisch 1672. Lex. Math. [1990], S. 328

⁴⁹²⁾Mascheroni [1829]. Besprechung in Benvenuto [1991], S. 412-425

⁴⁹³⁾Mascheroni [1825], S. V

⁴⁹⁴⁾Mascheroni [1825], S. VI

wickelter« sein könnten als die alten. In seinen Worten zusammengefaßt:

»So würde es meiner Theorie an schöner Gediegenheit, meiner Praxis an Genauigkeit gefehlt haben.«⁴⁹⁵⁾

Sein Schwanken wurde beendet durch die Hoffnung auf praktischen Nutzen:

»Von Ungefähr [las ich] die Art und Weise wieder durch, nach welcher Graham und Bird in England ihre großen astronomischen Kreis-Quadranten theilten.«⁴⁹⁶⁾

Sie hatten kein Lineal verwendet, und Mascheroni gibt zwei Gründe an, die gegen die Verwendung des Lineals sprechen.

1. ist es unmöglich mit einem Lineal gerade Linie von solcher Genauigkeit zu zeichnen, »daß sie auch vor dem Vergrößerungsglas bestehen können«⁴⁹⁷⁾.

2. ist es außerordentlich schwierig, auch wenn das Lineal noch so gerade wäre, die Spitze des Zeichenstiftes immer gleich nahe am Lineal entlang zu führen.

Beim Zirkel dagegen genüge es, »wenn seine Oeffnung fest und seine Spitzen sehr fein sind.«⁴⁹⁸⁾

Mascheroni erläutert ausführlich, wie Graham seine Winkelteilungen alleine mit dem Zirkel durchführte, und zwar durch Probieren auf einem zusätzlichen Zeichenblatt. Die ursprünglich theoretische Idee, die euklidischen Elementar-Operationen auf einfachere Konstruktionselemente zurückzuführen, verbindet sich nun mit der praktischen Forderung nach einer schnellen, einfachen und genauen Methode zur Winkelteilung, die für astronomische Instrumente so wichtig war.

»Die Wichtigkeit der astronomischen Instrumente ließ mich meinen Entwurf einer Geometrie des Zirkels von einem günstigeren Standpunkte aus betrachten.«⁴⁹⁹⁾

Er erwartet, den Instrumentenbauern die Arbeit zu erleichtern:

»Nur die einzige Besorgnis blieb mir noch, meine neue Methode möchte zu verwickelt, zu lang und daher unbequem für die Praxis sein.«⁵⁰⁰⁾

In einem Brief teilte er 1795 einem Mailänder Bürger zwei Konstruktionen mit, um den Kreisumfang in 24 bzw. 120 Teile zu teilen. 1797 in seiner *La geometria del compasso* gibt er eine Kreisteilung in 240 Teile an. Außerdem:

»Ich theile den Kreisumfang nur durch drei Punkte in Grad und Viertelgrad, ohne auch nur um den sechsten Theil einer Secunde zu fehlen. Mit denselben Punkten theile ich ihn in Minuten, ohne in weniger als einer Secunde zu irren.«⁵⁰¹⁾

Es handelt sich hierbei natürlich um Näherungskonstruktionen. Wie diese Genauigkeitsabschätzungen zustande kommen, erfahren wir leider nicht. Die Beschäftigung mit der praktischen Aufgabe überzeugte ihn auch von der Richtigkeit seiner theoretischen Idee:

»Das ging die Theorie an. Ich wollte den Gegenstand erschöpfen, alle

⁴⁹⁵⁾Mascheroni [1825], S. VIII

⁴⁹⁶⁾Mascheroni [1825], S. VIII

⁴⁹⁷⁾Mascheroni [1825], S. IX

⁴⁹⁸⁾Mascheroni [1825], S. IX

⁴⁹⁹⁾Mascheroni [1825], S. XII

⁵⁰⁰⁾Mascheroni [1825], S. XII

⁵⁰¹⁾Mascheroni [1825], S. XIVf

Elemente für alle möglichen Fälle geben, und beweisen, daß man mit dem Zirkel allein alle Punkte finden kann, welche Euklid und die anderen Schriftsteller der Elementargeometrie mit Hülfe des Lineals und des Zirkels finden lehren.«⁵⁰²⁾

Diesen Beweis konnte er nicht streng führen. Die Voraussetzung für die Untersuchung, welche Aufgaben sich mit Zirkel und Lineal lösen lassen, wurde zwar wenig später durch Evariste Galois (1811 - 1832) geschaffen. Es dauerte aber noch bis Ende des 19. Jahrhunderts bis Ferdinand Lindemann (1852 - 1939) zum Beispiel nachweisen konnte, daß die Quadratur des Kreises mit Zirkel und Lineal nicht möglich ist.

Mascheronis *Beweis* besteht lediglich darin, daß er für die Aufgaben, »welche mir als wichtig erscheinen«, die Lösung ohne Lineal angibt:

Zum Beispiel: Bestimmung der mittleren Proportionalen, Wurzeln der Zahlen, Quadrat in Kreis ein- oder umbeschreiben, ähnliche Figuren verdoppeln, vervielfachen, aber auch *Näherungskonstruktionen* wie die Rektifikation des Kreisbogens, Quadratur des Kreises, Verdoppelung des Würfels.⁵⁰³⁾ Die theoretischen Ansprüche, die er an sich stellte, sind also nicht allzu hoch. Wir befinden uns auch erkennbar vor der Zeit des Ideals der Methodenreinheit:

»Ueberall, wo das geometrische Verfahren zur Erlangung des Resultates zu lang ward, gebrauchte ich die Rechnung, und so habe ich zugleich nach Kürze, nach lichtvoller Klarheit und Gefälligkeit, so viel wie möglich, gestrebt.«⁵⁰⁴⁾

Ein Licht auf den Erfolg seiner Arbeit wirft die deutsche Ausgabe. Der Übersetzer Grüson, fügt dem Mascheroni-Werk eine »Theorie vom Gebrauch des Popportionalzirkels« an, »weil es noch sehr viele giebt, die durch Constructionen suchen wollen, was die Rechnung ihnen bequemer und genauer geben würde.«⁵⁰⁵⁾

Dabei wollte Mascheroni mit seinen konstruktiven Lösungen z. B. der Kreisteilungsaufgabe gerade »den Gebrauch des Maßstabes unnütz [machen], für dessen von aller geometrischen Strenge entfernten Genauigkeit man nie bürgen«⁵⁰⁶⁾ könne. Gemeint ist damit u. a. der Proportionalzirkel. Er besitzt meist eine Polygonskala, auf der man die Seitenlängen der einem Kreis einbeschriebenen regulären Polygone mit sechs und mehr Ecken abgreifen kann. Also nichts anderes als eine Kreisteilungsskala. (Siehe Abb. 54)

2.2.4 Tullas graphische Näherungsmethode

Ladomus befaßte sich im dritten Band seiner »Geometrischen Constructionslehre«, den er seinem Lehrer und Chef Johann Gottfried Tulla gewidmet hat mit graphischen Lösungsverfahren.

Er erinnerte an die klassische Einteilung in Konstruktionen mit Zirkel und Lineal und solche mit Kegelschnitten oder sonstigen Kurven und skizzierte den Weg zur analytischen Geometrie, um dann die Probleme der praktischen Geo-

⁵⁰²⁾Mascheroni [1825], S. XVII

⁵⁰³⁾siehe Mascheroni [1825], S. XVIII

⁵⁰⁴⁾Mascheroni [1825], S. XIX

⁵⁰⁵⁾Grüson in Anhang zu Mascheroni [1825], S. III

⁵⁰⁶⁾Mascheroni [1825], S. XII

metrie zu diskutieren, insbesondere das der Zeichengenauigkeit.

»So lange wir es nach Aristoteles Sprachgebrauch mit nichtsinnlichen Punkten und Linien zu thun haben, d.h. so lange wir im Gebiet der reinen Geometrie uns befinden, so lange haben auch alle diese verschiedenen Auflösungsverfahren ganz gleichen Werth für das Resultat; so bald wir aber zu Erreichung technischer Zwecke sinnliche Gegenstände bilden, folglich Linienzeichen gebrauchen müssen, d. h. sobald wir Punkte und Linien nicht mehr rein geometrisch, sondern in ihrer Anwendung auf Künste betrachten; dann findet ein bedeutender Unterschied des Werthes statt zwischen Elementarconstructionen und höheren Constructionen. - Diesen näher zu beleuchten ist in einer Zeit, wie der gegenwärtigen, in welcher Industrie und Raumtechnik so rasche Fortschritte machen und ähnliche in den betreffenden Unterrichtszweigen nothwendig zur Folge haben müssen, doppelt wichtig.

Flüsse und Gebirgsketten, [...] die Linienzeichen des Gärtners, des Maurers, [...] des Zeichners, des Kupferstechers, des Geometers etc., sind aber [...] unendlich verschieden an Stoff und Ausdehnung, welche Ungleichheit einzig und allein vom Grad der Genauigkeit bedingt ist, den der technische Zweck fordert, der bald mehr, bald weniger Annäherung an mathematische Punkte und Linien verlangt.

Fordert das technische Bedürfniß, z. B. die Verzeichnung von Punkten, welche die Lage und Größe von Linien und Ebenen bestimmen, nur einiger Maßen genau, so sind in dieser Hinsicht die Leistungen der Elementarconstructionen, denen durch Kurven weit vorzuziehen, indem sich mittelst des Lineals und des Zirkels gerade Linien und Kreise weit sicherer zeichnen lassen, als krumme Linien, entweder durch stätige Verbindung rein geometrisch bestimmter einzelner Punkte, oder durch scharfsinnig erdachte Vorrichtungen und Instrumente in einem Zuge, was Jeder, der mit derartigen graphischen Arbeiten vertraut ist, zugeben muß.⁵⁰⁷⁾

Ladomus erinnert einerseits an die empirischen Versuche von Graham und Bird, mit dem Zirkel alleine höchste Genauigkeit zu erzielen, und andererseits an Mascheroni, der unabhängig von diesen »durch forschenden Geist« dem Techniker die Regeln der Geometrie des Zirkels zur Verfügung stellt. Er sieht in diesem Zusammentreffen

»einen factischen Beweis der theoretisch begründeten Wechselwirkung zwischen Theorie und Praxis«.

Er will Techniker und Theoretiker gleich angenehm überraschen und zum freien Weiterschreiten kräftigst anregen,

»denn des Theoretikers Forschungen finden früher oder später ihre Anwendung auf Künste, Gewerbe und Industrie, so wie des ausübenden Technikers mühevolleres Bestreben, durch praktische Kunstgriffe in seinen Produkten den möglichst höchsten Grad der Vollkommenheit zu erreichen, früher oder später von Theoretikern wissenschaftlich sichere, Zeit und Kosten ersparende Mittel und Regeln zur Ausführung erhält.«⁵⁰⁸⁾

Für Präzisionsaufgaben sind also Zirkel und Lineal oder besser der Zirkel alleine optimale Mittel. In Anwendungsbereichen, bei denen nicht dieselbe Genauigkeit erforderlich ist, wie etwa bei der Herstellung astronomischer Instrumen-

⁵⁰⁷⁾Ladomus [1832], S. IXf

⁵⁰⁸⁾Ladomus [1832], S. XII

te, und bei denen die mathematische Bildung auch nicht auf derselben Stufe steht, müssen Näherungsverfahren bereitgestellt werden. Er denkt dabei an

»Aufgaben aus der Geometrie descriptive, der Schattenlehre, Perspective, Land-, Wasser-, Straßen-, Brücken- und Schiffsbaukunst und ähnliche Constructionskünste.«⁵⁰⁹⁾

Ladomus bzw. Tulla forderte für die graphischen Verfahren ein Gegenstück zu den arithmetischen Näherungsverfahren wie z. B. der *regula falsi*.

»Wegen der unendlichen Verschiedenheit der Aufgaben kann aber die Hilfe nicht [...] in der Angabe von Constructionsmitteln zu einer Klasse von Aufgaben [...] bestehen, sondern muß aus einer sachgemäßen, Kräfte entwickelnden Bildung durch Anleitung und Einübung geschöpft werden, wodurch die Techniker in vorkommenden Fällen sich selbst helfen lernen.«⁵¹⁰⁾

Die Methode besteht darin, daß zur Konstruktion Kurven höherer Ordnung verwendet werden, die punktweise konstruiert werden. Zum Beispiel:

»Aufgabe 10

Es ist ein Winkel BAC und ein Punkt D gegeben. Man soll durch diesen Punkt eine gerade Linie ziehen, so daß der zwischen die Schenkel des Winkels fallende Theil dieser Linie gleich sey einer gegebenen Linie EF.«⁵¹¹⁾

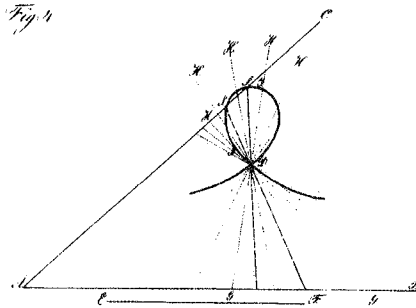


Abb. 55 Lösung der Aufgabe 10 mit der Tullaschen Näherungsmethode

In diesem Fall wird eine Konchoide mit einer Geraden geschnitten. Allerdings ist es für die Lösung nicht erforderlich, zu wissen, um welche Kurve es sich handelt. Die Konstruktionsbedingungen für die Kurve entnimmt man der Aufgabenstellung:

»Auf diese Art macht sich der Techniker die gesamte Curven-Welt dienstbar und braucht weder Namen noch sonstige Eigenschaften der Curven zu kennen; ihm sind sie nichts als geometrische Oerter, die gegebenen Bedingungen genügen.«⁵¹²⁾

Solche Art der »Konstruktion« ist nicht neu, man denke an die Quadratrix zur Quadratur des Kreises. Ladomus nennt selbst Beispiele.

»Aber noch nie ist diese Auflösmethode als eigener Unterrichtsweig

⁵⁰⁹⁾Ladomus [1832], S. XVII

⁵¹⁰⁾Ladomus [1832], S. XIII

⁵¹¹⁾Ladomus [1832], S. 22

⁵¹²⁾Ladomus [1832], S. XVI

behandelt worden. Dieß Verdienst gehört meinem innigst verehrten Lehrer und Freund, dem verstorbenen Obrist Tulla. «⁵¹³⁾

Tulla nannte diese Konstruktionen »unreine Constructionen«, Ladomus bevorzugt die Bezeichnung »Annäherungsconstructionen«⁵¹⁴⁾.

Tulla hatte Ladomus im Privatunterricht immer wieder auf diese Methode hingewiesen. Ladomus bemerkte, daß sie ihm bei seinen Reisen viele Freunde erwerben half.⁵¹⁵⁾ Da Tulla wegen seiner zahlreichen Verpflichtungen nicht dazu kam, seine Methode zu veröffentlichen, erledigte Ladomus dies für ihn. Das bemerkenswerte an dieser Methode ist eine gewisse strukturelle Ähnlichkeit mit der graphischen Statik. Statt einer großen Anzahl von Einzellösungen wird ein kalkülartiges Verfahren angegeben, das sich bei vielen unterschiedlichen Problemen nutzen läßt:

»Soll dem Industrie- und Gewerbeswesen durch Unterricht wirklich geholfen werden, so kann dies nicht durch eine Art Dressur der niedern Techniker geschehen, sondern ist nur dadurch zu erreichen, daß mit dem Minimum des theoretischen Wissens das Maximum des Könnens auf geistige Weise hervorgehoben wird. - Mit einer kleinen Summe theoretischer Lehren muß der Gewerbsmann im praktischen Leben sich selbst zu helfen wissen, und dies lernt er nur, wenn er methodisch angeleitet wurde, wie er aus gegebenen Dingen andere zu schaffen hat, welche ihm sein Vorhaben ausführen helfen, oder mit andern Worten, er muß von den Datis zur Ausführung den Weg selbst finden lernen. Dies ist und bleibt des Lehrers Hauptzweck in allen Bildungsanstalten - von der Dorfschule bis zur Universität, von der Gewerbeschule bis zur Kunstacademie, von der Werkstätte des Handwerkes bis zum Atelier des Künstlers.«⁵¹⁶⁾

Können und Verstehen werden höher bewertet als Wissen, oder mit Ladomus: eine Methode mit hohem »geistesgymnastischem« Wert.

In dem Band sind noch zwei weitere graphische Methoden von Tulla dargestellt: »Graphisches Centriren der Winkel« und »Graphische Correction der Dreiecke«.

Bei trigonometrischen Messungen muß man häufig Winkel außerhalb ihres Scheitels, also exzentrisch, messen. Aus den gemessenen Werten muß anschließend der eigentlich gesuchte Winkel bestimmt werden, er muß »Centriert« werden. Tulla hat dafür eine graphische Methode entwickelt.

Außerdem befindet sich in dieser Schrift von Ladomus auch die später sogenannte »Badische Ausgleichsmethode«, die von Tulla und Klose (1790 - 1860) in die Praxis eingeführt wurde. Diese Methode wurde auch außerhalb Badens eingesetzt und galt als tauglich genug, um in Jordans *Handbuch der Vermessungskunde*⁵¹⁷⁾ aufgenommen zu werden. Es gab auch mehrere Versuche das Verfahren weiterzuentwickeln.⁵¹⁸⁾

⁵¹³⁾Ladomus [1832], S. XVII

⁵¹⁴⁾Ladomus [1832], S. XVIII

⁵¹⁵⁾Ladomus [1832], S. XVIII

⁵¹⁶⁾Ladomus [1832], S. XX

⁵¹⁷⁾1877, 1. Bd. § 121. Siehe Genge [1887], S. 1

⁵¹⁸⁾Genge [1887], S. 1f

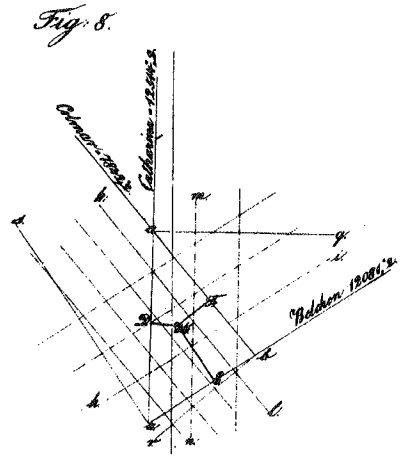
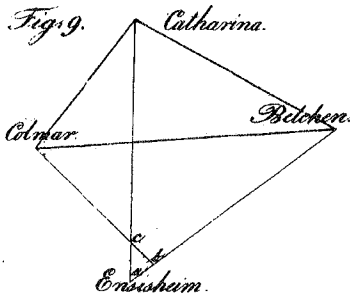


Abb. 56 Tullas graphische Ausgleichsrechnung

2.3 Vom Zeichnen zur projektiven Geometrie

2.3.1 Darstellende Geometrie

Zeichnerische Darstellungen haben bei Künstlern, Architekten, Handwerkern, Landvermessern und Militärs eine lange Tradition, dennoch wurden erst im 18. Jahrhundert die Erfahrungen und Ergebnisse systematisiert und zu einer eigenständigen, mathematischen Disziplin geformt, der darstellenden Geometrie. Ihr unbestreitbarer Begründer ist Gaspard Monge (1746 - 1818), ihm wird die Zweitafelprojektion zugeschrieben, die er auch dazu nutzte, um Sätze der räumlichen Geometrie auf solche der ebenen Geometrie zurückzuführen. Er veröffentlichte seine *Leçons de géométrie descriptive* 1794. Damit wurde die Grundlage dafür gelegt, daß das Zeichnen zur Sprache des Ingenieurs wurde. René Taton sieht die wissenschaftlichen Arbeiten von Monge zwischen 1766 und 1772, der Phase, in der er auch die darstellende Geometrie konzipierte, durch drei Merkmale bestimmt:

- einen scharfen Sinn für die geometrische Wirklichkeit,
- ein Interesse an praktischen Problemen,
- große analytische Fähigkeiten und
- die gleichzeitige Überprüfung von verschiedenen Aspekten eines einzelnen Problems.⁵¹⁹⁾

Die darstellende Geometrie war also nicht rein synthetisch, sondern verband analytische und geometrische Methoden auf fruchtbare Weise, oder um es in

⁵¹⁹⁾Siehe Taton: Monge in DSB 9, S. 470

den Worten von Felix Klein zu sagen:

Monges geometrische Schule »zeichnet sich dadurch aus, daß sie die lebhafteste räumliche Anschauung auf das natürlichste mit analytischen Operationen verbindet. Die analytische Formel ist nicht Selbstzweck, sondern nur der kürzeste Ausdruck tatsächlich angeschauter räumlicher Beziehungen; ihre Weiterentwicklung wird gewonnen auf Grund räumlicher Konstruktionen.«⁵²⁰⁾

Von vielen Mathematikern wurde die Umgestaltung der Geometrie durch Monge als eine wesentliche Voraussetzung für die stürmische Entwicklung der Geometrie im 19. Jahrhundert gesehen, so schrieb Herrmann Hankel:

»Diesen Fortschritt verdankt man aber Monge; seine Werke sind wahre Muster eleganter fließender Darstellung, frei von all jenem veralteten Rüstzeuge. Monge, der Erfinder des wissenschaftlich begründeten Zeichnens, war es, der den herkömmlichen Wust von Figuren aus der Geometrie hinausfegte, nicht weil er, wie Lagrange, die geometrische Anschauung zurückdrängen, sondern weil er sie gerade dadurch fördern wollte, daß er durch seine Beschreibung ein geistiges Bild entstehen ließ etc.«⁵²¹⁾

2.3.2 Projektive Geometrie⁵²²⁾

Poncelet entwickelte aus der theoretischen Weiterführung der darstellenden Geometrie (*Géométrie descriptive*) die projektive Geometrie. Seine Geometrie war synthetisch wie die Euklids, d. h. die geometrischen Objekte wurden unmittelbar betrachtet und nicht mittels eines Koordinatensystems durch algebraische Ausdrücke beschrieben. Allerdings ergänzte er die Euklidische Ebene durch unendlich ferne Punkte, die selbst wieder eine unendlich ferne Gerade bildeten. (Siehe Kap. 3.5.1) Unendlich ferne Punkte hatte zwar bereits Desargues (1593 - 1661) eingeführt, Poncelet gelang es jedoch im Jahre 1813 in russischer Gefangenschaft mit den unendlich fernen Punkten und mit der Methode der Projektion, überraschend einfache Beweise für eine ganze Reihe geometrischer Lehrsätze zu finden. Die Ergebnisse faßte er 1822 in seinem *Traité de propriétés projectives des figures* zusammen. Poncelet löste damit eine Revolution in der Geometrie aus, weil die unendlich fernen Elemente und die daran anknüpfende Dualität eine gewaltige Verdichtung des Stoffes ermöglichten. Diese Bewegung wurde in Deutschland durch Jacob Steiner (1796 - 1863) und Karl Georg Christian von Staudt (1798 - 1867) in synthetischem Sinne weitergeführt. Staudt verfaßte 1847 die *Geometrie der Lage*, die Culmann später seiner *Graphischen Statik* zugrunde legte.

August Ferdinand Möbius (1790 - 1868) und Julius Plücker (1801 - 1868) übersetzten die synthetischen Methoden Poncelets in die Sprache der analytischen Geometrie, dazu führten sie auf unterschiedliche Weise projektive Koordinaten ein. Möbius gewann diese Koordinaten in seinem Buch *Der baryzentrische Calcul* aus einem mechanischen Modell. Culmann verwendet in der zweiten Auflage der *Graphischen Statik* die projektiven Koordinaten von Plücker.

⁵²⁰⁾Klein [1926-27], S. 77f

⁵²¹⁾Zitiert nach Rühlmann [1885], S. 256

⁵²²⁾siehe Klein [1928], S. 10, 13; E. Kötter [1901]

In Deutschland wurde als Oberbegriff für die synthetische und die analytische projektive Geometrie lange Zeit von *neuerer Geometrie* gesprochen, ehe sich um die Jahrhundertwende der Begriff *projektive Geometrie* durchsetzte.

Die projektiven Methoden erwiesen sich besonders effektiv bei der Untersuchung der Kegelschnitte, da sie sich als Kollinearverwandtschaften des Kreises sehr kompakt behandeln lassen.

Aber sowohl Monge - *Traité élémentaire de statique*. 1788 - als auch Poncelet - *Cours de Mécanique*. 1826 und *Cours de Mécanique industrielle*. 1829 - wandten die zeichnerischen Methoden auch auf Fragen der technischen Mechanik an.

2.3.3 Das Verschwinden des Graphischen

Ein halbes Jahrhundert nach der ersten deutschen Übersetzung von Mascheronis Werk, im Jahre 1869, wollte der Grazer Professor Frischauf Mascheronis Idee eine größere Bekanntheit verschaffen. Ihm lag vor allem an dem »Beweis« dafür, daß alle Konstruktionen, die sich mit Zirkel und Lineal durchführen lassen auch mit dem Zirkel allein möglich sind.

»Ueberblickt man sämmtliche geometrische Constructionen, so sieht man, daß dieselben beim freien Gebrauch des Zirkels und des Lineals auf der Lösung folgender Aufgaben beruhen: Einen Winkel zu halbiren und zu vervielfältigen, Strecken zu addiren, subtrahiren und nach bestimmten Verhältnissen zu theilen, von gegebenen Punkten Geraden von bestimmter Länge unter bestimmten Richtungen zu ziehen, die Durchschnittspunkte von Geraden und Kreisen zu bestimmen.«⁵²³⁾

Das wäre allerdings gerade erst zu zeigen, insofern befindet sich Frischauf noch in etwa auf dem theoretischen Niveau Mascheronis. Der weitere Schluß klingt ähnlich wie bei Mascheroni:

»Wird daher nachgewiesen, daß diese Aufgaben unter den gegebenen Beschränkungen der Hülfsmittel gelöst werden können, so ist die Möglichkeit der Lösung aller Aufgaben nachgewiesen.«⁵²⁴⁾

Dies führt Frischauf in seinem Artikel durch. Die Beweise dafür verwenden algebraische Mittel.

Frischauf gab zwar einige elegantere Konstruktionen an und lieferte eine sehr kompakte Darstellung, bemerkenswert ist der Artikel aber durch das, was fehlt: Alles Graphische ist verschwunden, Näherungsverfahren interessieren nicht, nirgendwo ist von »Einfachheit« und »Genauigkeit« die Rede, Kreisteilungen spielen keine Rolle.

Mascheroni ist gereinigt, wir haben jetzt ein Stück reine Mathematik vor uns. Und hier ist die aus Mascheronis graphischer Sicht - nach dem was man oben über das Lineal gehört hat - abwegige Frage, ob sich die klassischen Konstruktionen auch mit dem Lineal alleine ausführen lassen, absolut zwingend. Folgerichtig präsentiert Frischauf neben der Geometrie des Zirkels auch eine Geometrie des Lineals.

Frischauf verweist auf Brianchon, der 1818 in seiner *Application de la théorie des transversales* sehr viele Aufgaben mit dem Lineal allein löste. Dann refe-

⁵²³⁾Frühauf [1869], S. 6

⁵²⁴⁾Frühauf [1869], S. 6

riert Frischauf Jacob Steiners Schrift *Die geometrischen Constructionen, ausgeführt mittels der geraden Linie und eines festen Kreises. Berlin 1833*. Steiner verweist auf französische Mathematiker, die »in der neuesten Zeit« »die Vermutung ausgesprochen, daß mittelst des Lineals alle Constructionen ausführbar seien, sobald in der Ebene irgend ein fester Hilfskreis gegeben ist.«⁵²⁵⁾ Zu diesen französischen Mathematikern gehörte auch Poncelet, der sich in seiner projektiven Geometrie dieser Frage annahm⁵²⁶⁾. Steiner führt den Beweis, daß sich tatsächlich alle Konstruktionen, die sich nicht alleine mit dem Lineal lösen lassen, auf eine Hauptaufgabe zurückführen lassen:

»A) die Durchschnitte einer Geraden und eines Kreises zu finden.«

Interessanterweise gibt Steiner keine theoretischen Argumente für diese Studien an, im Gegenteil reklamiert er einen praktischen Nutzen für seine Methode:

»Sind die Mascheroni'schen Constructionen für die Mechaniker und besonders zur Anfertigung astronomischer Instrumente von grossem Vortheil, wie er behauptet, so dürfen dagegen die gegenwärtigen für die Ingenieure und Feldmesser von nicht geringerem Nutzen sein, worüber ich jedoch von diesen letzteren selbst das sachverständige Urteil erwarten will.«⁵²⁷⁾

Mir ist nicht bekannt, daß seine Methode von Ingenieuren praktisch genutzt wurde, in Anbetracht der obigen Bemerkungen über die mangelnde Präzision von Linealen halte ich dies auch für eher unwahrscheinlich. Bemerkenswert genug ist allerdings, daß in den 1830er Jahren der Mathematiker noch meint, einen praktischen Nutzen vorweisen zu müssen, wenn auch der Verweis auf die Praxis hier schon zur Formel erstarrt ist.

Während z. B. Rudolf Sturm in seiner *Darstellenden Geometrie* von 1900 beklagt, daß in der Prüfungsordnung für Lehramtskandidaten an preußischen Universitäten die darstellende Geometrie zur angewandten Mathematik gerechnet wurde: »sie ist nicht bloß angewandte Mathematik«⁵²⁸⁾, gerade so als sei diese Zuordnung rufschädigend.

2.3.4 Methodenreinheit

Die geringere Bewertung der Anwendung stand im Zusammenhang mit dem Ende der Mathematik als Naturwissenschaft. Die nicht-euklidischen Geometrien, die in den 1830er Jahren bekannt wurden, hatten den Modell-Charakter der Geometrie aufgedeckt: Wenn es verschiedene Geometrien gibt, dann kann die Geometrie keine empirische Raumwissenschaft sein.

Dies und die Probleme in der Analysis mit dem Grenzwertbegriff waren sicherlich Motive für eine stärkere mathematische Selbstreflexion, ein insgesamt geschärftes Interesse für Grundlagenfragen, kurz die Konzentration auf die reine Mathematik. Eine Folge davon war die Tendenz zur Methodenreinheit. Die

⁵²⁵⁾Auch hier muß auf G. Mohr verwiesen werden, der in seinem *Compendium Euclidis Curiosum*, niederl. 1673, engl. 1677, die Lösbarkeit aller mit Zirkel und Lineal lösbarer Aufgaben auch mit Lineal und einem Zirkel fester Öffnungsweite untersuchte.

⁵²⁶⁾Poncelet [1822], S. 187

⁵²⁷⁾Steiner [1833], S. 464

⁵²⁸⁾Sturm [1900], S. III

Methode rückt in den Mittelpunkt des Interesses neben, zuweilen auch vor, die substantiellen Ergebnisse.

Im Gebiet der Mechanik erhielt die Methodenreinheit eine spezifische Ausprägung: Die Reduktion der Mechanik auf geometrische Begriffe.

Heinrich Emil Timerding (1873 -1945) charakterisierte dieses Ziel in einer kurzen Würdigung der Schraubentheorie von Sir Robert Stawell Ball:

»Als Ausfluß des britischen Geistes zeigt sie auch in den Partien, die sich scheinbar von aller praktischen Verwendbarkeit weit entfernen, ein feines Gefühl für das Wesen und die Ansprüche der Wirklichkeit. Dagegen sucht sie in keiner Weise die methodische Einheit und Reinheit zu erreichen, die wir Deutschen als das Endziel aller wissenschaftlichen Arbeit anzusehen gewohnt sind. Sie wird mehr wie eine geometrische Illustration der Mechanik gegeben, als daß sie aus sich heraus die Mechanik in einer besonderen Gestalt organisch erzeugt.

Dies letztere aber erscheint uns als der eigentliche Zweck, den eine Geometrie der Kräfte zu verfolgen hat. Sie muß, so meinen wir, als eine Disziplin auftreten, die sich um den einzigen Begriff der Kraft als ihren Angelpunkt dreht und diesen Begriff in einer mathematischen Entwicklung zu erfassen trachtet. Sie hat den Begriff der Kraft zu befreien von den physiologischen, physikalischen und methaphysischen Merkmalen, die ihm ursprünglich anhaften, ja sein Wesen ausmachen. Sie löst sich damit los von dem empirischen Grunde, auf dem sie erwachsen ist, und hat von der Erfahrung nicht mehr ihre Bestätigung, sondern ihre Wertung zu empfangen.«⁵²⁹⁾

Im Vorgriff auf die graphische Statik füge ich noch einen Satz aus einer Besprechung der deutschen Übersetzung des graphischen Rechnens von Cremona an, in der lobend hervorgehoben wird:

»Es ist ein Genuss, diese von echt wissenschaftlichem Geiste durchwehte kleine Schrift durchzustudieren, welche die Grundlehren der graphischen Statik, ganz der Bedeutung der Kraftgrößen und Momente entkleidet, in dem geometrischen Gewande gibt.«⁵³⁰⁾

Timerding sah übrigens in Otto Mohrs *Theorie der Streckensysteme*⁵³¹⁾, einen »bemerkenswerten Versuch« bei der Realisierung der »fast selbstverständlich klingende Forderung, das, was an der Mechanik rein mathematischer Natur ist, auch rein mathematisch darzustellen.«⁵³²⁾

Die Methodenreinheit nahm gegen Ende des Jahrhunderts den Charakter einer ästhetischen Maxime an. Immer wieder kann man Sätze wie den folgenden lesen:

»Wie ein schriller Pfiff in eine harmonische Musik tönt es herein, wenn z. B. in Schröters Abhandlung über die Clebschschen Configurationen, die im Allgemeinen projectiv gehalten ist, plötzlich eine quadratische Gleichung aufgelöst wird.«⁵³³⁾

⁵²⁹⁾Timerding [1908], S. V

⁵³⁰⁾ZVDI 21 (1877), S. 41

⁵³¹⁾Mohr [1888]

⁵³²⁾Timerding [1908], S. VI

⁵³³⁾Johann Thomae: Die Kegelschnitte in rein projectiver Behandlung. Halle 1894. Zitiert nach der Besprechung von F. Schütte. ZfMPh 40 (1895), S. 514

Friedrich Engel (1861 - 1941) analysierte 1890 in seiner Antrittsvorlesung an der Universität Leipzig unter dem Titel *Der Geschmack in der neueren Mathematik* die Tendenz zur Methodenreinheit. Er konstatiert zunächst, daß ästhetische Argumente eine erhebliche Rolle spielen und versucht dann herauszufinden, wie man Mathematik betreiben muß, um diese ästhetischen Gefühle zu befriedigen. Die Gesichtspunkte, die er dabei herausarbeitet, sind gerade die Voraussetzungen für die Arithmetisierung von Teilgebieten. Methodenreinheit als Vorlauf zur Strukturmathematik.

Der alte Gedanke der synthetischen Geometrie, daß »die geometrische Betrachtung eine Betrachtung der Sache an sich selbst und daher die natürlichste ist«⁵³⁴⁾ setzt sich durch in der Arithmetisierung der Geometrie. Die Grassmannsche Ausdehnungslehre bzw. die Vektorrechnung bilden die neuen Gebiete, in denen am besten das Ziel realisiert wird, mit den Dingen selbst zu rechnen.

2.3.5 Methodenreinheit als pädagogisches Programm

Die Reform der Geometrie zog auch verschiedene Versuche nach sich, den Geometrieunterricht an den Schulen und Hochschulen umzugestalten. Auch hier stand die Methode im Vordergrund: das euklidische Sammelsurium sollte einheitlich durchgestaltet werden.

Geometrie als Geistesgymnastik von Ladomus war nur einer dieser Versuche. Der dänische Mathematiker Julius Petersen, der auch über graphische Statik veröffentlicht hat, betonte das Methodische bei der Behandlung der Konstruktionsaufgaben. In einem Buch mit dem Titel *Methoden und Theorien zur Auflösung geometrischer Constructionsaufgaben* aus dem Jahre 1879 - dänische Estauflage 1866 - versucht er einerseits zu lehren, wie man »Constructionsaufgaben anfassen« muß und andererseits die »Ideen« und »Gedankenbewegungen« der Lösungen sichtbar zu machen. Im übrigen sieht er geometrische Konstruktionsaufgaben deshalb für unverzichtbar an, da sie in hohem Grade »das Beobachtungs- und Combinationsvermögen [...] schärfen und das Nachdenken [...] logisch machen«⁵³⁵⁾

Die nachhaltigste Wirkung ging von den Reformvorschlägen Wilhelm Fiedlers aus. Er formulierte seine Ziele mit einem Steiner-Zitat aus dem Jahre 1832:

Er wolle versuchen, »den Organismus aufzudecken, durch welchen die verschiedenartigsten Erscheinungen mit einander verbunden sind. Es giebt eine geringe Zahl von ganz einfachen Fundamentalbeziehungen, worin sich der Schematismus ausspricht, nach welchem sich die übrige Masse von Sätzen folgerecht und ohne alle Schwierigkeit entwickelt. [...] Es tritt Ordnung in das Chaos ein und man sieht, wie alle Theile naturgemäss in einander greifen, in schönster Ordnung sich in Reihen stellen und verwechselte sich in wohlbegrenzten Gruppen vereinigen.«⁵³⁶⁾

Fiedler wechselte 1867 auf Betreiben Culmanns als Nachfolger von Deschwandens aus Prag an das Züricher Polytechnikum und zwar als Professor für *Darstellende Geometrie und Geometrie der Lage*. Schon in der Lehrstuhl-

⁵³⁴⁾Möbius [1827], zitiert nach Weyrauch [1874 Gr. Stat.], S. 364f

⁵³⁵⁾Petersen [1879], S. 1

⁵³⁶⁾Jacob Steiner zitiert nach Fiedler [1877], S. 84f

bezeichnung wird klar, daß Culmann mit der Berufung Fiedlers sein Ziel erreicht hat, die Geometrie der Lage voll in den Lehrplan zu integrieren. Noch 1866, im Vorwort seiner *Graphischen Statik*, hatte er über die Mühen geklagt, die es ihn gekostet hatte, nur eine regelmäßige Vorlesung in dieser Disziplin am Polytechnikum zu etablieren.⁵³⁷⁾ Fiedler hatte sich schon 1862 in seiner Zeit an der höheren Gewerbeschule in Chemnitz um die Verbreitung der Geometrie der Lage bemüht. Insbesondere versuchte er, die hauptsächlichsten Theorien der neueren Geometrie in ihrer analytischen Form darzustellen.⁵³⁸⁾

Im Jahre 1863 formulierte er zum ersten Mal seine Reformvorstellungen⁵³⁹⁾, 1867 skizzierte er in seiner Schrift über *Die Methodik der darstellenden Geometrie [...]* ein Programm, nach dem die darstellende Geometrie auf die Geometrie der Lage gegründet werden kann.

Zu seinen Vorläufern bei der Präsentation der darstellenden Geometrie als Projektionswissenschaft nannte er die Professoren Guido Schreiber aus Karlsruhe und Karl Wilhelm Pohlke (1810 - 1876) aus Berlin. Schreiber hat 1839 in seinem Werk *Geometrisches Portfolio* immerhin die Zentralprojektion in den Bereich der darstellenden Geometrie aufgenommen.⁵⁴⁰⁾ Bei Schreiber hat Culmann wie erwähnt darstellende und praktische Geometrie gehört. Pohlke hat als erster eine Methodik der Projektions- und Modellierungs-Methoden angegeben.⁵⁴¹⁾

In Zürich hatte Reye für Fiedler schon vorgearbeitet, indem er auf Anregung Culmanns die Staudtsche Geometrie der Lage in eine verständlichere Form brachte. Er las seit 1864 Geometrie der Lage als Basis für Culmanns Vorlesung über graphische Statik. 1866 bis 1868 veröffentlichte er in erster Auflage seine *Geometrie der Lage*, die bis 1909 fünf Auflagen erlebte.

Culmann stützte sich auf Staudts anerkanntermaßen substanzreiches und ebenso unbestritten schwer lesbares Werk. Reye schrieb im Vorwort zu seinem Buch, daß er zur Herausgabe seiner Vorlesungen

»durch ein Bedürfnis veranlaßt [wurde], welches seit längerer Zeit am hiesigen Polytechnikum, und vielleicht schon in weiteren Kreisen sich fühlbar macht. Nämlich die wichtigen Konstruktions-Methoden, mit denen Culmann die Ingenieurwissenschaften bereichert hat, und die in seinem Werke *Die graphische Statik* (Zürich 1866) veröffentlicht sind, gründen sich zum großen Teile auf die neuere Geometrie; die Kenntnis der Geometrie der Lage ist deshalb den Ingenieurschülern unserer Anstalt unentbehrlich geworden. Durch vorliegende Arbeit nun versuche ich dem Mangel eines Lehrbuches abzuhelpen, welches den Studierenden in gedrängter Form den erforderlichen Stoff darbietet. [...]

Selbstverständlich mußte ich mich der von Culmann adoptierten Terminologie bedienen und sogar bis zu einem gewissen Grade dem Lehrgange desjenigen gehaltvollen Werkes folgen, welchem sie entnommen ist, nämlich der *Geometrie der Lage* von Staudt.«⁵⁴²⁾

⁵³⁷⁾Culmann [1864-66], S. IX

⁵³⁸⁾Fiedler [1862], S. 7-41

⁵³⁹⁾Fiedler [1863]

⁵⁴⁰⁾Fiedler [1871], S. VII

⁵⁴¹⁾Siehe Fiedler [1871], S. VII

⁵⁴²⁾Reye [1909] Vorwort zur ersten Auflage S. V

»Eine Hauptaufgabe des geometrischen Unterrichts scheint mir nun die zu sein, das Vorstellungsvermögen des Lernenden zu üben und auszubilden; und ich glaube, daß diese Aufgabe am besten auf dem Wege gelöst wird, den Staudt eingeschlagen hat. Er schließt nämlich alle mehr oder minder komplizierten Rechnungen aus, welche die Vorstellungskraft nicht beanspruchen, zu deren Verständnis vielmehr eine gewisse mechanische Fertigkeit erforderlich ist, die mit der Geometrie an sich wenig zu schaffen hat. Dafür aber gelangt Staudt durch direkte Anschauung zur Erkenntnis der geometrischen Wahrheiten, auf welche er die Geometrie der Lage gründet.«⁵⁴³⁾

Ich »habe meinen Vorträgen Figuren hinzugefügt, Staudt hat diese Hilfsmittel nicht benutzt, indem er wohl von ähnlichen Ansichten geleitet sein mag, wie die von Steiner gelegentlich ausgesprochene, daß stereometrische Betrachtungen nur dann richtig aufgefaßt seien, wenn sie rein, ohne alle Versinnlichungsmittel, nur durch die innere Vorstellungskraft angeschaut werden.«⁵⁴⁴⁾

Fiedler empfahl in seiner Programmschrift zum Unterricht in darstellender Geometrie, mit der Geometrie der Lage zu beginnen, wenn elementarere Kenntnisse in darstellender Geometrie vorausgesetzt werden können. Am Ende bemerkt er dann:

»Auf dem hier betretenen Wege kann man die Methoden der Geometrie der Lage im ganzen Umfange fruchtbar machen für die wissenschaftliche Entwicklung der darstellenden Geometrie. [...] Die Entscheidung der Hauptfrage selbst über die *Verbindung der Geometrie der Lage mit der darstellenden Geometrie zur Förderung und Hebung der Letzteren* ist aber für große Gebiete des höheren wissenschaftlichen Unterrichtes von Wichtigkeit und kann nicht mehr allzulange verschoben werden.«⁵⁴⁵⁾

In der Vorrede zur 1. Auflage seiner *Darstellenden Geometrie*, die aus seinen Vorlesungen in Prag und Zürich hervorging, schrieb er im Jahre 1871:

»Der Entwicklungsgang, welchen ich befolge, ist in der Aufgabe der darstellenden Geometrie an der technischen Hochschule der Gegenwart und ihrer Stellung im Unterrichts-Organismus derselben begründet. Natürlich sind beide durch die Herausbildung der technischen Schulen zu Hochschulen der Mathematik und der Naturwissenschaften, die sie jetzt sein müssen, um ihre Aufgaben zu erfüllen, wesentlich beeinflusst worden.«

»Dagegen hat man im Fortschritt jener Entwicklung immer mehr erkennen müssen, daß die eigentliche Aufgabe dieses Unterrichts die wissenschaftliche Entwicklung und Durchdringung des Vermögens der Raumanschauung sei, und daß diese Aufgabe nicht wohl durch die Ueberlieferung einer blossen Methode der Darstellung und einer Anzahl technisch notwendiger oder brauchbarer Constructionen erfüllt werden kann. Und wenn Monge und seinen nächsten Nachfolgern die darstellende Geometrie hingestellt werden konnte als die Anwendung auch von Lehrsätzen, die anderwärts und zwar analytisch bewiesen wurden, zur Begründung der Constructionen, die in den verschiedenen Zweigen des Ingenieurwe-

⁵⁴³⁾Reye [1909] Vorwort zur ersten Auflage S. VI

⁵⁴⁴⁾Reye [1909] Vorwort zur ersten Auflage S. VII

⁵⁴⁵⁾Fiedler [1867], S. 82

sens gebraucht werden, so hat die fortschreitende Arbeitstheilung im Gebiete des höheren Unterrichts eine dem entsprechende Behandlung immer mehr als unwissenschaftlich und als ganz unverträglich mit dem Character einer Hochschule herausstellen müssen.«⁵⁴⁶⁾

Wegen dieser mangelnden Methodenreinheit hatte man erwogen, sie an die Vorbereitungsschulen zu verweisen, aber sicherlich zu Unrecht,

»denn die Durchbildung des Raumanschauungsvermögens ist für den Techniker ebenso wichtig und nothwendig als im erforderlichen Umfang auf früheren Stufen des Unterrichts unerreichbar.«⁵⁴⁷⁾

Darstellende Geometrie an der Hochschule muß den Schülern soviel »Arbeitslust und Liebe« abgewinnen, daß ihnen die große Zahl mühsamer Constructionen nicht zu lästig wird⁵⁴⁸⁾

»nur durch solch vielseitige geistige und graphische Arbeit kann jenes eigentliche zugleich im höchsten Sinne practische Ziel der Wissenschaft, die Durchbildung der Raumauffassung, erreicht werden; es ist die *Durchbildung an Hand der zeichnerischen Darstellung, aber mit dem Endziele, die ideelle Anschauung so lebendig und so sicher zu machen, daß jene, die Zeichnung, ganz oder doch auf weiten Strecken erspart werden kann.*«⁵⁴⁹⁾

Das Lehrbuch von Schlesinger *Die darstellende Geometrie im Sinne der neueren Geometrie*⁵⁵⁰⁾, das sich auf Fiedler beruft, fand dennoch keine Zustimmung bei Fiedler, weil er

»die dogmatische nicht aus der Anschauung der Projection im Raum begründeten Einführung des Begriffs der 'Projection in der Ebene' vom Standpunkt der darstellenden Geometrie aus für einen Rückschritt und gerade auch für elementare Zwecke für ganz unpädagogisch«⁵⁵¹⁾ hielt.

Die darstellende Geometrie ist für Fiedler die natürliche Einführung in die Geometrie der Lage und die Geometrie der Lage das wissenschaftliche Fundament und Gerüst der darstellenden Geometrie:

»Ich halte aber auch das für einen Vorzug dieser Verbindung der Geometrie der Lage mit der darstellenden Geometrie, daß dadurch die metrischen und projektivischen Eigenschaften in ihrem Zusammenhang gezeigt und die Uebergänge zwischen ihnen gerade besonders beleuchtet werden. Die Geometrie der Lage enthält ja die Geometrie des Maasses als einen Theil; die Theorie der Involution führt von jener zu dieser.«⁵⁵²⁾

Fiedler fand mit seiner Auffassung von darstellender Geometrie an diversen Hochschulen Nachahmer, ich nenne hier nur Guido Hauck⁵⁵³⁾ in Tübingen bzw. Berlin und Josef Schlesinger in Wien. Beide plädierten wie auch Fiedler⁵⁵⁴⁾ für die Reform des Mittelschulunterrichts im Sinne der neueren Geometrie⁵⁵⁵⁾.

⁵⁴⁶⁾Fiedler [1871], S. IV

⁵⁴⁷⁾Fiedler [1871], S. IVf

⁵⁴⁸⁾Dabei war Fiedler - siehe Abschnitt 1.9.3 - allerdings nicht immer erfolgreich.

⁵⁴⁹⁾Fiedler [1871], S. V

⁵⁵⁰⁾Schlesinger [1870]

⁵⁵¹⁾Fiedler [1871], S. VII

⁵⁵²⁾Fiedler [1871], S. XII

⁵⁵³⁾Hauck [1874] und [1877], Hauck [1881], S. 353ff

⁵⁵⁴⁾Fiedler [1877]

⁵⁵⁵⁾Schlesinger [1870], S. II

Was allerdings an den Real- und Mittelschulen nicht einhellige Zustimmung fand. Johann Karl Becker aus Wertheim zum Beispiel hält diese Art der Reform für »vollständig misslungen«, vor allem, wenn man den Lernerfolg der »Mehrzahl der Schüler zu Grunde legt«. ⁵⁶⁶⁾

Auch Schlesingers Hauptziel war die »Ausbildung des Vorstellungsvermögens räumlicher Formen« ⁵⁶⁷⁾, da er aber sowohl perspektive Zeichnung - mißverständlich - als auch fertige Modelle - »der Ausbildung des mit Denken verbundenen Sehens nachteilig« - ablehnte, mußten seine Schüler selbst Modelle herstellen.

Neben Fiedler, Hauck und Schlesinger arbeiteten unter anderen auch Christian Paulus, Ludwig Burmester in Dresden und München, Christian Wiener in Karlsruhe, Theodor Reye und Wilhelm Stahl in Aachen und Rudolf Staudigl in Wien an der Verbindung von darstellender und projektiver Geometrie. Paulus entwarf eine *Zeichnende Geometrie*, die eine Brücke zwischen Geometrie und Zeichnen bilden sollte. ⁵⁶⁸⁾

Nach der Jahrhundertwende gab es zwar noch vereinzelt die Vorstellung, daß die darstellende Geometrie als »eine Versinnlichung der abstrakten projektiven Geometrie« ⁵⁶⁹⁾ zu dienen habe, tendenziell kann man aber eher verfolgen, daß die projektive Geometrie aus der darstellenden Geometrie wieder verschwindet.

Die projektive Geometrie, die aus der darstellenden Geometrie hervorgegangen ist, sicherte also der darstellenden Geometrie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts den wissenschaftlichen Nimbus, den sie benötigte, um sich an den Technischen Hochschulen zu halten. Umgekehrt wirkte die darstellende Geometrie als Problemlieferant und Impulsgeber befruchtend auf die projektive Geometrie, damit wurde zugleich der wissenschaftliche Status der projektiven Geometrie als Basisdisziplin für andere wissenschaftliche Gebiete erhöht.

In einem vorweggenommenen Rückblick könnte man sagen, daß das, was eben für die darstellende Geometrie festgestellt wurde, auch für die graphische Statik gilt, und im übrigen auch für die Kinematik, die uns ansonsten nicht beschäftigt, wenn auch der Vergleich zwischen graphischer Statik und Kinematik ausgesprochen lohnend wäre:

- Beide haben enge Beziehungen zur projektiven Geometrie und zu technischen Anwendungen.
- Beide sind Disziplinen über die versucht wurde, eine technische Teildisziplin zu verwissenschaftlichen. Culmann mühte sich, durch die graphische Statik dem Bauingenieurwesen ein wissenschaftliches Fundament zu geben, Reuleaux wollte dasselbe mit der Kinematik für das Maschineningenieurwesen. Culmann und Reuleaux hatten zudem noch beide in Karlsruhe studiert und am Züricher Polytechnikum ihre wissenschaftliche Karriere begonnen.
- Allerdings bemühte sich Culmann letztlich erfolglos um die Anerken-

⁵⁶⁶⁾Becker [1880], S. 5

⁵⁶⁷⁾Schlesinger [1870], S. II

⁵⁶⁸⁾Siehe Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 383

⁵⁶⁹⁾Emil Müller [1905]

nung der graphischen Statik als mathematische Disziplin. Die Kinematik dagegen war schon vor Reuleaux, insbesondere durch Ampère, als mathematisches Fach eingeführt worden. Vor allem Victor Mayor Amédée Mannheim (1831 - 1906) etablierte sie dann durch seine zahllosen Veröffentlichungen fest im mathematischen Fächerkanon, unter den Bezeichnungen kinematische Geometrie oder theoretische Kinematik.

2.4 Culmanns graphische Vorarbeiten

Culmanns Interesse für graphische Methoden läßt sich bis zu seinen ersten Veröffentlichungen zurückverfolgen. Die Fachwerktheorie in seinem Reisebericht aus dem Jahre 1851 ist zwar eine analytische Theorie, aber bereits sie enthält graphische Verfahren.

Im zweiten Kapitel dieses Reiseberichts behandelt Culmann zunächst die Theorie der Fachwerkbrücken. Er betrachtet eine halbe Fachwerkbrücke (Abb. 57) und stellt dazu Gleichgewichtsbedingungen auf. Dann fährt er weiter:

»Dasselbe Resultat erhält man auch, wenn man in dem aus einem horizontalen Zugband AB [Abb. 58] und einer Strebe BC gebildeten Sprengwerk ABC den Druck bestimmt, den der unter GH liegende Theil G'H' auszuhalten hat. [...] Man kann sich daher *vorstellen*, das Strebensystem zwischen den beiden Streckbäumen sei dadurch gebildet worden, daß man das Sprengwerk ABC durch horizontale Linien in so viele Theile theilte als Fächer vorhanden sind, und diese einzelnen Theile übereinander gelegt hat. Der Druck in irgend einer Strebe wird dem Druck in dem unter ihr liegenden Strebentheile des vollständigen Sprengwerkes immer entsprechen.«⁵⁶⁰⁾

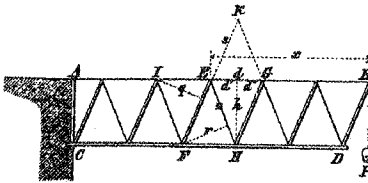


Abb. 57 Culmanns Fachwerktheorie⁵⁶¹⁾

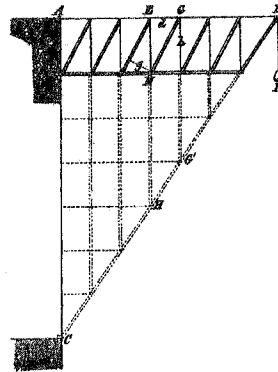


Abb. 58 Culmanns Fachwerktheorie⁵⁶²⁾

Der Vergleich des Fachwerkes mit dem einfachen Sprengwerk ist für die Herleitung der Gleichgewichtsbedingungen unnötig, er dient dazu, die Theorie verständlicher zu machen. Als pädagogisches Mittel verweist Culmann dabei

⁵⁶⁰⁾Culmann [1851], S. 87. Hervorhebung BM.

⁵⁶¹⁾Culmann [1851], S. 89, Fig. 3

⁵⁶²⁾Culmann [1851], S. 89, Fig. 2

auf die Förderung und Nutzung des Vorstellungsvermögens. Das Dreiecksprengwerk wird zu einem Fachwerkträger zusammengeschoben, diese Verwandlung soll die Statik des Fachwerks sichtbar machen. Offensichtlich hat Culmann den Eindruck, daß ein Gleichungssystem alleine die statischen Verhältnisse nicht durchsichtig macht.

Wenige Seiten später folgt ein weiterer Versuch, die Statik des Fachwerks durch eine anschauliche Transformation begreiflich zu machen. Er leitet als zweites Beispiel für seine Theorie die Gleichgewichtsbedingungen für eine Howesche Brücke her. Am Ende verweist er nochmals auf die Abb. 57 und fügt dann eine weitere Veranschaulichung an

»Man kann sich demnach die Fachwerkbrücke dadurch erzeugen denken, daß man den oberen Theil ABC [siehe Abb. 59] eines gewöhnlichen Sprengwerkes DBE geradezu abnimmt und nach A'B'C' heruntersetzt. Die beiden Hängeeisen AA' und CC' haben dann natürlicher Weise das Gewicht sämtlicher zwischen ihnen vertheilten Lasten zu tragen. Der Druck in AD hat sich während dessen gar nicht geändert.«⁵⁶³⁾

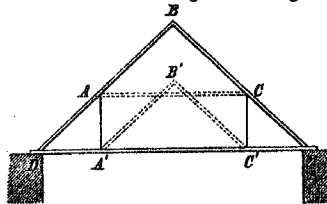


Abb. 59 Culmanns Fachwerktheorie⁵⁶⁴⁾

Die analytische Methode wird also von Veranschaulichungsversuchen unterstützt. Ich werde in Anlehnung an Kurrer⁵⁶⁵⁾ von Visualisierungen sprechen, um den philosophisch allzu schillernden Begriff der Anschauung zu vermeiden. Man kann also hier schon vermuten, daß für Culmann Verstehen eng mit Sehen verbunden ist. Erklären heißt dann zeigen oder eben zeichnen.

Das erste graphische Verfahren, das Culmann angibt, geht unmittelbar aus diesen Visualisierungen hervor.⁵⁶⁶⁾ Die visualisierende Erklärung wird zum Berechnungsverfahren.

Die Aufgabe, die hier graphisch behandelt wird, ist die Frage nach der »vorteilhaftesten Neigung« der Streben, wenn alle Streben gleichen Durchmesser haben sollen. Die Neigungen, die sich dabei analytisch ergeben, lassen sich konstruktiv bestimmen, wenn man »sich vorstell[t], die Brücke sei aus dem öfters abgebrochenen, in Form eines Kreises gesprengten Bogen gebildet worden.«⁵⁶⁷⁾ Die Streben des Fachwerks sind also die parallel nach unten geschobenen Teile des Bogens.

⁵⁶³⁾Culmann [1851], S. 89

⁵⁶⁴⁾Culmann [1851], S. 89 Fig 6

⁵⁶⁵⁾Kurrer [1994], S.

⁵⁶⁶⁾Culmann [1851], S. 89

⁵⁶⁷⁾Culmann [1851], S. 91

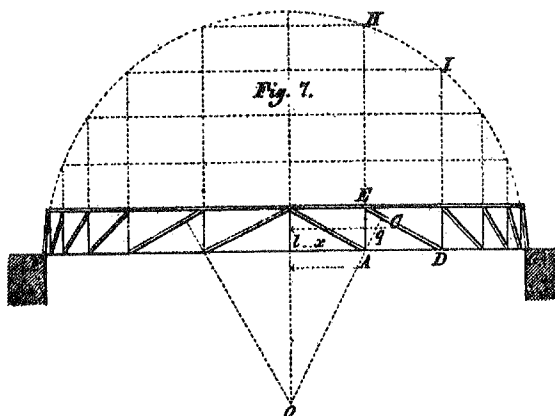


Abb. 60 Culmanns Fachwerktheorie

Bei diesem Beispiel soll das graphische Verfahren die statische Berechnung visuell erklären. Culmann spricht hier nicht einmal aus, daß er mit dieser Visualisierung eine graphische Lösung angibt.

Jedenfalls steht die Einfachheit, die Poncelet für seine graphischen Verfahren ins Feld führt, bei diesem graphischen Verfahren nicht im Vordergrund.

Im dritten Kapitel, in dem Culmann die Fachwerktheorie anwandte, um die Tragfähigkeit einiger Brücken zu analysieren, untersuchte er auch einige Bogenbrücken. Als letzte befaßte er sich mit der Kaskade-Brücke auf der New York-Erie-Eisenbahn. Die Statik des Bogens wird approximativ analysiert, indem er den Bogen als Gewölbe behandelt. Eine gute Gelegenheit für die Anwendung der graphischen Gewölbetheorie von Poncelet.⁵⁶⁸⁾ Das stärkste Argument dafür ist die Einfachheit, aber auch hier sieht Culmann in der Visualisierung einen willkommenen zusätzlichen Nutzen:

»Die Berechnung der Mittellinie und des Momentes aller am Bogen wirkenden Kräfte führt zu äußerst langwierigen Rechnungen; da aber *Einfachheit* das Hauptergebnis der Formeln und Operationen ist, deren sich der Techniker bedienen soll, so habe ich hier zur graphischen Methode von Poncelet gegriffen, und zwar um so mehr, als diese zu gleicher Zeit ein *deutliches leicht zu überschauendes Bild* von den am System wirkenden Kräften und ihrem Wachsen und Abnehmen gibt.«⁵⁶⁹⁾

Einfachheit ist nicht das Stichwort, das einem als erstes einfällt, wenn man die folgende Abbildung 61 sieht. Fig. 1 und 5 stellen das approximierende Gewölbe dar. Die Gewölbehälfte wird wie bei Poncelet in sieben Gewölbesteine eingeteilt.

Fig. 2 (siehe Ausschnittvergrößerung Abb. 62) ist ein Seilpolygon, mit ihm wird die Wirklinie der Resultierenden aller Kräfte am Bogen konstruiert.

⁵⁶⁸⁾Culmann [1851], S. 120-127

⁵⁶⁹⁾Culmann [1851], S. 120. Hervorhebung BM

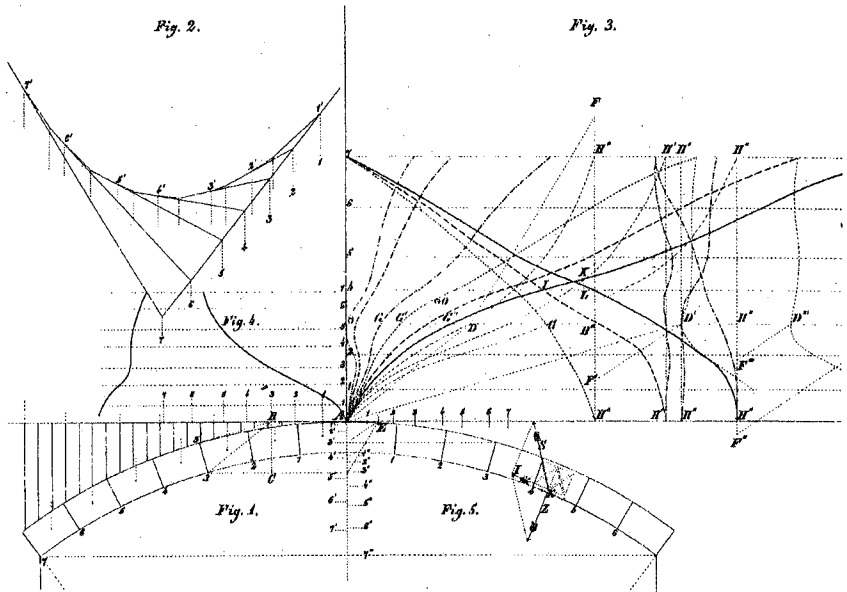


Abb. 61 Poncelets graphische Gewölbetheorie bei Culmann⁵⁷⁰⁾

Die Drucklinien sind in Fig. 3 auf der Abszisse AY aufgetragen. Die Kurven, die im Ursprung A beginnen, sind die Kurven des unteren Bogens, die anderen gehören zum oberen Bogen. Die unterschiedlichen Stricharten kennzeichnen die Kurven für unterschiedliche Belastungsarten. Z.B.:

- durchgezogene Linie: Ganze Brücke mit 2000 Lbs je Fuß belastet.
- punktierte Linie: unbelastete Brücke
- - - - - Strich, doppelt punktiert: Hälfte der Brücke mit 2000 Lbs je Fuß belastet, die andere Hälfte unbelastet.

Fig. 3.

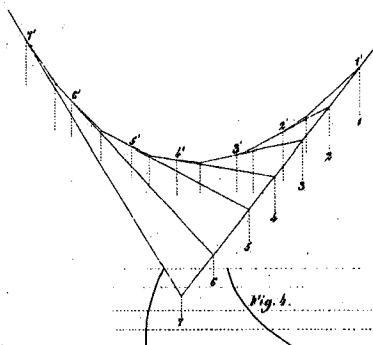


Abb. 62 Ausschnittvergrößerung aus Abb. 61

⁵⁷⁰⁾Culmann [1851], S. 123

Culmanns erste Züricher Veröffentlichung erschien im Jahre 1856, es war ein zwanzigseitiger Artikel *Über die Gleichgewichtsbedingungen von Erdmassen*. Er blieb also zunächst schon vom Gegenstand her ganz in der Spur von Poncelet. Ebenso erwies er sich in der Methode zunächst als dessen getreuer Schüler: Analytische Herleitung und graphische Übersetzung.

Und auch im Ansatzpunkt folgte Culmann Poncelet, auch er motiviert die graphischen Verfahren durch die Komplexität und Unübersichtlichkeit der Formeln:

»Die Formeln über die Gleichgewichtsbedingungen von Erdmassen gehören mit zu den compliciertesten der Statik, und obgleich die Resultate sich unter eine sehr einfache Form bringen lassen, so ist die Ableitung derselben gewöhnlich äußerst langwierig. [...Ziel ist es daher,] hier eine directe und sehr einfache Ableitung des Erddrucks kennen zu lernen, die ausser der Einfachheit noch den grossen Vortheil besitzt, immer die wirkenden Kräfte evident zu halten, in dem dieselben nie durch ein Labyrinth algebraischer Deductionen der direkten Anschauung entzogen werden.«⁵⁷¹⁾

Und auch in diesem Vorspann werden die beiden für Culmann wichtigsten Argumente für graphische Methoden ausgesprochen: Einfachheit und Visualisierung. Dabei ist die Forderung nach der Sichtbarkeit nun schon weiter getrieben. Es geht nicht nur um ein leicht durchführbares graphisches Verfahren, sondern auch um eine graphische Herleitung.

Damit hat Culmann erstmals die eigentliche Konzeption, die Philosophie seiner graphischen Methoden ausgesprochen. Die graphischen Methoden sollen zwar einen hohen pragmatischen Nutzen haben, aber sie sollen zudem das statische Problem »evident« und der »direkten Anschauung« zugänglich machen.

Culmann wünscht also keinen Benutzer der graphischen Verfahren, der sich vertrauensvoll der Mechanik des Zeichnens anvertraut, sondern er erwartet einen Ingenieur, der in jedem Augenblick in der Konstruktion das statische Problem sieht. Die Konstruktion ist zugleich Lösungsmethode und Verständnismittel.

In all seinen Arbeiten zur Untersuchung des Erddruckes und der Stabilität von Stützmauern benutzte Culmann das oben erläuterte Coulomb-Prinzip, also das »Princip des abrutschenden Prismas vom größten Druck«. Die von Rankine, Winkler und Lévy⁵⁷²⁾ entwickelten Ansätze griff er nicht auf.⁵⁷³⁾

In der Arbeit von 1856 beschränkte sich Culmann im ersten Teil auf »Erdmassen«, es ging also um Gleichgewichtsbedingungen für aufgeschüttete Dämme, die nicht durch Mauern abgestützt werden.

Er ging von der natürlichen Böschung aus. Unter diesem Winkel kann das Material beliebig hoch aufgeschüttet werden. Ist die Böschung steiler als die natürliche Böschung, dann bleibt sie bis zu einer gewissen Höhe ebenfalls noch stabil, und zwar je steiler die Böschung ist, desto kleiner ist diese Höhe. Culmann wollte den Zusammenhang bestimmen zwischen dem Böschungs-

⁵⁷¹⁾Culmann [1856], S. 3

⁵⁷²⁾Rankine [1856/57], Winkler [1872], Lévy [1873]. Siehe Kötter [1891/92], S. 109ff

⁵⁷³⁾Tetmajer [1882], S. 9

winkel und der maximalen Länge dieser Böschung. Dazu stellte er »Formeln für das Gleichgewicht eines Erdkörpers« auf.

Im Unterschied zu Coulomb und Poncelet berücksichtigte Culmann nicht nur die Reibungs-, sondern auch die Kohäsionskräfte. Sein rechnerisch ermitteltes Ergebnis deutet er dann folgendermaßen geometrisch:

»Construirt man daher (siehe Fig.5 [Abb. 63]) über der natürlichen Böschung des Geländes, welche mit der Verticalen einen Winkel α bildet, eine Parabel, als deren Brennpunkt man den Fuss der Dammböschung betrachtet [und deren Achse die natürliche Böschung ist⁵⁷⁴⁾...]; so wird bei allen denjenigen Profilen, deren oberes Eck auf der Parabel liegt, deren obere Begrenzungsfläche mit der natürlichen Böschung convergirt, das Bestreben des Prismas vom grössten Druck mit dem Cohäsionswiderstand im Gleichgewicht sein.«⁵⁷⁵⁾

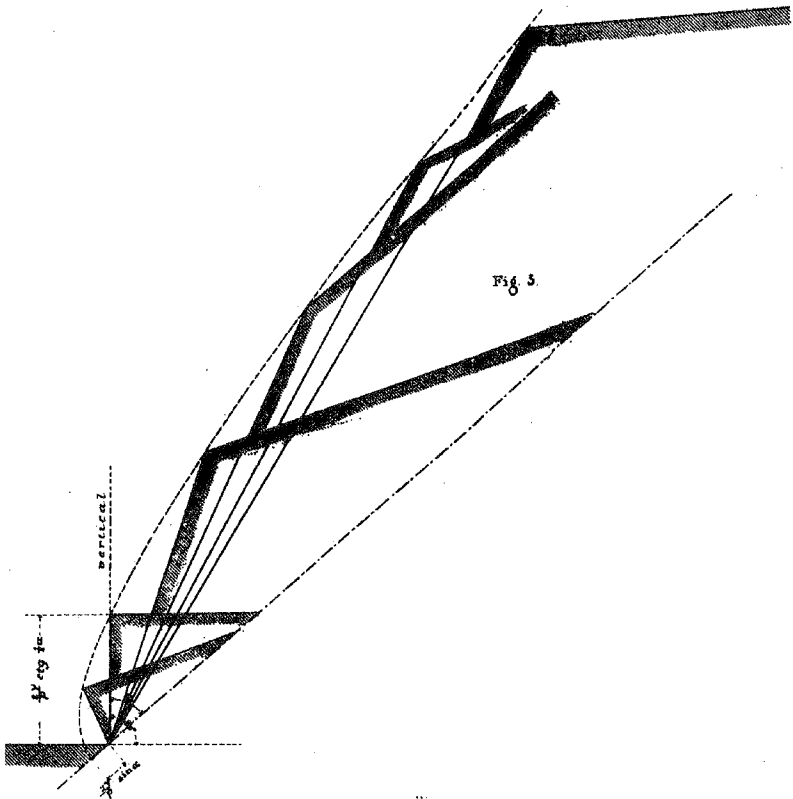


Abb. 63: Parabelmethode von Culmann⁵⁷⁶⁾

⁵⁷⁴⁾In der 1856er Arbeit wird der Parameter der Parabel durch eine Formel angegeben. Culmann [1856], S. 9

⁵⁷⁵⁾Culmann [1856], S. 9

⁵⁷⁶⁾Culmann [1856], Fig. 5

Die Neigung der oberen Begrenzungsfläche ist beliebig, muß aber kleiner als die natürliche Böschung sein.

Die Parabel sowie der Winkel der natürlichen Böschung sind vom aufgeschütteten Material abhängig. Die »grösste Höhe [...], auf welche irgend ein Erdkörper vertical angeschnitten werden kann, ohne daß Abrutschung stattfindet«, wurde durch »Versuch«⁵⁷⁷⁾ bestimmt.

Genau betrachtet handelt es sich bei dieser Parabelmethode weniger um eine konstruktive Lösung als um eine Versinnlichung eines analytischen Ergebnisses.

Im 2. Abschnitt geht Culmann zur »Bestimmung des Druckes, den ein Erdkörper auf eine ihn stützende Wand ausübt, wenn die obere Begrenzung desselben horizontal ist«⁵⁷⁸⁾. Dieser Teil ist rein analytisch.

Die Arbeit entspricht also nicht seiner einleitenden Ankündigung. Er leitet doch wie Poncelet analytisch her und übersetzt dann ins Graphische, wobei dies sogar nur für den ersten Teil gilt. Allerdings sind die analytischen Passagen relativ elementar und außerdem versucht er mehrfach die Zwischenergebnisse der analytischen Entwicklung zu veranschaulichen.

Der Inhalt dieser Arbeit ging deutlich umgearbeitet und erweitert in seine *Graphische Statik*⁵⁷⁹⁾ aus dem Jahre 1866 ein.

Hier findet sich dann auch die sogenannte E-Linie, eine Hyperbel, die üblicherweise Culmann zugeschrieben wird. Nach Kötter soll sie aber bereits 1848 von dem französischen Oberstleutnant Ardant verwendet worden sein.⁵⁸⁰⁾

Auch in der bereits erwähnten »Vorlesungen über Ingenieurkunde. I. Abtheilung: Erdbau.«⁵⁸¹⁾ befaßt sich Culmann mit Erddruck:

»Viertes Kapitel: Böschungen und Stützmauern

24. Die Neigung der Böschungen⁵⁸²⁾

25. Die Stärke der Stützmauern«

Von der zweiten Auflage der *Graphischen Statik* brachte Culmann selbst im Jahre 1875 nur den ersten Band mit den Grundlagen heraus, dazu gehörte die Erddruck-Theorie nicht. Allerdings fehlt sie auch in den von Ritter herausgegebenen Anwendungsbänden.

Ein Jahr später, 1857, folgte eine weitere Arbeit im Ponceletschen Stil. Hatte die erste Züricher Veröffentlichung an die Erddruck-Arbeit von Poncelet aus dem Jahre 1840 angeknüpft, so bezieht er sich nun in der Untersuchung *Druck kreisförmiger Tonnengewölbe auf ihre Lehrgerüste* vor allem auf den Artikel Poncelets über Gewölbe aus dem Jahr 1835:

»Viel hat man sich in der letzten Zeit mit der Stabilität der Gewölbe beschäftigt, und die Arbeiten von *Bauernfeind*, *Carvallo* und *Villarceau*, welche diesen Gegenstand analytisch, dann die *Poncelet's* und *Michon's*, die ihn wunderschön graphisch behandelten, haben beinahe alles

⁵⁷⁷⁾Culmann [1856], S. 10

⁵⁷⁸⁾Culmann [1856], S. 12

⁵⁷⁹⁾Culmann [1864-66], im 8. Abschnitt: »Theorie der Stütz- und Futtermauern« S. 554-556

⁵⁸⁰⁾Kötter [1891/92], S. 100

⁵⁸¹⁾Culmann [1872]

⁵⁸²⁾Culmann [1872], die Parabel findet sich auf Tafel 9

geleistet, was geleistet werden kann, bei so unbestimmten, meistens nur auf Voraussetzungen beruhenden Daten.«⁵⁸³⁾

Während sich die genannten Autoren mit den Gleichgewichtsverhältnissen im vollendeten, geschlossenen Gewölbe befassen, untersuchte Culmann »die Stabilitätsverhältnisse des werdenden, noch nicht geschlossenen Gewölbes, um die Kräfte zu bestimmen, denen die zur Ausführung dienenden Gerüste, die Lehrgerüste, zu widerstehen haben.«⁵⁸⁴⁾ Und auch hier ist wieder Vereinfachung und Schnelligkeit das Motiv zur graphischen Behandlung. Culmann behandelte hier eine Frage, die vorher eigentlich nur von Navier besprochen worden war:

»Wie langwierig aber diese von Schichte zu Schichte fortschreitenden Rechnungen sind, weiss jeder, der sie vielleicht einmal auf der Schule durchführte, um sie nie mehr in der späteren Praxis zu unternehmen, in der alle Lehrgerüste nur nach dem Gefühl oder nach dem Muster schon ausgeführter Gerüste konstruiert werden.

Hier will ich nun versuchen, den Druck, den kreisförmige Tonnengewölbe auf ihre Lehrgerüste ausüben, zu bestimmen, und zu zeigen, wie mittelst graphischer Darstellung, wenigstens der Druck der Gewölbe gleichbleibender Stärke leicht und schnell bestimmt werden kann.«⁵⁸⁵⁾

Ist das Gewölbe im Bau, dann muß das Lehrgerüst verhindern, daß ein bereits angebrachtes Gewölbeteil, bei Culmann »Wölbstück«, entweder abrutscht oder sich um eine Gewölbefuge drehen kann. Culmann untersucht diese beiden Problemfälle zunächst analytisch, indem er die jeweiligen Gleichgewichtsbedingungen formuliert. Für die weitere Behandlung nimmt Culmann an, daß die Belastungen, die von den Gewölbesteinen ausgehen, nicht gleichzeitig durch Abgleiten und Kippen zustandekommen, sondern daß die obersten Schichten von Gewölbesteinen »belasten, indem sie abgleiten«, die 2. halten ohne zu belasten, die 3. »belasten, indem sie umkanten« usw.⁵⁸⁶⁾

Für die eigentliche Konstruktion müssen die Formeln, die sich aus den Gleichgewichtsbedingungen ergaben, für verschieden weit fertigestellte Gewölbe ausgewertet werden, dazu gibt Culmann einige komplizierte Ausdrücke in den Formeln für verschiedene Winkelgrade in Tabellenform an. Die Tabellenwerte müssen dann - mit drei verschiedenen Maßstäben - zusammen mit den jeweiligen Stützlinien konstruiert werden, um so die Belastungskurven zu erhalten. Auch hier wird nicht geometrisch hergeleitet, sondern Formeln werden im Sinne Poncelets graphisch veranschaulicht.

Diese Arbeit erscheint im übrigen als Beilage zum Programm der eidgenössischen polytechnischen Schule. In den ersten Jahren besitzt das Programm des Polytechnikums als Vorspann jeweils einen wissenschaftlichen Artikel eines Professors. Als erster hat der Maschinenbau-Professor Reuleaux die Ehre, zum Programm des zweiten Studienjahres, 1856/57 erschien von ihm ein Artikel über »Coulissen-Steuerung«. Im folgenden Jahr, 1857/58, findet sich an dieser Stelle der Lehrgerüste-Artikel von Culmann. In den Anfangsjah-

⁵⁸³⁾Culmann [1857 Lehr], S. I

⁵⁸⁴⁾Culmann [1857 Lehr], S. I

⁵⁸⁵⁾Culmann [1857 Lehr], S. I

⁵⁸⁶⁾Culmann [1857 Lehr], S. IX

ren erschien das Programm auch in einer französischen Fassung. Es gibt daher von diesem Artikel auch eine französische Fassung.⁵⁸⁷⁾

⁵⁸⁷⁾Culmann [1857 Cintres]

3 Die Frühgeschichte der graphischen Statik

3.1 Vom Reissrechnen zur graphischen Statik

In den verschiedenen Artikeln über Culmann findet sich der Hinweis, daß Culmann seit 1859 begann, seine graphischen Methoden in seine Vorlesungen einzubeziehen⁵⁸⁹⁾. Diese Behauptung geht sicherlich auf Jean Meyer zurück, der in seiner biographischen Notiz über Culmann schrieb:

»En 1859, pour la première fois, il commença à entrer dans la statique graphique proprement dite, en donnant quelques applications des polygones réciproques des forces et des polygones funiculaires à la théorie des voûtes des arcs métalliques, et à la détermination des moments fléchissants des poutres. Cela devait être attribué en grande partie à ce qu'il ne rencontrait pas, chez ses élèves, une préparation mathématique, et surtout géométrique, suffisante, aussi un peu, à ce que lui-même n'avait pas encore créé et coordonné cette science, mais qu'elle était encore à l'état naissant. Ce ne fut guère qu'en 1860 qu'il ouvrit un cours régulier de statique graphique.«⁵⁸⁹⁾

Das hört sich an, als ob Meyer direkte Informationen über diesen ersten Kurs - vermutlich im Sommer-Semester - hatte. Es ist sogar denkbar, daß er selbst an dem Kurs teilgenommen hat. Jean Meyer hat nämlich das Polytechnikum in den Studienjahren 1857/58 und 1858/59 besucht.⁵⁹⁰⁾

Nach den Bemerkungen zu den ersten Arbeiten Culmanns erscheint es mehr als wahrscheinlich, daß er schon vorher graphische Methoden in seinen Vorlesungen verwendet hat.

Allerdings weisen die knappen Andeutungen von Meyer über den Inhalt dieses Kurses schon auf eine Gliederung hin, wie sie in den späteren Vorlesungen und in der ersten Auflage seiner »Graphischen Statik« zu finden ist. Mit dem Unterschied, daß bei der 1859er Premiere von graphischem Rechnen keine Rede zu sein scheint.

Alle Autoren sind sich in der Nachfolge von Meyer und Tetmajer einig, daß die regelmäßigen Vorlesungen über graphische Statik im Jahre 1860 begannen. Und in der Tat wurde im Programm des Polytechnikums für das Wintersemester 1860/61 eine zweistündige Vorlesung unter dem Titel »Graphische Behandlung verschiedener Aufgaben aus dem Gebiet der Baukunde« angekündigt. Sie wandte sich an die Studenten im zweiten Studienjahr der Ingenieurschule.

⁵⁸⁸⁾z.B. NZZ 9.12.1981, S. 64, Favaro [1882], S. 13

⁵⁸⁹⁾Meyer [1882], S. 11 »Im Jahre 1859 begann er zum ersten Mal mit einer Einführung in die graphische Statik im eigentlichen Sinne, er gab die Anwendungen des reziproken Kräftepolygons und Seilpolygons auf die Theorie des metallischen Bogens und auf die Bestimmung der Biegemomente der Balken. Dazu mußte er zu einem großen Teil von dem bereitstellen, was er bei seinen Schülern nicht vorfand, eine mathematische Vorbereitung, und besonders ausreichend Geometrie, auch ein wenig von dem, was er an dieser Wissenschaft selbst noch nicht entdeckt und geordnet hatte, was aber auch im Entstehen begriffen war. Wenig besser war es als er im Jahre 1860 einen regulären Kurs über graphische Statik eröffnete.«

⁵⁹⁰⁾Vgl. hier und im folgenden Abschnitt die Programme der ETH. Siehe auch Anhang C.4 Vorlesungen Culmanns von 1855 bis 1881

Im Wintersemester 1861/62 bot dann Culmann erstmals eine Vorlesung unter dem Titel *Graphische Statik* an. Das Programm des Polytechnikums ist damit zugleich die erste Stelle, an der der Begriff »graphische Statik« gedruckt erschien.

Die Bezeichnung stammt also wohl von Culmann und sie muß zwischen 1860 und 1861 entstanden sein, denn in der wissenschaftshistorischen Sammlung der ETH-Bibliothek in Zürich befindet sich eine Culmann-Handschrift über graphisches Rechnen und graphische Statik mit der Jahresangabe 1860, aber mit dem Titel *Reissrechnen oder Graphische Behandlung einiger Fragen aus dem Gebiete der Baukunde*⁵⁹¹⁾.

Reissrechnen.
oder
Graphische Behandlung einiger Fragen aus dem Gebiete
Baukunde.

Abb. 64 Titel des ersten Culmannschen Manuskripts zur graphischen Statik von 1860⁵⁹²⁾

Die ersten Abschnitte dieses Textes sind ausformuliert, die folgenden Teile werden aber immer skizzenhafter und das Manuskript endet in ungeordneten Notizen.

Die Einleitung beschwört die Formel vom »Zeichnen als Sprache des Ingenieurs«.

»Einleitung: Kein Fach giebt es, in welchem das exacte Zeichnen mit Zirkel und Lineal so sehr geübt wird als im Ingenieurfach. Es zeichnen gerne auch die Architekten, allein bei diesen mehr künstlerisch gebildeten Männern vertritt das Augenmaß beinahe genug den Maßstab, und bei Beurtheilung eines Planes, einer Zeichnung wird viel mehr auf den Effect als auf die Genauigkeit gesehen. Genauer sicher bringen die Maschinenbauer ihre Gedanken zu Papier, allein es brauchen [sie] beinahe immer die Lage der Hauptpunkte und Axen, einer Maschine so wie die Dimension - der einzelnen Theile derselben mit vorangegangenen Rechnungen, so dass auch ihnen, ein flüchtigeres Hinwerfen der Gedanken gestattet ist als bei dem Ingenieur bei dem die topographische Aufnahme einer Gegend, richtig aufgetragene Längen und Querprofile die einzigen Grundlagen für Ausarbeitungen sind, die selbst wieder meist graphischer Natur sind.

Unter diesen Umständen muß man sich wundern, daß in unserem Fach nicht häufiger zu graphischen Methoden gegriffen wird, sei es um nur arithmetische, sei es um statische Aufgaben zu lösen.«⁵⁹³⁾

Bei dieser Charakterisierung der Arbeit des Ingenieurs fühlt man sich stark an seinen ersten Jahresbericht bei der bayerischen Eisenbahn erinnert, in dem er über seine Tätigkeit in den Jahren 1842 bis 1846 berichtet hatte. Damals war

⁵⁹¹⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs. Die Jahreszahl 1860 findet sich auf Seite 2.

⁵⁹²⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs

⁵⁹³⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 1

er mit der Vermessung und Linienfestlegung der Fichtelgebirgsbahn beschäftigt.

Es folgt ein einfaches Beispiel für eine graphische Lösung: die Bestimmung der Kräfte, die an einem Dachsparren angreifen, verwendet wird hierzu das Kräfteparallelogramm (Abb. 65).

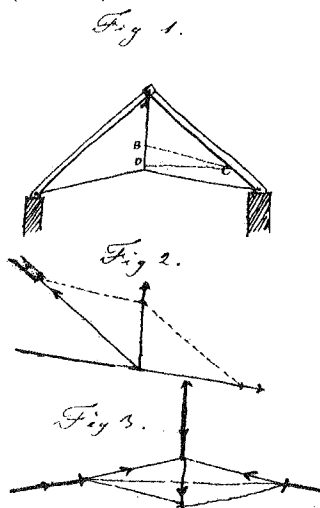


Abb. 65 Zeichnung aus dem Manuskript *Reissrechner*⁵⁰⁴⁾

Den Anlaß zu einer eigenständigen Vorlesung über graphische Verfahren erklärte Culmann im folgenden Abschnitt:

»Bisher hatte ich mich bemüht alles, was einer graphischen Lösung fähig war auch wirklich graphisch zu lösen, und diese graphischen Lösungen in meinen Vortrag einzuflechten; dabei zeigte sich jedoch immer der grosse Übelstand, daß wenn sich irgend eine Aufgabe darbot, ich nicht sogleich zur Lösung derselben schreiten konnte, sondern häufig erst mehr oder weniger lange Entwicklungen vorausschicken mußte, die ich nicht als bekannt voraussetzen durfte und die somit meinem [4] Vortrage ein ganz anderes Gepräge aufdrückten, er wird zu einem Gemenge von Wasser- und Straßenbau einerseits und Statik andererseits, die [von] mir ein wenig anders behandelt war als H. Prof. Zeuner sie gegenwärtig behandelt.«⁵⁰⁵⁾

Es folgen Bescheidenheitstopoi und Referenzen an die Vorläufer Poncelet und Cousinery und bei dieser Gelegenheit erklärt sich auch die Herkunft des Namens *Reissrechner*:

»Freilich werde ich nicht im Stande sein es so vorzutragen wie es ein in der Schule Poncelets gebildeter Mathematiker vom Fach könnte, allein bis sich dieser gefunden hat, müssen sie sich mit unserem 2 stündigen halbjährigen Vortrag begnügen. [5] Bis jetzt - soviel mir bekannt - ist eine

⁵⁰⁴⁾Culmann: *Reissrechner*. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 2

⁵⁰⁵⁾Culmann: *Reissrechner*. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 3f

einzig Abhandlung über diesen Gegenstand erschienen. Es ist Cousinery's Calcul par le trait ses element et ses application. Welchen Titel man vielleicht mit Reißrechnen übersetzen könnte, werden doch alle graphischen Werkzeuge mit dem Worte Reiß bezeichnet, in dem man Reiß-Boden, - Brett, - Schiene, - Feder, - Blei und ganz im Allgemeinen Reißzeug sagt. Doch kann ich nur wenig von dem ersten linearen Theil dieses Buch[es] benutzen, nämlich die Behandlung der Linien, die Verwandlung der Flächen in Linien und einiger Aufgaben über Constructionen von Korbhogen, diese Theile werden ein Raubzug aus jenem Buche sein. Der Haupttheil, die graphische Statik dagegen wird genauer[?] und ausführlicher als in Cousinery werden und ziemlich neu sein.«⁵⁹⁶⁾

Der ausformulierte Teil endet mit einem Appell an die Studenten, die besprochenen Zeichnungen zu Hause auszuführen. Es folgen Notizen zur graphischen Multiplikation, Division und zum graphischen Potenzieren, zur Flächenverwandlung, ein Kapitel numerische Integration nach Poncelet⁵⁹⁷⁾ und schließlich eine Seite Planimeter-Theorie. Zur graphischen Statik selbst findet sich nichts in diesem Manuskript.

Culmann hat zumindest zeitweilig die Themen der einzelnen Vorlesungsstunden protokolliert. Von den Studienjahren 1863/64 bis 1866/67 sind diese Notizen erhalten. Ihnen kann man entnehmen, welche Themen Culmann zum Beispiel in der Vorlesung *Graphische Statik* im Wintersemester 1863/64 behandelt hat:

- »23.X. Add.... Wurzelausziehen, Spirale
- 30.X. Fortsetzung. Verwandlung von Flächen
- 6.XI. Rauminhalt. Quadratur. Planimeter
- 13.XI Fortsetzung
- 20.XI Schluß. Kräftepolygon
- 27.XI Schluß. Momente
- 3.XII Parallele Kräfte
- 10.XII Einwirkungen von ΔP auf P und M⁵⁹⁸⁾.
Schwerpunkte
- 17.XII Trägheitsmomente. Centralellipse
- 7.I Aufg. Constructionen der [?]
- 14.I Balken. Centrkern
- 21.I Scherende Kräfte
- 28.I Schluß
- 4.II Continuirlicher Balken
- 11.II Fortsetzung
- 18.II Schluß Fachwerk
- 25.II Schluß Gewölbe
- 4.III Fortsetzung
- 11.III Steifigkeit Balken
- 18.III Druck auf Lehrgerüste«⁵⁹⁹⁾

⁵⁹⁶⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 4f

⁵⁹⁷⁾Poncelet: Methode de quadrature 1855

⁵⁹⁸⁾Vergleiche Culmann [1864-66], Kap. 49. »Aenderung der Summe und des Momentes (P und M) der aussserhalb eines festen Querschnittes auf einen Balken wirkenden parallelen Kräfte durch weitere dazu kommende Kräfte«

⁵⁹⁹⁾ETH-Bib. 2997:4 Hs

Culmann nutzte die graphischen Verfahren auch in seinen anderen Vorlesungen, z.B. behandelte er in seiner Vorlesung *Eiserne Brücken* am 23.12.1863 die »graphische Construction von Kettenbrücken«⁶⁰⁰⁾.

In den folgenden drei Studienjahren enthalten die Tagebuchblätter im wesentlichen dieselben Themen. Ab 1864/65 werden die Paulibrücken ausdrücklich erwähnt.

3.2 Reuleaux »Vorabdruck« der Culmannschen Methoden

Die neuen graphischen Verfahren wurden in den Konstruktionssälen der Ingenieurschule vielfach benutzt und fanden auch in anderen Abteilungen des Polytechnikums Freunde. Insbesondere verwendete Reuleaux in der mechanisch-technischen Schule die graphische Statik im Maschinenbau.⁶⁰¹⁾

Auf diese Weise passierte es, daß die erste Arbeit mit der neuen Gebietsbezeichnung »graphische Statik« im Titel nicht von Culmann, sondern von Franz Reuleaux, dem damaligen Professor für Maschinenbau, am Polytechnikum, veröffentlicht wurde:

Die graphische Statik in ihrer Anwendung auf den Maschinenbau. Nach Vorträgen von Herrn Prof. Reuleaux bearbeitet und herausgegeben vom Polytechnischen Verein.

Die Arbeit ging möglicherweise sogar auf die Initiative seiner Studenten zurück. Im Jahre 1863 hatten Studenten des Polytechnikums den »Polytechnischen Verein« gegründet. Die Festschrift zum Fünfzigjährigen Jubiläum des »Verbandes der Studierenden« berichtet aus den Protokollen der Anfangsjahre über die vielseitigen Aktivitäten des Vereins. Neben Vorträgen aller Art betätigten sich die Studenten auch als Herausgeber:

»Man bereitet eine Autographie vor über die graphische Statik der Achsen, bei der Professor Reuleaux eifrig mithilft, der später seinen Schülern die freudige Anerkennung und den Dank für das nützliche Unternehmen ausspricht.«⁶⁰²⁾

Im folgenden Abschnitt der Festschrift wird über einen Studentenstreik am Ende des SS 1864 berichtet. Das Titelblatt der Reuleauxschen Broschüre gibt als Erscheinungsjahr 1864, sie wird also in der ersten Jahreshälfte erschienen sein.

Die umständlichen Versuche, den Erscheinungstermin möglichst genau anzugeben, sind daher nötig, weil die beiden ersten Abschnitte von Culmanns *Graphischer Statik*, »Das graphische Rechnen« und »Die Graphische Statik«, ebenfalls im Jahre 1864 vorabgedruckt wurden.

Solche portionsweise Veröffentlichung war zwar damals ein übliches Verfahren, aber Culmann hatte dennoch einen besonderen Grund, den er in der Vorrede der Gesamtausgabe - eine Vorrede des Vorabdrucks konnte ich nicht finden - angibt.

Der »allgemeine Theil bildet den Inhalt der beiden ersten Abschnitte des *graphischen Rechnens* und der *graphischen Statik*. Als erste Lieferung wurden diese [beiden Abschnitte] schon im Jahre 1864 veröffentlicht, weil

⁶⁰⁰⁾ETH-Bib. 2997:4 Hs

⁶⁰¹⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPH], S. 375

⁶⁰²⁾Verband der Studierenden an der ETH Zürich [1913], S. 6

die in denselben enthaltenen Methoden auch ausserhalb der Ingenieur-
schule mannigfache Anwendung fanden, und es uns doch einigermaßen
darum zu thun war, deren Ursprung zu documentiren. In dem ersten Ab-
schnitt [Das graphische Rechnen] haben wir vieles dem >Calcul par le
trait< von Cousinery entnommen. [...] Dagegen hoffen wir, man wird das
Meiste des zweiten Abschnitts [Die graphische Statik] wenn nicht dem
Inhalt, doch der Behandlung neu finden.«⁶⁰³⁾



Abb. 66 Titelblatt zu Reuleauxs Broschüre über graphische Statik⁶⁰⁴⁾

Culmann begnügt sich mit sehr zurückhaltenden Formulierungen, nur Eingeweihte konnten wissen, daß Reuleaux gemeint ist. Eventuelle Zweifel werden aber durch seinen Schüler Jacob J. Weyrauch ausgeräumt, der im Jahre 1874 in seiner Zwischenbilanz über die graphische Statik den Zusammenhang unmißverständlich herstellt.

»Diese nur autographirte Schrift [gemeint ist Reuleauxs Broschüre] enthält zum erstenmal die von Culmann eingeführte Bezeichnung 'graphische Statik', und wird es Niemand schwer fallen, in der Vorrede zu Cul-

⁶⁰³⁾Culmann [1864-66], S. XI

⁶⁰⁴⁾Reuleaux [1864]

mann's Werk eine hierauf bezügliche Passage zu entdecken.«⁶⁰⁵⁾ Weyrauch ist damit auch der Gewährsmann dafür, daß Reuleaux Culmann zuvorkam. Er gibt zwar für die Reuleauxsche Broschüre ein falsches Erscheinungsjahr an, nämlich 1863 statt 1864, aber in Anbetracht der Tatsache, daß Weyrauch in den Studienjahren 1864/65 bis 1866/67 an der Ingenieurschule des Polytechnikums studierte, ist es eher unwahrscheinlich, daß er sich in einer so wesentlichen Frage irrte. Von Plagiat ist in diesem Zusammenhang nirgendwo die Rede. Zehn Jahre zuvor war das anders. Damals, 1854, beschuldigte der Karlsruher Maschinenbau-Professor Ferdinand Redtenbacher seine Schüler Franz Reuleaux und C. L. Moll wegen ihrer *Constructionslehre für den Maschinenbau* des Plagiats. Redtenbacher meinte - wohl nicht ganz zu Unrecht - zahlreiche Passagen aus seinen Vorlesungen wiederzuerkennen.⁶⁰⁶⁾

Reuleaux und Moll hatten während ihrer Studienzeit in Karlsruhe den »Verein der Maschinenbauleuten« gegründet, dessen Mitglieder Konstruktionszeichnungen anfertigten, wobei sie auch Vorlagen aus Redtenbacher-Vorlesungen verwendeten. Diese Zeichnungen legten sie 1854 ihrer *Konstruktionslehre* zugrunde, die wegen ihrer Praxisnähe bei Ingenieuren und Ingenieurstudenten bald sehr beliebt war.⁶⁰⁷⁾

In der 24 Seiten kurzen Reuleauxschen Schrift findet sich kein einziges mal der Name Culmann, statt dessen aber einige der von Culmann entwickelten und in seiner Vorlesung vorgetragene Erweiterungen des Seileckverfahrens. Die Nennung von Culmann schien Reuleaux möglicherweise deshalb nicht so vordringlich, weil er dessen Leistung für die graphischen Methoden nicht sonderlich hoch einschätzte. Ab der dritten Auflage seines Werkes *Der Constructeur* hat Reuleaux einen 74-seitigen Abschnitt »Hilfslehren aus der Graphostatik« aufgenommen, dort wird in einer Fußnote auf Culmanns *Graphische Statik*, Zürich 1866, hingewiesen:

»welches verdienstvolle Werk die Theorie der Graphostatik gibt und sehr reich an Aufgaben und Anwendungen derselben auf die Werke des Bau-Ingenieurs ist, überhaupt diesen Wissenszweig für Deutschland zuerst zusammengefasst und in die Praxis eingeführt hat.«⁶⁰⁸⁾

Er sieht Culmann lediglich als Sammler und Anwender, der also keine selbständigen eigenen Beiträge zur graphischen Statik zu bieten hat. Reuleaux ersetzt im übrigen auch die von Culmann eingeführte Bezeichnung graphische Statik durch den Begriff »Graphostatik«.

»Man hat deshalb die allmählich sehr zahlreich gewordenen einschlagenden Verfahrungsweisen methodisch geordnet und, unter dem Namen graphische Statik, oder wie hier gesagt werden soll, *Graphostatik* zusammengefaßt.«⁶⁰⁹⁾

Woher die Bezeichnung Graphostatik stammt, konnte ich nicht klären. Sie tritt jedenfalls hier nicht zum ersten Mal auf, sondern wurde bereits von dem Wie-

⁶⁰⁵⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPH], S. 375f

⁶⁰⁶⁾Braun [1983], S. 115

⁶⁰⁷⁾Braun u. Weber [1979], S. 286

⁶⁰⁸⁾Reuleaux [1872³] Fußnote*) auf S. 70

⁶⁰⁹⁾Reuleaux [1872³] S. 70

ner Professor Josef Schlesinger verwendet. Er veröffentlichte 1868-69 eine Schrift mit dem Titel *Vorträge über graphisches Rechnen und Grafo-Statik*⁶¹⁰⁾. Eines der wenigen frühen Werke zur graphischen Statik, das sich nicht in der ETH-Bibliothek befindet. Da Culmanns Angehörige seine Bibliothek der ETH geschenkt haben, ist dies sehr erstaunlich. Möglicherweise kannte er diese Broschüre nicht. Auch der Culmann-Schüler Weyrauch erwähnt Schlesinger nicht in seinem Bericht über die Literatur zur graphischen Statik⁶¹¹⁾, für die er ausdrücklich⁶¹²⁾ den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Culmann schreibt jedenfalls die Bezeichnung Graphostatik den Berlinern zu:

»In Preussen wurde zunächst der Name 'graphische Statik' in 'Graphostatik' umgeändert, im übrigen aber sehr wenig geleistet.«⁶¹³⁾

Damit ist Reuleaux gemeint, der seit 1864 an der Gewerbeakademie in Berlin war.

Reuleaux verstand unter Graphostatik eine Sammlung von einigen graphischen Techniken von geringem wissenschaftlichem Wert. Der Begriff Graphostatik wird aber nicht einheitlich in diesem Sinne verwendet. Weyrauch spricht von »reiner Graphostatik«⁶¹⁴⁾ und meint damit gerade den theoretischen, projektiven Teil der graphischen Statik. In den meisten Fällen werden die beiden Begriffe aber synonym verwendet.⁶¹⁵⁾

Zurück zu Reuleaux *Die graphische Statik in ihrer Anwendung auf den Maschinenbau*. Reuleaux wendet die graphische Statik auf die Belastung von Achsen und Schienen an und er tut dies in der Weise, die der graphischen Statik später ihre große Verbreitung sicherte: mit minimaler mathematischer Herleitung und zahlreichen einfachen (!) Beispielen in rezeptartiger Darstellung. Es ist gerade diese Art der Elementarisierung der graphischen Statik, gegen die sich Culmann in der Vorrede zur 2. Auflage besonders vehement wandte. Es ist aber eben eine studentenfreundliche Darstellung und so überrascht das Engagement des polytechnischen Vereins nicht. Reuleaux hat es auch in Berlin verstanden, Studenten zur Herausgabe seiner Vorlesungen zu motivieren. Im Jahre 1868, damals war Reuleaux bereits Direktor der Gewerbeakademie in Berlin, gaben die »Studirenden der Königl. Gewerbeakademie Berlin« seine *Vorträge über Maschinenbaukunde* heraus. Ein 521 Seiten starker Band, der als Manuskript gedruckt wurde. 1870 erschien sogar eine zweite Auflage.

Es ist schon kurios, daß durch das Engagement der Adressaten, die popularisierte Fassung vor dem eigentlichen Hauptwerk der graphischen Statik erschien. Um so überraschender erscheint es, daß nur so wenig Unmutsäußerungen von Seiten Culmanns überliefert sind. In diesem Jahre 1864 erschien sogar eine gemeinsame Schrift von Culmann und Reuleaux über die Anwendung des *Balance Aérohydrostatique* vom Nationalrat Seiler für Eisenbahnen

⁶¹⁰⁾Bibliothek der TU Wien 15.088 II. Außer Favaro [1873], S. 68, Favaro [1885 mit Terrier], S. 251. Siehe Abschnitt 3.10.1

⁶¹¹⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat.], S. 31-35

⁶¹²⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat.], S. 31

⁶¹³⁾Culmann [1875²], S. IX

⁶¹⁴⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZPhuM], S. 373

⁶¹⁵⁾Sommerfeld [1904], S. 157

durchs Gebirge. Allerdings enthält die Broschüre zwei unabhängige Gutachten, d. h. eine direkte Zusammenarbeit war dazu nicht nötig.

3.3 Graphisches Rechnen von Cousinery

Culmann selbst nannte unter seinen Quellen neben Poncelet besonders Cousinery. Schon in dem bereits zitierten Manuskript aus dem Jahre 1860 rühmte er Cousinery als den ersten, der sich systematisch mit dem graphischen Rechnen befaßt hat. Cousinerys Buch, *Le calcul par le trait, ses éléments et ses applications* aus dem Jahre 1839, hat Culmann für den Teil über graphisches Rechnen in seiner Vorlesung herangezogen oder in Culmanns eigenen Worten, »diese Theile werden ein Raubzug aus jenem Buche sein«⁶¹⁶⁾ Dagegen ging er in der eigentlichen graphischen Statik ganz andere Wege als Cousinery.⁶¹⁷⁾

Barthélemy Édouard Cousinery hatte an der *École Polytechnique* studiert, ging dann an die *École des Ponts et Chaussées* und wurde dort später Chefingenieur, diese Position behielt er bis zu seinem Tod im Jahre 1851⁶¹⁸⁾. Er veröffentlichte mehrere Bücher, die sich an Ingenieure wandten: er schrieb über darstellende Geometrie⁶¹⁹⁾ und befaßte sich mit den Arbeiten Mascheronis über die Konstruktion mit dem Zirkel alleine⁶²⁰⁾, er veröffentlichte verschiedene Tafelwerke⁶²¹⁾ und fügte seinem Hauptwerk in einer Sonderausgabe aus dem Jahre 1840 einen Anhang mit einem graphischen Interpolationsverfahren an. Im »Avertissement« zu seinem *Calcul par le trait* unterscheidet er zwei Arten von Geometrie, die eine befaßt sich mit Gedankenkonstruktionen:

»La pensée [...] supplée, presque sans effort, à l'absence comme à l'imperfection de la figure«⁶²²⁾,

die andere ist eine Geometrie mit praktischem Interesse:

»Mais, aussitôt qu'un dessin géométrique a un but d'utilité, dès qu'il est susceptible de recevoir une destination spéciale et pratique, cette imperfection ne peut plus être tolérée.«⁶²³⁾

Zu der praktischen Geometrie rechnete er z. B. generell das perspektive Zeichnen. Die »l'art du trait« wird in den Architektur- und Ingenieurbüros, in den Werkstätten der Maschinenkonstruktoren und Zimmerleute, auf den Schiffswerften genutzt, kurz, von »toutes les professions savantes qui ont pour but principal des formes rigoureuses à la matière brute.«⁶²⁴⁾

Das Rechnen mit Strecken statt mit Zahlengrößen ist für Cousinery lediglich

⁶¹⁶⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 5

⁶¹⁷⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 5

⁶¹⁸⁾DB Franc, Bd 9, S. 1078

⁶¹⁹⁾Géométrie perspective; ou, Principes de projection polaire, appliqués à la description des corps. Paris 1828

⁶²⁰⁾Géométrie élémentaire du compas. Paris 1851

⁶²¹⁾Le rapporteur de précision. Paris 1843 und Recueil de tables à l'usage des ingénieurs. Paris 1846

⁶²²⁾Cousinery [1839], S. I »Der Gedanke genügt fast mühelos, sowohl wenn Figuren fehlen, als auch wenn sie unvollkommen sind.«

⁶²³⁾Cousinery [1839], S. I »Aber es gibt auch ein geometrisches Zeichnen, das einen Anwendungszweck hat, sobald es geeignet ist eine spezielle, praktische Aufgabe zu übernehmen, kann diese Unvollkommenheit nicht mehr geduldet werden.«

⁶²⁴⁾Cousinery [1839], S. II »Alle wissenschaftliche Berufe, die den prinzipiellen Zweck haben, unbearbeitete Gegenstände präzise zu gestalten.«

eine Weiterführung der darstellenden Geometrie und er knüpfte unmittelbar an seine *Géométrie perspective* aus dem Jahre 1828 an, die in Frankreich von den Mathematikern Fresnel und Chasles sehr positiv aufgenommen worden war.⁶²⁵⁾

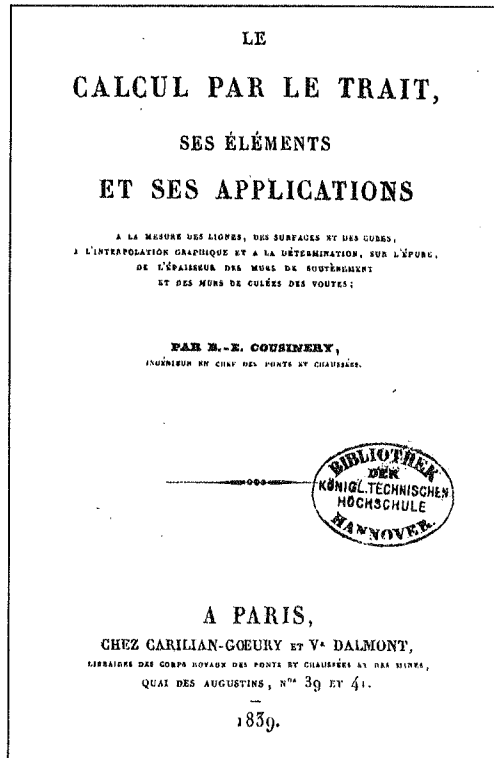


Abb. 67 Titelblatt Cousinery⁶²⁶⁾

Cousinerys Buch umfaßt vier Teile. Der erste Teil behandelt »Die linearen Größen«, »Elementare Regeln des graphischen Rechnens«, die auch die Skalenkonstruktion umfassen⁶²⁷⁾ und »Über das Zeichnen im allgemeinen«. Der zweite Teil beschäftigt sich mit »Flächen und Volumenberechnungen« und der dritte Teil mit »graphischen Interpolationen«. Im vierten Teil behandelt Cousinery »Anwendungen des Verfahrens des graphischen Rechnens auf die Lösung von verschiedenen Problemen der Stabilität«⁶²⁸⁾. Alle seine Anwendungen befassen sich mit dem Erddruck, der Stabilität von Befestigungsmauern und Gewölben. Im Gewölbeabschnitt verweist er auf den bereits zitierten Artikel von Poncelet⁶²⁹⁾ und beschränkt sich lediglich auf die Wiedergabe der Kon-

⁶²⁵⁾Cousinery [1839], S. III, Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 370, Cousinery [1828]

⁶²⁶⁾Cousinery [1839]

⁶²⁷⁾Cousinery [1839], S. 33-36

⁶²⁸⁾Cousinery [1839], S. 213

⁶²⁹⁾Poncelet [1835]. Zitiert in Cousinery [1839], S. 258

struktionen ohne die analytische Herleitung. So fällt auch dieser Abschnitt nicht aus dem Rahmen des ganzen Buches, in dem sich nur wenige analytische Formelausdrücke befinden. Cousinery versucht sich weitestgehend auf das Graphische zu beschränken.

Im Blick auf Culmann muß man noch erwähnen, daß im ganzen Buch kein einziges Mal vom Kraft- und Seileck Gebrauch gemacht wird. Außerdem überraschte es nicht nur Culmann, daß die ganze neuere Geometrie an Cousinery »spurlos« »vorübergegangen«⁶³⁰⁾ war. Sein Buch wurde auch dadurch etwas weitschweifig. Weyrauch bemerkt süffisant:

»Die Darstellung [...] leidet auch an einer Breite und Umständlichkeit, mit welchen die zu Tage geförderten Resultate in keiner Weise Schritt halten.«⁶³¹⁾

Allerdings verzichtete er auf die projektive Geometrie nicht deshalb, weil sie ihm nicht geläufig gewesen war, sondern weil er sie bei den Ingenieuren, an die er sich wandte, nicht voraussetzen konnte.

Cousinery war der erste, der aus dem graphischen Rechnen ein System zu machen versuchte, inhaltlich bietet er wenig Neues. Culmann war vermutlich stärker von der Idee einer einheitlichen Behandlung aller zeichnerischen Methoden fasziniert als von den konkreten Inhalten.

3.4 Die graphische Statik des Jahres 1864

Die erste Veröffentlichung von Culmann mit dem Titel graphische Statik erschien wie erwähnt im Jahre 1864. Es waren die ersten beiden Abschnitte seines Hauptwerkes *Die graphische Statik*. Die übrigen sechs Abschnitte erschienen erst 1866. Die erste Lieferung erhob den Anspruch, als allgemeiner Teil »jedem nützlich [zu] sein, der präcis zeichnen kann«⁶³²⁾, sie bietet

»gewisse allgemeine geometrische Begriffe und Constructionen, die bei allen Aufgaben wiederkehren und die untereinander in einem gewissen Zusammenhang stehen«⁶³³⁾.

Culmann erwartete, daß dieser allgemeine Teil der graphischen Statik

»durch den Geometer und den Mechaniker zu einem eigenen Ganzen ausgebildet« wird, »das sich zur neuern Geometrie verhält wie die analytische Mechanik zur höhern Analysis«⁶³⁴⁾.

Der erste Abschnitt trägt den Titel »Das graphische Rechnen« und knüpft unmittelbar an Cousinery an. Die Überschrift des ersten Kapitels zitiert Cousineries Buchtitel: »Operationen mit Linien«. Es geht hier um die graphische Durchführung der Grundrechenarten, zuzüglich Potenzieren und Wurzelziehen. Schon in diesem elementaren Teil wird die doppelte Intention Culmanns sichtbar: einerseits sein Hang zur Theoretisierung, andererseits seine Orientierung an den praktischen Bedürfnissen. So gibt er neben der üblichen graphischen Multiplikation mit dem Strahlensatz, zusätzlich eine Konstruktion an, die eine Parabel verwendet, mit der einzigen Begründung:

⁶³⁰⁾Culmann [1864-66], S. VI

⁶³¹⁾Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 369

⁶³²⁾Culmann [1864-66], S. XI

⁶³³⁾Culmann [1864-66], S. X

⁶³⁴⁾Culmann [1864-66], S. XI

»Indem man sich nun das Entbehren des Ziehens von Parallelen zur erschwerenden Bedingung gab.«⁶³⁶⁾

Andererseits sind ihm auch Empfehlungen zur Bezeichnungsweise der Konstruktionen nicht zu banal:

»Da nun die Anfänger in ihren Constructionen gar häufig dadurch fehlen, dass sie immer nur Punkte bezeichnen wollen, und dann die zu beiden Seiten des Zeichens liegenden Strecken miteinander verwechseln,«⁶³⁶⁾ sollen die Strecken ebenfalls bezeichnet werden.

Bezeichnungsfragen besitzen bei Culmann ohnedies einen hohen Status. In der Vorrede erläutert er ausführlich sein Bezeichnungssystem:

»Das Einhalten eines solchen bestimmten Systems der Bezeichnung ist deshalb so nützlich, weil ein Blick dann genügt, um die Bedeutung eines Ausdrucks zu erfassen.«⁶³⁷⁾

Später, im Jahre 1878, hielt er sogar vor der *Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* einen Vortrag »über die Einführung einheitlicher algebraischer Zeichen bei wissenschaftlich-technischen Untersuchungen.«⁶³⁸⁾

Die beiden anderen Kapitel dieses Abschnitts behandeln »Verwandlung der Flächen« und »Verwandlung der Körper«.

Bei aller angestrebten Allgemeinheit zeigen diese Kapitel deutlich die Anwendungen aus dem Erdbau, die er vornehmlich vor Augen hatte. Insbesondere die Berechnung der Erdvolumina, die beim Bau von Straßen und Bahnlinien bewegt werden müssen: Es müssen Dämme aufgeschüttet und Geländeeinschnitte ausgehoben werden, Arbeiten, mit denen Culmann in seiner Zeit als Ingenieur bei der bayerischen Eisenbahn viel zu tun hatte.

Eine Methode zur Volumenbestimmung eines Damms bestand darin, den Damm in Prismen zu zerlegen. In gewissen Abständen wurde die Fläche des Querprofils berechnet und mit dem Abstand zum nächsten Profil multipliziert. Zur schnellen Bestimmung der Profilflächen hatte man Tabellen berechnet. Culmann entwickelte nun eine Parabelmethode: statt einer Tabelle konstruierte er eine graphische Tafel mit Parabeln, aus der sich die Flächen abgreifen ließen. Zu Herleitung dieser Parabelmethode verwendete er die projektive Geometrie.⁶³⁹⁾

Krummlinig begrenzte Flächen wurden durch Parabelbögen ersetzt, weil sich Parabelsegmente leicht berechnen bzw. in Dreiecke verwandeln lassen. Es ist dazu lediglich nötig die Höhe des Segments mit $\frac{4}{3}$ zu multiplizieren⁶⁴⁰⁾. Für diese Multiplikationen empfiehlt Culmann einen Proportionalzirkel⁶⁴¹⁾. Als Anwendung wird hier ein Gewölbebogen erwähnt.⁶⁴²⁾ Außerdem gibt er in diesem Kapitel ein Verfahren zur numerischen Integration an, das auf Poncelet zu-

⁶³⁶⁾Culmann [1864-66], S. 11

⁶³⁶⁾Culmann [1864-66], S. 8

⁶³⁷⁾Culmann [1864-66], S. XIIIff

⁶³⁸⁾Culmann[1878], S. 107

⁶³⁹⁾Culmann [1864-66], S. 29ff

⁶⁴⁰⁾Fläche eines Parabelsegments: $\frac{2}{3}$ Sehne mal Höhe. Verwandlung in ein Dreieck: Sehne wird Grundseite, $\frac{4}{3}$ mal Höhe wird Dreieckshöhe. Dreiecksinhalt also: Grundseite mal Dreieckshöhe / $2 = \frac{4}{3}$ mal Höhe mal Sehne / 2 .

⁶⁴¹⁾Culmann [1864-66], S. 40

⁶⁴²⁾Culmann [1864-66], S. 39

rückgeht: eine korrigierte Rechteckzerlegung von Flächen.⁶⁴³⁾

Schließlich wird auch das Planimeter als Mittel zur Flächenbestimmung behandelt. Bei dieser Gelegenheit gibt Culmann eine originelle Theorie für das Polarplanimeter an. Wie im Kapitel 5.3.2.2 gezeigt wird, lag Culmann an einer Erklärung, die das Prinzip *sichtbar* macht.

Bei der Volumenbestimmung von Erdkörpern verwendet er bei gekrümmten Straßen die Guldinsche Regel⁶⁴⁴⁾.

Er befaßt sich mit dem Massennivellement, bei dem es darum ging die Transportwege beim Aushub und der Aufschüttung von Erdmassen möglichst zu

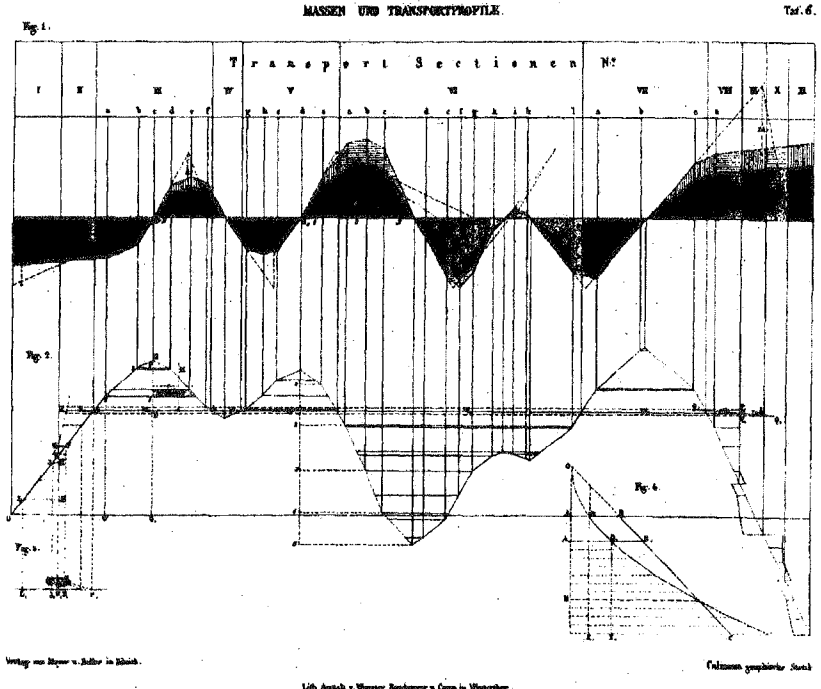


Abb. 68 Graphische Berechnung der Erdbewegungen⁶⁴⁵⁾

minimieren. In der graphischen Methode, die Culmann darstellt, werden über einem Längsprofil die summierten Auf- und Abtragmassen aufgetragen - Auftrag positiv, Abtrag negativ -. Am Ende dieses Abschnitts erläutert er, was er am Beispiel des Massennivellements zeigen wollte, nämlich

»wie nach Verwandlung der Flächen auf eine bestimmte Basis die Flächen gewissen Linien proportional sind, die mit anderen Linien verbunden werden können und Flächen ergeben, die Körpern proportional sind; wie dann die letzteren Flächen wiederum auf eine Basis reducirt werden können und Linien geben, die Körpern proportional sind; und die, mit andern

⁶⁴³⁾Culmann [1864-66], S. 42

⁶⁴⁴⁾Culmann [1864-66], S. 59ff

⁶⁴⁵⁾Culmann [1864-66], Tafel 5

Linien zusammengesetzt, Flächen geben, die statischen Momenten oder Producten von Linien mit Körpern proportional sind, deren entsprechende Flächen wiederum verwandelt werden können u. s. f.«⁶⁴⁶⁾

Bereits dieses erste Kapitel zeigt eine sehr weite Auffassung von graphischen Methoden, neben den klassischen Konstruktionsinstrumenten Zirkel und Lineal werden andere Instrumente, insbesondere Proportionalzirkel und Planimeter verwendet, in der 2. Auflage aus dem Jahre 1875 befindet sich zudem ein umfängliches Kapitel über den logarithmischen Rechenschieber⁶⁴⁷⁾, graphische Rechentafeln werden verwendet. Fern aller Methodenreinheit werden auch numerische Verfahren und analytische Methoden herangezogen, wie bereits in der Vorrede angekündigt:

»Wir sind auch weit entfernt, die Analysis irgendwie zurückstellen zu wollen.« »Und wenn wir in dem vorliegenden Werke der Geometrie den Vorzug gaben, so geschah es, weil die graphischen Anwendungen bisher einigermassen vernachlässigt worden sind.«⁶⁴⁸⁾

Hinter dieser Sammlung unterschiedlichster Methoden steht die Hoffnung, daß sie durch die Theorie zusammengeführt werden.

3.5 Die Kräfte- und Seilpolygon-Methode

Der zweite Abschnitt »Die graphische Statik« entwickelt das Krafteck-Seileck-Verfahren zu einer allgemeinen, vielseitig verwendbaren Methode, insbesondere in der Baustatik. Auf diesen Abschnitt bezieht sich der bei Culmann äußerst seltene Anspruch auf Urheberchaft. Zunächst in dem unveröffentlichten Manuskript über »Reissrechnen« von 1860:

»Der Haupttheil, die graphische Statik dagegen wird genauer und ausführlicher als in Cousinery werden und ziemlich neu sein.«⁶⁴⁹⁾

Und dann bei der Veröffentlichung in der Vorrede etwas abgeschwächt:

»Dagegen hoffen wir, man wird das Meiste des zweiten Abschnitts wenn nicht dem Inhalt, doch der Behandlung nach neu finden.«⁶⁵⁰⁾

Im Grunde geht es auch hier um die Summierung von Strecken und Flächen, das Mittel dazu - das Kraft- und Seilpolygon ist ebenfalls nicht neu. Neu ist, daß Culmann eine allgemeine, vielseitig einsetzbare Methode daraus geformt hat. Maßgeblich dafür war die Einführung der Schlußlinie und die Konstruktion der Flächenmomente. Tetmajer berichtet:

»Culmann war es sofort klar, dass das Seilpolygon im Grunde genommen die Rolle einer Art Integrationsmaschine spielte, und dass man durch wiederholte Anwendung desselben, durch entsprechendes Aufeinandersetzen mehrer Kräfte- und Seilpolygone der gleichen Bedingung, Flächenmomente beliebigen Grades konstruieren könne.«⁶⁵¹⁾

Alle Methoden des Kraft- und Seilpolygon-Verfahrens lassen sich auch ohne die projektive Begründung Culmanns nutzen, für Culmann war aber die »projektivische Verwandtschaft« zwischen Kraft- und Seileck die zentrale Eigen-

⁶⁴⁶⁾Culmann [1864-66], S. 73f

⁶⁴⁷⁾Culmann [1875], S. 37-76

⁶⁴⁸⁾Culmann [1864-66], S. XII

⁶⁴⁹⁾Culmann: Reissrechnen. ETH-Bib. 2997:7 Hs, S. 5

⁶⁵⁰⁾Culmann [1864-66], S. XI

⁶⁵¹⁾Tetmajer [1882], S. 12

schaft, auf die er große Hoffnungen setzte. Die projektive Geometrie wurde vor allem in diesem zweiten Abschnitt der ersten Auflage eingesetzt, daher hier zunächst ein Abschnitt über:

3.5.1 Projektive Geometrie und Dualität

Die projektive Ebene entsteht aus der euklidischen Ebene durch Erweiterung um unendlich ferne Elemente, wie die Abbildung andeutet.

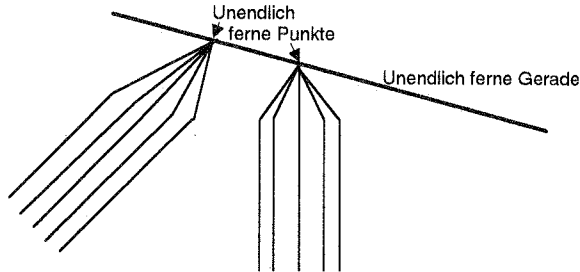


Abb. 69 Unendlich ferne Elemente in der projektive Ebene

Jedes Bündel paralleler Geraden heißt uneigentlicher (unendlich ferner) Punkt. Die Menge aller uneigentlichen Punkte heißt uneigentliche (unendlich ferne) Gerade.

Eine Menge von Punkten und Geraden heißt projektive Ebene, wenn gilt:

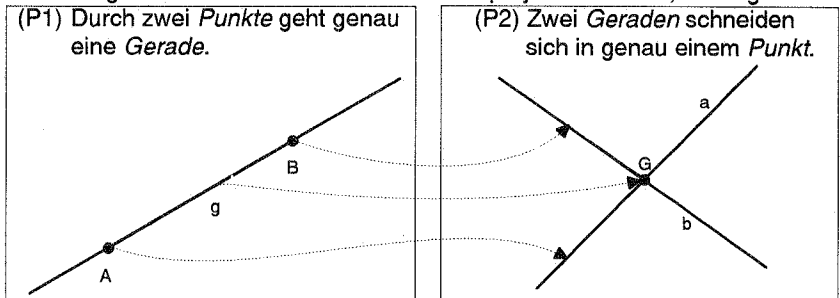


Abb. 70 Axiome der projektiven Geometrie. Die Pfeile kennzeichnen die Dualität

In der projektiven Geometrie entspricht jeder Aussage eine dazu duale Aussage, die man erhält, wenn man überall Geraden durch Punkte und Punkte durch Geraden ersetzt. Ist eine Aussage wahr, so ist auch die dazu duale gültig, siehe (P1) und (P2). Die Dualität wurde zu Culmanns Zeiten Reziprozität genannt.

Culmann hatte sich intensiv mit den Arbeiten Poncelets und seiner Nachfolger beschäftigt, daher war ihm die projektive Geometrie geläufig. Es war bekannt, daß sich die elementare Geometrie und vor allem die Kurven zweiter Ordnung (Kegelschnitte) sehr viel durchsichtiger im Rahmen der projektiven Geometrie behandeln ließen. Er suchte daher gezielt danach, wie sich die projektive Geometrie in der Statik nützen läßt. Dabei stellte er fest, daß sich das Kräfte- und

Seilpolygon durch eine »Reziprozität« aufeinander abbilden lassen, in heutigen Begriffen durch eine »projektive Korrelation«.

Culmann schöpfte insbesondere aus dieser Beziehung die Hoffnung, daß sich mit der projektiven Geometrie als Referenzwissenschaft das Ingenieurwesen verwissenschaftlichen lasse, sein Vorwort der ersten Auflage endet mit dem leicht pathetisch formulierten Traum:

»Und nun fahre hin, gern hätte ich dich zum Fundament einer auf wissenschaftlicherer Basis gegründeten Ingenieurkunde gemacht, allein kaum darf ich die Hoffnung hegen, so viel Kraft in mir zu finden, um das Ganze dieses umfangreichen Faches umzuarbeiten: das ist ein Werk, das mir vor Augen schwebt, wie einer jener alten mittelalterlichen Dome sich vor dem Künstler erhob, der ihn entwarf und der der Hoffnung sich nicht hingeben konnte, ihn je in seiner Vollendung zu schauen. Doch es mögen dich Andere benutzen und weiter bauen, und was ich nicht kann, werden meine Schüler vollbringen.«

Genauer gesagt, hatte Culmann dreierlei Erwartungen an die Geometrie:

- 1) sie sollte den theoretischen Rahmen liefern, in den sich alle graphischen Verfahren zwanglos einfügen,
- 2) sie sollte Zusammenhänge sichtbar und dadurch verständlich machen und
- 3) sie sollte effektivere Verfahren liefern.

Die Dualität⁶⁵²⁾ wurde von Culmann zwar selbständig entwickelt, aber unabhängig von ihm hatten William John Macquorn Rankine (1820 - 1872) und James Clerk Maxwell (1831 - 1879) reziproke Figuren untersucht und 1864 erste Arbeiten veröffentlicht⁶⁵³⁾. 1867 befaßte Maxwell sich mit baustatischen Anwendungen reziproker Diagramme und baute 1870 seine Dualitätstheorie weiter aus.⁶⁵⁴⁾ Sein Landsmann Fleeming Jenkin (1833 - 1885), der sich ansonsten hauptsächlich mit Elektrotechnik befaßte, untersuchte 1869 ihre praktische Anwendbarkeit auf die gängigen Fachwerk-Konstruktionen⁶⁵⁵⁾. Jenkin berichtet darin, daß der technische Zeichner W. P. Taylor⁶⁵⁶⁾ im Konstruktionsbüro von M. J.-B. Cochrane unabhängig von Maxwell bereits reziproke Pläne verwendet hatte.

Die Unterschiede zwischen der Culmannschen und der Maxwellschen Dualität zeigen sich am deutlichsten in der Gegenüberstellung der Diagramme; für Details verweise ich auf Scholz⁶⁵⁷⁾.

Zunächst zur Maxwell-Dualität: In Maxwells Artikel aus dem Jahre 1864 sind die einander zugeordneten Seiten orthogonal, ich stütze mich auf die Version aus dem Jahre 1870, bei der eine der Figuren um 90° gedreht ist, die einander entsprechenden Seiten sind dann parallel.

⁶⁵²⁾Eine außerordentlich gründliche Untersuchung der Rolle der Reziprozität bei Culmann, Maxwell und Cremona findet sich in Scholz [1989], S. 155-234

⁶⁵³⁾Rankine [1864], Maxwell [1864 Reciprocal]

⁶⁵⁴⁾Maxwell [1867], Maxwell [1870]

⁶⁵⁵⁾Jenkin [1869], S. 441 ff

⁶⁵⁶⁾Jenkin [1869], S. 441 »practical draughtsman«. Auch Maxwell erwähnt Taylor, Maxwell [1870], S. 164

⁶⁵⁷⁾Scholz [1989]

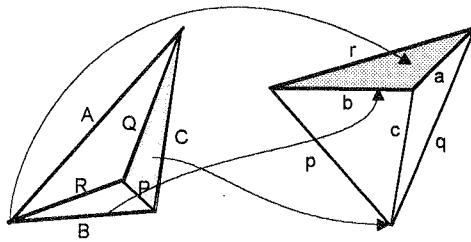


Abb. 71 Reziproke Diagramme nach Maxwell 1870⁶⁵⁹⁾

Punkte → Flächen; Seiten → Seiten; Flächen → Punkte

Diese Diagramme können auf unterschiedliche Weise als Kräfte- bzw Seilpolygone interpretiert werden.

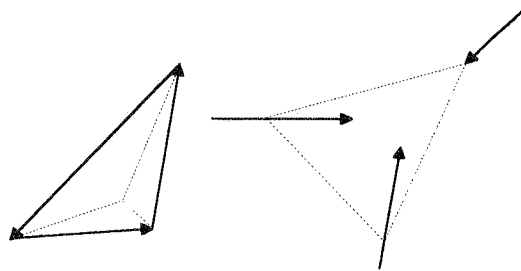


Abb. 72 Kräftepolygon

Seilpolygon, genauer Stabpolygon

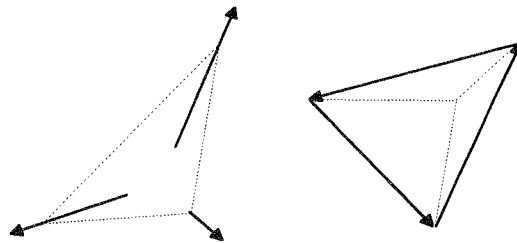


Abb. 73 Seilpolygon

Kräftepolygon

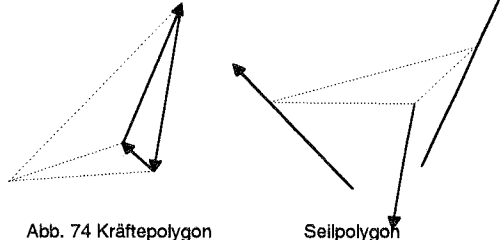


Abb. 74 Kräftepolygon

Seilpolygon

⁶⁵⁹⁾Maxwell [1870], S. 165. Bei Maxwell ohne Schraffur und Pfeile.

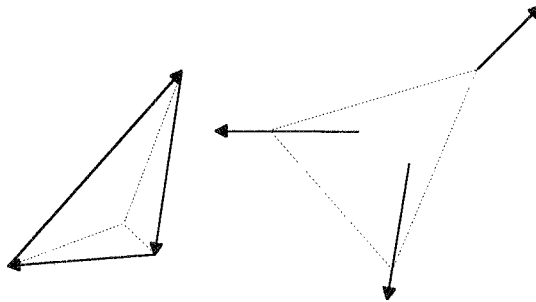


Abb. 75 Kräftepolygon

Seilpolygon

Maxwell interpretierte die beiden Diagramme als Projektionen eines Polyeders.

Die Culmann-Dualität macht dagegen keinen Gebrauch von räumlichen Beziehungen, sie besteht darin, daß sich die beiden Figuren durch eine ebene projektive Abbildung, bei Culmann eine »reziproke Beziehung«, heute projektive Korrelation, aufeinander abbilden lassen. Voraussetzung für die Existenz dieser Beziehung ist, daß alle Kräfte des Seilpolygons durch einen Punkt gehen. Abb. 76 zeigt die Zuordnungen zwischen den beiden Figuren.

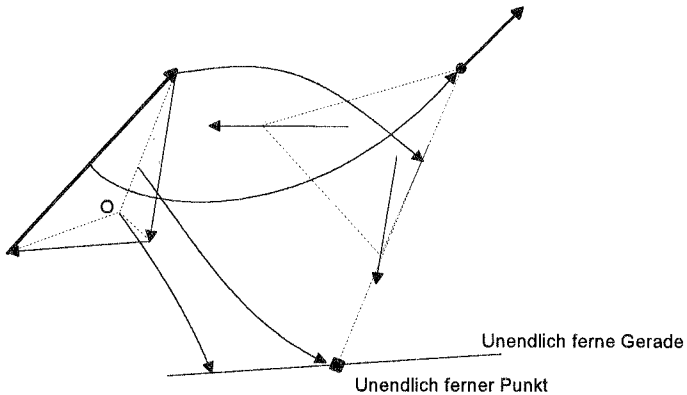


Abb. 76 Culmann-Dualität

Seite des Kräftecks (Kraft)	→	Ecke des Seilecks (Angriffspunkt)
Ecke des Kräftecks	→	Seite des Seilecks (Seil)
Seite (mit Endpunkt 0)	→	Unendlich ferner Punkt S
Pol 0	→	Unendlich ferne Gerade

In der zweiten Auflage der »Graphischen Statik« veranschaulicht Culmann diese Beziehung selbst.

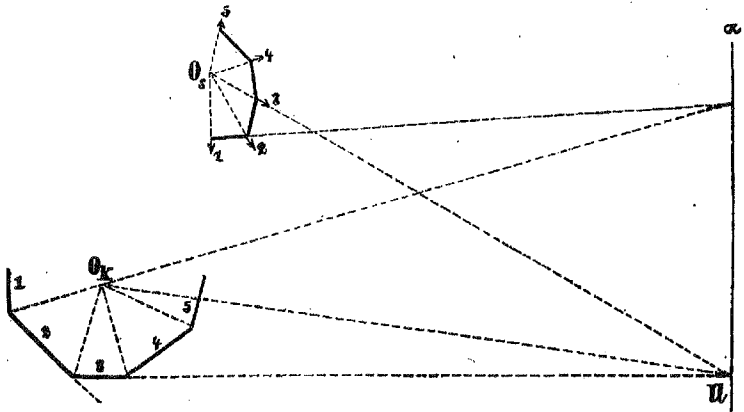
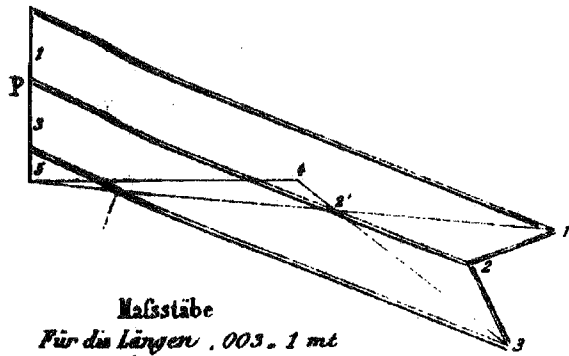
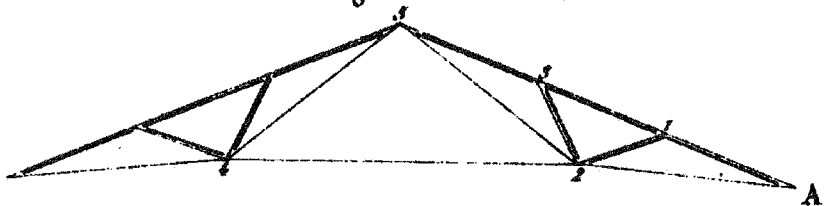


Abb. 77 Culmanns Veranschaulichung der Dualität von Kraft- und Seileck⁶⁵⁰⁾

Beide Dualitäts-Konzepte lassen sich insbesondere auf Fachwerke anwenden (Abb. 78 und 79) und führen zu übersichtlichen Verfahren für graphische Berechnungen.

Ein belgischer Dachstuhl.



Mafsstäbe

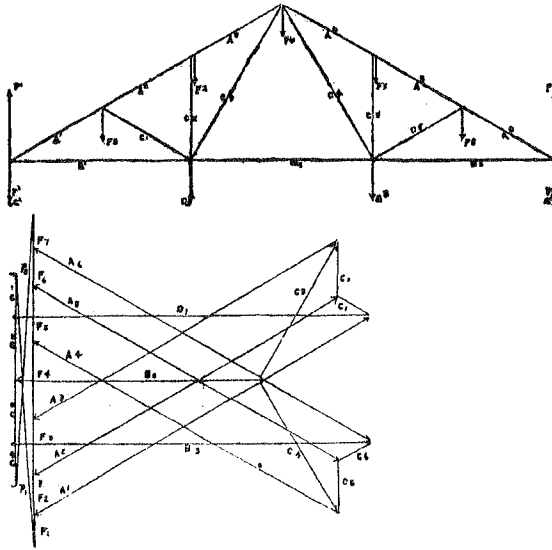
Für die Längen .003 - 1 mt

Kraftpläne 1 2 3 4 6 .003 - 2 tn.

Abb. 78 Kräfte- und Seilpolygon eines Dachstuhls von Culmann⁶⁶⁰⁾

⁶⁵⁰⁾Culmann [1875], 2. Auflage, S. 282 Fig. 131

⁶⁶⁰⁾Culmann [1864-66], Taf. 19, Fig. 1 (einfachstes Beispiel)

Abb. 79 Reziproke Diagramme eines Dachstuhls von Maxwell⁶⁶¹⁾

Cremona griff 1872 den Maxwellschen Ansatz in einem Artikel unter dem Titel *Le figure reciproche nelle statica grafica* auf und arbeitete mit den Mitteln der projektiven Geometrie die Beziehungen zwischen Kräfte- und Seilpolygon in größter Allgemeinheit heraus. Dieser Aufsatz wurde bis 1879 dreimal aufgelegt und ins Englische (1890) und Französische (1885) übersetzt. Durch diese Arbeit stellte Cremona die Verbindung zwischen der Maxwellschen und der Culmannschen Dualität her. Das zu berechnende Fachwerk und der dazugehörige Kräfteplan werden als Projektionen zweier Polyeder angenommen, deren Kanten sich als reziproke Elemente eines Nullsystems entsprechen. Dazu fügte er ein zweites Seilpolygon ein und ergänzte im Kräftepolygon einen zweiten Pol. Die Seilpolygone interpretierte er dabei als Projektion der Deckflächen einer schiefen Säule und das Kräftepolygon als Projektion einer Doppelpyramide mit den beiden Polen als Spitzen. Außerdem leitete er die Dualitätsbeziehung aus den Möbiusschen Nullsystemen her und schließlich verallgemeinerte er das Maxwellsche Konzept auf den Fall äußerer Kräfte, deren Wirklinien sich nicht schneiden.

Seine Analyse integrierte damit die Maxwell-Dualität in das Culmannsche Konzept der graphischen Statik.⁶⁶³⁾ Culmann nahm die Cremonasche Weiterentwicklung in der zweiten Auflage freudig auf. Der folgende Cremona-Plan einer versteiften Kette aus Cremonas Artikel befindet sich auch bei Culmann⁶⁶⁴⁾. Diese Cremona-Pläne sind dafür verantwortlich, daß noch heute Cremonas

⁶⁶¹⁾Maxwell [1867], S. 402

⁶⁶²⁾Vgl. Culmann [1875], S. 313ff

⁶⁶³⁾Scholz [1989], S. 194-198

⁶⁶⁴⁾Culmann [1875], Taf. 10, Fig. 7

Name im Bauingenieurwesen bekannter ist als der von Culmann.

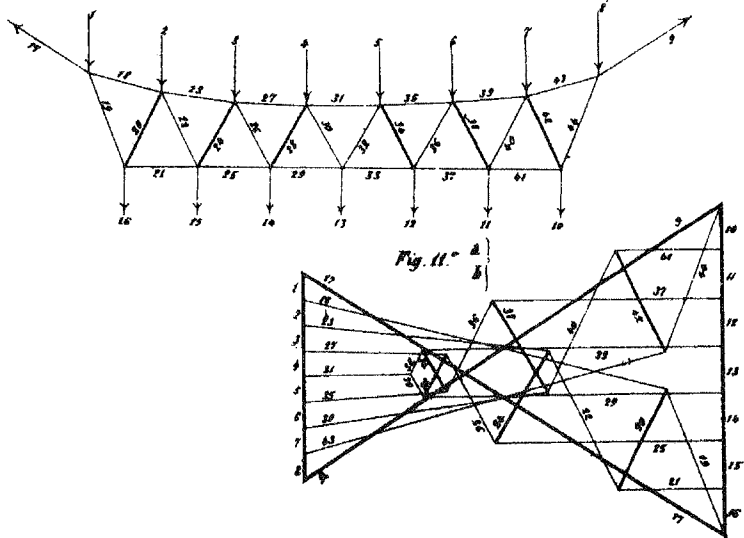


Abb. 80 Cremona-Plan einer versteiften Kette⁶⁶⁵⁾

3.5.2 »Die Integrationsmaschine«

Im zweiten Abschnitt der »Graphischen Statik« sind alle die Erweiterungen der Kräfte- und Seilpolygon-Methode eingeführt, die diese Methode bis heute zu einem nützlichen Instrument machen.

Culmann behandelt im ersten Kapitel die Zusammensetzung von ebenen Kräften mittels Kräfte- und Seilpolygone und zeigt insbesondere, daß die Resultierende, bei Culmann Mittelkraft, von der Reihenfolge der Kräfte unabhängig ist. Im zweiten Kapitel wird die in 3.5.1 behandelte Culmann-Dualität von Kräfteck und Seileck eingeführt. Sie wird zunächst dazu benutzt, um die Unabhängigkeit der Ergebnisse von der Wahl des Pols zu zeigen. Mit besonderem Interesse behandelt Culmann eine Folgerung aus der Dualität für Kurven zweiter Ordnung:

»Wenn die Richtungslinien aller Kräfte durch einen Punkt gehen, und die beiden Polygone reciprok liegen, so muss, sobald das eine einer Curve zweiter Ordnung um- oder eingeschrieben ist, das andere einer Curve zweiter Ordnung ein- oder umbeschrieben sein.«⁶⁶⁶⁾

Der bedeutsamste Sonderfall ist der bei parallelen äußeren Kräften, d.h. wenn der Pol des Seilpolygons ein unendlich ferner Punkt ist. Culmann skizziert zwei praktisch relevante Fälle: das elliptische Gewölbe und die hyperbolische Kette. (Abb. 81)

⁶⁶⁵⁾Cremona [1872], Taf. 3 Fig. 11

⁶⁶⁶⁾Culmann [1864-66], S. 88

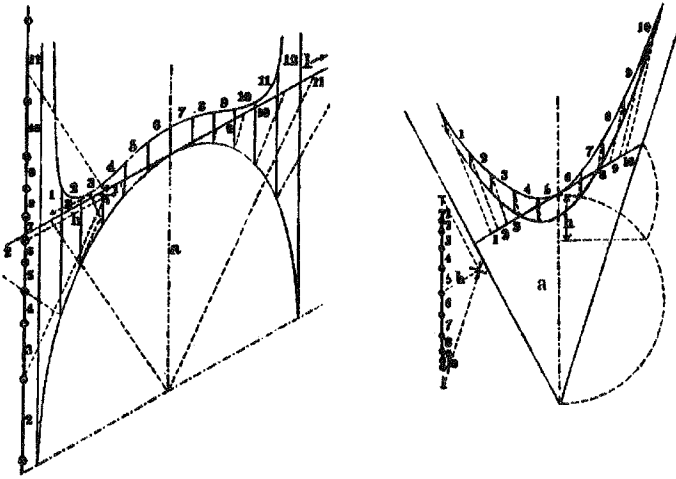


Abb. 81 Elliptisches Gewölbe und hyperbolische Kette⁶⁶⁷⁾

Für das elliptische Gewölbe läßt sich damit die Konstruktion der Belastungskurve vereinfachen. Im sechsten Abschnitt über den Bogen machte Culmann davon ausgiebig Gebrauch. Er gibt ein Verfahren an, mit dem sich die Belastungskurve in einfacher Weise konstruieren läßt.⁶⁶⁸⁾ (Abb. 82)

DRUCKLINIEN UND BELASTUNGSKURVEN.

Belastungskurven eines elliptischen Gewölbes.

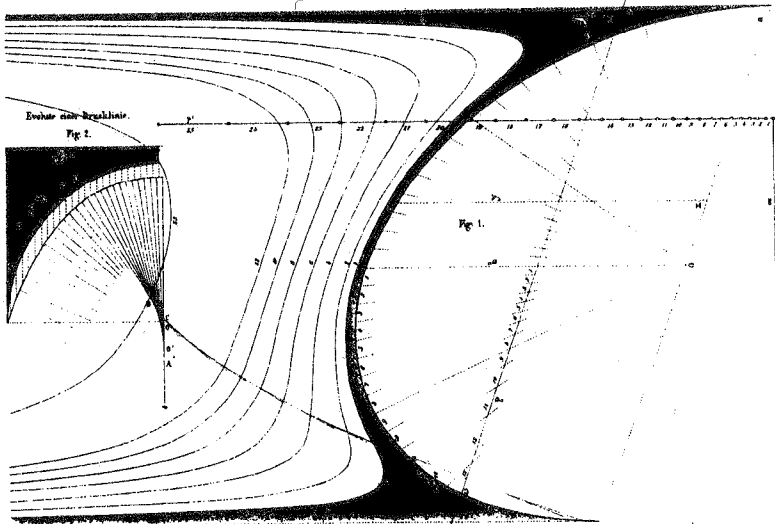


Abb. 82 Druck- und Belastungskurve eines elliptischen Gewölbes

⁶⁶⁷⁾Fig. 65 und 66 aus Culmann [1864-66], S. 96

⁶⁶⁸⁾Culmann [1864-66], S. 454ff, siehe dazu auch Scholz [1989], S. 176ff

Das dritte Kapitel befaßt sich mit den Momenten von Kräften in der Ebene. Die wichtigste Innovation, die Culmann hier leistete, ist die Darstellung von Momenten als Flächen. Er interpretiert die Momente zunächst als doppelte Dreiecksflächen. Im ersten Abschnitt seines Buchs hatte er vorgeführt, wie man eine Dreiecksfläche, wenn man sie auf eine feste Basis bezieht, auf ihre Höhe, also eine Strecke, reduzieren kann. Wählt man eine Kraft als Basis kann man auf dieselbe Weise alle Momente eines Kräftesystems bezüglich eines Momentenpols auf diese Kräftebasis reduzieren und so in eine Strecke verwandeln.

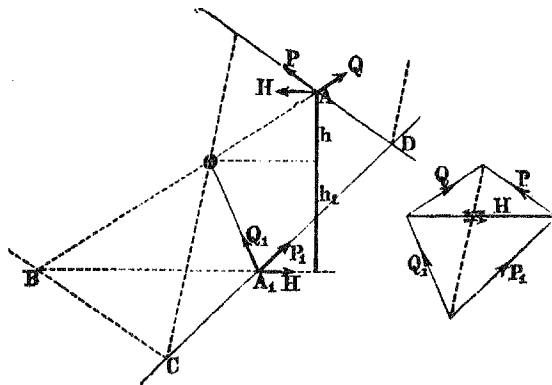


Abb. 83 Reduktion einer Momentenfläche auf eine Kräftebasis H

Im Abschnitt 41 des dritten Kapitels behandelt er die Gleichgewichtsbedingung für ebene Kräftesysteme: Kräfte- und Seilpolygon müssen sich schließen, schließt sich das Krafteck nicht, bleibt eine resultierende Kraft, ist das Seileck nicht geschlossen, so bleibt ein Kräftepaar, also ein Drehmoment.

Die graphische Behandlung der Momente ist besonders produktiv bei Systemen mit parallelen Kräften, mit denen sich Culmann im vierten Kapitel befaßt. Seine Möglichkeiten entfaltet das Momentenverfahren durch Einführung der Schlußlinie, ebenfalls eine Culmannsche Erweiterung des Krafteck-Seileck-Verfahrens.

Die Schlußlinie wird im fünften Kapitel zum ersten Mal verwendet, eingeführt wird sie bei der Bestimmung der Lagerkräfte A und B eines Balkens, an dem vier parallele Kräfte angreifen (Abb. 84).

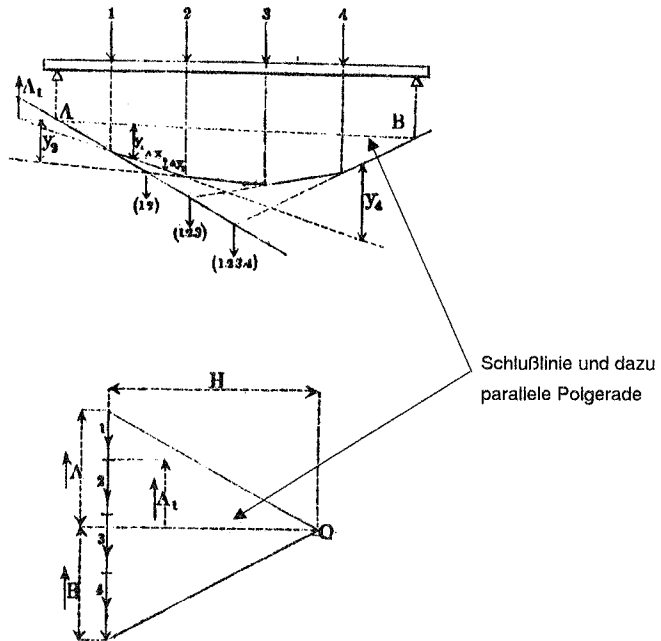


Abb. 84. Schlußlinie und Momente bei einem Balken mit parallelen Einzellasten⁶⁶⁹⁾

Die Konstruktion beginnt mit dem Zeichnen des Kräftecks und der Wahl des Pols O. Die Abbildung zeigt noch die Resultierenden von verschiedenen Kräften: (1,2), (1,2,3), (1,2,3,4). Zur Bestimmung der Kräfte in den Auflagern A und B sind sie nicht nötig.

Die Konstruktion der Widerlager »geschieht, indem man die äußersten Polygonseiten bis zu ihrem Schnitt mit den Parallelen durch A und B verlängert, und das Polygon durch die Schlußlinie AB schließt. Der zu AB parallele Strahl O(AB) im Kräftepolygon theilt dann die Summe (1,2,3,4) in die zwei Seitenkräfte A und B.«⁶⁷⁰⁾

An Abb. 84 erläutert Culmann, wie man die Querkraft- und Momentensummen an bestimmten Querschnitten ablesen kann⁶⁷¹⁾. Z. B. ist

die Resultierende außerhalb des Querschnitts y_1 : A_1 und
 das Moment der Kräfte A und 1 bezüglich y_1 ist: $y_1 H$ oder
 das Moment der Kräfte 2, 3 und 4 bezüglich des Querschnitts y_4 : $y_4 H$.

Außerdem gibt er an, wie man den »Maximalmomenten-Punkt« bestimmt, in der Abb. 84 ist dies der Eckpunkt des Seilpolygons bei 3.

Aus den Momentenflächen und der Schlußlinie ergeben sich Konstruktionen und Diagramme zur Untersuchung der Statik von Balken, wie man sie bis heu-

⁶⁶⁹⁾Fig. 78 und 79 in Culmann [1864-66], S. 124

⁶⁷⁰⁾Culmann [1864-66], S. 125

⁶⁷¹⁾Culmann [1864-66], S. 127

te in Lehrbüchern der Baustatik findet⁶⁷²⁾. Culmann selbst wendet seine Konstruktions- und Darstellungsmethode in den Abschnitten über den »continuirlichen Balken« und über das »Fachwerk« an, wobei er sehr komplizierte Diagramme erhält. Ich zeige daher hier die Darstellungsmittel an zwei Anwendungen auf den einfachen Balken, die aus dem Buch des Budapester Professors Maurice Maurer aus dem Jahre 1882 stammen. Ähnliche Abbildungen findet man in zahllosen Lehrbüchern. Die Abb. 85 zeigt einen Balken mit Einzellaften, der Balken der Abb. 86 trägt zusätzlich noch zwei Streckenlasten.

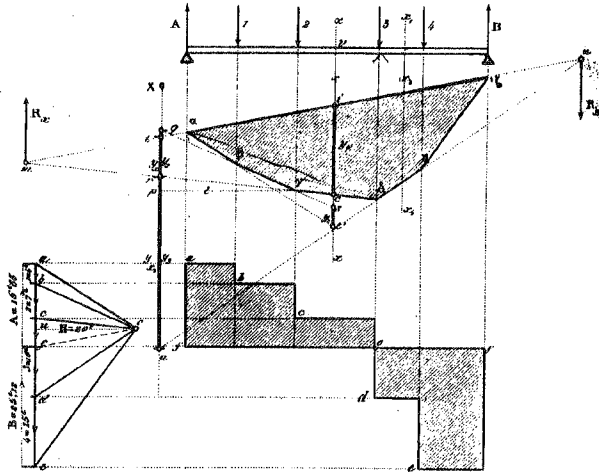


Abb. 85 Balken mit Querkraftlinie und Momentenfläche von Maurice Maurer⁶⁷³⁾

In beiden Abbildungen ist im Kräftepolygon die gestrichelte Parallele zur Schlußlinie gut zu erkennen. Die Schlußlinie im Seilpolygon dient als Abszisse für die Momentenabschnitte y , die noch mit H zu multiplizieren sind. Der Querschnitt maximalen Moments ist nur bei Abb. 85 eingezeichnet, aber leicht am Vorzeichenwechsel der Linie der Querkräfte zu erkennen, die unter dem Momentendiagramm liegt.

Die Abbildungen zeigen deutlich, daß das Kräfteck-Seilck-Verfahren eine »Integrationsmaschine«⁶⁷⁴⁾ ist:

- von den wirkenden Kräften kommt man zur Linie der Querkräfte durch Summierung bzw. Integration und
- von der Querkraftlinie zur Momentenfläche durch eine erneute Integration.

Man beachte in der Abb. 86 die Parabelabschnitte bei den Momentenflächen bei den Streckenlasten.

⁶⁷²⁾Z.B. Wagner/Erlhof: Praktische Baustatik 1, Stuttgart 1994

⁶⁷³⁾Maurer [1882], Taf. 5, Fig. 70-73

⁶⁷⁴⁾Begriff von Tetmajer [1882], S. 12

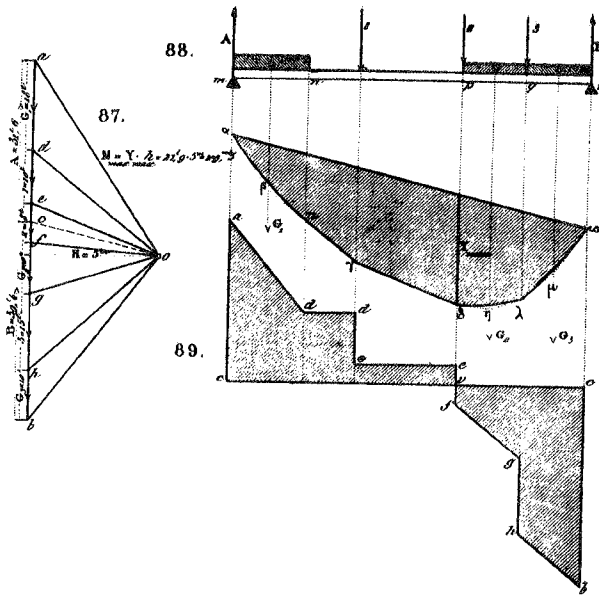


Abb. 86 Balken mit Querkraftlinie und Momentenfläche von Maurice Maurer⁶⁷⁵⁾

Culmann wendet sich noch innerhalb des allgemeinen Teils einer der wichtigsten Anwendungen zu, der Belastung eines Balkens durch einen »Lokomotivenzug«. ⁶⁷⁶⁾ Er betrachtet dazu die Lokomotive als bewegliches Lastsystem und untersucht graphisch für eine Engerthsche Lokomotive die ungünstigsten Laststellungen. ⁶⁷⁷⁾

Wann die einzelnen Weiterentwicklungen des Kräfte- und Seilpolygon-Verfahrens von Culmann gefunden wurden, läßt sich heute nicht mehr rekonstruieren, nicht einmal seine Schüler sahen sich dazu in der Lage. ⁶⁷⁸⁾

3.5.3 Reuleauxs Vorabdruck

Culmann bemühte sich in seinem Werk in erster Linie, die inneren Zusammenhänge herauszuarbeiten, der sorgfältig durchdachte Aufbau war ganz auf dieses Ziel ausgerichtet. Sein Buch eignete sich daher nicht als Steinbruch, aus dem man Verfahren zu einzelnen Problemen entnehmen konnte, die meisten Anwendungsabschnitte setzen z. B. den zweiten Abschnitt voraus. Die Beschreibung der Verfahren und ihre Erklärung bilden eine Einheit. Reuleauxs Vorabdruck der Culmannschen Ergebnisse hatte einen ganz anderen Charakter. Er beschreibt die Verfahren an Beispielen ohne Beweise, rezeptartig und damit leicht auf ähnliche Situationen übertragbar. Die Reuleauxsche Schrift ist

⁶⁷⁵⁾Maurer [1882], Taf. 5, Fig. 87-89

⁶⁷⁶⁾Culmann [1864-66], S. 132ff

⁶⁷⁷⁾Culmann [1864-66], Taf. 7

⁶⁷⁸⁾Tetmajer [1882], S. 13

ein Repetitorium oder weniger freundlich formuliert - ein Rezeptbuch. Da diese Broschüre sehr selten ist, will ich die Passage mit der Schlußlinie hier abbilden.

Die Fig. 9a und 9b (Abb. 87) stellen ein Seil dar, das in A und B befestigt ist und von fünf parallelen Kräften belastet wird. Fig. 9a zeigt das Seilpolygon und Fig. 9b das Kräftepolygon.

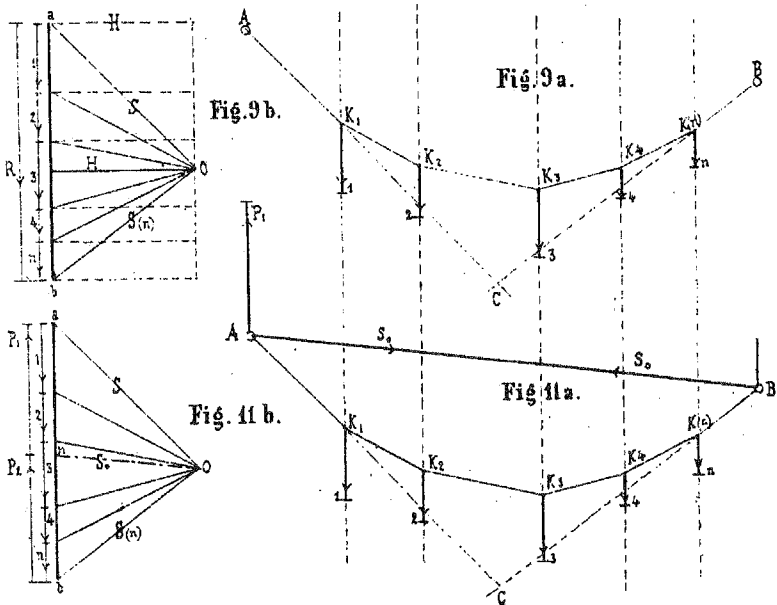


Abb. 87 Konstruktion der Lagerkräfte mit Schlußlinie aus Reuleaux⁶⁷⁹⁾

Die Resultierende der fünf Kräfte geht durch den Schnittpunkt C. Die Lager A und B werden verbunden, also die Schlußlinie AB eingetragen. So entsteht Fig. 11a. Die Schlußlinie wird dann parallel in das Kräftepolygon verschoben und dort durch den Pol O gelegt (Fig. 11b). Jetzt kann man im Kräftepolygon die Lagerkräfte P_1 und P_2 ablesen.

⁶⁷⁹⁾Reuleaux [1864], Blatt 1

§ 21, Wenn die beiden Endstücke eines von Kräften ergriffenen Seils in eine und dieselbe gerade Linie fallen, so sind die am Seil angreifenden äußeren Kräfte im Gleichgewicht. Umgekehrt fallen stets die beiden Endstücke eines Seils in eine und dieselbe Gerade, wenn die am Seil wirkenden äußeren Kräfte im Gleichgewicht sind. Diese Gerade heißt die Schlußlinie des Seilpolygons.

- Zusatz. Denkt man sich [Fig. 11 a] zwischen A u. B einen starren Stab gelegt, so muß derselbe zwei Druckkräften widerstehen, die gleich sind den Spannungen S_0 in den Endstücken des Seils AA_0 und BB_0 [Fig. 10 a], wenn die Gestalt des Seilpolygons sich nicht ändern soll. Sollen die Druckkräfte in den Stab fallen, so sind die aufwärts wirkenden Kräfte P_1 und P_2 ganz bestimmte, wie man aus dem Kräftepolygon [Fig. 11 b] ersieht.

Abb. 88 Abschnitt über die Schlußlinie aus Reuleaux⁶⁸⁰⁾

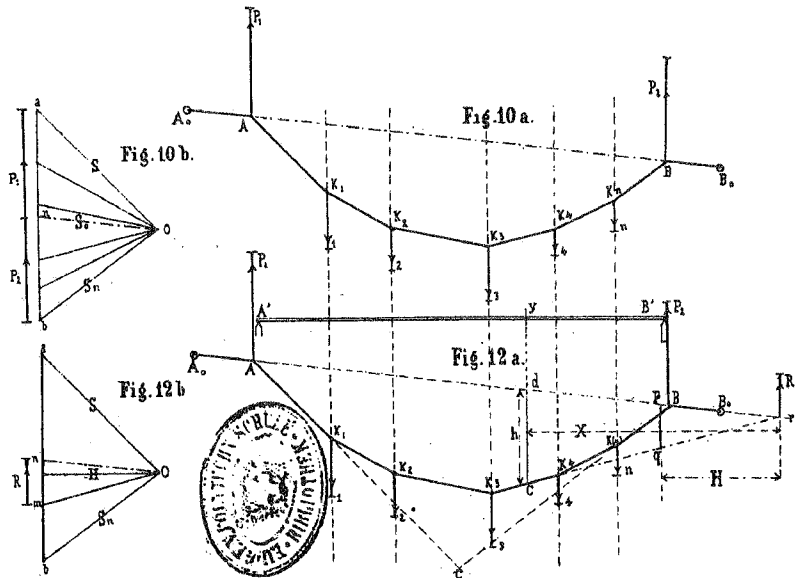


Abb. 89 Bestimmung der Momente bezüglich des Querschnitts y aus Reuleaux⁶⁸¹⁾

⁶⁸⁰⁾Reuleaux [1864], § 21

⁶⁸¹⁾Reuleaux [1864], Blatt 1

3.6 Schwerpunkte

Im sechsten Kapitel des zweiten Abschnitts wendet Culmann das Kräfteck-Seileck-Verfahren auf die Bestimmung von Schwerpunkten unregelmäßiger Flächen an. Die wichtigste Anwendung waren Schienenprofile, in Tafel 8 führt Culmann die Konstruktion an einer Schiene durch⁶⁸²⁾. Da diese Tafel auch die Konstruktion der Zentralellipse und des Kerns enthält, ist sie sehr kompliziert. Die Culmannsche Idee der graphischen Schwerpunkt-Bestimmung bei unregelmäßigen Flächen wird dagegen in der Zeichnung aus dem Lehrbuch von Lauenstein aus dem Jahre 1918 sehr deutlich. Derartige Zeichnungen finden sich in den meisten Lehrbüchern zur graphischen Statik.

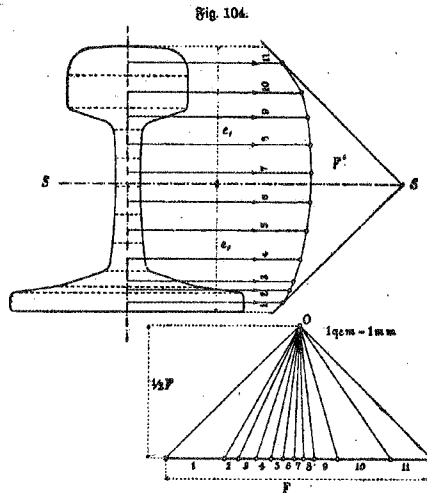


Abb. 90 Schwerpunkt einer Schiene, konstruiert mit Kräfteck-Seileck⁶⁸³⁾

3.7 Trägheitsmomente

Im siebten und achten Kapitel des zweiten Abschnitts befaßt sich Culmann mit dem Trägheitsmoment. Er beginnt mit einem allgemeinen Konstruktionsverfahren für Momente höherer Ordnung der Form

$$\sum x^m y^n z^k \cdot P,$$

wobei P parallele Kräfte sein sollen und die Variablen x , y und z die Koordinaten ihrer Angriffspunkte. Das Verfahren besteht lediglich in einer fortgesetzten Durchführung der Konstruktion von Momenten 1. Ordnung. Dabei werden lediglich die Segmente im Seileck als Kräfte im nächsten Schritt verwendet.

Außerdem werden das Trägheitsellipsoid und der Kern eingeführt. Die Herleitung erfolgt ausschließlich analytisch, zudem empfiehlt Culmann für einfache Querschnitte und Körper, wie z.B. Parallelogramm, Trapez, Dreieck, Ellipse, etc. oder Tetraeder, Kegel, Zylinder etc. die rechnerische Lösung:

⁶⁸²⁾Culmann [1864-66], S. 155, Taf. 8

⁶⁸³⁾Lauenstein [1918], S. 46 Fig. 104

»In diesem Fall ist die Rechnung oder vielmehr das Auftragen der ein für allemal berechneten Resultate einfacher als die graphische Methode.«⁶⁸⁴⁾

Zur Definition des Trägheitsellipsoids werden wieder die Begriffe der projektiven Geometrie herangezogen: das Trägheitsellipsoid wird eingeführt als Hülle eines »Ebenenbündels«. Zu einer Ebene E werden die Summen der Momente zweiter Ordnung $q^2 P$ ersetzt durch das Moment der Resultierenden $k^2 \Sigma P$. Im Abstand k werden zwei parallele Ebenen betrachtet. Rotiert E um einen festen Punkt O, dann hüllen die parallelen Ebenen ein Ellipsoid ein, das Trägheitsellipsoid.⁶⁸⁵⁾ Seine Eigenschaften werden ebenfalls in den Begriffen der projektiven Geometrie formuliert, insbesondere ist dies beim Kern eines Körpers der Fall.⁶⁸⁶⁾

Zur Konstruktion bzw. Berechnung wird das Trägheitsellipsoid und der Kern bzgl. eines beliebigen Punktes zurückgeführt auf das Zentralellipsoid und den Zentralkern, bei denen der Bezugspunkt der Schwerpunkt des Kräftesystems ist.⁶⁸⁷⁾

Für einfache Querschnitte bei einfachen Körpern wird die Aufgabe rechnerisch gelöst, bei unregelmäßigen Querschnitten wird die Lamellenmethode verwendet wie bei der Schwerpunkt-Konstruktion. Wie dort wird auch hier die Konstruktion am Beispiel des Schienenprofils durchgeführt.⁶⁸⁸⁾

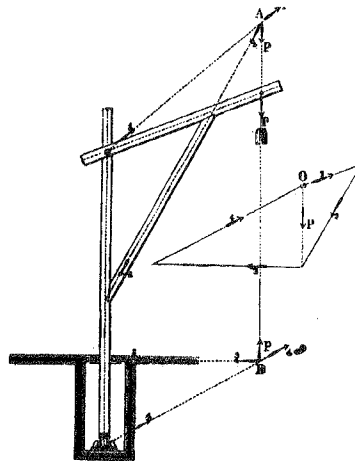


Abb. 91 Bestimmung der Lagerkräfte eines Krans mit dem 3-Kräfte-Verfahren⁶⁸⁹⁾

⁶⁸⁴⁾Culmann [1864-66], S. 180

⁶⁸⁵⁾Culmann [1864-66], S. 163

⁶⁸⁶⁾Culmann [1864-66], S. 174f

⁶⁸⁷⁾Culmann [1864-66], S. 167

⁶⁸⁸⁾Culmann [1864-66], S. 193f und Tafel 8

⁶⁸⁹⁾Culmann [1864-66], S. 258, Fig. 113 und 114

3.8 Der 1866er Teil der *Graphischen Statik*

Die Abschnitte drei bis acht der Culmannschen *Graphischen Statik* wurden erst 1866 veröffentlicht. Diese sechs Abschnitte befassen sich mit Anwendungen der graphischen Verfahren, sie tragen folgende Titel:

»Dritter Abschnitt.	Der Balken
Vierter Abschnitt.	Der continuirliche Balken
Fünfter Abschnitt.	Das Fachwerk
Sechster Abschnitt.	Der Bogen
Siebster Abschnitt.	Der Werth der Constructionen
Achter Abschnitt.	Theorie der Stütz- und Futtermauern«

Beim einfachen Balken untersuchte Culmann vor allem die Spannungen in den Balken und betrachtete insbesondere Blechkräne von Fairbairn (siehe Kap. 3.11) Die einfachen Balkenkräne wurden mit dem Drei-Kräfte-Verfahren untersucht (siehe Abb. 92).

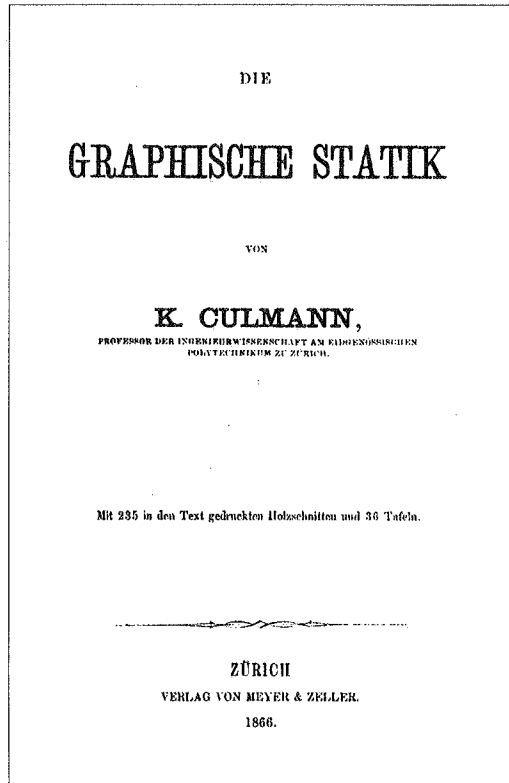


Abb. 92 Titelblatt der Gesamtausgabe der graphischen Statik von 1866

Im vierten Abschnitt wendet Culmann die Ergebnisse aus dem zweiten Abschnitt auf den Durchlaufträger an, wobei aber die Pfeilmomente berechnet werden mußten. Otto Mohr übertrug im Jahre 1868⁶⁹⁰⁾ Culmanns Idee auf die elastische Linie. Dazu faßte er die elastische Linie als Seilpolynom auf, damit ergänzte er die Culmannsche Methode des kontinuierlichen Trägers, indem sich nun auch die Stützmente graphisch bestimmen ließen. Culmanns Schüler reagierten mit etlichen Schriften auf diese Erweiterung.⁶⁹¹⁾

Bei der Untersuchung der Fachwerke im fünften Abschnitt beschränkte sich Culmann auf Dreiecksfachwerke, er befaßte sich daher auch nicht mit allgemeinen Bedingungen für die statische bzw. kinematische Bestimmtheit von Fachwerken, wie Maxwell und Cremona und in ihrem Gefolge eine Reihe weiterer Mathematiker z. B. Padeletti, Saviotti, Henneberg, Schoenflies, Grübler. Interessant sind diese Untersuchungen auch deshalb, weil sich hier die graphische Statik und die Kinematik berühren.

3.9 Culmann-Gerade

Im Zusammenhang mit den Kräfteplänen taucht heute Culmanns Name selten auf, da ist vor allem Cremona - zurecht - mit seinen Cremona-Plänen präsent. Allerdings entwickelte Culmann zur graphischen Analyse von Fachwerken eine Konstruktion, die noch heute mit seinem Namen verbunden ist: Das 4-Kräfte-Verfahren mit der *Culmann-Geraden*. Diese Konstruktion wurde von Culmann für eine Grundaufgabe in der graphischen Fachwerktheorie eingeführt, der »Bestimmung der am Fachwerk wirkenden innern Kräfte«.

Eine äußere Kraft P belastet ein Fachwerk. Nach dem Ritterschen Schnittverfahren wird das Fachwerk so aufgetrennt, daß drei Stäbe geschnitten werden. August Ritter hatte dieses Verfahren bei der analytischen Fachwerkberechnung eingesetzt (Abb. 93). Gleichgewicht herrscht dann, wenn die Resultierende der »Spannung Q « und der »Pressungen R und S « in den Stäben

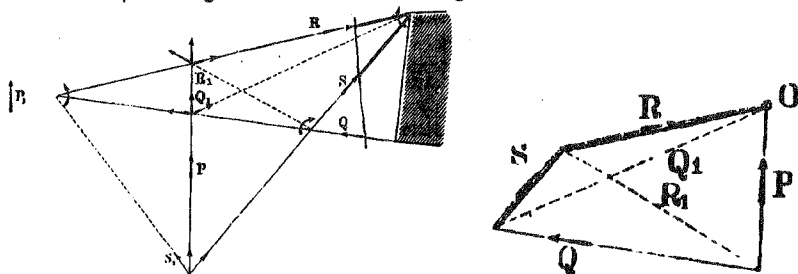


Abb. 93 Lageplan (links) und Kräfteplan (rechts) zum 4-Kräfte-Verfahren mit Culmann-Geraden.⁶⁹²⁾

gleich der Gegenkraft der äußeren Kraft P ist, d.h. »man hat sie [die Kraft P] daher einfach nach jenen drei Richtungen zu zerlegen.«⁶⁹³⁾ oder anders formu-

⁶⁹⁰⁾Mohr [1868]

⁶⁹¹⁾Ritter [1871], Weyrauch [1873], Weyrauch [1874 Elast. Linie].

⁶⁹²⁾Culmann [1864-66], Fig. 148 und Fig 149, S. 364. Culmann gibt drei mögliche Kräftepläne an.

⁶⁹³⁾Culmann [1864-66], S. 363

liert, wenn die vier Kräfte Q , R , S und $-P$ im Gleichgewicht sind. Die gestrichelten Linien, die durch die Schnittpunkte von je zwei Wirklinien verlaufen, sind die Culmann-Geraden. Einen möglichen Kräfteplan zeigt ebenfalls Abb. 94 (rechts). Zerlegt man das Kraftviereck in zwei Kraftecke, dann sieht man, daß die Resultierende von Q und S die Gegenkraft der Resultierenden von R und $-P$ ist. Die Wirklinie dieser Resultierenden ist die Culmann-Gerade von R_1 . Entsprechendes gilt bei Zerlegung längs Q_1 .

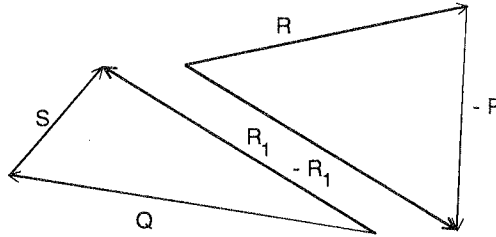


Abb. 94 Zerlegung des Kräfteplans in zwei Teilpläne

Auch Culmann erkannte, daß sich diese Konstruktion nicht nur für Fachwerkstrukturen einsetzen läßt, daher rückte er in der zweiten Auflage diese Grundaufgabe in den allgemeinen Teil, also den zweiten Abschnitt nach vorne. Das 56. Kapitel, »Zerlegung einer Kraft in drei Seitenkräfte«, beginnt mit den Bedingungen für das Verfahren:

»Bei der Zerlegung einer Kraft in 3 Seitenkräfte dürfen diese Kräfte sich nicht in einem Punkt schneiden; bilden sie aber ein Dreieck, so kann eine Kraft immer eindeutig nach diesen drei Richtungen zerlegt werden. Diese Zerlegung bildet das Wesen der Fachwerktheorie.«⁶⁹⁴⁾

3.10 Der »versenkte Nibelungenschatz«

Zunächst fand Culmanns *Graphische Statik* eine eher zurückhaltende Aufnahme. Es gab nur wenige Besprechungen. Man anerkannte zwar, daß er das Krafteck-Seileck-Verfahren zu einer vielseitig verwendbaren Methode ausgebaut hatte, von verschiedenen Autoren wurde aber die Verwendung projektiver Mittel für unnötig und der Verbreitung hinderlich erklärt. So schrieb Otto Mohr 1868 in einem Artikel, in dem er eine graphische Behandlung der elastischen Linie vorstellte:

»Herr Professor Culmann hat in seiner 'Graphischen Statik' die Aufgabe sich gestellt, die einer geometrischen Behandlung zugänglichen Aufgaben aus dem Gebiete des Ingenieurfachs mit Hilfe der neueren Geometrie zu lösen. Die interessanten und für die Praxis brauchbaren Resultate, welche jenes Werk enthält, würden - wie wir überzeugt sind - bereits allgemeinen Eingang gefunden haben, wenn nicht der gelehrte Apparat der neueren Geometrie viele Ingenieure von dem Studium dieses Gegenstandes abgeschreckt hätte. Wir glauben, daß in manchen und gerade den für die Praxis wichtigsten Fällen die Hilfsmittel der älteren Geometrie

⁶⁹⁴⁾Culmann [1875], S. 201f

ausgereicht haben würden, [...]«⁶⁹⁵⁾

Von mathematischer Seite war die Resonanz noch geringer, es gab sogar eine Besprechung, in der Culmann Niveaulosigkeit vorgeworfen wurde. An den Vorwurf, die neuere Geometrie würde zu wenig benutzt, erinnerte Weyrauch bei der Besprechung der zweiten Auflage: »Die neue Auflage dürfte in dieser Hinsicht jedenfalls mehr befriedigen.«⁶⁹⁶⁾ Im *Archiv der Mathematik und Physik mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Lehrer an höheren Unterrichtsanstalten* wurde im Jahre 1869 die *Graphische Statik* besprochen, die Besprechung ist nicht namentlich gekennzeichnet, sie stammt aber vermutlich vom Herausgeber Grunert persönlich. Dort heißt es:

»Wir müssen gestehen, dass wir durch den Titel dieses erst jetzt zu unserer genaueren Kenntniss gelangten, mit besonderer Erwartung von uns in die Hand genommenen [...] Buchs und durch dessen Inhalt in mehrfacher Beziehung getäuscht worden sind, wobei wir jedoch auch dessen Verdienstlichkeit in gewisser Rücksicht keineswegs in Abrede stellen wollen und selbst von mehreren Partien mit Interesse nähere Kenntniss genommen haben. Wir glaubten eine - mit ausgedehnter Benutzung und Verwendung der Lehren der sogenannten neueren Geometrie, welche wir freudigst begrüsst haben würden - möglichst rein geometrisch gehaltene wissenschaftliche, streng systematische Darstellung und - auf dem genannten Wege - neue Begründung der Lehren der gesamten Statik zu finden, wozu der Titel und anderweitige zu unserer Kenntniss gelangten Urtheile wohl berechtigen durften.«⁶⁹⁷⁾

Dafür findet er nur Konstruktionen verschiedener statischer Probleme. Die wenigen Anwendungen von Lehren der neueren Geometrie sind elementar und außerdem stören den Rezensenten die zahlreichen algebraischen Rechnungen. Das Urteil über die beiden ersten Abschnitte fällt insgesamt vernichtend aus:

»Die übrigen, bei weitem den größten Theil des Buches einnehmenden Abschnitte sind mehr praktischer Natur, und hier glauben wir allerdings, dass dem Praktiker mehrfach durch geeignete, für die von ihm zu erreichenden Zwecke hinreichende Genauigkeit gewährende Constructionen unter die Arme gegriffen wird, weshalb wir diesen Theil auch allen Praktikern recht sehr zur Beachtung empfehlen.«⁶⁹⁸⁾

In der *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* erschien erst im Jahre 1868 eine Besprechung. Im *Civilingenieur* wurde auf sie mit der Bemerkung hingewiesen »Besprechung dieses bereits im Jahre 1866 [...] erschienen ausgezeichneten, aber freilich schwer verständlichen Werkes.«⁶⁹⁹⁾

Die so zusammengefaßte Besprechung war ein mehr als zehn Spalten umfassender Artikel unter dem Titel *Die graphische Statik von Culmann von einem Schüler Culmann's*. Der Name des Autors läßt sich aus dem Text nicht entnehmen, in Frage kommen z. B. Rudolf Harlacher, der von 1866 bis 1869 Privatdozent und Assistent an der Ingenieurschule war, oder Jacob J. Weyrauch,

⁶⁹⁵⁾Mohr [1868], S. 19

⁶⁹⁶⁾Weyrauch in *ZfMPh* 20 (1875), Hist-lit. Abt. S. 165

⁶⁹⁷⁾in Arch. M u. Ph. 49 (1869). Literarischer Bericht Nr. 196, S. 10f

⁶⁹⁸⁾in Arch. M u. Ph. 49 (1869). Literarischer Bericht Nr. 196, S. 11

⁶⁹⁹⁾*Civilingenieur* 15 (1869), Literatur- und Notizblatt, S. 9

der von 1864 bis 1867 an der Ingenieurschule studiert hatte und 1868 an der Universität Zürich promoviert wurde oder Wilhelm Ritter, der später Culmanns Nachfolger wurde und von 1865 bis 1868 bei Culmann studiert hatte.

Der Artikel sollte keine Besprechung sein, dafür fühlte sich der Autor nicht unbefangen genug. Er konstatierte, daß sich »auffallend« »wenig Stimmen« über Culmanns Werk haben »vernehmen lassen« und führt dies darauf zurück, daß die graphische Statik »bis jetzt noch nicht genug studirt wurde, um ordentlich kritisiert zu werden.« Sein Ziel war es daher, von Neuem auf Culmanns Werk hinzuweisen und zum Studium anzuregen, denn jeder, der sich damit gründlich befaßt hat, wird erkennen, »daß die graphische Statik allerdings das Fundament einer neuen wissenschaftlicheren Ingenieurkunde ist.«⁷⁰⁰⁾

Wilhelm Fränkel führte bereits im Jahre 1866 in Dresden eine Vorlesung über graphische Statik ein. Im Nachruf des *Civilingenieurs* nach seinem Tod wurde es als Zeichen für seine »rasche Auffassung«⁷⁰¹⁾ gewürdigt, daß er so früh schon die Bedeutung der graphischen Statik erkannte. Fränkel äußerte sich 1871 in einer Besprechung der *Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik* von Karl v. Ott auch zu Culmann:

»Der neue, von Professor *Culmann* in Zürich zuerst begründete Wissenszweig der graphischen Statik wird jetzt auf den meisten polytechnischen Schulen gelehrt und von einem grossen Theile der jüngeren praktischen Techniker mit Vortheil benutzt. Einen methodischen Cursus, in welchem erst Geometrie der Lage als Vorbereitung zur graphischen Statik und dann diese selbst vorgetragen wird, sind jedoch viele der Fachgenossen nicht in der Lage, durchzumachen, und es bleibt das classische Werk von Professor *Culmann* für letztere ein *versenkter Nibelungenschatz*.«⁷⁰²⁾

3.10.1 Josef Schlesinger

Der erste *Privatdozent für graphisches Rechnen und graphische Statik* außerhalb Zürichs ist vermutlich Josef Schlesinger. Schlesinger hatte am Wiener Polytechnikum studiert und war vom Studienjahr 1859/1860 bis zum Jahr 1864/1865 Assistent für darstellende Geometrie bei J. Hönig (1843 - 1870) gewesen; fast gleichzeitig mit Staudigl (1838 - 1891), der die Wiener Schule der darstellenden Geometrie begründete, die durch Emil Müller (1861 - 1927) zu besonderem Ansehen geführt wurde⁷⁰³⁾. Schlesinger legte das Lehrrexamen ab und unterrichtete an der Oberrealschule am Bauernmarkt in Wien. Am 14. Februar 1866 beantragte er die »Habilitation als Dozent für graphisches Rechnen und graphische Statik« und bat darum,

»ihm wenn möglich zu gestatten noch im Verlaufe des gegenwärtigen Schuljahres Vorträge über graphisches Rechnen halten zu dürfen«⁷⁰⁴⁾.

Dazu legte er ein Vorlesungsprogramm vor und zwei Artikel über graphisches Rechnen⁷⁰⁵⁾. In seinem Programm kündigte er an, »über Geometrie der Lage

⁷⁰⁰⁾Culmann-Schüler [1868], S. 436f

⁷⁰¹⁾Nachruf auf Fränkel. *Civilingenieur* 41 (1895), S. 267

⁷⁰²⁾Fränkel: Besprechung von K. v. Ott [1871], *ZfMPh* 16 (1871), S. 20. Hervorhebung BM

⁷⁰³⁾Lechner [1942], S. 154

⁷⁰⁴⁾Universitätsarchiv TU Wien 132/1866, Antrag

⁷⁰⁵⁾Einer davon über Potenzcurven Schlesinger [1866]

und neuere Geometrie als graphisches Rechnen, und über neuere Geometrie vorzutragen.«⁷⁰⁶⁾ Die Aufzählung der Themen, die er behandeln wollte, umfaßt 73 Kapitel. Dazu gehörten im Teil »Graphisches Rechnen«, z. B.

- »4. Projizieren. Reziproke Elemente.
- 5. Ebene zusammengesetzte Gebilde. Unendlich ferne Elemente. [...]
- 7. Harmonische Lagen. [...]
- 10. Beziehungen der harmonischen Gebilde. [...]
- 12. Konstruktion eines harmonischen Büschels. [...]
- 17. Projektivische Gebilde. [...]
- 21. Kollineare und reziproke Gebilde. [...]
- 31. Polarsysteme«.

Er las wohl ab dem Studienjahr 1866/67 *graphische Statik und graphisches Rechnen* bis er 1869/70 an die Forstakademie Mariabrunn wechselte. Im Programm des Wiener Polytechnikums des Studienjahres 1868/69 kündigte er für das Wintersemester eine dreistündige Vorlesung *Geometrie der Lage und graphisches Rechnen an* und für das Sommersemester *Graphische Statik*, ebenfalls dreistündig. Eine Bearbeitung dieser Vorlesungen erschien als lithographierte Handschrift. Sie war nach Reuleauxs und Culmanns Schriften erst das dritte Buch über graphische Statik. Die Titelseite dieser Schrift (Abb. 95) ist der früheste Beleg für den Begriff »Grapho-Statik« (siehe Abschnitt 3.2). Schlesinger definiert:

»Die Wissenschaft, welche lehrt, wie die durch algebraische Ausdrücke darstellbaren Gleichgewichtsbedingungen gegebener Kräfte auf constructivem Wege aufgefunden werden können, wird graphische Statik oder auch Graphostatik genannt.«⁷⁰⁷⁾

Man vergleiche damit die Begriffsklärung von Weyrauch:

- »(1) Die graphische Statik ist die Lehre von den Constructionen, welche bei der graphischen Lösung der statischen Probleme des Ingenieurwesens zur Verwendung kommen;
- (2) sie untersucht ferner die allgemeinen Beziehungen, die sich im Anschluß an diese Constructionen erreichen lassen.«⁷⁰⁸⁾

Der gedruckte Text unterscheidet sich stark von der Ankündigung beim Habilitationsantrag, insbesondere kommt die projektive Geometrie nicht vor, also auch nicht die zitierten Themen. Da der Vorlesungstitel ausdrücklich die Geometrie der Lage enthält, ist möglicherweise ein erster Teil über diesen Gegenstand in der Niederschrift weggelassen, andererseits wird weder im graphischen noch im graphostatischen Abschnitt Gebrauch von der projektiven Geometrie gemacht. Z. B. werden die für die Anwendungen nötigen Eigenschaften der Käfte- und Seilpolygone, ohne Beweis angegeben. Am Ende dieses Abschnitts heißt es dann lapidar:

»Auf die höchst interessantesten projectivischen Beziehungen beider Polygone, wie sie in Culmanns graphischer Statik entwickelt sind, einzugehen ist wegen Mangel an Zeit nicht möglich.«⁷⁰⁹⁾

⁷⁰⁶⁾Universitätsarchiv TU Wien 132/1866, Programm S. 1

⁷⁰⁷⁾Schlesinger [1868-69], S. 60

⁷⁰⁸⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZMPH], S. 373f

⁷⁰⁹⁾Schlesinger [1868-69], S. 60



Abb. 95 Titelblatt von Schlesingers Broschüre über graphische Statik⁷¹⁰⁾

Der Verzicht auf die projektive Geometrie ist bei Schlesinger um so überraschender als er einer der entschiedensten Vertreter der projektiven Umgestaltung der darstellenden Geometrie war, wie sie Fiedler forderte. Wie bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, veröffentlichte er 1870 ein Lehrbuch der darstellenden Geometrie »im Sinne der neueren Geometrie für Schulen technischer Richtungen«, in dem er sich bemühte, »die geeigneten Lehren der sogenannten neueren Geometrie in die darstellende Geometrie systematisch einzuführen.«⁷¹¹⁾ Dabei berief er sich ausdrücklich auf Wilhelm Fiedler⁷¹²⁾, dem aber dieses Buch zu »dogmatisch« und zu »unpädagogisch«⁷¹³⁾ war.

Sogar von einem so kompromißlosen Vertreter der projektiven Geometrie wie Schlesinger wurde also die Culmannsche Lehre nur in elementarisierte Form weitergegeben. Möglicherweise hat Schlesinger auch in Mariabrunn graphische Statik gelehrt, dem bin ich aber nicht nachgegangen, möglicherweise dort auch mehr im Culmannschen Sinne.

Im graphischen Rechnen geht Schlesinger dagegen über Culmann hinaus, sein Manuskript enthält Passagen über graphische Integration und die Bestimmung von Integralfunktionen.

Die Broschüre von Schlesinger hatte vermutlich nur eine geringe Auflage, weder erwähnt sie Weyrauch in seinem Literaturverzeichnis⁷¹⁴⁾, in dem er Vollständigkeit angestrebt hatte, noch befindet sich in der ETH-Bibliothek ein Exemplar, obwohl sie die Culmannsche Bibliothek besitzt. Nur Antonio Favaro

⁷¹⁰⁾Schlesinger [1868-69]

⁷¹¹⁾Schlesinger [1870], S. II

⁷¹²⁾Fiedler [1863]

⁷¹³⁾Fiedler [1871], S. VII

⁷¹⁴⁾Weyrauch [1874 Gra. Stat.]

erwähnte die Schrift von Schlesinger.⁷¹⁵⁾ Zwischen Favaro und Schlesinger bestanden damals besondere Kontakte, das zeigt sich auch daran, daß die deutsche Fassung der Favaroschen Schrift über Planimeter von Schlesinger überarbeitet wurde.⁷¹⁶⁾

3.10.2 Karl von Ott

Erst 5 bzw. 7 Jahre nach Veröffentlichung von Culmanns Buch erschienen Lehrbücher der graphischen Statik, die eine größere Verbreitung erlangten. Das erste davon war mit seinen 49 Seiten sowohl vom Umfang als auch vom Inhalt her wesentlich bescheidener als die Schlesingerschen *Vorlesungen*. Es stammte von Karl von Ott, er war Professor an der deutschen Oberrealschule in Prag, später deren Direktor, und Dozent an der deutschen TH, später a. ord. Professor. An der TH las er allerdings Baumechanik, die graphische Statik wurde dort von Winkler bzw. Harlacher gelesen. Seine - nach eigenen Angaben - »populäre Entwicklung der Grundzüge des graphischen Rechnens und seiner Anwendung« erschien zunächst 1870 im »Programm der d. Oberrealschule« und wurde 1871 als eigene Broschüre gedruckt. Seine Schrift hatte das Ziel, »vornämlich meine Schüler aber auch alle Ingenieure oder Bautechniker mit der Tendenz der vortrefflichen Schöpfung *Culmanns* bekannt zu machen«⁷¹⁷⁾, wandte sich also in erster Linie an Realschüler, aber auch an praktisch tätige Ingenieure. Bei aller Begeisterung über Culmanns Werk fehlt dennoch nicht der Hinweis:

»der raschen und allgemeinen Ausbreitung des oben genannten Werkes mag übrigens auch der Umstand hinderlich sein, daß *Culmann* gleich von vorneherein die Kenntnis der Geometrie der Lage fordert und zum Vorstudium seines Werkes die neuere Geometrie von *Staudt* anempfiehlt.«⁷¹⁸⁾

Dahinter verbarg sich keine Ablehnung der neueren Geometrie, er selbst hatte 1869 eine Broschüre über *Grundzüge der neueren Geometrie oder Geometrie der Lage* verfaßt. Interessanterweise kommen 1870 in der ersten Auflage seiner *Vorträge über Baumechanik*, die aus seiner Vorlesung hervorgingen, nur an einer Stelle graphische Methoden vor. Nur im Abschnitt über Gewölbe gibt es ein kurzes Kapitel mit einer graphischen Lösung⁷¹⁹⁾. Im Erddruck-Abschnitt wird zwar Culmanns graphische Statik lobend erwähnt, aber kein graphisches Verfahren vorgestellt.⁷²⁰⁾ In der zweiten Auflage von 1877 werden dann aber doch Erddruck und Stützmauern auch graphisch behandelt.

Ott verzichtet in seiner graphischen Statik auf allgemeine Beweise, die Dualität von Kraft- und Seileck kommt nicht vor und die Abhängigkeit von der Lage des Pols wird erst gar nicht problematisiert.

Seine Schrift war so erfolgreich oder die Auflage so klein, daß nach einem Jahr eine Neuauflage erforderlich wurde. Die zweite Auflage hat mehr als dop-

⁷¹⁵⁾Favaro [1873 Grafica], S. 66

⁷¹⁶⁾Favaro [1873 Planimeter], S. 36

⁷¹⁷⁾Ott [1871], S. 2

⁷¹⁸⁾Ott [1871], S. 1

⁷¹⁹⁾Ott [1870], S. 86ff

⁷²⁰⁾Ott [1870], S. 51f

pelten Umfang, die Fachwerktheorie ist erweitert und ein allerdings überwiegend analytischer Anhang über Elastizität angefügt. Die Behandlung des Durchlaufträgers erscheint ihm in einer populären Einführung deplaziert.⁷²¹⁾

Bereits zwei Jahre später erschien die dritte Auflage. Sie ist nur unwesentlich erweitert und enthält jetzt eine Konstruktion zu Bestimmung der Stützlinie im Gewölbe, dieselbe Konstruktion, die er - wie erwähnt - auch in der Baumechanik behandelt hatte.

1879 bzw. 1884 erschien schließlich eine »gänzlich umgearbeitete vierte Auflage«⁷²²⁾. Das graphische Rechnen und die graphische Statik wurden nun in getrennten Bänden von jeweils etwa 200 Seiten vorgelegt. Die beiden Teile sind auch in der Substanz deutlich verbessert worden, so wird beispielsweise in der *Graphischen Statik* jetzt auch die Unabhängigkeit der Ergebnisse von der Lage des Pols besprochen.⁷²³⁾

Ein Kommentar von Culmann zu Otts Büchern ist mir nicht bekannt, es sei denn man bezieht Culmanns Bemerkung, über populäre Bücher für Baugewerkeschulen könne man sich freuen,⁷²⁴⁾ auf Ott.

In Weyrauchs Literaturliste über graphische Statik wird die erste Auflage nicht erwähnt. Aus der zweiten Auflage wird das Kapitel über »Wirkung paralleler Kräfte auf einfache Träger mit gerader Längsachse« aufgeführt mit dem Vermerk »Das Elementarste über Zusammensetzung der Kräfte in der Ebene ist vorausgeschickt«, außerdem das Kapitel über Fachwerke.⁷²⁵⁾

Die Besprechungen in den Zeitschriften waren meist freundlich⁷²⁶⁾. Grunert vom *Archiv der Mathematik und Physik* nutzte bereits die erste Auflage, um nochmals sein Mißfallen über Culmanns graphische Statik mitzuteilen (oder mitteilen zu lassen, die Rezension ist wieder nicht signiert):

»Wir haben schon bei früherer Gelegenheit ausgesprochen, dass aus diesem graphischen Rechnen usw. nach unserer Meinung viel zu viel gemacht wird, dasselbe sogar hin und wieder als eine neue Erfindung ausposaunt wird. Denn wer nur gründliche elementare mathematische Kenntnisse besitzt, wird gewiss mit grösster Leichtigkeit im Stande sein, sich graphische Methoden zur Darstellung gewisser einfacher arithmetischer Ausdrücke selbst zu erfinden, wie ja dies auch in der That schon eine sehr alte Sache, und nur in ein gewisses System zu bringen ist. Dass übrigens in der Praxis mit Vortheil und hinreichender Genauigkeit an die Stelle der Rechnung graphische Methoden gesetzt werden können, haben wir keineswegs in Abrede zu stellen die Absicht; um aber hierzu eine nur allein nöthige allgemeine Anleitung zu geben, sind wahrhaftig nicht dickeleibige Bücher nöthig; dazu genügt eine ganz kurze Exposition von 49 Seiten wie im vorliegenden Büchlein vollkommen und viel besser, weshalb wir auf dasselbe hier im Allgemeinen aufmerksam machen. Man hat wahrhaftig in der Mathematik mehr zu thun als dickeleibige Bücher über solche zum Theil ziemlich trivialen Dinge, die einem Jeden

⁷²¹⁾Ott [1872], S. V

⁷²²⁾Ott [1879], Titelseite

⁷²³⁾Ott [1884], S. 17f

⁷²⁴⁾Culmann [1875], S. VI

⁷²⁵⁾Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 32f

⁷²⁶⁾FdM 2 (1869-70), S. 661, FdM 4 (1872), S. 436, ZVDI 20 (1876), S. 36, FdM 17 (1885), S. 849

sich leicht ganz von selbst darbieten, durchzulesen; wer dergleichen nicht selbst machen kann, ist kein Mathematiker.«⁷²⁷⁾

Auch Fränkel hatte - wie zitiert⁷²⁸⁾ - die positive Besprechung von Otts Buch mit einem Bonmont vom »versenkten Nibelungenschatz« zu einem Seitenhieb auf Culmann verbunden. Die Zeitschrift des VDI gab Otts Buch das Prädikat »leicht verständlich und im guten Sinne populär«⁷²⁹⁾. Populär war sein Buch wohl wirklich, das zeigen nicht nur die vier Auflagen, sondern auch die zahlreichen Übersetzungen: G. S. Clarke übersetzte die 3. Auflage 1874 ins Englische, diese Übersetzung wurde 1885, 1895, 1901 und 1905 unverändert nachgedruckt, eine italienische Ausgabe ebenfalls der 3. Auflage erschien 1877, nach Otts eigenen Angaben ist sein Buch noch in vier weitere Sprachen übersetzt worden.⁷³⁰⁾ Die einzige negative Besprechung, die ich kenne, stammt von Otto Mohr:

»Dass die populäre Form eine gründliche Behandlung, eine präzise Ausdrucksweise und eine wissenschaftlich strenge Beweisführung nicht ausschliesst, würden [...] die Werke von Bauschinger und Levy darthun. Das Buch des Herrn v. Ott lässt aber diese Haupterfordernisse in solchem Maasse vermessen, dass es weder eine gründliche Belehrung, noch eine wissenschaftliche Anregung darbieten kann.«⁷³¹⁾

3.10.3 Bauschinger

Als der große Popularisierer von Culmann galt allerdings nicht Ott, sondern Bauschinger veröffentlichte 1871 unter dem Titel *Elemente der graphischen Statik* ein Lehrbuch der graphischen Statik. Sein Buch wurde mit Ausnahme von Culmann sehr positiv aufgenommen. Culmann reagierte ausgesprochen verärgert, noch vier Jahre später im Vorwort seiner 2. Auflage wettet er gegen den Herrn Professor, dem es nicht elementar genug sein kann⁷³²⁾. Dies mag auch damit zusammenhängen, daß Culmann zur Münchner technischen Hochschule besondere Beziehungen pflegte, außerdem bekleidete Bauschinger die Stelle, die eigentlich ihm zugeordnet war (Abschnitt 1.9.5)

Bauschingers Einführung ist auf deutlich höherem Niveau als die Ottschen Bücher, es ist eine durchaus eigenständige Arbeit, der Stoff ist gründlich durchgearbeitet. So übertrug Bauschinger die Anwendungen auf die bayerischen Verhältnisse, zum Beispiel konstruierte er den Schwerpunkt eines Schienenprofils der bayerischen Staatsbahn, während Culmann den Schwerpunkt für das Profil einer Schiene der schweizerischen Centralbahn und für eine amerikanische Flanschschiene bestimmt hatte.

Von den zahlreichen positiven Kommentaren zu seinem Buch erwähne ich nur die Besprechung von Wittstein im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*. Auch hier wird wieder die geringe Verbreitung der graphischen Statik mit dem Mangel

⁷²⁷⁾Besprechung zu K. v. Ott: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. Prag 1871 in Archiv der Mathematik und Physik 54 (1872). Literarischer Bericht Nr. 213, S. 5

⁷²⁸⁾Siehe Abschnitt 3.10

⁷²⁹⁾ZVDI 23 (1879), S. 430

⁷³⁰⁾Ott [1884], S. III

⁷³¹⁾Mohr [1875], S. 238

⁷³²⁾Culmann [1875], S. VI

»an einem systematisch geordneten Lehrbuche« und der Voraussetzung der »neueren synthetischen Geometrie« erklärt, dadurch wurde dem »ausübenden Ingenieur« der Zugang »bedeutend erschwert«. »Diesem doppelten Bedürfnisse hat Herr Bauschinger in der anerkanntesten Weise abgeholfen.«⁷³³⁾ »Die Darstellung ist durchweg klar und besonders dazu geeignet, den Praktiker ohne Ueberwindung grosser Schwierigkeiten in diesen Zweig der Mechanik einzuführen.«⁷³⁴⁾

Otto Mohr bescheinigte Bauschingers Buch eine »wissenschaftliche, elementare Darstellung«⁷³⁵⁾. 1880 wurde es in gekürzter Form wiederaufgelegt. 1875 erschien eine italienische Übersetzung. Zahlreiche Lehrbuchautoren ließen sich von Bauschingers Buch anregen, es wurde in italienischen, deutschen und amerikanischen Lehrwerken vielfach zitiert. Für Bauschinger war die graphische Statik allerdings lediglich ein Randgebiet seiner wissenschaftlichen Arbeit, sein Hauptinteresse galt der empirischen Untersuchung der Festigkeit der Baumaterialien im Ingenieurlabor. Auf sein Drängen hin wurde 1870 an der TH München das erste »mechanisch-technische Laboratorium« in Deutschland eingerichtet. Bauschinger sah für die Systematisierung solcher Studien drei Gründe: »kühnere Bauten, d.h. solche, bei denen die Festigkeit der Materialien in besonderem Maße in Anspruch genommen wird«, »ökonomische Rücksichten« und »Sorge um das Leben und die Gesundheit« der Arbeiter.⁷³⁶⁾

3.11 Der »natürliche Beweis« für die graphische Statik

3.11.1 Die Sichtbarkeit der Knochen-Statik

»Er müsse gestehen, dass er niemals eine freudigere Ueberraschung aus seinen wissenschaftlichen Arbeiten gewonnen habe, als in dem Momente, in welchem er die wunderbare Uebereinstimmung zwischen der Natur und den Ergebnissen seiner graphostatischen Untersuchungen vor sich erblickt habe.«⁷³⁷⁾

Culmann machte diese Bemerkung im Jahre 1878. Ein gewisser Regierungsrat Geitel hat sie überliefert, sie fiel, als Culmann berichtete, wie er im Spätsommer 1866 entdeckte, daß die Natur im Knochenbau selbst graphische Statik betreibt. Damals hatte der Anatom G. Herrmann Meyer der Züricher *Naturforschenden Gesellschaft* Knochenpräparate vorgestellt⁷³⁸⁾. (Z.B. Abb. 98).

Er zeigte den Teilnehmern, zu denen auch Culmann zählte, Schnitte durch verschiedene Knochen und zwar Knochen, die ein Gewicht zu tragen haben. Bei ihnen ist der Hohlraum im Innern mit Mark, Blutgefäßen und anderen Geweben ausgefüllt; und zwischen diesem lebenden Gewebe liegt ein feines Gitterwerk kleiner, ineinander verflochtener Knochenbälkchen, die das soge-

⁷³³⁾FdM 3 (1871), S. 442

⁷³⁴⁾FdM 3 (1871), S. 443

⁷³⁵⁾Mohr [1875], S. 236

⁷³⁶⁾Bauschinger [1879], S. 49

⁷³⁷⁾Geitel zitiert nach Wolff [1892], S. 25 Fußnote 2. Sicherlich kein wörtliches Culmann-Zitat.

Culmann hätte sicher nicht das Wort Graphostatik verwendet.

⁷³⁸⁾Meyer [1867], S. 619f

nannte *spongiöse Gewebe* bilden. Culmann stellte in diesen Strukturen eine verblüffende Ähnlichkeit fest mit Spannungstrajektorien eines Fairbairn-Kran, wie er ihn in seiner *Graphischen Statik* abgebildet hatte.

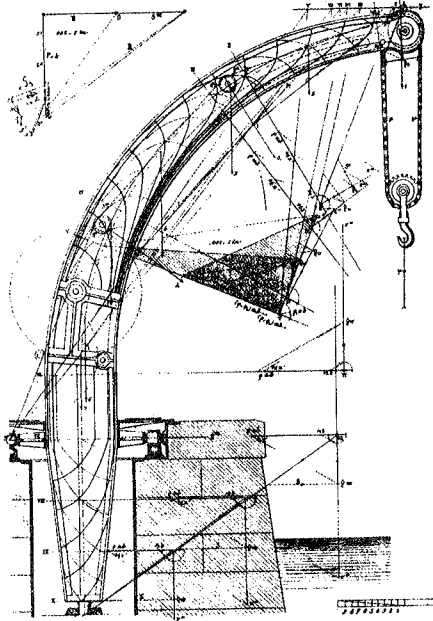


Abb. 96 Trajektorien im Blechkran von Culmann⁷³⁹⁾

Er bemerkte, - so Meyer 1867 in seinem Artikel -

»dass die Richtung der bezeichneten Plättchensysteme in den Köpfen des Os metatarsi I⁷⁴⁰⁾ dieselben Linien darstelle, welche die graphische Statik als Druck- und Zug-Kurven (Kurven des maximalen Druckes und des maximalen Zuges) zu bezeichnen pflegt; es sind diese diejenigen Linien, welche die Richtung bezeichnen, in denen die Druck- und Zugwiderstände gegen eine Gewalteinwirkung sich rein (ohne Beimengung *scheerender Kräfte*) und deshalb am concentriertesten darstellen.«⁷⁴¹⁾

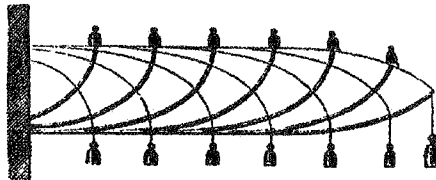


Abb. 97 Culmann 1866, Fig. 107

⁷³⁹⁾Culmanns [1866], Tafel 11. Meyer verweist auf diese Konstruktion. Meyer [1867], S. 627

⁷⁴⁰⁾Der erste Knochen, an dem Culmann diese Analogie bemerkte, war also nicht der Femur.

⁷⁴¹⁾Meyer [1867], S. 619f

Meyer fährt weiter: Culmann sieht »in den besprochenen Plättchensystemen einen körperlichen Ausdruck für die von der graphischen Statik dargestellten Druck- und Zugkurven«⁷⁴²⁾

In Meyers Artikel wurde die Analogie nur behauptet. Seine Zeichnungen des spongiösen Gewebes (Abb. 98) sind fehlerhaft, sie zeigen nicht, daß die Trajektorien (Druck- und Zugkurven) orthogonal sind.

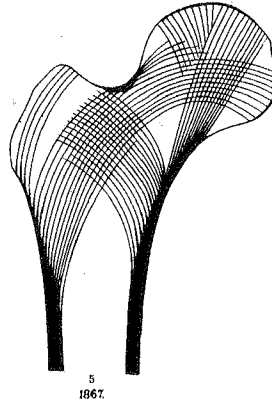


Abb. 98 Meyers Zeichnung der Spongiosa

Er versuchte nicht den Verlauf der Trajektorien genauer zu erforschen. Diese Untersuchungen lieferte 1869/70 der damalige Privatdozent für Chirurgie an der Berliner Universität, Julius Wolff.

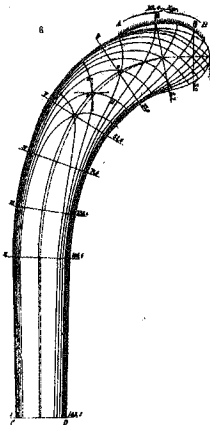


Abb. 99 Kran in Knochenform⁷⁴³⁾

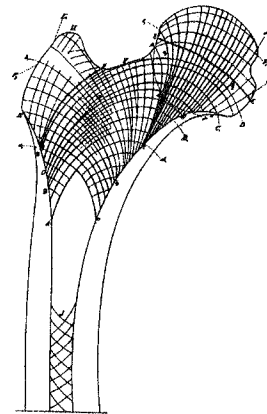


Abb. 100 Zeichnung der Spongiosa nach Wolff⁷⁴⁴⁾

Wolff nutzte die Spannungstrajektorien der graphischen Statik, um die innere

⁷⁴²⁾Meyer [1867], S. 627

⁷⁴³⁾Meyer [1892], Tafel II, Fig. 9

⁷⁴⁴⁾Meyer [1892], Tafel II, Fig. 7

Architektur des Knochens zu analysieren, eine Arbeit, die er »mit Prof. Culmann's gütiger Beihilfe abgefasst«⁷⁴⁵⁾ hat. Culmann ließ für Wolff von seinem damaligen Assistenten Harlacher⁷⁴⁶⁾ einen Fairbairn-Kran mit den Umrissen eines Oberschenkelknochens (ohne Trochanter major) mit den Trajektorien zeichnen. (Abb. 99) Culmann hatte lebhaftes Interesse an Wolffs Studien, sah er doch darin nichts weniger als einen Beweis für seine graphischen Methoden. Die *Graphische Statik* hatte vor allem unter den Praktikern nicht die gewünschte Resonanz gefunden, so war ihm sehr an zusätzlichen Argumente gelegen. Was konnte überzeugender sein, als daß sich die Natur selbst der graphischen Statik bedient.

Wolff legte den statischen Teil des Manuskripts seines Aufsatzes Culmann zur Begutachtung vor. Culmann antwortete im Januar 1869:

»Zu Ihren Schlussfolgerungen auf den Knochen habe ich nichts weiter zu bemerken, als dass mir dieselben wie aus der Seele gesprochen erscheinen, und dass es mich ungemein freut, dass der Bau der Knochen sich als ein so musterhaft rationelles Kunstwerk herausstellt.«⁷⁴⁷⁾

Und am 27. Dezember 1869 schrieb er an Wolff:

»Bestätigt doch die Bildung der Spongiosa in den Knochen auf unwiderlegliche Weise die Theorie über die Vertheilung der Kräfte im Innern des Balkens. Und wenn diese richtig ist, so muss ja auch die des Fachwerks, des Gewölbes u.s.w. richtig sein, und wir dürfen den alten verrosteten Practikern gegenüber mit viel mehr Nachdruck auf die Resultate unserer Forschungen hinweisen.«⁷⁴⁸⁾

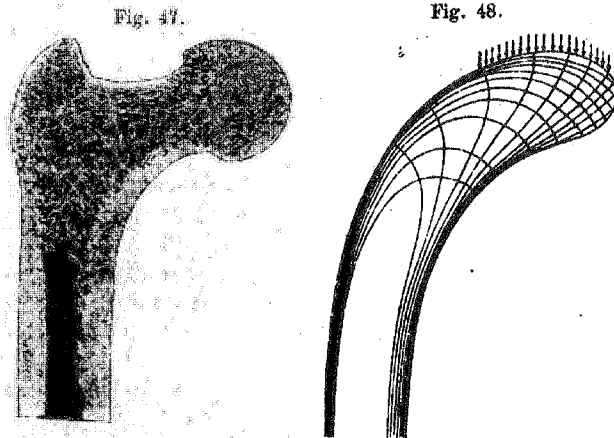


Abb. 101 Femur und Kran in Ritters *Anwendungen der graphischen Statik*⁷⁴⁹⁾

⁷⁴⁵⁾zitiert nach Wolff [1892], S. 16

⁷⁴⁶⁾Tetmajer [1882], S. 15

⁷⁴⁷⁾Wolff [1892], S. 26

⁷⁴⁸⁾zitiert nach Wolff [1892], S. 147 Hervorhebung BM

⁷⁴⁹⁾Fig 47 und 48 aus: Wilhelm Ritter: *Anwendungen der Graphischen Statik*. Nach Dr. C. Culmann. Erster Teil. Die im Innern eines Balkens wirkenden Kräfte. Kapitel 28. Die Spannungstrajektorien in der Natur, S. 128 und 130. Ebenso bei Meyer [1867], Tafel XVII

Culmann ließ sich daher von Wolff eine Photographie eines Knochenlängsschnitts schicken, »um dieselbe für die Belehrung in der Theorie der Mechanik zu verwenden.«⁷⁵⁰⁾ Die Natur selbst macht die wirkenden Kräfte sinnlich wahrnehmbar, indem das Knochenmaterial längs der Kräfte wächst.

Diese Gelgenheitsentdeckung macht Culmann zu einem noch heute bei Biologie- und Medizinhistorikern bekannten Mann.

Meyer und Wolff anerkannten ohne Einschränkung die Priorität Culmanns in der Analyse des spongiösen Gewebes, obwohl Culmann selbst nie irgendetwas dazu veröffentlicht hat; dies blieb seinem Nachfolger Wilhelm Ritter vorbehalten, der im ersten Anwendungsband der graphischen Statik die Knochenstatik behandelte (Abb. 101).

Culmann hatte zwar als erster eine Erklärung für die Form dieses Gewebes angegeben. Aber schon um die 1830er Jahre hatte man die Spongiosa unter architektonischen bzw. statischen Gesichtspunkten untersucht, um ihre Funktion für die Tragfähigkeit des Knochens zu klären.

Sir Charles Bell behauptete 1827, daß

»dieses winzige Flechtwerk oder die Gitter, aus denen die innere Struktur des Knochens besteht, noch Beziehungen zu den auf den Knochen einwirkenden Kräften habe«⁷⁵¹⁾;

doch es gelang ihm weder die Art dieser Kräfte noch die Beziehung zwischen ihnen und der Anordnung der Gitterelemente aufzuzeigen.

Sir John Herschel sprach von »einer merkwürdigen Zimmermannsarbeit, bei der weder eine einzige Gerade noch irgendeine bekannte geometrische Kurve vorkommt.«⁷⁵²⁾ Der Franzose Bourgery sah eine Drucklinie im Oberschenkelknochen, in deren Umgebung sich die Bälkchen häuften, und der Engländer Ward verglich 1838 sogar den Oberschenkelknochen mit einem Kran (Abb. 102). Allerdings gab es damals noch nicht den Fairbairnschen Blechkran, so daß sich seine Erklärung doch erheblich von der Culmanns unterschied.⁷⁵³⁾

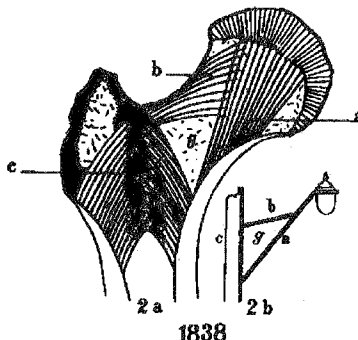


Abb. 102 Vergleich: Oberschenkel - Kran. Ward 1838⁷⁵⁴⁾

⁷⁵⁰⁾zitiert nach Wolff [1892], S. 147

⁷⁵¹⁾Bell: *Animal Mechanics, or Proofs of Design in the Animal Frame* (1827), zitiert Thompson [1973], S. 287

⁷⁵²⁾Herschel: *On the Study of natural Philosophy*. 1830, S. 203. Zitiert nach Thompson [1973], S. 287

⁷⁵³⁾Wolff [1892], S. 4

⁷⁵⁴⁾Wolff [1892], Tafel I, Fig. 2

Jeffries Wymann aus Boston schrieb 1849:

»Die Gitter jener Knochen, die das Gewicht des Körpers stützen helfen, sind entweder in der Richtung dieses Gewichtes angeordnet oder so, daß sie die in jener Richtung liegenden Gitter stützen und verstärken. Vom mechanischen Gesichtspunkt aus können sie bei fast allen Knochen dieser Art als eine Reihe von **Ständern** und **Streben** betrachtet werden.«⁷⁵⁵⁾

Weder diese Vorläufer noch die Culmann-Wolffschen Ergebnisse haben unter den Anatomen wohl keine allzugroße Resonanz gefunden. Als jedenfalls der amerikanische Biologe D'Arcy Wentworth Thompson sich im Jahre 1917 in seinem Werk *On Growth and Form* bemühte, biologische Gegenstände mit mathematischen und physikalischen Begriffen zu beschreiben, schickt er eine lange Apologie voraus und beklagt die ablehnende Haltung seiner Kollegen gegenüber Geometrie und Mechanik.⁷⁵⁶⁾

3.12 Resonanz in Italien

Die graphische Statik wurde an den deutschsprachigen Technischen Hochschulen relativ schnell als Studienfach aufgenommen⁷⁵⁷⁾, allerdings überwiegend nicht im eigentlichen Culmannschen Sinne. Dieser Culmannsche Geist fand in Italien die stärkste Resonanz, wenn auch die Verbreitung an den verschiedenen Hochschulen etwas langsamer fortschritt. Die treibenden Kräfte waren dabei Luigi Cremona (1830 - 1903) und Antonio Favaro. Im Vorwort zur zweiten Auflage der *Graphischen Statik*, also 1875, macht Culmann sehr deutlich, daß ihm vor allem an der Verbreitung des »Geistes«⁷⁵⁸⁾ der graphischen Statik liegt:

»Unstreitig fand sie [die graphische Statik] in Italien den günstigsten Boden.«⁷⁵⁹⁾

Cremona nahm 1848/49 als Mitglied der italienischen Befreiungsbewegung an den Kämpfen gegen Österreich teil. Danach studierte er Ingenieurwissenschaften in Pavia, wo er stark von Francesco Brioschi (1824 - 1897) beeinflusst und gefördert wurde. Wegen seines Engagements in der italienischen Unabhängigkeitsbewegung erhielt er erst 1860 seine erste Hochschulanstellung, eine Professur an der Universität Bologna. 1866⁷⁶⁰⁾ ging er als *Professor für graphische Statik und höhere Geometrie* an die TH Mailand (*Istituto tecnico superiore*). Dort verfaßte er 1866/67 für seine Studenten einen Kurs über graphische Statik, *Corso di statica grafica*⁷⁶¹⁾. 1873 übernahm er die Leitung der TH Rom (*Scuola d'applicazione per gli ingegneri*), die er vollständig reorganisierte. 1877 wurde er Professor an der Universität Rom. Nachdem er 1879 Mitglied des Senats in Rom geworden war, veröffentlichte er nur noch wenige

⁷⁵⁵⁾Animal Mechanics: on the Cancellated Structure of some of the Bones of the Human Body, Boston Soc. of Nat. Hist. (1849). Neudruck erschienen bei Morrill Wymann. Cambridge, Mass. 1902, zitiert nach Thompson [1973], S. 287

⁷⁵⁶⁾Thompson [1973], S. 287

⁷⁵⁷⁾Siehe Kapitel 5

⁷⁵⁸⁾Culmann [1875], S. VI

⁷⁵⁹⁾Culmann [1875], S. V

⁷⁶⁰⁾Bei Eugenio Togliatti in Scienza [1975], S. 346 und Pogg. III steht 1866, Greitzer in DSB 3, S. 467 gibt 1867 an.

⁷⁶¹⁾Maschoß [1925], S. 49. In Pogg., DSB, ETH-Bib. und NUC nicht erwähnt.

mathematische Arbeiten. Er engagierte sich vor allem für Bildungsfragen, insbesondere strebte er die Vereinigung der Technischen Hochschulen mit den Universitäten an, um die gegenseitige Befruchtung von angewandten und reinen Wissenschaften sicherzustellen. Culmann sah gerade in der Trennung von technischen (THs) und reinen Wissenschaften (Universitäten) in Deutschland den Grund dafür, daß sich seine projektive Sicht der graphischen Statik nicht durchsetzte.⁷⁶²⁾

Cremona galt als brillanter Redner und klarer Schriftsteller. Seine bereits erwähnten Untersuchungen zur Dualität⁷⁶³⁾ brachte sowohl eine praktische (Cremona-Plan) als auch eine theoretische (Verbindung von Maxwell- und Culmann-Dualität) Weiterentwicklung der graphischen Statik. Mit großem Beifall wurden auch seine *Elementi di calcolo grafico*⁷⁶⁴⁾ aus dem Jahre 1874 aufgenommen, die im folgenden Jahr bereits in deutscher Übersetzung erschienen.⁷⁶⁵⁾ Culmann stellte das Werk 1875 der Züricher *Naturforschenden Gesellschaft* vor. Noch mehr als seine Veröffentlichungen wird seine Rolle als Bildungspolitiker und Reorganisator zunächst der TH Rom und später des gesamten italienischen Universitätssystems zur Verbreitung der graphischen Statik in Italien beigetragen haben.

Antonio Favaro wird in der *Enciclopedia italiana* vor allem als Mathematikhistoriker und Editor der Galilei-Werke gewürdigt. Er war aber auch ein ungewöhnlich produktiver Autor von mathematischen Lehrbüchern und Übersichtsartikeln. Seine publizistische Tätigkeit erstreckte sich neben der Galilei-Forschung auf projektive Geometrie, graphische Statik und - seine besondere Liebe - die Planimeter. Bei der Planimetrie bemühte er sich vor allem darum, die Priorität des Italieners Gonnella nachzuweisen.⁷⁶⁶⁾

Er war ab 1870 zunächst Assistent und später Professor an der Universität Padua, dort unterrichtete er nach eigenen Angaben seit 1871 graphische Statik.⁷⁶⁷⁾ Padua war damit die erste italienische Hochschule, an der graphische Statik gelehrt wurde.

Favaro veröffentlichte 1872 eine Broschüre⁷⁶⁸⁾ zum graphischen Rechnen *Sulle prime operazioni del calcolo grafico*, dem er als Motto ein Zitat von Karl v. Ott vorausschickte: die graphischen Methoden sollen die Algebra in der Mittelstufe interessanter machen. Im Jahre 1873 zeigte er dann, daß er nicht wie Ott die projektive Geometrie zu vermeiden sucht. In einem umfangreichen Artikel *La statica grafica nell'insegnamento tecnico superiore*⁷⁶⁹⁾ gibt er einen Überblick über die graphische Statik, ihre Beziehung zum graphischen Rechnen, zur projektiven Geometrie, zum Baryzentrischen Kalkül von Möbius bis hin zur graphischen Integration von Šolín. Er berichtet über die Literatur zur graphischen Statik und gibt im Anhang sogar die italienische Übersetzung der

⁷⁶²⁾Culmann [1875], S. IXf

⁷⁶³⁾Cremona [1872]

⁷⁶⁴⁾Cremona [1874]

⁷⁶⁵⁾Deutsch Cremona [1875], Englisch Cremona [1890],

⁷⁶⁶⁾Favaro [1873]

⁷⁶⁷⁾Favaro [1882], S. 16

⁷⁶⁸⁾Sonderdruck aus *Atti del Reale Istituto Veneto*.. Favaro [1872]

⁷⁶⁹⁾Favaro [1873 Grafica]

Inhaltsverzeichnisse von Reyes *Geometrie der Lage* und Culmanns *Graphischer Statik*. Die Arbeit hat von der Zielsetzung her eine gewisse Ähnlichkeit mit dem historischen Bericht von Jacob J. Weyrauch *Ueber die graphische Statik. Zur Orientierung*⁷⁷⁰⁾. Es ist schon erstaunlich, daß kaum zehn Jahre nach der ersten Veröffentlichung zur graphischen Statik zwei umfangreiche historische Untersuchungen erschienen. Die graphische Statik war zum historischen Objekt geworden, noch ehe sie sich so recht etabliert hatte, denn noch immer wurde beklagt, daß sie sich nicht schnell genug durchsetze. Weyrauch und Favaro untersuchen die Entwicklungslinien, die zu Culmanns Konzept geführt hatten, die verschiedenen Richtungen der neueren Geometrie haben für sie besondere Bedeutung. Sie charakterisieren die Entwicklung und liefern vor allem eine Einschätzung der Entwicklungstendenzen.

Im Jahr 1873 erschien als lithographierter Autograph Favaros *Lezioni di statica grafica*. Diese Vorlesungen über graphische Statik umfassen 371 Seiten, davon befaßt sich die Hälfte mit der Geometrie der Lage, erst auf Seite 189 beginnt das graphische Rechnen und für die graphische Statik bleiben nur etwa 100 Seiten. Er orientierte sich in etwa an dem zweiten Abschnitt von Culmann, Anwendungen werden nicht behandelt. Die *Lezioni* erschienen 1877 in einer gedruckten Fassung mit 649 Seiten. Sie enthalten ebenfalls die drei Gebiete Geometrie der Lage (249 Seiten), graphisches Rechnen (148 Seiten) und graphische Statik (250 Seiten). Favaro orientierte sich sehr eng an Culmann, ein Großteil seiner Abbildungen sind Kopien der Culmannschen, darüber hinaus zeigt er eine bemerkenswert genaue Kenntnis der Literatur zu den graphischen Verfahren. Mehr als 50 % der zitierten Literatur ist deutsch, der Rest französisch, italienisch oder englisch. Favaro kannte die deutschsprachige Literatur zur graphischen Statik genauer als viele deutsche Autoren.

Sein Lehrbuch wurde zwischen 1879 und 1885 ins Französische übersetzt: 1879 wurde als erster Band die Geometrie der Lage vorgelegt und 1885 erschien als zweiter Band eine gewaltig erweiterte Fassung des graphischen Rechnens, auf die ich im Abschnitt über graphisches Rechnen (Abschnitt 4.1) zurückkommen werde. Interessanterweise wurde der Teil mit der eigentlichen graphischen Statik nicht ins Italienische übersetzt.

Neben Cremona und Favaro gab es noch eine beachtliche Zahl von weiteren Ingenieuren und Mathematikern, die sich mit den graphischen Methoden im Cremonaschen und d. h. auch im Culmannschen Sinne befaßten. (Siehe Abschnitt 6.6)

3.13 Culmanns Weg zur zweiten Auflage der graphischen Statik

In den zehn Jahren zwischen der ersten und der zweiten Auflage der *graphischen Statik* veröffentlichte Culmann fünf Arbeiten. Ihnen kann man die Tendenz seiner Forschung entnehmen.

Da ist zunächst 1868 ein Aufsatz mit mehr als 50 Seiten über den Rechenchieber im *Cultur-Ingenieur*, dann 1870 *Über das Parallelogramm und über*

⁷⁷⁰⁾Weyrauch [1874 Gra. Stat.] und Weyrauch [1874 Gra. Stat. ZMuPh]

die *Zusammensetzung der Kräfte*, 1871 ein Artikel über *Minentrichter*, 1872 die *Vorlesungen über Ingenieurkunde* und schließlich 1873 *Formeln und Tafeln zur Berechnung parabolischer Bogen*. *Nachtrag zur graphischen Statik*.

Nicht erwähnt habe ich hier die Gutachten und die Übersetzungen der Wildbachuntersuchung, dennoch wird die Breite der Culmannschen Forschung deutlich und man sieht, wie sie in die zweite Auflage einmündet.

Der *Cultur-Ingenieur* war eine Zeitschrift zur »Förderung und Verbreitung polytechnischer Kenntnisse in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft«⁷⁷¹. Hier wendet sich Culmann an den »Praktiker, der nicht zeichnen kann, und überhaupt Alle, die Zeichenmaterial nicht gerade bei der Hand haben«⁷⁷², er will sie für den Rechenschieber gewinnen, indem er sie nicht mit Rezepten abspeist, sondern ihnen das Verfahren vor Augen führt.

Die *Vorlesungen über Ingenieurkunde* sind ebenfalls ganz praktisch ausgerichtet (siehe Kap. 2.4). Sie befassen sich mit Erdbau und zeigen den Stil Culmannscher Vorlesungen. Die Vorlesungsmitschriften in der ETH-Bib. aus den Jahren 1874 bis 1877 bestätigen, daß auch in der graphischen Statik die mathematischen Anforderungen nicht so hoch waren, wie seine Bücher erwarten lassen. Die Dualität wurde nur sehr knapp behandelt und in einer großen Zeichnung mit Krafteck-Seileck-Systemen mit umbeschriebenen Kegelschnitten eingeübt. (siehe Abb. 129)

Der Artikel über den Minentrichter ist eine theoretische, rein analytische Detailuntersuchung zu einer Frage des Erdbaus, die keinen Bezug zur graphischen Statik hat.

Der Rechenschieber-Artikel war eine Vorarbeit für die zweite Auflage der *Graphischen Statik*, dort findet sich im ersten Abschnitt über graphisches Rechnen ein längerer Artikel⁷⁷³ über den Rechenschieber, der ja die Reinform des graphischen Rechnens darstellt.

Die Arbeit über den parabolischen Bogen wurde schon im Titel als Erweiterung der graphischen Statik angekündigt und in der zweiten Auflage im Abschnitt über Elastizitätstheorie integriert. Sie hat allerdings in der 1873 Fassung weder etwas mit graphischen Methoden noch mit projektiver Formulierung zu tun, es ist eine rein analytische Untersuchung.

Dieser Artikel steht für den Anspruch Culmanns, daß alle wichtigen Fragen der Baustatik in der graphischen Statik ihren Platz haben sollen.

Der Aufsatz über das Parallelogramm der Kräfte markiert dagegen eine programmatische Neuorientierung. Hier verwendet Culmann erstmals projektive Plücker'sche Koordinaten, um Sätze der graphischen Statik zu beweisen. In der ersten Auflage hatte er analytische Herleitungen nur als Notbehelf gesehen, die die Durchsichtigkeit der Zusammenhänge behindern. In der Vermeidung analytischer Herleitungen hatte er sich gerade von Poncelet abgesetzt. Jetzt macht er aus der Not, viele Beweise nicht synthetisch geben zu können, eine Tugend. Die projektive analytische Geometrie sorgt selbst für Durchschaubarkeit, denn sie erlaubt,

⁷⁷¹Titelseite Braunschweig 1868

⁷⁷²Culmann [1868 Rechenschieber], S. 337

⁷⁷³Culmann [1875], S. 37-76

»die Gleichungen von Linien und Punkten in einem einzigen Symbol zusammenzufassen und damit zu rechnen.«⁷⁷⁴⁾

Seine erste Anwendung der analytischen Methode richtet sich gegen die Kritik an der projektiven Begründung der graphischen Statik. Indem er zeigt, daß sich einer ihrer Schlüsselsätze zwanglos als Satz der projektiven Geometrie beweisen läßt, will er die innere Verwandtschaft von graphischer Statik und projektiver Geometrie demonstrieren.

Damit ist die Richtung gewiesen, der die zweite Auflage folgt.

3.14 Die zweite Auflage der graphischen Statik

Der erste Band der zweiten Auflage erschien im Jahre 1875. Er war die gründliche Umarbeitung und starke Erweiterung der beiden ersten Abschnitte, die 1864 veröffentlicht worden waren. Er beschränkte sich also auf graphisches Rechnen und die allgemeinen Teile der graphischen Statik. In einem zweiten Band sollten dann die Anwendungen behandelt werden, der aber bei Culmanns Tod im Jahre 1881 nur aus ungeordneten Notizen bestand.

3.14.1 Die Intentionen

Antonio Favaro zitiert aus einem Brief, den er am 2. Juni 1873 vom »illustre Culmann« erhalten hat. Darin berichtet Culmann über die Intentionen der zweiten Auflage

»Die zweite Auflage meiner graphischen Statik, mit deren Druck man in wenig Wochen beginnen soll, wird sehr verändert sein.

Formel[n... werden der] analytische[n] Behandlung ganz kurz beigefügt werden. Ich habe gefunden dass die [auf der] Geometrie der Lage fußenden Sätze nur mittelst den analytischen Methoden der neueren Geometrie, wie sie Salmon, Fiedler, Cremona anwenden passend bewiesen werden können. Da nun diese Sätze seit dem Erscheinen der Statik noch nicht in dieser Form gebraucht worden sind, so will ich sie in kleinere[m] Druck und für *Mathematiker berechnet* kurz beifügen. Ich gewinne dadurch noch den Vortheil dass Kapitel die nur der analytischen Behandlung fähig sind viel natürlicher sich einfügen und manches mit hereingezogen werden kann das früher nicht in eine graphisch ausschliessliche Behandlung passte. Der Name aber soll beibehalten werden.

Material wird umgearbeitet und bedeutend vermehrt. Die Zusammensetzung der Kräfte im Raum, dann die Behandlung der Kräfte welche Linien, Flächen, Körpern und Momenten proportional sind, endlich die Theorie des kontinuierlichen Balkens, und des Bogens welche sich auf eine ganz neu hinzukommende Theorie der Elasticität stützen...«. »Als Muster der analytischen Behandlung sende ich unter Kreuzband mein Parallelogramm der Kräfte.«⁷⁷⁵⁾

Culmann folgt also dem Konzept, das er im Parallelogramm-Artikel vorgestellt hatte. Die lapidare Bemerkung »Der Name aber soll beibehalten werden.« zeigt, daß Culmann diese Neuorientierung für durchaus gravierend hielt. Analytische Beweise werden im projektiven Gewand nicht nur als Stellvertreter für noch ausstehende synthetische Beweise geduldet. In der zweiten Auflage hat

⁷⁷⁴⁾Culmann [1870 Parallelogramm], S. 1

⁷⁷⁵⁾Favaro [1873], S. 131 und Favaro [1882], S. 18. Hervorhebung BM.

Culmann offenbar die Hoffnung aufgegeben, die graphische Statik gänzlich synthetisch entwickeln zu können. Die systematische Ergänzung von analytischen Beweisen bedeutet aber keineswegs ein Abrücken von der projektiven Geometrie, denn analytisch gerechnet wird mit Plücker'schen Koordinaten im projektiven Raum. Im Gegenteil: In der ersten Auflage stand das »Zeichnen als Sprache des Ingenieurs«⁷⁷⁶⁾ im Mittelpunkt und mit der projektiven Geometrie sollte ihre Grammatik formuliert werden. In der zweiten Auflage versuchte er umgekehrt den vielfach bezweifelte Nutzen der projektive Geometrie als Sprache der Ingenieurwissenschaft unter Beweis zu stellen. Die graphische und die analytische Mechanik rücken zusammen als Teildisziplinen der projektiven Geometrie, das hatte er schon in dem programmatischen Parallelogramm-Artikel postuliert:

»So rechnend kann die Statik der reinen analytischen Geometrie gerade so, wie die graphische Statik der Geometrie der Lage an die Seite gestellt werden, und sowie durch Einführung der neueren Symbolik sich die Identität der analytischen Geometrie und der Geometrie der Lage herausgestellt hat, so verschwindet auch durch Einführung derselben, der Unterschied zwischen der graphischen und der analytischen Statik, beide werden zu Theilen der Geometrie.«⁷⁷⁷⁾

Wenn die Intentionen der zweiten Auflage also apologetisch waren, so richtete sie sich offensichtlich nicht an die Adresse der Ingenieure, sondern an die der Mathematiker. Schon im Manuskript über das Reissrechnen hatte er gehofft, daß seine Anregungen von Mathematikern aufgenommen werden.⁷⁷⁸⁾ In der Handschrift über die neuere Geometrie bedauerte er, wie später im Vorwort zur 2. Auflage, daß kein Mathematiker seine Anregungen aufgenommen habe.⁷⁷⁹⁾

Die analytische Bearbeitung stand dabei - Culmanns Auffassung nach - nicht im Gegensatz zu seinem Bemühen um Visualisierung, denn

»Die neueren analytischen Methoden haben den grossen Vorzug der Unmittelbarkeit, und hiermit auch der Uebereinstimmung mit den geometrischen. In den meisten Fällen waren wir im Stande, die Formeln aus den vorausgegangenen geometrischen Ableitungen *herauszulesen*.«⁷⁸⁰⁾

Die Botschaft kam aber auch nach dieser zweiten Auflage nicht bei den Mathematikern außerhalb Italiens an. Im deutschsprachigen Raum gab es zwar einige Vertreter der neueren Geometrie, wie Hauck, Sturm, Schlesinger, Reye und Stahl, die die graphische Statik als anregend empfanden und in ihren Vorlesungen mit den Mitteln der projektiven Geometrie behandelten, aber daraus gingen kaum Veröffentlichungen über graphische Statik hervor.⁷⁸¹⁾ Selbst Reyes *Geometrie der Lage*, die aus den von Culmann angeregten Vorlesungen zur Geometrie der Lage entstand, reichte Culmann nicht aus, so daß er neben Reye weiterhin Staudt empfahl, weil der die Nullsysteme genauer behandelte.

⁷⁷⁶⁾Vgl. Culmann [1864-66], S. V »das Zeichnen ist seine [die des Ingenieurs] Sprache«

⁷⁷⁷⁾Culmann [1870 Parallelogramm], S. 1f

⁷⁷⁸⁾ETH-Bib. 2997-6 (Hs), S. 1

⁷⁷⁹⁾ETH-Bib. 2997-10 (Hs), S. 1, Culmann [1875], S. XI

⁷⁸⁰⁾Culmann [1875], S. XI. Hervorhebung BM. Klein [1928], S. 10, 13 (Siehe Abschnitt 2.3.2)

⁷⁸¹⁾Die meisten Arbeiten in dieser Richtung entstanden in Italien und befassten sich mit der Dualität. Eine der wenigen Ausnahmen. Schlesinger [1868-69], Hauck [1887], Hauck [1899]

Die projektive Herleitung des Kräfteparallelogramms wurde in die zweite Auflage aufgenommen⁷⁸²⁾. Dort aber mit einer Begründung aus dem Reich der Methodenreinheit: er wolle Sätze der Statik nicht wie üblich über das Parallelogramm der Geschwindigkeiten, also mit den Mitteln der Dynamik beweisen.

Die systematische Hinzunahme analytischer Methoden sorgte dafür - wie er im zitierten Brief an Favaro schreibt -, daß »manches mit hereingezogen werden kann, das früher nicht in eine graphisch ausschliessliche Behandlung passte«. Dazu gehört zum Beispiel das beträchtlich erweiterte Kapitel über Elastizitätstheorie mit dem Abschnitt über parabolische Träger. Culmann bemühte, sich seine Ansätze in projektive Begriffe einzukleiden. Während aber seine Verfahren verwendet wurden, blieb seine projektive Begründung ohne Resonanz.⁷⁸³⁾

3.14.2 Rechenschieber

Beträchtlich ausgeweitet wurde auch das Kapitel über das graphische Rechnen. Der umfangreiche Abschnitt über den logarithmischen Rechenschieber zeigte bei allen theoretischen Interessen das große Augenmerk Culmanns auf die praktischen Bedürfnisse der Ingenieure, dazu zählte insbesondere auch der Wunsch nach praktischen Rechenhilfsmitteln. Damit stand er nicht alleine: In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gab es eine ganze Reihe von Ingenieuren, die sich um die Verbesserung und Verbreitung von Recheninstrumenten und -maschinen bemühten, auch Reuleaux gehörte dazu, er befaßte sich vor allem mit den mechanischen Rechenmaschinen und veröffentlichte bereits 1862 ein Buch über die Thomas'sche Rechenmaschine⁷⁸⁴⁾.

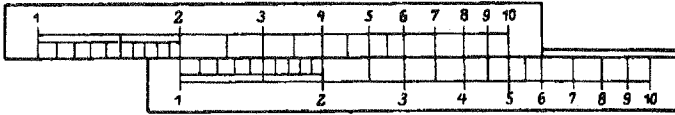
Besonderer Aufmerksamkeit erfreute sich aber der Rechenschieber. Der logarithmische Rechenschieber ist zwar fast so alt wie die Logarithmen selbst, aber sein Siegeszug begann in Deutschland erst Ende des 19. Jahrhunderts. 1614 hatte der englische Edelmann und Mathematiker, John Napier, die erste Logarithmentafel veröffentlicht⁷⁸⁵⁾, unabhängig von ihm hat auch Jost Bürgi Logarithmentafeln berechnet. Bereits wenige Jahre später, 1620, hatte der Londoner Mathematik-Professor Edmund Gunter die Idee ein Lineal mit einer logarithmischen Skala zu versehen, man nannte den Rechenschieber daher noch im 20. Jahrhundert oft »Gunterskala«. Sein Rechenlineal wurde hauptsächlich in der Marine verwendet. Mit dem Rechenstab von Gunter konnte man multiplizieren, dividieren, potenzieren und radizieren. Die Längen der Logarithmen mußten jedoch mit einem Zirkel abgenommen werden. 1627 schlug der französische Mathematiker E. Wingate vor, ein zweites Gunter-Lineal zu verwenden, um den Zirkel beim Multiplizieren überflüssig zu machen.

⁷⁸²⁾Culmann [1875], S. 157-160

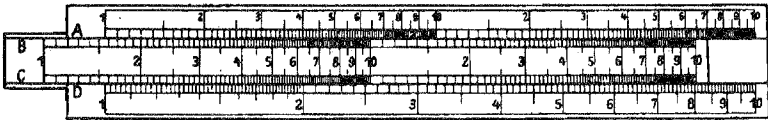
⁷⁸³⁾Scholz [1989], S. 212

⁷⁸⁴⁾Reuleaux: Die Thomas'sche Rechenmaschine. Freiburg 1862

⁷⁸⁵⁾Neper oder Napier: Mirifici Logarithmorum canonicis discriptio... Edinburgh 1614

Abb. 103 Rechenstab von Wingate 1627⁷⁸⁶⁾

William Oughtred behauptete später, er habe bereits 1621 diese Idee gehabt. Das eingeschobene Lineal als Zunge, die den Rechenschieber bis zu seinem Aussterben in den 70er Jahren auszeichnete, wurde erstmals 1654 von Robert Bissaker hergestellt und dann ab 1657 vor allem in der Werkstatt von Seth Partridge. In England wurde die Nützlichkeit dieses Instruments zum schnellen Rechnen erkannt und im 18. Jahrhundert daher in beträchtlicher Zahl gebaut. Nachhaltig für die Verbreitung des Rechenschiebers in England sorgten Matthew Boulton und James Watt, als sie um 1775 den Rechenschieber zur Konstruktion ihrer Dampfmaschinen in Birmingham verwendeten. Sie ließen auch durch ihren Mathematiker Southern die Genauigkeit der Skalen verbessern.⁷⁸⁷⁾ Die Wattsche Fabrik lag in Soho daher wurde der Rechenschieber zuweilen auch Soho-Lineal genannt.⁷⁸⁸⁾

Abb. 104 Soho-Lineal von Watt⁷⁸⁹⁾

Der Läufer wurde vermutlich erst 1824 von P. Mouzin eingeführt und von dem französischen Artillerie-Offizier Amédée Mannheim um 1850 verbessert. Mannheim ist im übrigen einer der führenden Autoren der theoretischen Kinematik. Die *Jahresberichte über die Fortschritte der Mathematik* verzeichnen eine Fülle von Arbeiten von ihm.

Neben Watt, Culmann und Mannheim befaßten sich noch einige weitere Ingenieurwissenschaftler mit der Verbreitung des Rechenschiebers, z. B. Tetmajer, Ritter, Ott, Herrmann⁷⁹⁰⁾.

In Deutschland wurde die geringe Verbreitung des Rechenschiebers ab den 1840er Jahren beklagt. Zum Beispiel schreibt Carl Hoffmann 1847:

»Ungeachtet der vielen Vortheile, welche die Anwendung des Rechenschiebers bei den meisten im täglichen Geschäftsleben vorkommenden Rechnungen darbietet, hat er dennoch in Deutschland bis jetzt nicht all-

⁷⁸⁶⁾Nedoluha [1960], S. 145

⁷⁸⁷⁾Britannica CD 1997, Marguin 1994, S. 156f, Nedoluha [1960], S. 145

⁷⁸⁸⁾Ott [1874 Rechen], S. 1

⁷⁸⁹⁾Nedoluha [1960], S. 145

⁷⁹⁰⁾Culmann/Tetmajer [1875], Ritter [1894], Ott [1874 Rechen], Ott [1891], Herrmann [1872].

gemeine Verbreitung erlangt wie in England und zum Theil in Frankreich, und wie es seines Nutzens halber wünschenswerth wäre.«⁷⁹¹⁾

Als Hinderungsgründe sah er den hohen Preis und die schlechte Ausbildung der »gewerblichen Klasse« .

Der Wiener Mathematik-Professor Schulz v. Strasznitzki hielt in den 40er Jahren Sonntags öffentliche Vorträge und verfaßte Broschüren, um den Rechenschieber »auf möglichst faßliche und klare Weise zu erklären«⁷⁹²⁾ und dadurch zu verbreiten.

Der Aachener Maschinenbau-Professor, Gustav Herrmann, der sich bemühte graphische Verfahren im Maschinenwesen zu verbreiten, machte 1872 für die mäßige Verbreitung des Rechenschieber ebenfalls die mangelnde Übung im Umgang mit dem Instrument und den »nicht ganz geringen Preis« verantwortlich, er forderte die Behandlung des Rechenschiebers im Unterricht der Gewerbeschulen:

»Trotzdem würde aber das Rechenlineal in der Hand des Ingenieurs viel häufiger gefunden werden, wenn die technischen Bildungsanstalten bislang den graphischen Verfahrensarten beim Rechnen und Construiren grössere Sorgfalt zugewandt hätten.«⁷⁹³⁾

Er bot aber als Alternative seine Rechentafeln an. (Siehe Abschnitt 4.1)

Culmann glaubte, die Zurückhaltung der deutschen Ingenieure gegenüber dem Rechenschieber sei

»hauptsächlich [...] dem Umstand zuzuschreiben, dass die Broschüren, welche gewöhnlich den Rechenschiebern als Gebrauchsanweisung beigegeben werden, statt der Theorie, den Schlüssel zur Lösung sämtlicher überhaupt möglicher Aufgaben eine sinnlose Zusammenstellung von Recepten, sogenannten *praktischen Regeln* in Form einer beschränkten Zahl specieller Schieberstellungen enthalten, die in Ermangelung des einheitlichen Gesichtspunktes, des theoretischen Bodens, eine Aengstlichkeit der Verwendung erwecken, daher auf die Verbreitung des Rechenschiebers eher schädlich als nutzbringend wirken.«⁷⁹⁴⁾

Die vielfältigen Bemühungen hatten allmählich Erfolg, bei der mathematischen Ausstellung in München im Jahre 1892 anlässlich der Versammlung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung wurden auch zahlreiche Rechenschieber ausgestellt. Der Ausstellungskatalog von Walther von Dyck enthielt 15 englische Rechenschieber und fünf Rechenscheiben, die spezielle Skalen für bestimmte Anwendungen besaßen, z.B. für Dampfmaschinen, Pumpen, Statische Berechnungen.⁷⁹⁵⁾ Im Nachtrag zum Katalog werden nochmals drei Rechenschieber und fünf Rechenscheiben beschrieben.⁷⁹⁶⁾ Darunter ist mit der Nummer 4b:

»Ein älterer englischer Rechenschieber, im Besitz und ausgestellt von

⁷⁹¹⁾Besprechung von Hoffmann [1847] in Literatur- und Anzeigenblatt der *Allgemeinen Bauzeitung* 13(1848), S. 208

⁷⁹²⁾Besprechung von Hoffmann [1847] in Literatur- und Anzeigenblatt der *Allgemeinen Bauzeitung* 13(1848), S. 208. Lechner [1941], S. 49

⁷⁹³⁾Herrmann [1872], S. 9

⁷⁹⁴⁾Culmann/Tetmajer: 1875 Vorwort von Tetmajer, S. III-IV

⁷⁹⁵⁾Dyck [1892], S. 139-146

⁷⁹⁶⁾Dyck [1893], S. 1-3

Blater in Rastatt.

Es passt auf diesen Rechenschieber genau die Beschreibung die Culmann (2. Auflage, 1. Band, S. 73) von einem, von derselben (längst nicht mehr bestehenden) Firma - Cary, London - stammenden Schieber gegeben hat. Er ist 12 englische Zoll lang und hat zwei Zungen, eine auf der oberen, eine auf der unteren Seite, so dass der Querschnitt einem liegenden Doppel-T gleicht. Die obere Seite stimmt vollständig mit den früher allgemein üblichen Rechenschiebern ohne Mannheim'schen Läufer auch darin überein, dass die Rückseite der Zunge Teilungen für \sin und \tan nebst einer gleichmässigen Teilung zum Ablesen von Logarithmen trägt. Die untere Zunge wird auf der Vorderseite von drei congruenten, hinter einander folgenden logarithmischen Teilungen eingenommen, die, den Teilungen der Oberseite gegenübergestellt, u. A. zur Bestimmung von Cuben und Cubikwurzeln dienen können. Ausserdem sind noch, zum Beispiel auf den Böden der Kulissen, Teilungen für Zinseszins- und Renten-Berechnung, ferner die bekannten Hilfszahlen für die Ermittlung der Inhalte und Gewichte von quadratischen Prismen, Cylindern und Kugeln aus verschiedenen Stoffen, und ein Masstab vorhanden. Der Schieber ist aus sehr gutem Buchsbaumholz hergestellt und sorgfältig gearbeitet. (Mehmke).⁷⁹⁷⁾

3.15 Die Vollendung der zweiten Auflage der *Graphischen Statik* durch Wilhelm Ritter

Nach Culmanns Tod im Jahre 1881 wurde die graphische Statik durch seinen Schüler Wilhelm Ritter weitergeführt. Ritter hatte von 1865 bis 1868 an der Ingenieurschule des Züricher Polytechnikums studiert und war dann 1868 bis 1869 als Eisenbahningenieur in Ungarn tätig. 1870 bis 1873 war er Privatdozent am Polytechnikum, 1871 veröffentlichte er eine kleine Ergänzung zur graphischen Statik, *Die elastische Linie und ihre Anwendung auf den kontinuierlichen Balken*⁷⁹⁸⁾. In der Graphischen Statik von 1864-66 werden beim kontinuierlichen Balken die Pfeilmomente berechnet, Otto Mohr fand eine Methode, wie auch diese konstruiert werden können, indem man den Balken als Kettenlinie behandelt⁷⁹⁹⁾. Ritter wollte mit seiner Schrift diese Methode den Kennern der rechnerischen Verfahren zugänglich machen. 1873 wurde Ritter Professor für Ingenieurwissenschaften in Riga. Von dort kehrte er 1882 nach Zürich zurück als *Professor für graphische Statik, Brücken- und Eisenbahnbau* und trat damit zusammen mit Eduard Gerlich, *Professor für Ingenieurwissenschaften* von 1882 bis 1903, das Erbe Culmanns an. Ritter war bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1905 als Lehrer und Gutachter hochgeachtet. Von 1887 bis 1891 war er Direktor des Polytechnikums. Er führte die Vorlesungen von Culmann zunächst in dessen Sinne weiter und übernahm - allerdings nur zögernd - die Vollendung der zweiten Auflage von Culmanns *Graphischer Statik*. Der erste Band, der 1875 erschienen war, enthielt den allgemeinen Teil. Für den geplanten Anwendungsband hatte Culmann bis zu seinem Tod noch zahl-

⁷⁹⁷⁾Dyck [1893], S. 1

⁷⁹⁸⁾1883 erschien eine erweiterte Auflage.

⁷⁹⁹⁾Mohr [1868]

reiche Vorarbeiten erstellt, in der ETH-Bib. befindet sich ein auseinandergeschnittenes Exemplar der ersten Auflage mit zahlreichen eingelegten Notizen, das weit über die 2. Auflage hinausgeht⁸⁰⁰⁾. Darüber hinaus entnahm Ritter aus dem Culmann-Nachlass »manchen wertvollen neuen Gedanken und zahlreiche zerstreute Skizzen«⁸⁰¹⁾. Allerdings war unklar, nach welchem Plan der zweite Band gestaltet werden sollte, so daß »sich der Bearbeiter grossenteils auf eigene Füsse gestellt« sah. Außerdem versprach sich der Verlag Meyer & Zeller, Zürich kein allzu großes Geschäft von diesem zweiten Band. So verzögerte sich das Erscheinen des Anwendungsteils der graphischen Statik bis zum Jahre 1888 und dann erschien nicht ein zweiter Band, sondern der erste Teilband von fünf geplanten Anwendungsbänden.

- »I. Die im Inneren eines Balkens wirkenden Kräfte.
- II. Das Fachwerk.
- III. Der Erddruck und die Stützmauern.
- IV. Der kontinuierliche Balken.
- V. Der Bogen.«⁸⁰²⁾

Die *Schweizerische Bauzeitung*, in der Ritter zahlreiche Artikel veröffentlichte, berichtete bereits über den Vertragsabschluß von Ritter mit dem Verlag im Januar 1888 unter dem Titel »Culmann's graphische Statik wird fortgesetzt« mit viel Vorschußlorbeer für Ritter:

»Wir hegen [...] die Überzeugung, dass es ihm gelingen wird, alles Neue, was seit dem Erscheinen der ersten Auflage auf dem Gebiete der graphischen Statik zu Tage gefördert wurde, mit in Berücksichtigung zu ziehen und vor Allem gegenüber der Verflachung, welche die Schöpfung Culmanns vielfach erfahren hat, deren Classicität zu bewahren.«⁸⁰³⁾

Nach Erscheinen des ersten Teilbandes folgte eine begeisterte Besprechung:

»Es ist wohl überflüssig zu bemerken, dass im vorliegenden Werke von den Methoden und Lehrsätzen der Geometrie der Lage in ausgiebigem Masse Gebrauch gemacht wird, unbekümmert darum, dass diesem Zweige der reinen Mathematik von manchen Seiten eine deutliche Abneigung entgegen getragen wird, und dass derselbe an den meisten technischen Lehranstalten (von Universitäten nicht zu reden) noch immer das Stiefkind bildet, das der Analysis gegenüber zurücktreten muß. [...] Für die graphische Statik bildet die Geometrie der Lage [...] die naturgemässeste Vorstufe und Hilfswissenschaft; und wenn man es erfahren hat, wie Einem bei geometrisch-zeichnerischen Behandlung der Statik fast auf Schritt und Tritt projectivische und involutorische Reihen und Büschel entgegentreten, so begreift man es schwer, dass es noch immer Lehrbücher über graphische Statik gibt, welche diese Begriffe entbehrend zu machen versuchen.«⁸⁰⁴⁾

Auch Guido Hauck fand »Culmanns Geist« in diesem ersten Teil.⁸⁰⁵⁾

⁸⁰⁰⁾ETH-Bib. 2996 (Hs). Die ETH-Bib. besitzt zahlreiche Quellen zu Ritter, die ich allerdings nicht gesichtet habe.

⁸⁰¹⁾Ritter [1888], S. III

⁸⁰²⁾Ritter [1888], S. IV

⁸⁰³⁾Ohne Angabe des Autors der Besprechung. Herausgeber und Redakteur A. Waldner. Schw. Bau. 11 (1888), S. 17

⁸⁰⁴⁾Schw. Bau. 12 (1888), S. 13

⁸⁰⁵⁾FdM 1888, S. 913

Zwei Jahre später 1890 erschien als zweiter Teilband »Das Fachwerk«, in dem sich Ritter offen zu der pragmatischeren Richtung der graphischen Statik bekennt:

»In dem vorliegenden Bande nimmt übrigens die neuere Geometrie nur eine bescheidene Stellung ein. Das Wesen der meisten Aufgaben der Fachwerktheorie bringt es mit sich, dass einfachere Hilfsmittel zu ihrer Bewältigung ausreichen. Nur bei einigen Nebenfragen sind die Begriffe der Projectivität und Harmonität zu Rate gezogen worden.«⁸⁰⁶⁾

Er nahm damit gerade die Position ein, bei der Culmann 1875 davon gesprochen hatte, daß die Statik ihres Geistes entkleidet werde⁸⁰⁷⁾. Erst zehn Jahre später, 1900, erschien der dritte Teil, aber nicht wie geplant der Band über Erddruck, sondern der über den kontinuierlichen Balken, ein Gebiet mit dem sich Ritter fast 30 Jahre lang beschäftigt hatte. Für die Verzögerung war der Brückeneinsturz in Mönchenstein verantwortlich, der den Eisenbau in eine schwere Krise stürzte. Die Baustatiker hatten viel Mühe, die Stabilität der übrigen Eisenbrücken zu sichern bzw. nachzuweisen.

In diesem Band gib es nur einen zweiseitigen Abschnitt, der projektive Begriffe verwendet, z. B. Geradenbüschel, und der ist durch eine kleinere Schriftgröße als weniger wichtig gekennzeichnet. Der vierte Teil über den Bogen erschien 1906, nach Ritters Tod und enthält von den geplanten acht Kapiteln nur die vier umfanglichsten. Auch auf dem Titelblatt des vierten Bandes läßt sich Ritter noch als Bearbeiter nennen:

»Nach Professor Dr. C. Culmann bearbeitet von Dr. W. Ritter«, obwohl Ritter wohl schon beim zweiten Band die unbeschränkte Autorenschaft zukam, und obwohl »Culmanns Geist« in Gestalt der projektiven Geometrie im vierten Teil gänzlich verschwunden war. Ritter hatte damit zu der pragmatischen Richtung gefunden, wie sie insbesondere Müller-Breslau vertrat. Der ursprünglich als zweiter Teil vorgesehene Band über »Erddruck, Stützmauern und Gewölbe« erschien nicht.

3.16 Kanonisierung

Bereits in den 1880er Jahren begann eine zunehmende Kanonisierung der graphischen Methoden, die in der Baustatik verwendet wurden. Die Weiterentwicklung in der Baustatik konzentrierte sich auf experimentelle Untersuchung der Festigkeit der Materialien in den Ingenieurlaboratorien und Materialprüfanstalten und auf analytische Untersuchungen statisch unbestimmter Systeme, der Ausbau der graphischen Verfahren spielte keine nennenswerte Rolle mehr. Bei den Festigkeitsuntersuchungen waren durchaus graphische Statiker beteiligt, z. B. Bauschinger in München und Tetmajer in Zürich und Wien, aber inhaltlich hatten die beiden Gebiete wenig Berührung. Das zeigen insbesondere die Lehrbücher (siehe Liste im Anhang C.5.d). Viele Lehrbücher der graphischen Statik haben den Charakter von Rezeptsammlungen.

⁸⁰⁶⁾Ritter [1890], S. VI

⁸⁰⁷⁾Culmann [1875], S. VI

4 Das graphische Rechnen

4.1 Das Sammelsurium

Culmann hatte den Traum von einer einheitlichen graphischen Wissenschaft unter dem Zepter der projektiven Geometrie, daran hielt er auch in der zweiten Auflage fest, das graphische Rechnen nimmt dort sogar einen deutlich größeren Raum ein.

Das graphische Rechnen wurde zwar relativ schnell aufgenommen, aber meist unabhängig von der graphischen Statik. Zu den wenigen, die die beiden Gebiete als zusammengehörig betrachteten, gehörten z. B. Cremona, von Ott, Schlesinger und Favaro. Im allgemeinen wurde das graphische Rechnen, wie auch die graphische Statik, als Sammlung von Verfahren und nicht als geometrische Wissenschaft des graphischen Rechnens betrachtet.

Der erste, der die graphische Statik im Culmannschen Sinne aufgriff, war Cremona, er veröffentlichte 1874 die *Elementi di calcolo grafico*, die 1875 von dem Mathematikhistoriker Maximilian Curtze unter dem Titel *Elemente des graphischen Calculs*⁸⁰⁸⁾ ins Deutsche übersetzt wurden. Es war als Lehrbuch für die »Istituti Tecnici« gedacht, die den deutschen Real- bzw. Gewerbeschulen entsprachen. Dort stand das graphische Rechnen seit 1871 im Lehrplan. Cremona verband die Culmannschen Verfahren bzw. die von Cousinery mit dem barycentrischen Calcul von Möbius⁸⁰⁹⁾, der Grassmannschen Ausdehnungslehre und mit den Ergebnissen einer Reihe weiterer Geometer. Cremona leistete also für das graphische Rechnen genau das, was sich Culmann von den Mathematikern erwartet hatte. In dieser Richtung wirkte auch Favaro als Lehrbuchautor, sowohl in der 1873er Auflage seiner *Lezioni di statica grafica* als auch in der des Jahres 1877 behandelte er die Geometrie der Lage, das graphische Rechnen und die graphische Statik als Einheit.

Der Berliner Mathematiker Guido Hauck gab 1881 in der *Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht* eine Bilanz des graphischen Rechnens. Das graphische Rechnen sei zunächst überschätzt worden, und habe sich ausgedehnt:

»nach ganz anderen Richtungen und in ganz anderem Sinne, als es von Culmann [...] vorgezeichnet oder vorgedacht war.«⁸¹⁰⁾

Hauck beschreibt den damaligen Stand des graphischen Rechnens plastisch als

»ein etwas buntes Gemisch«, »das hier aus `Süden und aus Norden zusammengeschnitten und geblasen worden`, und es dürfte die Frage nicht ungerechtfertigt erscheinen, ob denn das graphische Banner wirklich im Stande ist, `diese gestückelten Heeresmassen zusammenzufügen und zu passen`.«

Und auf der nächsten Seite:

»Der gegenwärtige Stand der Verhältnisse ist ein solcher, dass wir uns nicht allzusehr wundern dürfen, wenn uns ein begeisterter Prophet des

⁸⁰⁸⁾ Cremona [1874]. Deutsch: Cremona [1875]. 1890 erschien eine englische Übersetzung.

⁸⁰⁹⁾ Möbius [1827]

⁸¹⁰⁾ Hauck [1881], S. 335

graphischen Rechnens klar machen würde, dass das, was wir seither *Mathematik* nannten, eigentlich als *graph. Rechnen* zu bezeichnen sei.«⁸¹¹⁾

Hauck selbst bemühte sich um eine begriffliche Klärung des graphischen Rechnens, indem er zwischen einer geometrischen und einer arithmetischen Richtung des graphischen Rechnens unterschied, je nachdem, ob die Größen, mit denen gerechnet wird, von vornherein als Strecken gegeben sind oder nicht.⁸¹²⁾

Eine Unterscheidung, die allerdings nicht aufgenommen wurde. Bei allem Bemühen um Vereinheitlichung hat Culmann selbst ein großes Spektrum von Verfahren und Rechenhilfsmitteln einbezogen, »sein scharfer und praktischer Blick«⁸¹³⁾, den Hauck ihm bescheinigte, ließ ihn schon in der ersten Auflage

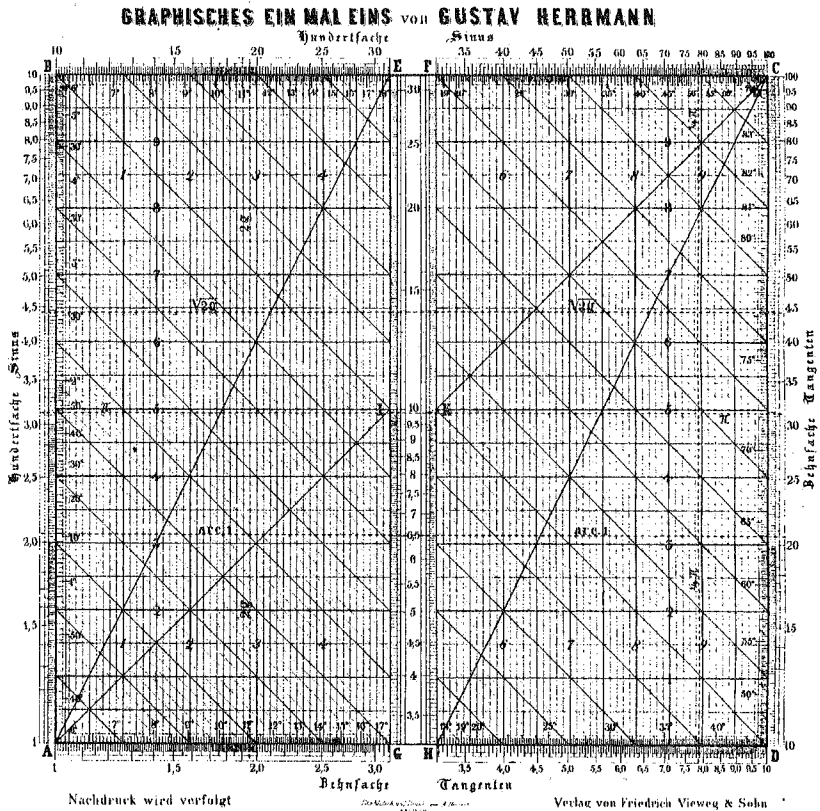


Abb. 105 Herrmannsche Rechentafel⁸¹⁴⁾

⁸¹¹⁾Hauck [1881], S. 336

⁸¹²⁾Hauck [1881], S. 337

⁸¹³⁾Hauck [1881], S. 344

⁸¹⁴⁾Herrmann [1875]

neben dem graphischen Lösen der Grundrechenarten, dem Potenzieren und der Flächenverwandlung, auch Recheninstrumente wie das Planimeter und sogar numerische Verfahren aufnehmen. In der zweiten Auflage kamen dann ein längeres Kapitel über den Rechenschieber und die graphischen Rechentafeln hinzu, wie sie Lalanne und Herrmann unabhängig voneinander entwickelt hatten (Abb. 105).

Culmann nahm das Sammelsurien in der Erwartung hin, daß die weitere Entwicklung zu einer Vereinheitlichung unter dem Dach der projektiven Geometrie führen würde. Dieser Traum ging nicht in Erfüllung, eher Haucks Alptraum: das graphische Rechnen wurde völlig getrennt von der graphischen Statik und um die graphischen Verfahren herum wurden die verschiedensten Methoden und Hilfsmittel zur zahlenmäßigen Auswertung von Aufgaben aller Art angelagert. Das graphische Rechnen verselbständigte sich so zu einer eigenständigen Disziplin, die allerdings nicht durch eine einheitliche Methode, sondern durch ein gemeinsames Ziel zusammengehalten wurde. Der Mathematiker Rudolf Mehrke (1857 - 1944) definierte das graphische Rechnen 1924 in seinem *Leitfaden zum graphischen Rechnen* folgendermaßen:

»Das graphische Rechnen hat den Zweck, Aufgaben der Algebra und Analysis, bei denen die gegebenen Größen nicht bloß durch Buchstaben dargestellt, sondern ihrem Zahlenwert nach bekannt sind, durch Zeichnung zu lösen.«⁸¹⁵⁾

Der Prozeß der Anlagerung neuer Gebiete wird besonders augenfällig an den *Lezioni* von Favaro: Schon in der zweiten Auflage⁸¹⁶⁾ hatte Favaro im Abschnitt über graphisches Rechnen verschiedene Anhänge eingeschoben: einen über Rechenhilfsmittel u.a. mit dem Rechenschieber, den Rechentafeln von Lalanne und Herrmann und dem Steinerschen Kurvenlineal, einen zweiten über die graphische Lösung von Gleichungen und einen dritten über die Theorie des Polarplanimeters.

Die französische Übersetzung des Teils über graphisches Rechnen - der Teil über graphische Statik wurde nicht ins Französische übersetzt - wurde vom Übersetzer, dem Ingenieur Paul Terrier, durch Anhänge an die einzelnen Kapitel von 148 Seiten auf 411 Seiten ausgeweitet.⁸¹⁷⁾ Auf diese Weise wurden neben einigen kleineren Gebieten

- die Theorie der graphischen Rechentafeln von Lalanne und ihre Transformationen (die Anamorphique),
- die graphische Lösung von Gleichungen und vor allem
- die graphische Integration aufgenommen.

Durch diese Stofforganisation wurde der Eindruck eines Sammelsuriums noch verstärkt.

4.2 Graphische Integration

Viele Konstruktionen der graphischen Statik mit dem Krafteck-Seileck-Verfahren waren eigentlich Integrationen, dennoch wurde von Culmann die graphische Integration nicht in das graphische Rechnen aufgenommen. Der tsche-

⁸¹⁵⁾Mehrke [1924], S. 1

⁸¹⁶⁾Favaro [1877]

⁸¹⁷⁾Favaro-Terrier [1885]

chische Ingenieur und Mathematiker Josef Šolín (1841 - 1912) unternahm 1872 den naheliegenden Verallgemeinerungsversuch,

»Operationen der graphischen Statik, wodurch mechanische Probleme gelöst werden, welche auf analytischem Wege die Anwendung der Infinitesimalrechnung erfordern, eignen sich in natürlicher Weise auch zur Lösung der rein mathematischen Aufgabe, aus einer gegebenen Funktion $F(x)$ ihre Derivationen $F'(x)$, $F''(x)$, ... und umgekehrt aus einer gegebenen Derivation die entsprechende Urfunktion abzuleiten.«⁸¹⁸⁾

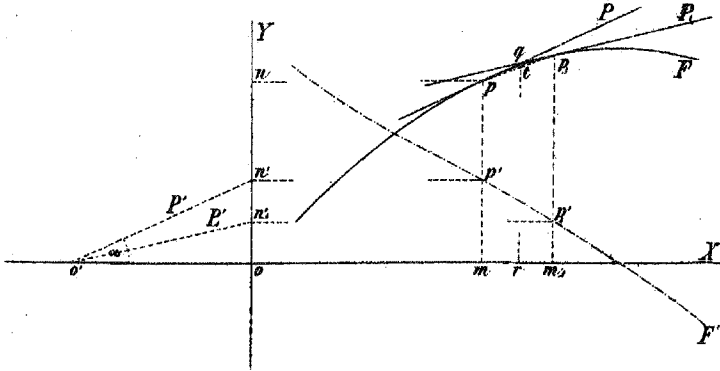


Abb. 106 Šolíns Konstruktion einer Integralfunktion⁸¹⁸⁾

In diesem kurzen Artikel befaßte sich Šolín auch mit der Integration von Differentialgleichungen.

Unabhängig von ihm beschäftigte sich ab 1873 der belgische Mathematiker Junius Massau (1852 - 1909) mit graphischer Integration und legte nach mehreren Artikeln 1885 schließlich ein 700-seitiges Werk über die graphische Integration und ihre Anwendungen vor⁸²⁰⁾, es folgten später noch einige Veröffentlichungen zur graphischen Integration partieller Differentialgleichungen.

Im deutschsprachigen Raum befaßte sich der spätere Hamburger Wasserbau- direktor Christian Nehls mit der graphischen Integration. Ab 1872 hatte er zunächst über das Amslersche Momentenplanimeter⁸²¹⁾ veröffentlicht und ab 1874 im Zivilingenieur *Ueber graphisch-mechanisches Integriren*. Dort zeigte er Methoden, wie sich verschiedene Integrale, auch Momenten-Integrale wie $\iint y \cdot dy dx$, $\iint y^2 \cdot dy dx$ oder $\iint xy \cdot dy dx$ ⁸²²⁾ mit oder ohne Planimeter lösen lassen. Nehls bemühte sich insbesondere um baustatische Anwendungen. 1877 führte er die Untersuchungen, die er 1874 und 1875 im *Civilingenieur* veröffentlicht hatte in einer Monographie *Über graphische Integration und ihre Anwendungen in der graphischen Statik* weiter. In der Einleitung weist er auf die Arbeit von Šolín hin, dessen Konstruktion von Integralkurven er in seiner Arbeit mit aufnahm. Die Anwendungen, die Nehls betrachtet, sind der einfache

⁸¹⁸⁾Šolín [1872], Sonderdruck S. 1

⁸¹⁹⁾Šolín [1872], Taf. 1, Fig. 1

⁸²⁰⁾Massau [1885]

⁸²¹⁾Nehls [1872]

⁸²²⁾Nehls [1875], S. 262

Balken und der Durchlaufträger jeweils mit ruhender Last und bewegten Lastsystemen und Kurven der Momenten-Maxima, außerdem werden fest eingespannte Balken und Bögen untersucht. Nehls führt alle Integrationen, die in der graphischen Statik implizit über Kräfte- und Momenten-Summierung ausgeführt werden, explizit durch. Typisch für Nehls' Arbeiten ist seine Methode, alle Ergebnisse rein analytisch herzuleiten und dann erst in Konstruktionen zu übersetzen. Diese Methode wurde von Wilhelm Ritter kritisiert. In seiner Besprechung des nächsten Werkes von Nehls, das sich ganz auf den einfachen Balken⁸²³⁾ beschränkte, forderte Ritter Methodenreinheit:

»nach unserer Ansicht sollte sich, wenn einmal das Zeichnen als Hilfsmittel zur Lösung statischer Aufgaben gewählt wird, auch die Ableitung der Lösungen, die ganze Beweisführung so viel als möglich auf die Geometrie stützen.«⁸²⁴⁾

Ritter beurteilte das Buch ausgesprochen positiv, sah aber keinen praktischen Nutzen, da der Bautechniker lieber zu den »einfachen und übersichtlichen Methoden der graphischen Statik« greifen werde.

In der Tat fand die graphische Integration in der Baustatik kaum Resonanz, selbst in Fällen, in denen sie zu einfacheren Lösungen führte, wurde sie von den graphischen Statikern nicht aufgenommen. Mehmke nennt die Schwerpunkt-Konstruktion von Flächen als Beispiel.⁸²⁵⁾

Möglicherweise lag es an diesem Konkurrenzverhältnis, daß die graphische Integration erst 1885 in ein Lehrbuch des graphischen Rechnens aufgenommen wurde, und zwar im oben erwähnten zweiten Band der französischen Fassung von Favaro *Lezioni di statica grafica*⁸²⁶⁾.

Die beiden Vertreter der angewandten Mathematik Rudolf Mehmke und Carl Runge (1856 - 1927) befaßten sich mit dem graphischen Differenzieren und Integrieren und der graphischen Integration von Differentialgleichungen. Runge hatte 1904 die erste Professur für angewandte Mathematik in Deutschland erhalten. Er ist heute noch bekannt durch seine Arbeiten zur numerischen Mathematik, aber auch er hatte sich gründlich mit graphischen Verfahren beschäftigt⁸²⁷⁾. Interessanterweise ging sein Lehrbuch über *Graphische Methoden* aus Vorlesungen bei einem USA-Aufenthalt hervor und erschien zuerst auf Englisch. Mehmke schlug wieder eine Brücke zurück vom graphischen Integrieren und Differenzieren zur graphischen Statik, sein *Leitfaden* enthält in einem Anhang die Anwendung der graphischen Integration für die »Bestimmung von statischen Momenten, Trägheitsmomenten und Momenten höheren Grades homogener ebener Flächen durch Umzeichnen der Begrenzungskurve und Planimetrieren.«⁸²⁸⁾ Dabei stützte er sich insbesondere auf Christian Nehls.

⁸²³⁾Nehls [1885]

⁸²⁴⁾Schweizerische Bauzeitung 5 (1885), S. 153

⁸²⁵⁾Mehmke [1924], S. 173f und Mehmke [1916]

⁸²⁶⁾Favaro [1877 Lezioni]

⁸²⁷⁾Runge [1914], Runge [1915]

⁸²⁸⁾Mehmke [1924], S. 160 - 177

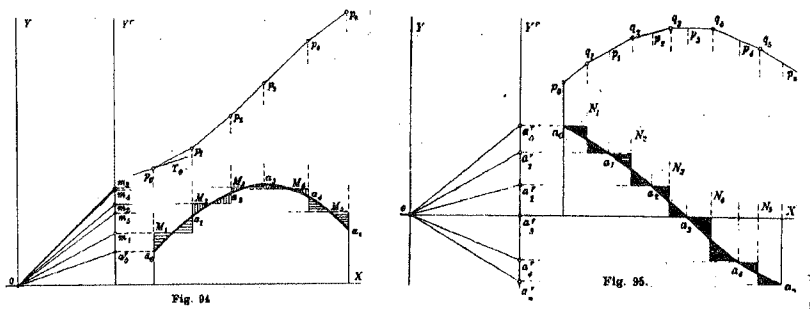


Abb. 107 Graphische Integration bei Mehmke
Sehnenverfahren⁸²⁹⁾ Tangentenverfahren⁸³⁰⁾

4.3 Numerische Mathematik

Ende des 19. Jahrhunderts hatten sich die graphische Statik und das graphische Rechnen gänzlich voneinander getrennt. Die graphische Statik war von der technischen Mechanik und der Baustatik aufgenommen worden. Das graphische Rechnen lagerte sich um die drei Komplexe an, die bereits Culmann in der zweiten Auflage der graphischen Statik behandelt hatte: graphische Konstruktionen, Instrumente und graphische Tafeln. Diese Gebiete bildeten um die Jahrhundertwende den Kern eines Teilgebietes der angewandten Mathematik, das sich verselbständigte: die numerische Mathematik. Ein »mittelalterlicher Dom«⁸³¹⁾ war nicht aus den Ansätzen Culmanns zum graphischen Rechnen hervorgegangen, aber der Gedanke, diese verschiedenen Gesichtspunkte als ein Gebiet zu behandeln, wurde durchaus weitergeführt.

Die graphischen Verfahren wurden vor allem durch die graphische Integration ausgeweitet, unter den mathematischen Instrumenten spielten die Planimeter immer noch die Hauptrolle, ergänzt durch etliche neue Konstruktionen, vor allem die Schneidenplanimeter des polnischen Mathematikers Abdank-Abakanowicz⁸³²⁾, mit denen sich Integralkurven bestimmen ließen und der Bereich der graphischen Tafeln wurde durch die Nomographie von Maurice d' Ocagne (1862 - 1938) gewaltig ausgeweitet. Für die Theorie der Nomographie erwies sich im übrigen die projektive Geometrie als besonders nützlich.

Es gab nun verschiedene Versuche diese Sammlung verschiedener Gebiete zu ordnen. Ein nachhaltiger Versuch, das Gebiet neu zu organisieren, stammte von Rudolf Mehmke. Unter dem Titel *Numerisches Rechnen*⁸³³⁾ verband er im Jahre 1902 für die *Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften* die graphischen Methoden, die graphischen Tafeln und die »stetigen Rechenapparate und -maschinen«, wie Planimeter und Rechenschieber, mit den numerischen Tafeln und den Rechenapparaten und -maschinen.

⁸²⁹⁾Mehmke [1924], Fig. 94, S. 102

⁸³⁰⁾Mehmke [1924], Fig. 95, S. 104

⁸³¹⁾Culmann [1864-1866], S. XVI

⁸³²⁾Abdank-Abakanowicz [1886] und [1889]

⁸³³⁾Mehmke [1902], wobei der Begriff »numerisches Rechnen« bereits früher verwendet wurde, z. B. von J. Lüroth in seinen *Vorlesungen über numerisches Rechnen*, Leipzig 1900

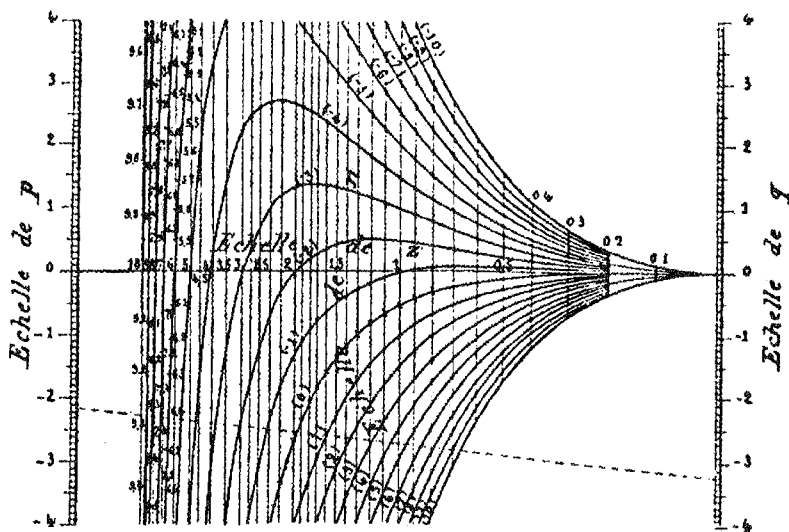


Abb. 108 Nomogramm zur Lösung von kubischen Gleichungen der Form $x^3 + rx^2 + px + q = 0$.

Für die ganzzahligen Werte $r = -10$ bis $r = 10$ gibt es je eine Kurve. Auf der gestrichelten Geraden kann man die Lösung der Gleichung $x^3 + x^2 - 2,16x - 3,3 = 0$ ablesen: $x = 1,6$.⁸³⁴⁾

Die graphische Integration fehlte in dieser außerordentlich materialreichen Übersicht, sie erhielt in der Enzyklopädie einen eigenen Artikel, der wurde 1915 von Runge und Willers verfaßt und stellte die Methoden zur *Numerischen und graphischen Quadratur und Integration gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen*⁸³⁵⁾ zusammen, also auch hier werden die numerischen und graphischen Verfahren gemeinsam behandelt. Willers verfaßte später das Standardwerk über Rechenmaschinen in Deutschland: *Mathematische Maschinen und Instrumente*⁸³⁶⁾

Nach 1900 wurden an vielen Hochschulen Vorlesungen über numerisches und graphisches Rechnen, über Rechenmaschinen oder praktische Mathematik gelesen. 1904 erhielten diese Themen mit Runges Lehrstuhl für angewandte Mathematik in Göttingen erstmals eine eigene Professur in Deutschland. Dabei hatten die graphischen Methoden zunächst noch einen hohen Stellenwert, das zeigen zum Beispiel die erwähnten Bücher von Runge und Mehmeke zum Thema, und auch das Buch *Calcul graphique et Nomographie*⁸³⁷⁾ von Ocagne aus dem Jahre 1908, das 1914 erneut aufgelegt wurde.

Mit der Verbesserung der numerischen Rechenmaschinen, insbesondere natürlich durch die Entwicklung elektronischer Rechanlagen, verlor das graphische Rechnen seine Bedeutung und wurde zu einem Randgebiet.

⁸³⁴⁾Ocagne [1908], S. 276

⁸³⁵⁾Runge/Willers [1915]

⁸³⁶⁾Willers [1950]

⁸³⁷⁾Ocagne [1908]

5 Prinzipien der graphischen Statik

»Mit den tiefsten und gelehrtesten Betrachtungen läßt sich aus meteorologischen Tabellen nicht so viel heraussehen, als ein einziger Blick auf solche Karten«, schrieb Culmann über die Windkarten von Maury.⁸³⁸⁾

5.1 Zeichnen als Sprache des Ingenieurs

Ausgangspunkt für Culmanns Beschäftigung mit den graphischen Methoden ist seine Auffassung, daß das Zeichnen die Sprache des Ingenieurs ist.

Zu Culmanns Zeit gehörte es zum Alltag eines Ingenieurstudenten, zahlreiche Zeichnungen anzufertigen. Die Liste der vorgelegten Blätter im Fragebogen aus dem Jahre 1841 bezeugt dies für Culmanns eigenes Studium. Darüber hinaus war bei der bayerischen Eisenbahn - zumindest in der Projektierungsphase - das Zeichnen sicherlich tatsächlich sein Hauptausdrucksmittel. Wobei es sich dabei vornehmlich um vermessungstechnische Zeichnungen handelte. Mit konstruktivem Zeichnen beschäftigte er sich dann ausgiebig bei seinen Reisen nach England, "Grenze, sächsische, USA und Frankreich.

Aber nicht nur die Bau- und Vermessungsingenieure - eine Unterscheidung, die es damals noch nicht gab - schätzten das Zeichnen. Für nicht weniger wichtig hielten die Maschineningenieure das Zeichnen. Redtenbacher sah das Zeichnen als Mittel, »Gedanken und Vorstellungen mit einer Klarheit, Schärfe und Übersichtlichkeit darzustellen«, die »nichts zu wünschen übrig lässt.⁸³⁹⁾

Culmann maß dem Zeichnen bei den Maschineningenieuren allerdings insofern eine geringere Bedeutung zu, als bei Ihren Präzisionsanforderungen das Zeichnen nirgendwo das Rechnen ersetzen kann. So schrieb er jedenfalls in seinem Manuskript über das Reissrechnen⁸⁴⁰⁾, das die Vorlage zum Vorwort seiner graphischen Statik lieferte.⁸⁴¹⁾ Empfehlenswert schienen ihm die graphischen Methoden überall dort, wo die zu verarbeitenden Größen ohnehin einer Zeichnung entnommen werden müssen.

Auch 1875 war Culmanns Mitarbeitern noch bewußt, daß das Zeichnen Grundlage und Ausgangspunkt der gesamten graphischen Statik war, so schrieb Tetmajer in der Einleitung zum Sonderdruck von Culmanns Rechenschieber-Kapitel aus der zweiten Auflage der *Graphischen Statik*:

»Und wenn es Professor Culmann gelungen ist [...], die Zeichenkunst nach allen Richtungen zur Sprache des Ingenieurs zu erheben, wenn seine Methoden von Tag zu Tag mehr Anhänger und Verbreitung finden, so ist dies der reine Ausdruck für die grossen *praktischen Vorzüge* seiner Disciplin, welche sich notwendiger Weise früher oder später Bahn brechen musste.«⁸⁴²⁾

⁸³⁸⁾ in seinen Technischen Reisebeschreibungen über Amerika S. [80] Anhang A.4.b

⁸³⁹⁾ Redtenbacher: Principien der Mechanik und des Maschinenbaues. Mannheim 1859 (2. Aufl.) Zitiert nach Zweckbronner [1987], S. 105

⁸⁴⁰⁾ Zitiert in Abschnitt 3.1

⁸⁴¹⁾ Culmann [1864-66], S. III f

⁸⁴²⁾ Tetmajers Einleitung in Culmann [1875 Rechenschieber], S. III. Hervorhebung BM.

5.2 Einfach, schnell und anschaulich

Den praktischen Vorzügen maß Culmann im Vorwort zur *Graphischen Statik* allerdings nicht allzuviel Raum zu, dennoch finden sich dort die folgenden Argumente für die graphischen Methoden:

1) einfach und 2) schnell

»Was mit allen jenen Theorien anfangen, zu denen die verschiedenen einer wissenschaftlichen Behandlung fähigen Zweige der Ingenieurkunde Veranlassung gegeben haben, die uns wohl in den Stand setzen, mit grossem Aufwand an Zeit und Mühe einzelne Aufgaben zu lösen: die aber viel zu umständlich sind,« daher ersann Poncelet »geometrische Lösungen für die verschiedenen im Ingenieurfach sich darbietenden Aufgaben.«⁸⁴³⁾

3) genau genug

»In der That wird auch der Ingenieur den geometrischen Lösungen den Vorzug geben, sobald eine Genauigkeit von drei Stellen oder 1/1000, die vollständig erreicht werden kann, genügt: denn die Reisswerkzeuge hat er immer bei der Hand, das Zeichnen ist seine Sprache«⁸⁴⁴⁾

4) fehlertolerant und 5) einprägsam

»Die Lösungen Poncelet's waren immer nur Uebersetzungen vorher entwickelter analytischer Ausdrücke. Dass dies ein Umweg sei und dass eine geometrische Construction viel weniger leicht sich einprägt, wenn man bei Anwendung derselben eine analytisch entwickelte Formel, deren Herleitung vielleicht nicht mehr gegenwärtig ist, im Kopfe haben muss, als wenn das durch die Aufgabe gegebene Liniengebilde selbst die Grundlage bildet, aus der sich die Lösung einfach geometrisch entwickelt: hat wohl Poncelet selbst innig gefühlt, und eifrig studierte er Geometrie, gleichsam ahnend, welchen Nutzen sie gewähren könnte.«⁸⁴⁵⁾

Bei Emil Winkler ist die Abwägung der Vor- und Nachteile graphischer und rechnerischer Verfahren ganz auf die Pragmatik ausgerichtet. 1872, im Vorwort zur ersten Auflage seiner Vorträge über Brückenbau, schrieb er:

»Die geometrische Construction hat gegen die Rechnung insbesondere die folgenden Vortheile:

1. Sie ist im Allgemeinen übersichtlicher, sie ist daher auch weniger ermüdend und sichert mehr gegen Fehler.
2. Etwa gemachte Fehler werden leichter entdeckt; Controlen, welche bei der Rechnung fast immer nöthig sind, werden daher meist überflüssig.
3. Sie führt meist schneller zum Ziele, als die Rechnung; so z. B. braucht die Berechnung eines continuirlichen Trägers mit constantem Querschnitte etwa dreimal so viel Zeit, als die Construction.
4. Sie gestattet leichter eine Controle, falls eine solche nöthig ist, z.B. bei der Controle der Arbeiten der Studirenden durch die Lehrkräfte, bei der Prüfung von Projekten durch Behörden etc.

Dagegen lassen sich aber, abgesehen von den Fällen, in welchen bisher eine Construction noch nicht gefunden ist, gewisse Vortheile der Rech-

⁸⁴³⁾Culmann [1864-66], S. V

⁸⁴⁴⁾Culmann [1864-66], S. V

⁸⁴⁵⁾Culmann [1864-66], S. Vf

nung nicht verkennen:

1. Sie gestattet eine grössere Genauigkeit; im Allgemeinen ist zwar die Genauigkeit, welche die Construction bietet, eine für die Praxis ausreichende; handelt es sich aber um die Aufstellung von Zahlentabellen, welche nur einmal zu berechnen und dann für viele Arbeiten brauchbar sind, so wird man wohl die Rechnung der grösseren Genauigkeit wegen vorziehen.
2. Die Rechnung führt in manchen Fällen schneller zum Ziel, namentlich, wenn nur wenige Resultate nöthig sind, wenn es sich z. B. um die Berechnung eines einfachen Trägers mit constantem Querschnitt handelt, wo nur die Kenntnis des Maximalmomentes nöthig ist.«⁸⁴⁶⁾

Ähnliche Argumente wie bei Culmann und Winkler für die graphischen Verfahren kann man in vielen Einleitungen zu Büchern über graphische Statik lesen. Allerdings verstärkte sich im Laufe der Jahre die Tendenz, rechnerische und graphische Verfahren als gleichberechtigt zu betrachten. Diese Auffassung wurde bereits von Jacob J. Weyrauch in seiner Bestandsaufnahme der graphischen Statik aus dem Jahre 1874 vertreten. Weyrauch selbst bediente sich bei den meisten seiner Veröffentlichungen allerdings der analytischen Methode. In seinem Artikel werden die genannten Vor- und Nachteile graphischer Methoden besonders differenziert besprochen. Wobei Weyrauch wie Culmann die Anschaulichkeit der graphischen Verfahren als ihre eigentliche Stärke schätzte.⁸⁴⁷⁾

Culmann selbst schreibt in der Einleitung zur 2. Auflage, daß er die analytischen Ausdrücke u. a. deshalb angibt, um »die freie Wahl zwischen dem graphischen Construiren und zwischen dem Rechnen gesichert zu haben; in der Praxis führt bald das eine bald das andere rascher zum Ziel.«⁸⁴⁸⁾

Daran ändert sich auch bis 1900 bei August Föppl nichts:

»Heute wendet man ohne besondere Bevorzugung des einen oder des anderen Verfahrens bald die Zeichnung, bald die Rechnung an, je nachdem sich diese oder jene im Einzelfalle besser eignet.«⁸⁴⁹⁾

Föppl sah den wichtigsten Vorzug graphischer Verfahren darin, daß »wegen der Übersichtlichkeit der Zeichnung gröbere Versehen leichter zu erkennen und zu vermeiden sind als bei der Zahlenrechnung, in der gröbere Fehler weit eher unbemerkt«⁸⁵⁰⁾ bleiben.

Und Müller-Breslau orientierte sich vollends an der praktischen Nützlichkeit der Verfahren. 1887, in der zweiten Auflage seiner *Graphischen Statik der Baukonstruktionen*, bemühte er sich,

»Verfahren auszuwählen und zu ersinnen, welche sich in einfacher Weise begründen lassen, an das Gedächtnis geringe Anforderungen stellen, den Studierenden zur selbständigen Lösung von Aufgaben anleiten und schliesslich zu übersichtlichen, nicht mit Linien überladenen Kräfteplänen führen - zu Plänen also, die auch ein anderer, als derjenige der sie ange-

⁸⁴⁶⁾Winkler [1875], Vorwort zur 1. Auflage aus dem Jahre 1872, S. II f

⁸⁴⁷⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPh], S. 386ff

⁸⁴⁸⁾Culmann [1875], S. XI

⁸⁴⁹⁾Föppl [1900], S. 2

⁸⁵⁰⁾Föppl [1900], S. 3

fertigt hat, schnell prüfen kann.«⁸⁵¹⁾

Noch 1928, in der Festschrift zum hundertjährigen Bestehen der TH Dresden, kann man lesen:

»Hatte doch gegenüber den analytischen Verfahren die graphostatische Behandlung von Konstruktionsaufgaben, besonders für den aufblühenden Eisenbau [...] die Vorzüge größter Klarheit, Durchsichtigkeit und Zeitersparnis.«⁸⁵²⁾

So einhellig die Stichworte - einfach, schnell, genau genug, übersichtlich, einprägsam, anschaulich - verwendet werden, so unklar bleibt, was jeweils darunter zu verstehen ist.

5.2.1 Schnelligkeit

Wenige Autoren lassen sich zu Zeitangaben für Konstruktionen hinreißen. Emil Winkler gehörte mit der oben zitierten Passage - Punkt 3) - zu den wenigen und provozierte damit eine harsche Reaktion von Weyrauch:

»Die Frage, welche der beiden Untersuchungsarten am wenigsten Zeit erfordert, halten wir für unwesentlich. Bei einem Bauwerk, das Tausende bis Millionen kostet, kann es nicht darauf ankommen, ob die Berechnung einen Tag mehr oder weniger in Anspruch nimmt, wenn nur die Resultate richtig und klar sind. Auch dürfte sich die Frage nicht in allen Fällen zu Gunsten der einen oder andern Methode entscheiden lassen. Im Allgemeinen erfordert für die gewöhnlichen Fälle die analytische, für unregelmässige und complicirtere Formen die graphische Behandlung weniger Zeit.«⁸⁵⁴⁾

Weyrauch bestritt im übrigen auch das Argument von Winkler - Punkt 4) -, die Kontrolle von Bauprojekten durch die Behörden sei einfacher. Weyrauch behauptete, daß sich im Gegenteil die analytischen Rechnungen leichter prüfen ließen, da man zur Kontrolle der numerischen Rechnungen Hilfskräfte verwenden könne, die graphischen Lösungen aber in allen Details von einem qualifizierten Fachmann geprüft werden müßten.⁸⁵⁵⁾ Im Sonderdruck seines Artikels über die graphische Statik fügte er einen Abschnitt mit einem langen Zitat aus einem Brief Schwedlers ein. Schwedler bestätigte darin, daß die graphische Statik zur Stabilitätsuntersuchung umständlich ist, und daß nur selten Konstrukteure graphische Stabilitätsberechnungen bei den Genehmigungsbehörden einreichten.⁸⁵⁶⁾

5.2.2 Genauigkeit

Präzise Äußerungen zur Genauigkeit der graphischen Verfahren sind verständlicherweise noch seltener als Zeitangaben, zumal man von den Konstruktionen ohnehin lediglich eine relative Genauigkeit erwartete: genau ge-

⁸⁵¹⁾Müller-Breslau [1887], S. VII

⁸⁵²⁾[1928], S. 60

Die auch gedruckte Ansicht, dass die numerische Berechnung eines kontinuierlichen Trägers etwa dreimal soviel Zeit erfordere, wie die graphische, ist abgeschmackt; warum nicht gleich die Angabe mit Dezimalstellen ausstatten? [Fußnote Weyrauch]

⁸⁵⁴⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPH], S. 388

⁸⁵⁵⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPH], S. 387

⁸⁵⁶⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat.], S. 29f

messen an den Voraussetzungen und am Zweck. Viele Theorien, die graphisch ausgewertet wurden, waren so spekulativ, daß eine hohe Genauigkeit in der Konstruktionsdurchführung eher abwegig war, das galt nicht nur für die Gewölbe- und Erddrucktheorien, sondern auch für die Fachwerktheorie, bei der großen Unsicherheit über die Belastbarkeit der Materialien und bei Vernachlässigung der Nebenspannungen in den Knoten. Die grobe Vereinfachung hatte die Berechnung aber überhaupt erst ermöglicht. Ernst Gustav Kirsch meinte daher, der

»Vorzug der graphischen Verfahren liegt aber darin, dass sie ihrer Natur nach zwingen, die Genauigkeit auf ein bestimmtes Maß einzuschränken, alle Größen unterhalb einer gewissen Wertgrenze unberücksichtigt zu lassen.«⁸⁵⁷⁾

Neben der oben zitierten, kühnen Behauptung von Culmann, daß eine Genauigkeit von drei Stellen bei graphischen Lösungen erreichbar sei, findet sich wieder bei Weyrauch eine differenziertere Betrachtung:

»Die Genauigkeit der graphischen Lösungen ist genügend, hängt aber von der Geschicklichkeit des Zeichners ab. Zu spitze Durchschneidungen muss man [...] zu umgehen [...] suchen«.

Konkrete Fehlerangaben macht er lediglich zu einem einzigen Projekt: 1869 hatte er die Schwedler-Träger einer Brücke über den Spandauer Kanal sowohl graphisch als auch rechnerisch bestimmt. Die Differenz zwischen den Ergebnissen betrug dabei höchstens zwei bis drei Prozent.

Immerhin warnte er nicht nur vor schleifenden Schnittpunkten, sondern wies auch auf die Abhängigkeit der Genauigkeit vom Maßstab hin, denn »je grösser die Kräfte und Dimensionen, mit denen man arbeitet, desto geringer die Fehler.«

Systematische Untersuchungen zur Zeichengenauigkeit fehlen. Wirkliche Fehleruntersuchungen finden sich nur im geodätischen Bereich. Dort hatte die Ausgleichsrechnung mit der Gaußschen Methode der kleinsten Quadrate einen festen Platz gefunden.

Der Vermessungsingenieur Christian August Vogler veröffentlichte 1873 ein Buch *Über Ziele und Hilfsmittel geometrischer Präzisions-Nivellements*, in dem er sich nahezu ausschließlich mit den denkbaren Fehlern beim Vermessen befaßt. Allerdings diskutiert auch er nicht die Zeichenfehler.

Zur Genauigkeit von Planimetern, die sich fast zeitgleich mit der graphischen Statik verbreiteten, gibt es ebenfalls eine Fülle von Untersuchungen. Dies war schon aus juristischen Gründen erforderlich, da die Planimeter hauptsächlich in den Katasterämtern zur Ermittlung der Grundstücksgrößen und damit der Festlegung der Grundsteuer eingesetzt wurden.⁸⁵⁸⁾

Angesichts vielfältiger Untersuchungen der Genauigkeit der Vermessungs- und Flächenmeßinstrumente ist es doch erstaunlich, daß erst 1893 eine Studie zur Bestimmung der Zeichengenauigkeit erschien. Lemoines *Géométrie-graphie* bemißt die Einfachheit einer Konstruktion danach, wie oft der Zirkel

⁸⁵⁷⁾Kirsch [1896], S. 485

⁸⁵⁸⁾z.B. Stampfer [1850], S. 12-22; Cherest [1866]; Junge [1866]; Fischer [1868], S. 144f; Lorber [1882 Genau]; Lorber [1882 Präzision], S. 5ff; Lorber [1884], S. 9ff; vor allem aber Bitter [1862]

und das Lineal benutzt werden.⁸⁵⁹⁾ Mehmke hat diese Methode als reichlich nutzlos zurückgewiesen.⁸⁶⁰⁾ Auch Guido Hauck ist der Ansicht, daß »für die Genauigkeit einer geometrischen Konstruktion [...] ganz andere Momente in Betracht [kommen] als der sogenannte Genauigkeitskoeffizient der Geometrographie.«⁸⁶¹⁾

In der Umgebung von Felix Klein sah man das Problem der Zeichengenauigkeit ebenfalls. Schilling befaßte sich in seinen *Anwendungen der darstellenden Geometrie* mit der Genauigkeit des Zeichnens.⁸⁶²⁾

Felix Klein selbst behandelte im dritten Band seiner *Elementarmathematik vom höheren Standpunkt* den »Übergang zur praktischen Geometrie«⁸⁶³⁾, er meinte damit die Geodäsie und die zeichnende Geometrie (darstellende Geometrie oder graphisches Rechnen)

»In der zeichnenden Geometrie ist eine rationale [d.h. auf Wahrscheinlichkeitsrechnung basierende] Fehlertheorie, wie sie in der Geodäsie vorliegt, von einzelnen gleich zu besprechenden Ansätzen abgesehen, bisher nicht entwickelt.«⁸⁶⁴⁾

Die Reflexion über die Genauigkeit erschöpfe sich in Vorschriften, wie sie z.B. der Münchner Mathematikprofessor Sebastian Finsterwalder gab:

»Zeichne so genau wie möglich, aber traue dem Resultat so wenig wie möglich.«⁸⁶⁵⁾

Klein erwähnte neben der Lemoines fünf weitere Arbeiten aus dem Zeitraum zwischen 1902 bis 1924, die auf anderer Grundlage fußen als jene von Lemoine. Zum Beispiel auch einen Ansatz, der die Ausgleichsrechnung anzuwenden versuchte. Am erfolgversprechendsten erschien ihm der Ansatz von K. Nitz. Dabei werden Schnittpunkte als Parallelogramme betrachtet und von einer »mittleren Fehlerellipse« umgeben. Für Grundkonstruktionen werden drei Fehlerkurven bestimmt, über eine Theorie der Fehlerzusammensetzung wird daraus dann für jede Konstruktion der mittlere Fehler bestimmt.

Allerdings wurden auch diese Ansätze später nicht weiterverfolgt.

5.2.3 Einfachheit und Elementarisierung

Die Einfachheit ist das am häufigsten genannte Argument für die graphischen Methoden. So unstrittig es in der Ingenieurwissenschaft Ende des 19. Jahrhunderts war, daß der praktisch tätige Ingenieur stets die einfachsten Mittel wählen will, so umstritten war es aber, was unter »einfach« bzw. »elementar« zu verstehen ist.

Culmann selbst benutzte in seinen Reisebeschreibungen gerne das Wort »einfach« und zwar durchaus in doppeltem Sinn. Im allgemeinen verwandte er es im Sinne von »scharfsinnig«, im Amerika-Bericht aber zuweilen auch im Sinne von »primitiv«. (Siehe Abschnitt 1.7.4)

⁸⁵⁹⁾Lemoine [1893], zitiert in Klein [1928 Elementar], S. 171f; vgl. auch Schilling [1903], S. 26

⁸⁶⁰⁾Mehmke [1903]

⁸⁶¹⁾Zitiert bei Schilling [1903], S. 27

⁸⁶²⁾Schilling [1903], S. 25-29

⁸⁶³⁾Klein [1928 Elementar], S. 157-204

⁸⁶⁴⁾Klein [1928 Elementar], S. 171

⁸⁶⁵⁾Klein [1928 Elementar], S. 158

Culmann betonte die Einfachheit der graphischen Methoden, verwahrte sich aber entschieden - z.B. im Vorwort zur 2. Auflage der *Graphischen Statik* - gegen ihre Elementarisierung⁸⁶⁶), um im selben Satz die »Elemente« der Geometrie der Lage für nötig zu erklären.

Das Prädikat »elementar« wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in vielen verschiedenen Bedeutungen gebraucht:

- 1) Elementar in historischem Bezug auf die Elemente von Euklid
- 2) Elementar im Sinne von grundlegend
- 3) Elementar im Sinne von finit (frei von Grenzübergängen)
- 4) Elementarmathematik im Sinne von Schulmathematik
- 5) Elementar im Sinne von primitiv
- 6) Elementar im Sinne von einfach bzw. elegant.

In der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften befinden sich mehrere Artikel über Elementarmathematik, die sich alle zunächst um eine Begriffsklärung bemühen. Z. B. Julius Sommer:

»Vom Altertum an haben die Elemente Euklids unbestritten als Grundlage der mathematischen Wissenschaft gegolten und sowohl Begriff als Umfang der Elementarmathematik bezeichnet [Bedeutung 1)]. Heute ist der Begriff der Elementarmathematik mehr praktisch als logisch begrenzt, indem es kaum eine allgemein angenommene Definition desselben gibt. Man versteht konventionell die Teile der Mathematik, welche sich mit den einfachsten Grundbegriffen [Bedeutung 2)] unter Benutzung spezieller Methoden beschäftigen. Von diesem Standpunkte aus ist es gerechtfertigt, erhebliche Teile der darstellenden und projektiven Geometrie, der Kinematik, ja sogar der Zahlentheorie und der Theorie der quadratischen Formen in die Elementarmathematik einzubeziehen. Vielfach wird aber der Begriff der Elementarmathematik sogar noch enger gefaßt als bei Euklid. Es ist nun vorgeschlagen worden, die Vermeidung des Grenzbegriffs sowie überhaupt unendlicher Prozesse als Charakteristikum der Elementarmathematik zu nehmen [Bedeutung 3)]. Hiergegen spricht jedoch, daß man einerseits auch im Gebiete der Zahlentheorie teilweise prinzipiell den Grenzbegriff vermeidet, und daß andererseits die Elementargeometrie einen naiven Gebrauch des Grenzbegriffs, des Stetigkeitsbegriffs und insbesondere der irrationalen Zahlen nicht umgehen kann.«
867)

5.2.4 Elementarisierung als Parole

Die Elementarisierung mathematischer Mittel spielte im Spannungsverhältnis zwischen Mathematik und Technik im gesamten 19. Jahrhundert eine wichtige Rolle. Die mäßigen mathematischen Vorkenntnisse der Studenten legten den Professoren an den polytechnischen Schulen eine möglichst »elementare« Behandlung des Stoffs nahe. Culmann hatte dies in seiner Studienzeit selbst erlebt:

⁸⁶⁶)»Der geehrte Professor will es elementarer machen« Culmann [1875], S. VI [gemeint ist Bauschinger. BM]

⁸⁶⁷)J. Sommer: Elementare Geometrie vom Standpunkte der neueren Analysis aus. In: Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Bd 3,1,2, S. 773 (Abgeschlossen 1914). Im selben Band der Enzyklopädie versucht auch M. Zacharias: Elementargeometrie und elementare nicht-euklidische Geometrie in synthetischer Behandlung, S. 862 zu klären, was Elementarmathematik ist.

»Das gleiche Ablehnen höherer Ausbildung zeigte sich in den vierziger Jahren, wo die Mechaniker glaubten der ungenügenden analytischen Bildung mit Lehrbüchern ohne Differential- und Integralrechnung nachkommen zu müssen. Keine Werke sind im Verhältnis zu ihrem gediegenen Inhalt so schnell vom Schauplatz verschwunden, als wie die *Kaisers* und *Weisbachs*.«⁸⁶⁸⁾

Allerdings war Weisbachs Buch keineswegs schnell verschwunden, es wurde zwar bereits in der zweiten Auflage mit einer »elementaren« Einführung in die Infinitesimalrechnung versehen, aber auch die 3. und 4. Auflage, die von Gustav Herrmann bearbeitet wurde, hielt sich in der Verwendung infinitesimaler Hilfsmittel zurück. Auch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erschienen etliche Mechanik-Lehrbücher, die sich auf Elementarmathematik beschränkten, dazu gehörte sogar August Ritters *Lehrbuch der technischen Mechanik*, dessen 1. Auflage von 1865 alles enthält, »was mit Hilfe der Elementarmathematik dargestellt werden kann,«⁸⁶⁹⁾ oder Bauschingers *Schule der Mechanik* aus dem Jahre 1861 mit dem erklärten Ziel, die Mechanik

»in ganz elementarer oder, wenn ich mich des vielfach missbrauchten Wortes in richtigem Sinne bedienen darf, in populärer Weise darzustellen.«⁸⁷⁰⁾

Noch in den 80er Jahren wurden Mechanikbücher veröffentlicht, die auf die Benutzung der Infinitesimalrechnung verzichteten, so zum Beispiel Wernikes *Grundzüge der Elementar-Mechanik*.⁸⁷¹⁾

Culmann sah den Erfolg des eidgenössischen Polytechnikums vor allem darin begründet, daß

»an demselben in Folge seiner zufälligen Verbindung mit der kantonalen Universität wissenschaftlicher als an andren technischen Anstalten gebildet wird. [...] Ausserhalb Frankreichs hält man es noch nicht für nothwendig, Technikern die höchste mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung zu geben, die das Land bietet. Göttingen hat eine der ausgezeichnetsten mathematisch-naturwissenschaftlichen Facultäten, und das Polytechnikum wurde hübsch daneben nach Hannover gesetzt; und in demselben gegenseitigen Verhältnis stehen: Heidelberg und Carlsruhe, Tübingen und Stuttgart, Leipzig und Dresden, und da, wo beide Anstalten an dem gleichen Orte bestehen, hält man sie sorgfältig auseinander, wie in Wien, Prag, München, Berlin. Was könnte nicht an diesem letztern Ort geleistet werden, wenn man es verstünde, die vorhandenen Kräfte zu vereinigen. [...]

Jetzt werden dort Oberlehrer für technische Schulen gebildet, welche die Bedürfnisse solcher Anstalten nicht kennen, und diese stellen ihre Schüler nicht auf die wissenschaftliche Stufe, auf der sie vermöge der Institutionen des Landes vielleicht stehen könnten, weil sie ihnen Mathematik und Naturwissenschaften erst aus zweiter Hand reichen.«⁸⁷²⁾

In den 70er Jahren erhöhte sich das Niveau der mathematischen Ausbildung an den Technischen Hochschulen aus verschiedenen Gründen. Erstens ka-

⁸⁶⁸⁾Culmann [1875], S. VII. Gemeint sind Kayser [1836], Kayser [1842] und Weisbach [1845-60]. BM

⁸⁶⁹⁾FdM 1883, S. 763+ 765

⁸⁷⁰⁾Bauschinger [1861], S. III

⁸⁷¹⁾In FdM 1883, S. 764-767, befindet sich eine vernichtende Besprechung von Emil Lampe.

⁸⁷²⁾Culmann [1864-66], S. IXf

men die Mathematiker naturgemäß von den Universitäten, weil Mathematik an den Technischen Hochschulen lange kein eigenes Studienfach war. Professoren an den Technischen Hochschulen hatten das Bedürfnis an Universitäten zu kommen, da dort die Lehrverpflichtung wesentlich geringer und das Prestige höher war. Sie hatten daher die Neigung sich an der Universitätsmathematik zu orientieren, insbesondere an der Berliner Mathematik um Weierstraß. Zweitens orientierten sich die aufstrebenden Ingenieurwissenschaften zunächst am mathematisch-naturwissenschaftlichen Methodenideal, erwarteten sich auf diesem Wege die wissenschaftliche Anerkennung ihrer Fächer, zu diesen Ingenieuren zählte neben Grashof und Reuleaux auch Culmann.

Mit dem wachsenden Selbstbewußtsein der Ingenieure und der Herausbildung technikspezifisch-empirischer Methoden in der Umgebung der Ingenieurlaboren regte sich Widerstand gegen die angeblich technikferne Mathematik an den Technischen Hochschulen. Ende der 1890er Jahre kulminierte diese Auseinandersetzung in der Antimathematiker-Bewegung, in der die Elementarisierung zu einem Kampfbegriff wurde. Die Mehrheit der Technik-Professoren forderte damals die Rückschneidung der Mathematik an den Technischen Hochschulen auf den Umfang und den Status einer Hilfswissenschaft.⁸⁷³⁾ Die Auseinandersetzungen waren ein Teil der Emanzipationsbestrebungen der technischen Hochschulen gegenüber den Universitäten. Der Anspruch auf Gleichstellung, insbesondere die Forderung nach dem Promotionsrecht wurde damals mit gleichrangiger Andersartigkeit begründet.

Nach der Gleichstellung der Technischen Hochschulen mit den Universitäten im Jahre 1899 nahm allerdings das mathematische Niveau in der Technik nicht ab, sondern zu, dies hing nicht zuletzt mit dem Aufstieg der Elektrizitätslehre einerseits und der Verbreitung der Vektorrechnung in vielen technischen Disziplinen andererseits zusammen.⁸⁷⁴⁾ Interessanterweise gingen gerade aus der technikfernen Berliner Universität Mathematiker hervor, die sich besonders um die angewandte Mathematik verdient machten, ich nenne nur Carl Runge und Rudolf Mehmke. Auch der wichtigste Förderer der Beziehungen zwischen Mathematik und Technik, Felix Klein, war ein Universitätsmathematiker, er lehrte lediglich fünf Jahre an einer Technischen Hochschule, 1875 - 1880 an der TH München.

Culmanns Forderung der Verbindung von Technischer Hochschule und Universität war um die Jahrhundertwende weder an den Technischen Hochschulen noch an den Universitäten populär. Zuweilen wurde Culmann selbst von angewandten Mathematikern als Opfer technikferner, mathematischer Ideale gesehen:

»Im Gegenteil scheint die Berührung mit Mathematikern sogar einige hervorragende Ingenieure auf Bahnen gelenkt zu haben, welche ihren Lehrerfolgen nicht immer günstig waren. Ich denke hierbei einerseits an die ganz unnötige Belastung der graphischen Statik mit projektiver Geometrie durch Culmann und weiterhin an den in Ingenieurkreisen noch häufig genannten, aber wenig mehr gelesenen Grashof, der sich vergeb-

⁸⁷³⁾Siehe Hensel [1989]

⁸⁷⁴⁾Siehe Reich [1994]

lich bestrebt, in seinen Vorträgen und Schriften die Ingenieure an mathematische Allgemeinheit zu gewöhnen.«⁸⁷⁵⁾

Culmanns graphische Statik befand sich auf beiden Seiten der Elementarisierungsfront, denn einerseits sah Culmann seine graphische Statik selbst als Gegenstand der Popularisierung, bereits vor seiner ersten Veröffentlichung zur graphischen Statik erschien die Reuleauxsche Elementarisierung. Selbst seine Schüler waren gegen diesen Virus nicht gefeit, an Ludwig Tetmajers *Die äußeren und inneren Kräfte an statisch bestimmten Brücken- und Dachconstructionen* aus dem Jahre 1875 wurde in einer Besprechung⁸⁷⁶⁾ gerühmt, daß er Culmann ohne projektive Geometrie liefere.

Andererseits wurde die neuere Geometrie selbst zur Elementarmathematik gerechnet.⁸⁷⁷⁾ Schließlich betätigte sich Culmann selbst als Förderer elementarer Mittel, wenn er in seiner *Graphischen Statik* für Rechenschieber, Planimeter und Rechentafel warb oder, wenn er eine möglichst einfache Planimetertheorie ausarbeitete (siehe Kap. 5.3.2).

Der Kampf für die Elementarisierung führte ohnehin zu kuriosen Allianzen: da fand sich zum Beispiel Gustav Holzmüller in einer Front mit Alois Riedler. Der Professor für Maschinenbau und zeitweilige Rektor der TH Berlin glaubte, daß die Grundrechenarten für den Ingenieur ausreichend seien. Der Hagener Gewerbeschuldirektor Gustav Holzmüller bemühte sich in seiner *Ingenieur-Mathematik*,

»zu zeigen, daß ein großer Teil der Resultate, die im allgemeinen mit Hülfe höherer Rechnungsarten abgeleitet werden, der elementaren Behandlung zugänglich ist, da es zahlreiche Methoden giebt, die Differentiation und Integration zu umgehen.[...] So kann der Studierende der technischen Hochschule schon im ersten Semester sich in die wichtigsten Begriffe der technischen Mechanik hineinarbeiten.«⁸⁷⁸⁾

Max Tolle, Maschinenbau-Professor an der TH Karlsruhe, merkte in seiner Besprechung an, daß die Umwege um die Infinitesimalrechnung oft komplizierter sind als die Infinitesimalrechnung selbst. In seinem Kapitel »Hilfsmittel der Elementarmathematik (Methode der unendlich dünnen Schichten)« versuchte Holzmüller z. B. durch fortgesetzte Streifenzerlegung die Integralrechnung zu ersparen«. Die insgesamt positive Besprechung Tolles endet mit einer »wärmsten« Empfehlung des Buchs an die mathematisch »Eingeweihten«⁸⁷⁹⁾, für sie bieten die Wege, die zum Teil »mühsam aufgedeckt werden mußten«⁸⁸⁰⁾ »mancherlei Reize«⁸⁸¹⁾. Ein Lob das bei einem Buch für Erstsemester doch etwas sarkastisch klingt.

Bei dem Didaktiker und Ingenieur Holzmüller scheint der Verzicht auf Differential- und Integralrechnung letztlich durch den Wunsch nach Methodenreinheit motiviert, das typische Motiv reiner Mathematik, die optimale Ausbeutung mi-

⁸⁷⁵⁾Lorenz [1903], S. 567

⁸⁷⁶⁾ZVDI 20 (1876), S. 544

⁸⁷⁷⁾Z.B. Fricke [1902], S. 353

⁸⁷⁸⁾Holzmüller [1897], S. III

⁸⁷⁹⁾ZVDI 41 [1897], S. 605

⁸⁸⁰⁾Holzmüller [1897], S. 8

⁸⁸¹⁾ZVDI 41 [1897], S. 605

nimaler Mittel.

Daher verwundert es nicht, daß Holzmüller kein Gegner der Infinitesimalrechnung war, er wirft im Gegenteil Culmann vor, ihre Bedeutung für die Technik zu unterschätzen:

»So halten hervorragende Graphostatiker, wie *Culmann*, die Lehren der *neueren* Geometrie für weit wichtiger, für ein weit wesentlicheres Fundament der Ingenieurwissenschaften, als jene höhere Analysis sein soll.«⁸⁸²⁾

Womit er allerdings eine höhere Disziplin gegenüber einer elementaren favorisiert, denn auch Holzmüller rechnet die projektive Geometrie zur Elementarmathematik, jedenfalls behandelt er sie eingehend in seinem *Methodischen Lehrbuch der Elementar-Mathematik*.⁸⁸³⁾

Er schätzte nicht nur Culmann, sondern mit gewissen Einschränkungen auch die graphische Statik, wie sein umfängliches Kapitel über »Graphostatische Methoden zur Bestimmung von Trägheits- und Centrifugal-Momenten«⁸⁸⁴⁾ in seiner *Ingenieursmechanik* zeigt, dort bemerkt er am Ende:

»Eine Reihe von Errungenschaften der graphischen Statik ist zwar von hohem theoretischen, aber von geringerem praktischen Werte. Einen Vorzug besitzt sie: anschaulicher zu sein, als der abstrakte Funktionsbegriff oder die Integralformel. Wo es sich nicht um allzugroße Genauigkeit handelt, und wo Übung im Gebrauche des Polarplanimeters und sonstiger mechanischer Integratoren vorhanden ist, scheint sie am ersten am Platze zu sein.«⁸⁸⁵⁾

Wie Culmann sah auch Holzmüller die anschauliche Seite der Mathematik für besonders förderungswert und meinte daher, man müsse »den graphischen Methoden eine stets wachsende Bedeutung zuerkennen«.

5.3 Visualisierung (Versinnlichung)

5.3.1 Verstehen heißt Sehen

Trotz aller pragmatischer Gründe, die letztlich für die Verbreitung der graphischen Methoden sorgten, war für Culmann die Visualisierung das stärkste Argument. Das Zeichnen ist die Sprache des Ingenieurs und sein Denken vollzieht sich in sinnlichen Anschauungen:

»Es genügt in vielen Fällen, ein geometrisches Gebilde zur Anschauung zu bringen, um von der Richtigkeit desselben zu überzeugen, die dann direct geschaut wird: und zahlreiche Folgesätze, die nur ausgesprochen zu werden brauchen, lösen sich ganz von selbst ab. Den Inbegriff aller dieser Definitionen und Aussagen bildet gerade die Geometrie der Lage.«⁸⁸⁶⁾

Die Geometrie der Lage, die synthetische projektive Geometrie, wird nicht allein deshalb herangezogen, weil sich dadurch manche Beweise leichter führen lassen, sondern weil sie den Sachverhalt sichtbar macht, die Zusammen-

⁸⁸²⁾Holzmüller [1897], S. 1. Ein Vorwurf, dem Culmann bereits im Vorwort der ersten Auflage der graphischen Statik widersprochen hatte. Culmann [1864-66], S. XII

⁸⁸³⁾Pietzker in Besprechung in ZVDI1895, S. 515

⁸⁸⁴⁾Holzmüller [1897], S. 202-232

⁸⁸⁵⁾Holzmüller [1897], S. 232

⁸⁸⁶⁾Culmann [1864-66], S. VII

hänge vor Augen führt. Nach Culmann soll der Techniker »seine Projecte *räumlich durchschauen*«, das Ziel an polytechnischen Schulen sollte es sein, »vor allem denkende Menschen zu bilden, welche ausführende Projecte *räumlich mathematisch überblicken*.« Dazu sind vor allem die geometrischen Fächer wichtig, »weil sie mehr als alle anderen *das räumliche Anschauungsvermögen ausbilden*.«⁸⁸⁷⁾

Culmanns Schüler Weyrauch sah dies ebenso:

»So wird ein fast mechanisches Vorgehen bei vielen Stabilitätsuntersuchungen ermöglicht, ohne dass damit *der Einblick in den innern Zusammenhang* verloren geht. Denn bei der jedesmaligen selbständigen Zusammensetzung der Kräfte *ersieht man immer wieder die Entstehung*, also den Grund der nachherigen Resultate, was bei der Substitution von Zahlen in Formeln, deren Ableitung dem Gedächtnis entschwunden sein kann, nicht der Fall ist.«⁸⁸⁸⁾

Und weiter:

»Eine einmal ausgeführte graphische Construction vergisst sich nicht leicht, oder ein Blick auf einen ähnlichen 'Kräfteplan' genügt, den Gang wieder ins Gedächtnis zu rufen. [...] Hierbei ist zu bemerken, dass die graphischen Lösungen sich nur dann leicht behalten und schnell wieder einprägen, wenn das Liniengebilde auf rein geometrische Weise entstanden ist und nicht, wenn es aus Uebersetzungen analytischer Operationen ins Graphische besteht.«⁸⁸⁹⁾

Auch Reuleaux sah dies ähnlich:

»Sie [die graphische Statik] liefert rasch und genau das Gesuchte, und zwar in einer glücklichen Form deshalb, weil sie der sinnlichen Wahrnehmung das Zusammenfassen einer ganzen Reihe von Rechnungsergebnissen gestattet.«⁸⁹⁰⁾

Karl von Ott teilte ebenfalls diese Vorstellungen, wenn er 1878 die Erfolge der graphischen Statik damit erklärte, daß sie

»sowohl zum Verständnis, als auch zur Versinnlichung und praktischen Verwerthung der [...] analytischen Methoden [...] beiträgt.«⁸⁹¹⁾

Jakob Steiner unterschied zwischen »Versinnlichung« und »innerer Vorstellungskraft«⁸⁹²⁾, Culmann ist fraglos auf der Seite der Versinnlichung: Seine Wahrheit ist sichtbar. Er suchte nach graphischen Lösungen nicht nur, weil sie einfach und dem Ingenieur angemessen sind, er bemühte sich um geometrische Herleitungen nicht nur, weil sie einprägsamer sind, sondern weil - nach seiner Auffassung - der Sachverhalt erst bei Veranschaulichung wirklich verstanden wird.

Diese Bemerkungen drängen zu einer philosophischen und psychologischen Analyse des Anschauungsbegriffs, die aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Ich beschränke mich auf einige Andeutungen:

Ende des 19. Jahrhunderts geriet der Anschauungsbegriff in der gesamten

⁸⁸⁷⁾Culmann [1875], S. VII. Hervorhebung. BM

⁸⁸⁸⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPh], S. 386. Hervorhebung. BM

⁸⁸⁹⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPh], S. 386f

⁸⁹⁰⁾Zitiert nach Hauck [1881], S. 341

⁸⁹¹⁾Ott [1879], S. III

⁸⁹²⁾Reye [1909] Vorwort zur ersten Auflage S. VII

Naturwissenschaft in die Diskussion. In der Philosophie war die Anschauung ohnehin immer ein Schlüsselbegriff. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die naive, sinnliche Anschauung dann in der Relativitätstheorie und der Quantenphysik in Frage gestellt.

Innerhalb der Mathematik wurde durch zwei Entwicklungen die Anschauung problematisiert. Einerseits bereitete die Entdeckung der nicht-euklidischen Geometrie die Umwandlung der Geometrie von einer Raumwissenschaft zu einer Wissenschaft vor, die lediglich Modelle anbietet. Die Umwälzung der Raumbegriffe förderte Spekulationen über die vierte Dimension, die zum Teil in den Spiritismus abglitten, so etwa bei dem Astrophysiker und Mathematiker Johann Karl Friedrich Zöllner (1834-1882)⁸⁹³⁾.

Andererseits entzog die Auseinandersetzung um die Grundlagen der Analysis, in der die Weierstraß-Schule eine führende Rolle spielte, der Anschauung die wissenschaftliche Legitimität. Die Herausbildung des Begriffs der willkürlichen Funktion führte die Anschauung in die Krise.⁸⁹⁴⁾

Bereits bei der exakten Grundlegung des Grenzwertbegriffs waren die Grenzen der Anschauung deutlich geworden. Die Entwicklung des Funktionsbegriffs hatte eine Richtung genommen, die der naiven Anschauung jedes Beurteilungsvermögen entzog, bei Kurven, die Flächen füllen und Monster-Funktionen⁸⁹⁵⁾, die überall stetig, aber nirgends differenzierbar sind, waren die Grenzen des Vorstellungsvermögens überschritten.

Die projektive Geometrie bemühte sich dagegen, die Anschauung wissenschaftlich zu retten. Guido Hauck sah z. B. die projektive Geometrie als Veranschaulichung der darstellenden Geometrie. Tatsächlich entfernte sich diese neue synthetische Geometrie von einer naiven Sinnlichkeit, das zeigt sich bereits sehr deutlich bei Staudt, der in seiner *Geometrie der Lage* vollständig auf Abbildungen verzichtete, weil die Schüler ihr »Anschauungsvermögen« durch üben sollen, daß sie »durch eigene Thätigkeit Gebilde zur Anschauung [...] bringen«⁸⁹⁶⁾. Anschauung ist keine passive, sondern eine aktive Leistung, das Gedankengebilde, das erzeugt werden soll, ist nicht durch eine sinnliche Wahrnehmung zu erhalten. Der Anspruch der synthetischen Geometrie, mit den Dingen zu rechnen, führte zum Ersetzen der sinnlichen Anschauung durch abstrakte Vorstellungen.

Die Tendenz zur Arithmetisierung, die Friedrich Engel 1890 in seiner bereits erwähnten Leipziger-Antrittsrede über den *Geschmack in der neueren Mathematik*⁸⁹⁷⁾ beschrieb, entmachtete die wissenschaftliche Rolle der Anschauung weiter.

Culmann neigte eher zu einem naiven, sinnlichen Konzept von Anschauung. Dazu nochmals die oben zitierte Passage aus seiner Arbeit über Erddruck, in der er die Vorteile seiner Herleitung des Erddrucks nennt:

»eine directe und sehr einfache Ableitung des Erddrucks [...], die ausser

⁸⁹³⁾DSB Bd. 14, S. 627-630

⁸⁹⁴⁾Siehe dazu Volkert [1986]

⁸⁹⁵⁾Interessanterweise besitzen die Monster-Funktionen heute als Fraktale eine beachtliche Popularität.

⁸⁹⁶⁾Staudt [1847], S. III, IV

⁸⁹⁷⁾Engel [1890]

der Einfachheit noch den grossen Vortheil besitzt, immer die wirkenden Kräfte evident zu halten, in dem dieselben nie durch ein Labyrinth algebraischer Deductionen der direkten Anschauung entzogen werden.«⁸⁹⁸⁾

Culmann hatte in Karlsruhe bei dem Pestalozzi-Schüler Lodomus studiert. Er ist durch ihn zweifellos mit der Gedankenwelt Pestalozzis in Berührung gekommen. Inwieweit Culmann davon beeinflusst wurde, läßt sich bei der derzeitigen Quellenlage nicht rekonstruieren. Für Pestalozzi sind Anschauung und Sehen konstitutiv für jedes Verstehen. Stark vergrößernd heißt Verstehen also Sehen.

Pestalozzi bekämpfte den Unterricht, der Rechnen als rein mechanische Tätigkeit exerzierte und nach Verständnis nicht fragte. Er vertrat eine Stufenlehre, die er als Teil einer »natürlichen Ordnung aller Anschauungen« begriff:

»Stufenweise verstärkte Thätigkeit des menschlichen Vorstellungsvermögens in seinem ganzen Umfange eine höhere, der Menschennatur wesentlich genutzende Erziehung unseres Geschlechts möglich gemacht wird.«⁸⁹⁹⁾

Ausgehend von Pestalozzi spielt in den Vorstellungen zum Verstehen die Anschauung und dabei das Sehen eine entscheidende Rolle. Anschauliches Denken ist das Gegenkonzept zum mechanischen Reproduzieren.

Felix Klein und seine Schüler⁹⁰⁰⁾ maßen der Anschauung ebenfalls eine hohe didaktische Bedeutung zu, allerdings ohne ihre Grenzen bei Grundlagenproblemen in Frage zu stellen. Klein versuchte Anschaulichkeit und Strenge zu versöhnen durch das Begriffspaar: Präzisionsmathematik und Approximationsmathematik⁹⁰¹⁾. Im letzten Teil seines dreibändigen Werkes *Elementarmathematik vom höheren Standpunkt* schreibt er unter dem Titel »Von der Versinnlichung idealer Gebilde durch Zeichnungen und Modelle«:

»Ein Hauptgegenstand der Entwicklungen dieser Vorlesung war die Unterscheidung der empirischen Raumanschauung mit ihrer beschränkten Genauigkeit von der idealisierten Auffassung der Präzisionsgeometrie.«
Man kann »seinen Weg einseitig nach der einen oder anderen Seite wählen.«
»Beide Möglichkeiten scheinen gleich unfruchtbar zu sein: Ich jedenfalls bin immer dafür eingetreten, daß wir die beiderlei Richtungen, nachdem man sich über ihre Verschiedenheit klar geworden ist, in Verbindung halten sollen.

In dieser Verbindung scheint eine wunderbare anregende Kraft zu liegen.«⁹⁰²⁾

Die Anschauung behält nach seiner Überzeugung als heuristisches und didaktisches Mittel eine wesentliche Aufgabe. Eine Folge dieser Auffassung sind die Modellsammlungen, die an den mathematischen Instituten angelegt wurden.

Eine kuriose Wendung nimmt der Gedanke, daß nur verstanden ist, was gesehen wird, bei dem Karlsruher Professor Reinhard Baumeister. Er zählt zu den

⁸⁹⁸⁾Culmann [1856], S. 3 (siehe Abschnitt 2.4)

⁸⁹⁹⁾Pestalozzi [1803a], S. S. 102

⁹⁰⁰⁾z.B. Schilling, Papperitz

⁹⁰¹⁾Klein [1895]

⁹⁰²⁾Klein [1928 Elementar], S. 205

Begründern des deutschen wissenschaftlichen Städtebaus⁹⁰³⁾ und bemühte sich daneben um die künstlerische Bildung der Ingenieurstudenten. In seiner *Architektonischen Formenlehre* versucht er, eine ästhetische Erweiterung der Baukonstruktionslehre zu liefern, um den statischen Rechenverfahren die Mittel »künstlerischer Beseelung« anzuführen. Eines seiner Prinzipien ist seine Behauptung, daß Verständlichkeit die Voraussetzung für ästhetische Wirksamkeit sei. Daher habe sich der Konstrukteur auf Formen zu beschränken, die sich mit Zirkel und Lineal erzeugen lassen:

»Von geraden Linien und Kreisbögen ist das einfache Entstehungsgesetz Jedermann geläufig. Allgemein verständlich bleibt der Eindruck des kühn gespannten Sticht Bogens, des fest geschlossenen Halbkreises, des aufstrebenden Spitzbogens. Cycloiden oder Kettenlinien dagegen kennt die Gesamtheit natürlich nicht, daher auch ihre architektonische Zweckmäßigkeit oder Bedeutung nicht einleuchtet. [...] Ein gradliniger Barrenträger wird [...] richtiger und wohlgefälliger angesehen, als ein parabelförmiger Träger.«⁹⁰⁴⁾

Die klassische Reduktion des Instrumentenkanons findet sich so ästhetisch geädelt oder vielleicht doch parodiert.

5.3.2 Planimeter: Ein Prinzip soll sichtbar werden

Culmanns Planimetertheorie zeigt an einem anderen Beispiel, sein grundlegendes Ziel, Gedanken sichtbar zu machen, zu visualisieren, an einem Beispiel, das mit der Geometrie der Lage nichts zu tun hat. Dieser längere Ausflug zu den integrierenden Instrumenten mag dadurch gerechtfertigt sein.

5.3.2.1 Kurze Frühgeschichte des Planimeters⁹⁰⁵⁾

Das Bedürfnis nach einfachen, schnellen und doch genauen Methoden zur Flächenberechnung ging aus den Katasterämtern hervor. So stammt die erste Idee für eine Maschine, mit der sich durch blosses Umfahren einer Fläche, deren Inhalt bestimmen läßt, von einem Landvermesser, von dem königl. bayerischen Trigonometer Johann Martin Hermann. Später war dann noch ein königl. Bayerischer Stellerrat beteiligt.

Die Idee ereilte ihn »im Herbst des Jahres 1814 in den Auerburgischen Gebirgen, welche ich damals zum Behufe der Steuerrectifications-Vermessung trigonometrisch aufnahm«⁹⁰⁶⁾.

Zunächst klingt die Idee, den Flächeninhalt durch Umfahren zu bestimmen, reichlich verwegen, ist doch leicht vorstellbar, daß man vom Umfang einer Fläche nicht auf ihren Inhalt schließen kann. Aus einem gegebenen Umfang kann man von einer Strecke als entartetem Rechteck - Flächeninhalt gleich

⁹⁰³⁾NDB, Bd. 1, S. 656

⁹⁰⁴⁾Baumeister [1866], S. 27

⁹⁰⁵⁾Über die Planimeter und ihre Geschichte gibt es ein Fülle von Artikeln, größtenteils aus dem 19. Jahrhundert. Einen Überblick mit vielen Literaturhinweisen geben Fischer [1868], Dyck [1892 und 1893] und Fischer [1995]. Zum Planimeter von Gonnella siehe Favaro [1873], ebenfalls mit umfangreicher Literaturliste. Auch Maxwell hatte sich mit Planimetern befaßt. 1856 schlug er ein Kugelplanimeter vor. Maxwell [1856]

⁹⁰⁶⁾Bauernfeind [1855], S. 82. Dort findet sich näheres zu den Umständen dieser Erfindung.

Null - bis zu einem Kreis Flächen beliebigen Inhalts erzeugen.⁹⁰⁷⁾



Abb. 109 Umfangsgleiche Figuren mit unterschiedlichen Flächeninhalten

Hermann gab übrigens als Ausgangspunkt seiner Idee die Flächenverwandlungen der Euklidischen Geometrie an: Reduzieren auf Dreiecke gleicher Basis und die Höhen addieren.⁹⁰⁸⁾ Die Steuerkataster-Kommission in Bayern äußerte sich zwar zuerst sehr erfreut, schien aber dann doch kein Interesse an dem Instrument gehabt zu haben.

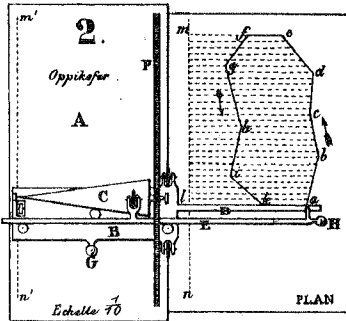


Abb. 110 Hermannsches Planimeter⁹⁰⁹⁾

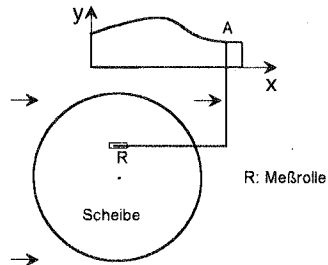


Abb. 111 Planimeter mit Gonnella-Scheibe

Der Kegel hatte bei Hermann dafür zu sorgen, daß die Umdrehungszahl des Rollrades je nach Höhe variiert wird. Hermann hatte über sein Planimeter nichts veröffentlicht, sein Instrument wurde eingeschmolzen. In den 20er Jahren wurde das Koordinatenplanimeter von dem Italiener Tito Gonnella und möglicherweise auch von dem Schweizer Oppikofer neu erfunden. Gonnella ersetzte den Kegel 1825 durch eine Scheibe. Wobei die Scheibe im Grunde ein entarteter Kegel ist, ein Kegel mit einem Öffnungswinkel von 180° . In beiden Fällen wird durch das Instrument eine Integration ausgeführt.

Die Scheibe, der Hebel mit Fahrstift und die Meßrolle werden von einem Wagen über die Zeichnung in x-Richtung weggeführt. Dabei wird die Scheibe proportional zu x gedreht. Der Fahrstift wird entlang der Kurve geführt, dadurch gleitet das Rollrad über die Scheibe. Bei großen y-Werten befindet sich das Rollrad weit vom Mittelpunkt der Scheibe entfernt, bei kleinen nahe. Bei gleicher Bewegung in x-Richtung macht es also bei großen y-Werten mehr Umdrehungen als bei kleinen.

Die Wirkungsweise ist anschaulich vorstellbar. Bei einer konstanten Funktion hätte man eine Rechteckfläche zu bestimmen. Es muß dann die in x-Richtung

⁹⁰⁷⁾Das isoperimetrische Problem läßt grüßen: Die Bestimmung maximalen Volumens bei gegebenem Umfang.

⁹⁰⁸⁾Bauernfeind [1855], S. 82

⁹⁰⁹⁾Piccard u. Cuénoud [1861], Fig. 2. Die Abbildung zeigt das Oppikofersche Gerät, bei Hermann steht der Kegel schräg und die Radachse ist parallel zur Mantellinie.

zurückgelegte Strecke mit dem Funktionswert multipliziert werden. Die Scheibe und die Meßrolle bilden also ein Multipliziergetriebe. Eine krummlinig begrenzte Fläche kann man sich durch Rechteckstreifen angenähert denken. Die Fläche ergibt sich dann als Summe von Produkten. Geht die Streifenbreite gegen Null, landet man bei der exakten Fläche bzw. beim Integral.⁹¹⁰⁾

5.3.2.2 Polarplanimeter

Im Unterschied dazu ist die Funktionsweise des Polarplanimeter schwerer zu durchschauen. 1854 und 1855 wurde es unabhängig voneinander von Jakob Amsler und A. Miller, Ritter von Hauenfels, erfunden.⁹¹¹⁾ Die Abb. 112 zeigt ein Polarplanimeter von Amsler. Die zu messende Fläche wird mit dem Stift F umfahren, der Pol E bleibt dabei fest. An der Meßrolle D bzw. G kann der Inhalt abgelesen werden. Feinmechanisch ließ sich dieses Prinzip leichter realisieren, so daß diese Geräte relativ billig und recht genau waren. Nach anfänglich schleppender Verbreitung, wurden sie zu den verbreitetsten Integrierinstrumenten.

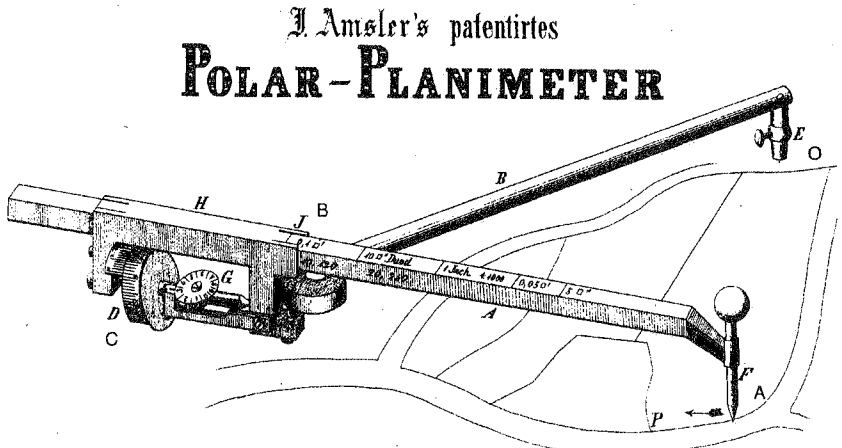


Abb. 112 Amslers Polarplanimeter⁹¹²⁾

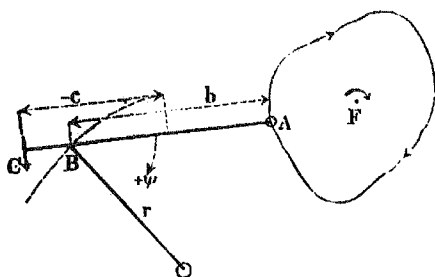
Jakob Amsler hatte in Jena und Königsberg Mathematik studiert. 1849 arbeitete er bei Plantamour auf der Sternwarte in Genf. Danach war er zwei Jahre Privatdozent an der Universität Zürich. 1851 ging er als Professor ans Gymnasium nach Schaffhausen. 1857 machte er sich selbständig mit seiner mechanischen Werkstatt zur Herstellung von Präzisionsinstrumenten. Mit dem Instrumentenbau hatte er sich schon bei Franz Neumann in Königsberg und später in Genf befaßt. Amsler war von 1848⁹¹³⁾ bis zu seinem Tod Mitglied in der *Naturforschenden Gesellschaft* in Zürich. Es gab also sicherlich persönliche Kontakte zwischen ihm und Culmann, allerdings kenne ich dazu keine Quellen.

⁹¹⁰⁾Verweis auf Fischer [1868] und für Gonella auf Favaro [1873], der im übrigen ausgiebig Fischer zitiert.

⁹¹¹⁾Fischer [1995], S. 124

⁹¹²⁾Amsler [o.J.], S. 1. In gerader Schrift sind die Bezeichnungen Culmanns angegeben: A, B, C.

⁹¹³⁾Nach Mitglieder-Liste in der VNGZ erst ab 1851.

Abb. 113 Prinzipskizze des Polarplanimeters nach Culmann⁹¹⁴⁾

Die Beschreibung und Theorie seines Polarplanimeters veröffentlichte er in der *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft* im Jahre 1856. Bei der Erklärung des Instrumentes versuchte er bereits, wie später viele Autoren, die Integralrechnung zu vermeiden. Sein Ansatz beruht darauf, daß er zwei benachbarte Positionen des Fahrstiftes, A_1 und A_2 , betrachtet und dann untersuchte, welche Fläche der Fahrarm AB bei der Bewegung von A_1 nach A_2 überstreicht. Die Bewegung läßt sich in eine Verschiebung und eine Drehung zerlegen, die überstrichene Fläche damit in ein Parallelogramm p und einen Sektor s. Diese Flächenstücke werden über die gesamte Randkurve aufsummiert, $\Sigma p + \Sigma s$. - Streng genommen müßte er natürlich an dieser Stelle integrieren. - Erst danach wird der Rollweg der Meßrolle betrachtet und schließlich die Proportionalität von Rollweg und überstrichener Fläche gezeigt. Amsler bemühte sich also bereits um eine anschauliche Erklärung des Prinzips.

Er gibt auch die allgemeine Bedingung für die Meßrolle an: Ihre Achse muß lediglich parallel zum Fahrarm AB liegen.

Sein Artikel beschränkte sich im übrigen nicht auf das vorgestellte Instrument, sondern entwickelte eine Theorie, die auch für andere Planimeter gültig ist: Beim Polarplanimeter bewegt sich der Punkt B auf einer Kreislinie. Amsler formulierte seine Theorie so, daß B sich auf einer beliebigen Basiskurve⁹¹⁵⁾ bewegen kann.⁹¹⁶⁾

Amslers Arbeit enthält auch eine gründliche Fehleruntersuchung⁹¹⁷⁾, was aber bei Arbeiten über Planimeter nichts Ungewöhnliches ist - selbst Hermann hatte sich bereits zur Genauigkeit seines Unikates geäußert, er sprach von einem Fehler von 1/400.

Besonders hervorzuheben ist der Abschnitt 18 mit dem Titel »Der Integrator«, hier beschreibt er einige weitere Instrumente. Bemerkenswert daran ist aber vor allem die Ausweitung der Anwendungsmöglichkeit seiner integrierenden Instrumente.

»Diese Bezeichnung scheint mir für ein Instrument zu passen, welches die Werthe der Integrale

$$J = \int y dx, \quad S = \frac{1}{2} \int y^2 dx, \quad T = \frac{1}{3} \int y^3 dx$$

⁹¹⁴⁾Culmann [1864-66], Fig. 48, S. 52; Culmann [1875], Fig. 84, S. 129

⁹¹⁵⁾Später Leitkurve. Z.B. Willers [1951], S. 128

⁹¹⁶⁾Amsler [1856], S. 58-61

⁹¹⁷⁾Amsler [1856], S. 61-64

bezogen auf den Umfang einer beliebigen ebenen Figur und auf ein beliebiges Coordinatensystem, durch blosses Umfahren angeht. Der Integrator bestimmt also den Flächeninhalt, das statische Moment und das Trägheitsmoment einer ebenen Figur, letztere beiden auf eine beliebige gerichtete Axe bezogen. Die Berechnung der Sicherheit mancher Bau- und Maschinenconstructions verlangt die gleichzeitige Kenntniss der genannten drei Werthe für gewisse Querschnittsflächen.«⁹¹⁸⁾

Er wollte also nicht nur für die Steuerbehörden produzieren, sondern wandte sich an alle Ingenieure. Er dachte auch darüber nach, wie seine Integriermaschinen zur Auswertung meteorologischer Beobachtungsdaten genutzt werden könnten und beschrieb das Prinzip eines Harmonischen Analysators⁹¹⁹⁾.

Trotz unverkennbarer Vorteile setzte sich das Polarplanimeter nur langsam durch, ein Grund war die Undurchsichtigkeit seiner Wirkungsweise. Amslers Erklärung wurde offensichtlich nicht als einfach genug empfunden. Daher folgte eine ganze Reihe von Versuchen, dem Polarplanimeter durch eine leichtfaßliche Erklärung seiner Funktionsweise zu einer größeren Verbreitung zu verhelfen⁹²⁰⁾. Auch der Berliner Geodät und Astronom Carl Bremiker bemühte sich 1863 um eine anschaulichere Theorie des Amslerschen Polarplanimeters:⁹²¹⁾

»Die Leichtigkeit der Anwendung auf grosse und kleine Flächen, verbunden mit einer Schärfe der Resultate, welche von keinem andern Instrumente übertroffen wird, sichern nebst mässigem Preise⁹²²⁾ ihm überall da den Vorzug, wo viel Flächen zu berechnen sind und das Bedürfnis nach einem einfachen Verfahren recht fühlbar ist. Aber gerade in dem so höchst einfachen Verfahren, wodurch die Resultate auf eine überraschende, fast *mysteriöse* Art erlangt werden, haben Manche einen Grund gegen seine Anwendung gefunden, indem sie die Richtigkeit des Resultats entweder anzweifeln oder doch bei mangelnder Ueberzeugung ein gewisses Mißtrauen dagegen hegen, da *der Hergang nicht klar vor Augen liegt*. Diesem an sich vollkommen berechtigten Misstrauen, - denn ein Geodät will mit Ueberzeugung arbeiten und die bekannt gewordenen Erklärungen gewähren eine solche keineswegs, - entgegen zu treten, so wie der Behandlung des Instruments eine feste Grundlage zu geben, durch einen Blick in die geometrischen Beziehungen, welche zwischen seinen Theilen und den Figuren auf dem Papier stattfinden, ist der Zweck der vorliegenden Schrift.«⁹²³⁾

Die Theorie Bremikers lehnt sich an die des Koordinatenplanimeters an. Dort ging man von der Approximation einer krummlinigen Fläche durch eine Rechtecksumme aus. Bremiker nähert nun Flächen durch Kreisringausschnitte an.

⁹¹⁸⁾Amsler [1856], S. 101

⁹¹⁹⁾Amsler [1856], S. 123

⁹²⁰⁾Piccard u. Cuénoud [1861], Cherest 1863 zitiert in Cherest [1866], Hirn [1875], weitere Literaturhinweise zur Theorie des Polarplanimeters von Amsler in Frankreich in FdM 1883, S. 999, Alfred Amsler [1880], Stambach [1888]

⁹²¹⁾Möglicherweise besaß Culmann seine Broschüre, das Exemplar der ETH-Bibl. trägt aber keinen Besitzereintrag.

⁹²²⁾Ein Koordinatenplanimeter kostete etwa 400 Franken, ein Polarplanimeter 50 Franken. Amsler [1856], S. 139

⁹²³⁾Bremiker [1863], S. 1. Hervorhebungen BM

Beim Koordinatenplanimeter werden die Flächen auf die x-Achse bezogen, steht der Fahrstift auf der x-Achse, dann steht die Meßrolle auf dem Mittelpunkt der Scheibe und dreht sich daher nicht.

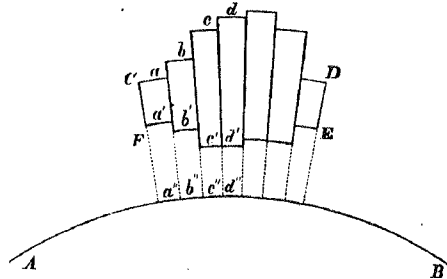


Abb. 114 Bremiker S. 15

Seine Herleitung erfolgt in drei Schritten:

- Weg der Meßrolle C bei Bewegung auf einem Kreis um den Pol O
- Grundkreis
- Kreissektoren, die durch Grundkreis begrenzt werden
- Beliebige Flächen.

Rollweg der Meßrolle bei Bewegung auf einem Kreis um den Pol O

In Abb. 115 werde der Punkt B um den Pol O um einen Winkel von φ Grad gedreht. Dabei wird die Achse der Meßrolle durch den Stab AB festgelegt. Bei dieser Bewegung wird die Rolle sowohl eine gleitende als auch eine rollende Bewegung ausführen. Um die Rollbewegung der Meßrolle zu bestimmen wird ein infinitesimales Bogenstück ds (hier als Tangente dargestellt) in seine rollenden (dl) und gleitenden (dg) Komponenten zerlegt.

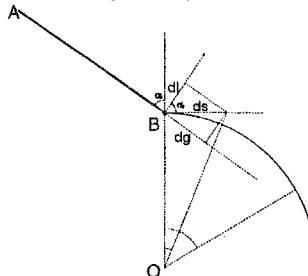


Abb. 115 Bremiker²²⁴⁾

Die Meßrolle wird zunächst in den Punkt B gelegt, später liegt sie auf der Verlängerung von AB. Die allgemeine Bedingung für die Lage der Meßrolle wird nicht erwähnt. Für den rollenden Anteil, erhält er dann sofort $dl = ds \cdot \cos \alpha$. Da sich B auf einer Kreisbahn bewegt, läßt sich l in diesem Fall sehr einfach berechnen: Kreisbogenlänge $\cdot \cos \alpha$.

Der Grundkreis

Da die Meßrolle sowohl gleitet als auch rollt, fragt sich, auf welcher Kurve muß A bewegt werden, damit die Meßrolle in C nur gleitet. Dies ist dann der Fall,

²²⁴⁾Bremiker [1863], S. 7, aber mit den Culmannschen Benennungen.

wenn die Meßrolle in Richtung ihrer Achse bewegt wird. Wie die folgende Abbildung zeigt, muß dazu die Achse AC senkrecht auf dem Radius OC stehen. AC muß also Tangente in C sein. A muß sich also auf einem Kreis bewegen, dessen Radius OA durch das rechtwinklige Dreieck OCA bestimmt wird.

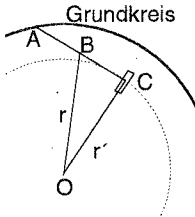


Abb. 116 Grundkreis

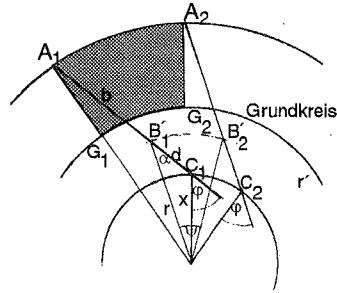


Abb. 117 Umfahren eines Kreisringausschnitts

Aus dem Dreieck OBA erhält man mit dem Cosinussatz

$$r'^2 = b^2 + r^2 + 2 bd.$$

Ein Vorgriff auf Culmann:

Culmann verwendet statt des Abstands Gelenk - Meßrolle, BC, mit der Länge d, eine Größe c, die durch $c = d + \frac{1}{2}b$ festgelegt ist.

Damit ergibt sich aus obiger Gleichung bei Culmann⁹²⁵⁾ für den Grundkreisradius r'

$$r'^2 = b^2 + r^2 + 2 bd = r^2 + 2 b (\frac{1}{2}b + d) = r^2 + 2 b c$$

Kreisringausschnitte, die durch den Grundkreis begrenzt werden

Beim Umfahren eines Kreisringausschnittes (Abb. 117) wird der Fahrstift A zunächst von G₁ nach A₁, dann über den Kreisbogen A₁A₂, auf den Grundkreis bei G₂ zurück und schließlich auf dem Grundkreis zu G₁, zurückbewegt. Auf dem Grundkreisbogen G₂G₁ dreht sich die Meßrolle nicht. Die Umdrehungen der Meßrolle von G₁ zu A₁ werden bei der Bewegung von A₂ nach G₂ wieder zurückgedreht. Insgesamt bleibt also nur die Rollbewegung auf dem Weg von A₁ nach A₂. Anschaulich ist klar, daß der rollende Anteil der Meßrolle umso größer wird, je weiter A vom Grundkreis entfernt ist und umso kleiner der Winkel α zwischen Meßradachse und Polarm OB ist. Tatsächlich läßt sich mit Hilfe des Cosinus-Satzes leicht nachrechnen, daß der Rollweg proportional zum Flächeninhalt des Kreisringausschnittes ist.

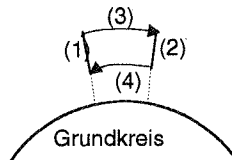


Abb. 118 Umfahren eines Kreisringausschnitts

Wegstück (3) in Abb. 118 liefert die Gesamtfläche. Bei Wegstück (4) bewegt

⁹²⁵⁾Culmann [1875], S. 130

sich das Meßrad rückwärts, d.h. die schraffierte Fläche wird subtrahiert.

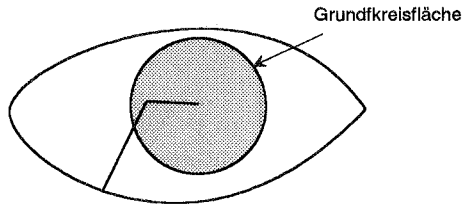


Abb. 119 Pol im Innern der Fläche

Man sieht hierbei auch (Abb. 119): liegt der Pol im Innern der Fläche, dann muß man den Inhalt der Grundkreisfläche hinzuaddieren.

Der Grenzübergang wird bei Bremiker wie bei Amsler u.a. nur angedeutet:

»Ist endlich der Flächeninhalt einer beliebigen von krummen oder geraden Grenzen eingeschlossenen Figur zu bestimmen, so ist das Verfahren wieder dasselbe. Man kann sich nämlich die ganze Figur in unendlich kleine solche Kreissektorstücke [...] zerlegt denken, wodurch die Eckpunkte der Fig 3. nahe an einander zu liegen kommen und in die krumme oder gerade Grenzlinie übergehen.«⁹²⁶⁾

Ziel dieser Herleitung ist es, die Wirkungsweise sinnlich vorstellbar zu machen. Die trigonometrischen Rechnungen sind für Geometer, an die sich die Arbeit wendet, kein Hindernis.

5.3.2.3 Culmanns erste Planimeter-Theorie

Bereits 1860 hatte Culmann in seinem Manuskript »Reissrechnen« eine Theorie des Polarplanimeters notiert, die mit Polarkoordinaten arbeitet:

»Aufgaben mit dem Planimeter
Theorie

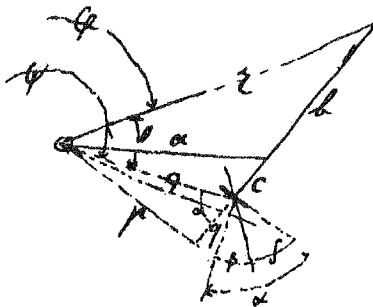


Abb. 120 Culmanns Skizze zur Rechnerischen Herleitung

⁹²⁶⁾Bremiker [1863], S. 15f

$$\text{Weg der Rolle } l = \int_0^{\varphi} \cos \delta \, ds$$

$$\begin{aligned} \cos \delta &= [\cos](\alpha - \beta) = \\ &= \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \\ &= \frac{q}{p} \cdot \frac{p \, d\psi}{ds} + \frac{p}{p} \cdot \frac{dp}{ds} \\ l &= \int (q \, d\psi + \frac{p}{q} \, dp) = \int (q \, d\varphi + q \, d\theta + \frac{p}{p} \, dp) \\ a^2 &= r^2 - 2b(q+c) - b^2 \\ q &= \frac{r^2 - a^2 - b^2 - 2bc}{2b} \end{aligned}$$

Setzt man den Werth von r der $q = 0$ macht und bei dem keine Umdrehung der Rolle stattfindet $= r_0^{927)} = a^2 + b^2 + 2bc$

$$\text{so sind } l = \int_0^{\varphi} \frac{r^2}{2b} \, d\varphi - \int_0^{\varphi} \frac{r_0^2}{2b} \, d\varphi + \int_r^{r_0} f(r) \, dr \quad {}^{928)}$$

Die letzte Funktion wird $= 0$, wenn der Stift zur gleichen Entfernung von 0 zurückkehrt, dann hat man also

$$\text{Inhalt } \frac{1}{2} \int r^2 \, d\varphi = l b + \frac{1}{2} r_0^2 \varphi.$$

Und der Weg l ist der schraffierten Fläche proportional $\ll {}^{929)}$

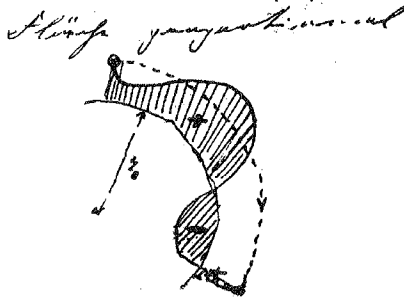


Abb. 121 Culmanns Skizze zum Vorzeichen der Flächeninhalte

Durch den Fahrstrahl wird die Fläche gemessen, die durch den Radiusvektor überstrichen wird, minus dem Grundkreissector zwischen Anfangsposition und Endposition des Radiusvektors.

5.3.2.4 Culmanns anschauliche Planimeter-Theorie

Diese Theorie des Polarplanimeters scheint ihn jedoch nicht befriedigt zu haben. Man kann nun sehr genau beobachten, wie Culmann in zwei Schritten eine anschaulichere Erklärung des Polarplanimeters zu entwickeln versucht. Dabei geht es Culmann nicht darum die Integralrechnung zu vermeiden, auch nicht darum, die Trigonometrie zu umgehen, sondern das Prinzip im wörtlichen Sinne vor Augen zu führen.

⁹²⁷⁾ Grundkreisradius

⁹²⁸⁾ Das letzte Integral besagt, daß $q \, d\theta$ und $p/p \, dp$ nur von r abhängig sind.

⁹²⁹⁾ Manuskript Reissrechnen S. [20]. ETH-Bib. 2997.7

Er beginnt damit, das zentrale Bauteil des Polarplanimeters, einen Stab AB, vorzuführen. Zunächst wird geklärt, welche Fläche bei einer Bewegung des Stabes »parallel zu sich selbst« überstrichen wird. (Abb. 122)

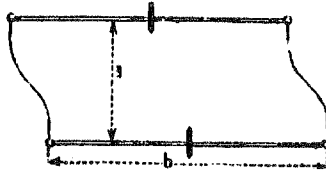


Abb. 122 Culmann 1. Auflage Fig. 35 u. 2. Aufl. Fig. 70⁹³⁰⁾

Dann zeigt er, welche Fläche überstrichen wird, wenn der Stab nicht parallel bleibt und welchen Weg die Rolle dabei zurücklegt.

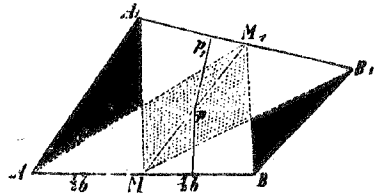


Abb. 123 Culmann 2. Aufl. Fig. 71⁹³¹⁾

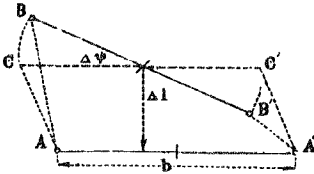


Abb. 124 Culmann 1. Auflage Fig. 36⁹³²⁾

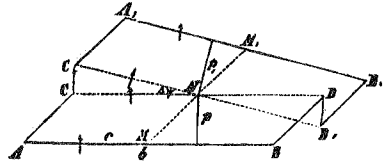


Abb. 125 Culmann 2. Aufl. Fig. 72⁹³³⁾

In der zweiten Auflage wurde zur elementaren Flächenberechnung ein Abschnitt mit der Fig. 71 (Abb. 123) eingefügt. Er ersetzt eine deutlich kompliziertere Rechnung mit Grenzübergang, die in eine Fußnote verbannt war.

Die Figuren 36 und 72 (Abb. 124 u. 125) basieren dann auf der Zerlegung der Bewegung in eine Verschiebung und eine Drehung, wie wir sie schon bei Amsler fanden und wie sie etwa auch noch Felix Klein in seiner *Elementarmathematik vom höheren Standpunkt* verwendet.⁹³⁴⁾

Ein wichtiger Unterschied zwischen den beiden Abbildungen: Die Rolle befindet sich in Fig. 72 nicht mehr in der Mitte des Stabes, sondern in einem Abstand c .

Bis hierher wurde in der zweiten Auflage kaum gerechnet. Hier ist nun noch

⁹³⁰⁾Culmann [1864-66], Fig. 35, S. 44, Culmann [1875], Fig. 70, S. 120. Eine ähnliche Abbildung befindet sich bereits bei Piccard u. Cuénoud [1861].

⁹³¹⁾Culmann [1875], Fig. 70 und 71, S. 120

⁹³²⁾Culmann [1864-66], Fig. 36, S. 44

⁹³³⁾Culmann [1875], Fig. 70 und 71, S. 120

⁹³⁴⁾Klein [1925], S. 12

der Nachweis eingeschoben, daß die Rolle nur *eine* Bedingung erfüllen muß: ihre Achse muß parallel zum Stab liegen. Hierbei tauchen erstmals trigonometrische Ausdrücke auf. Der Grundgedanke ist aber auch hier wieder ein mechanisches Gedankenexperiment:

»Zwei Rollen, die durch einen Rahmen, Fig. 73, so miteinander verbunden sind, daß sie sich in derselben Ebene bewegen müssen, legen den gleichen Weg zurück.«⁹³⁵⁾ (Abb. 126)

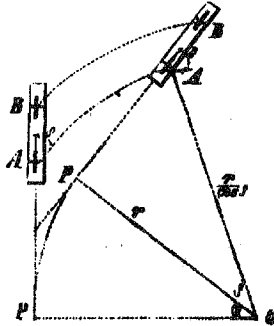


Abb. 126 Culmanns Gedankenexperiment zum Nachweis der Unabhängigkeit des Rollwegs von der Position der Rolle⁹³⁵⁾

In beiden Auflagen endet das Kapitel mit einer längeren Untersuchung über den Drehsinn der Rolle und die Vielfachheit der Flächenüberstreichungen. Die Stabenden werden dabei über z. T. verschlungene Kurven bewegt. Auf diese Weise bereitet Culmann das Prinzip des Polarplanimeters vor, denn aus seinen Überlegungen ergibt sich sofort, daß bei Abb. 127 der Rollweg der Flächendifferenz zwischen Herzkurve und Kreis entspricht.

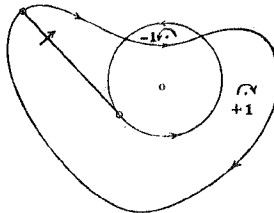


Abb. 127 Flächendifferenzen⁹³⁷⁾

Erst im folgenden Kapitel »Flächenmessung mittelst des Planimeters«⁹³⁸⁾ ist dann aber vom Polarplanimeter wirklich die Rede. Vorher stellt er allerdings noch eine Eigenkreation (Abb. 128) vor, von der nicht ganz klar ist, ob sie ernst gemeint⁹³⁹⁾ ist, oder ob sie nur dazu dient, die sinnliche Vorstellung vom Stab mit Meßrolle plastisch auszumalen:

⁹³⁵⁾ Culmann [1875], S. 122

⁹³⁶⁾ Culmann [1875], Fig 73, S. 122

⁹³⁷⁾ Culmann [1864-66], Fig. 45, S. 50; Culmann [1875], Fig. 81, S. 127

⁹³⁸⁾ Culmann [1864-66], Kap. 15, S. 50; Culmann [1875], Kap. 27, S. 127

⁹³⁹⁾ Fischer [1868] nimmt den Vorschlag ernst und führt es unter den möglichen Planimeter-Konstruktionen auf.

»In der einfachen bis jetzt betrachteten Form ist das Planimeter nicht angewandt worden, doch können wir uns wohl denken, dass ein solches Instrument gute Dienste leisten würde, sobald es in so grossen Dimensionen ausgeführt werden müsste, dass es von einer einzigen Person nicht mehr regiert werden könnte.«⁹⁴⁰⁾

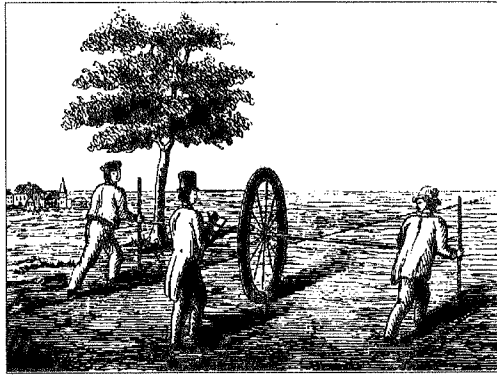


Abb. 128 Culmann-Planimeter⁹⁴¹⁾

Interessanterweise erwähnt Culmann in beiden Fassungen kein einziges Mal, daß die Meßrolle eine teils rollende, teils gleitende Bewegung ausführt. Bei seiner Herleitung ist dies auch nicht erforderlich. Allerdings muß er damit auch den Grundkreis umgehen, der ja durch den reinen Gleitfall definiert ist. Die Folge ist, daß in der Formel für das Polarplanimeter, $F = b l + r_r^2 \pi$, der Radius r_r , eben der Grundkreisradius, bei ihm keine anschauliche Bedeutung hat, sondern eine rein rechnerische Größe ist. In einer dritten Auflage hätte er möglicherweise nach einer anderen Lösung gesucht.

Man kann sich also darüber streiten, ob diese Herleitung tatsächlich so anschaulich ist, wie dies Culmann zweifellos vorschwebte, durchgesetzt hat sie sich jedenfalls nicht. Allerdings hat mit der wachsenden Verbreitung der Planimeter das Bedürfnis der Benutzer stark abgenommen, die Wirkungsweise des Instruments zu verstehen.

Genauigkeit

Nachdem das Polarplanimeter - möglicherweise auch durch die zahlreichen elementaren Erklärungsversuche - seinen mystischen Charakter etwas verloren hatte, verlagerte sich die Werbestrategie auf den Nachweis seiner hohen Genauigkeit:

»Weil, wir der Ueberzeugung sind, daß das Planimeter überall, wo man zahlreiche Flächenberechnungen auszuführen hat, Eingang finden muß, und weil wir wünschen, daß Jeder, der ein solches Instrument besitzt, in Stand gesetzt werde, sich von der Genauigkeit desselben zu überzeugen und es zu einem brauchbaren Instrument zu machen.«⁹⁴²⁾

⁹⁴⁰⁾Culmann [1864-66], S. 50

⁹⁴¹⁾Culmann [1864-66], Fig. 46, S. 50; Culmann [1875], Fig. 80, S. 128

⁹⁴²⁾Cherest [1866], S. 49, Junge [1866], Schell [1867], Lorber [1882], Tinter [1882], Lorber [1883].

5.3.3 Ausweitung der Anwendung des Planimeters

Amsler hatte schon 1856 auf das weite Anwendungsspektrum seiner Planimeter hingewiesen. Der Culmann-Schüler, der 1868 in der Zeitschrift des VDI für die *Graphische Statik* geworben hatte, wünschte sich, daß Culmann in der zweiten Auflage auch eine Theorie des Momentenplanimeters angebe.⁹⁴³⁾

Die Resonanz auf das Momentenplanimeter war nicht allzu groß, daher beschrieb Amsler 1875 auf 32 Seiten, wie man seinen Integrator zur »Berechnung des Auf- und Abtrages bei Anlagen von Eisenbahnen, Strassen und Kanälen« verwenden kann. Also gerade eine Aufgabe, mit der sich Culmann sowohl praktisch in seiner Zeit bei der bayerischen Eisenbahn als auch schriftstellerisch ausgiebig befaßt hatte.

Einen Hinweis auf Culmann enthält diese Arbeit nicht. Umgekehrt nahm Culmann auch Anteil an den anderen Instrumenten, die Amsler entwickelte. So präsentierte er am 7.12.1868 der *Naturforschenden Gesellschaft* in Zürich einen »Woltmann'schen Flügel«, den Prof. Amsler für die Messung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen bei großer Geschwindigkeit konstruiert hatte, und erläuterte seine Besonderheiten.⁹⁴⁴⁾

Trotz der zunehmenden Erfolge der Planimeter wurde die Beschreibung von neuen Anwendungsmöglichkeiten des Planimeters bis in die 1890er Jahre hinein mit der Klage eingeleitet, die Planimeter seien viel zu wenig verbreitet. So auch der Schiffsbaumeister Ludwig Benjamin:

»Die Anwendung des Planimeters auf die bei der Schiffskonstruktion vorkommenden Berechnungen ist viel geringer, als sie es zu sein verdiente.«

»Die Vorteile dieser planimetrischen Verfahren sind:

- 1) grössere Genauigkeit, als die Simpsonschen und andere Zahlenmethoden sie bieten können;[..]
- 2) Die Klarheit und Durchsichtigkeit der auszuführenden Arbeiten, die eine Kontrolle stets ungemein erleichtern;
- 3) geringerer Zeitaufwand, als die Berechnung mit irgendwelchen anderen Mitteln erfordern.«⁹⁴⁵⁾

⁹⁴³⁾Culmann-Schüler [1868], S. 439

⁹⁴⁴⁾Amsler versah diesen Strömungsmesser später mit einem elektrischen Zeichengeber. Amsler [1877]. Culmanns Schüler Harlacher beschäftigte sich als Prof. für Wasserbau in Prag später ebenfalls intensiv mit der Konstruktion solcher Geräte.

⁹⁴⁵⁾Benjamin [1895], S. 842. Der Schiffsbauingenieur E. Dietze antwortete in einem Leserbrief, ZVDI 39 [1895], S. 943f, daß er dieselbe Methode seit 1878 anwende.

6 Die Ausbreitung der graphischen Statik

»Gewiss wird die graphische Statik, d.h. die Lösung der statischen Aufgaben auf geometrischem Weg, immer mehr zur Geltung kommen, insbesondere wenn sie an den technischen Hochschulen gelehrt und, was wesentlich wichtig ist, in den Constructionssälen praktisch gehandhabt wird.«

Andreas Rudolf Harlacher⁹⁴⁶⁾

Culmann verfolgte mit der graphischen Statik zwei Ziele: Zum einen zielten die graphischen Verfahren auf die Ingenieurpraxis und sollten in den Ingenieurbüros verbreitet werden, zum andern lag Culmann sehr daran, daß die graphische Statik mit ihrer projektiven Grundlegung als wissenschaftliche Disziplin sowohl in ingenieurwissenschaftlichen als auch mathematischen Kreisen anerkannt und weiterentwickelt wurde. Um die Wirkungsgeschichte zu untersuchen, wäre also sowohl die Entwicklung der Methoden, die in den Konstruktionsbüros verwendet wurden, zu betrachten, als auch die Aufnahme der neuen Disziplin an den Technischen Hochschulen und Universitäten.

Für die deutschsprachigen Technischen Hochschulen und Universitäten habe ich an Hand von Vorlesungsverzeichnissen, Festschriften, Lehrbüchern und biographischen Lexika einigermaßen systematisch, aber nichtsdestotrotz lückenhaft die Präsenz der graphischen Statik untersucht. Für den nicht deutschsprachigen Bereich und für die Ingenieurpraxis beschränke ich mich darauf, die in der Literatur verstreuten Hinweise zusammenzufassen. Um ein genaueres Bild zu erhalten, müßte man die Akten von Firmenarchiven, vor allem aber die der Baubehörden sichten.

6.1 Die graphische Statik in den Ingenieurbüros

In England hatte der technische Zeichner Taylor unabhängig von allen Wissenschaftlern die reziproken Diagramme als hilfreich für die Fachwerkkonstruktion entdeckt. Außerdem waren einige Arbeiten von Rankine, Maxwell, Jenkin⁹⁴⁷⁾ und Bow⁹⁴⁸⁾ auf die Ingenieurpraxis ausgerichtet.

Sicherlich hatten auch in Frankreich die graphischen Methoden von Lamé, Clapeyron, Poncelet, Michot etc. Eingang in die Ingenieurbüros gefunden. Weyrauch berichtet, daß eine graphische Konstruktion von Druckkurven in Gewölben aus dem Jahre 1840 von Mery »von französischen Ingenieuren viel in der Praxis verwendet«⁹⁴⁹⁾ worden sei.

All dies hatte aber wenig zu tun mit der graphischen Statik im Culmannschen Sinne. Nach allen Bemerkungen, die sich bei Culmann und Ingenieurwissenschaftlern finden, war die Reaktion der praktischen Ingenieure auf die neuen Methoden eher verhalten. Culmann spricht in dem oben zitierten Brief an den

⁹⁴⁶⁾Harlacher [1870], S. 1

⁹⁴⁷⁾Jenkin [1869]

⁹⁴⁸⁾Bow [1873], Bow [1851]

⁹⁴⁹⁾Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 374

Anatom Wolff 1869 sogar von »den alten verrosteten Praktikern«⁹⁵⁰⁾. Dennoch berichtete ein Culmann-Schüler bereits 1868, daß »frühere Schüler der Anstalt [Zürcher Polytechnikum] die graphische Statik in der Praxis mit großem Erfolge anwenden«, und daß z. B. die Ingenieurpraktiker *Laisle* und *Schübler*, das Kraft- und Seileck-Verfahren intensiv nutzten.⁹⁵¹⁾

Die Culmann-Schüler waren sicherlich kein unwesentlicher Faktor für die Verbreitung graphischer Methoden in der Praxis. Das Ansehen des eidgenössischen Polytechnikums und vor allem der Ingenieurabteilung zog Studenten aus vielen Ländern nach Zürich, die nach Ende ihrer Studien die graphischen Methoden mit in ihre Heimatländer zurücknahmen. Der Anteil der ausländischen Studenten an der ETH war insgesamt schon sehr hoch, im Schuljahr 1878/79 betrug er zum Beispiel 46,8 %, noch deutlich höher lag der Ausländeranteil an der Ingenieurschule, er betrug im selben Jahr 63,3 %. Den Adressenverzeichnissen der *Gesellschaft ehemaliger Polytechniker* kann man entnehmen, daß die meisten Studenten in ihre Heimatländer zurückkehrten und dort im Eisenbahn-, Brücken- und Wasserbau oder bei staatlichen Stellen nicht selten einflußreiche Positionen einnahmen. Culmanns weltweites Ansehen in Fachkreisen und sein persönliche Anteilnahme am Schicksal seiner Schüler war sicherlich für viele Karrieren hilfreich. Ein herausragendes Beispiel war Maurice Koechlin, auf den ich gleich zurückkommen werde.

Jean Meyer nennt 1882 einige schweizerische und französische Ingenieurbüros und Straßenbaufirmen, in denen die graphische Statik durch Culmann-Schüler eingeführt wurde.⁹⁵²⁾

Allerdings läßt sich aus diesen mageren Belegen nicht auf die Geschwindigkeit schließen, mit der die graphische Statik im Baugewerbe aufgenommen wurde, noch auf die Breite ihrer Nutzung. Emil Winkler hielt z. B. die graphischen Methoden gerade im Genehmigungsverfahren für besonders hilfreich,⁹⁵³⁾ mußte sich aber von Weyrauch 1874 korrigieren lassen. Weyrauch berichtet, gestützt auf Schwedler, daß die Ingenieurbüros ihre statischen Berechnungen den preußischen Baubehörden fast ausschließlich in analytischer Form vorlegten.⁹⁵⁴⁾

Zu Beginn der 80er Jahre fiel die Beurteilung etwas anders aus, Tetmajer schreibt in seinem Nachruf für Culmann z. B. über die Aufnahme der Culmannschen Bogentheorie:

»Den Werth der Culmann'schen Bogentheorie charakterisiert trefflich die Thatsache, dass sie den Weg aus der Schule nach diversen Brückenbau-Anstalten der Schweiz, Deutschlands und Frankreichs gefunden und sich dort eingebürgert hat. Die grossartigen Bogenbrücken, welche seit 1876 in der Schweiz ausgeführt wurden, sind sämmtlich nach Culmann's Theorie berechnet und haben Brückenbau-Etablissements wie Holzmann

⁹⁵⁰⁾zitiert nach Wolff [1892], S. 147

⁹⁵¹⁾Culmann-Schüler [1868], S. 438. Laisle u. Schübler [1857], das Culmann in Culmann [1864-1866], S. 129 ein vortreffliches Werkchen nennt, ist noch ganz analytisch, die zweite Auflage Laisle u.

Schübler [1864] verwendet das von Culmann erweiterte Kräfte- und Seilpolygon-Verfahren.

⁹⁵²⁾Meyer [1882], S. 12 und 13

⁹⁵³⁾Winkler [1875], Vorwort zur 1. Auflage aus dem Jahre 1872, S. 1ff

⁹⁵⁴⁾Weyrauch [1874 Gr. Stat], S. 29f

& Benkieser in Frankreich, Eiffel in Paris u. A. eigene Kräfte zugezogen, um die Resultate der Culmann'schen Forschungen in ihren Constructi-
onsbureaux nutzbar zu machen.«⁹⁵⁵⁾

Im Laufe der 80er Jahre verbreiteten sich die graphischen Verfahren weiter in der Ingenieurpraxis, so daß 1889 das *Polytechnische Centralblatt*⁹⁵⁶⁾ berichten konnte, daß die graphische Berechnung bei staatlichen Bauten neben der analytischen in den meisten Ländern vorgeschrieben war.

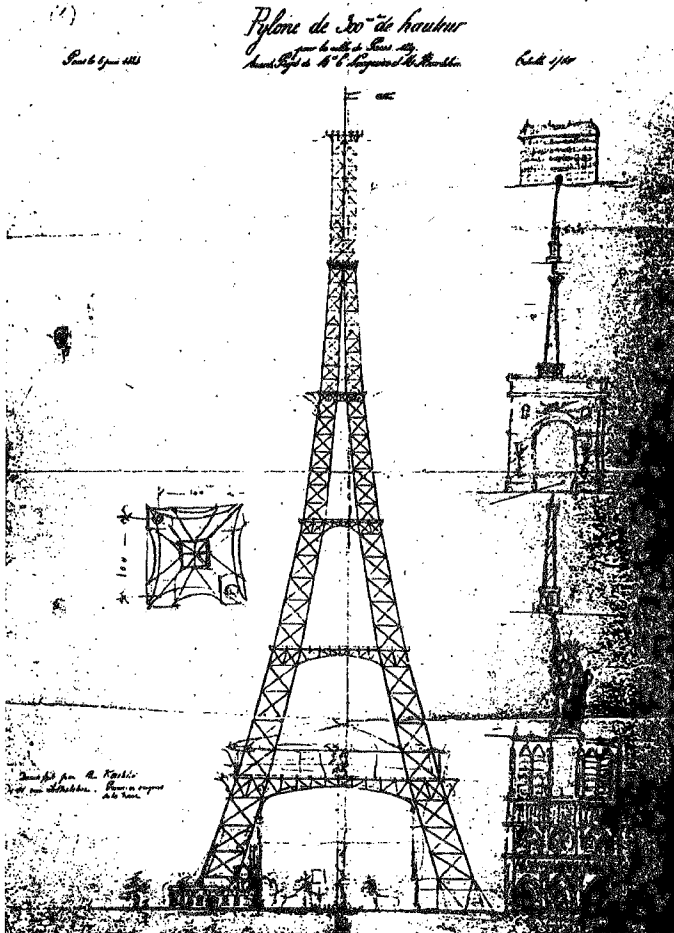


Abb. 129 »Pylone de 300 mètres de hauteur pour la ville de Paris.«⁹⁵⁷⁾

Das eindrucksvollste Zeugnis der graphischen Statik ist der Eiffel-Turm. Eiffels

⁹⁵⁵⁾Tetmajer [1882], S. 18

⁹⁵⁶⁾Polytechnisches Centralblatt 1889 1. c. S. 7, Zitiert in Wolff [1892], S. 20 Fußnote 1

⁹⁵⁷⁾Claus [1990], S. 17

Chefkonstrukteur, der die statischen Berechnungen für das Monument durchführte, war Maurice Koechlin. Koechlin stammte aus dem Elsaß, er studierte von 1873 bis 1877 an der Ingenieurabteilung des Polytechnikums in Zürich, also bei Culmann. 1877 bis 1879 arbeitete er bei der französischen Eisenbahngesellschaft *Chemin de Fer de l'Est*. 1879, im Alter von 23 Jahren, trat er auf Empfehlung Culmanns in Eiffels Firma in Levallois-Peret bei Paris ein, und zwar sofort als Oberingenieur.⁹⁵⁸⁾ Er blieb bis zu seinem Lebensende. 1900 wurde er *Administrateur-directeur*, später Verwaltungsratspräsident.⁹⁵⁹⁾

1884 wurden die ersten Entwürfe für die Bauten der Weltausstellung des Jahres 1889 in Paris diskutiert. Koechlin schlug als Blickfang einen 300 m - also ungefähr 1000 Fuß - hohen Eisenturm vor und arbeitete zusammen mit seinem Kollegen Nouguiet in seiner Freizeit einen ersten Entwurf aus.

Eiffel war zunächst von der Idee nicht sonderlich begeistert, freundete sich aber nach einer architektonischen Überarbeitung damit an und setzte den Turm dann mit all seinem politischen Geschick und seinen finanziellen Mitteln durch.

Koechlin legte mit seinem Entwurf zugleich eine statische Berechnung vor, unter dem Titel *Note de calcul et métré sommaire* bestimmte er mit den Methoden der graphischen Statik die Bemessung der einzelnen Bauteile. Abb. 130 zeigt die Berechnung der Windkräfte am 2. Stockwerk. Mit dem Seilpolygon wird die Lage der Resultierenden der Windkräfte bestimmt. Die resultierende Windkraft wird von den Ständern und einer Strebe aufgenommen. Die Abbildung zeigt die Zerlegung der Resultierenden in diese drei bekannten Richtungen: A und B sind die Ständerachsen, S die Strebe und C die zur Konstruktion nötige Culmann-Gerade. Das Kräftepolygon für die Windkräfte und das Kraftviereck für die Zerlegung fehlen in der Abbildung.

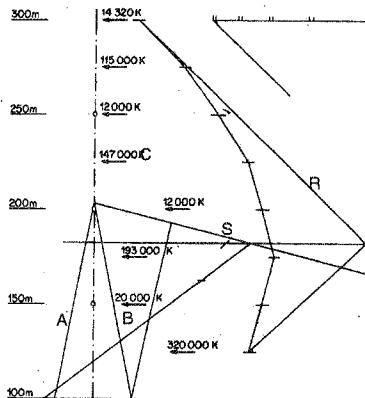


Abb. 130 Graphische Berechnung der Windkraft für den 2. Stock durch Koechlin⁹⁶⁰⁾

⁹⁵⁸⁾Pierre Dubas in Claus [1990], S. 27

⁹⁵⁹⁾Claus [1990], S. 16

⁹⁶⁰⁾Koechlinische Konstruktion aus *Note de calcul et métré sommaire*, 1884, nachgezeichnet durch

Koechlin hatte schon vor dem Eiffel-Turm den Viaduc de Garabit (1884) mittels graphischer Methoden berechnet, einen der bedeutendsten Fachwerkbogen des Jahrhunderts. In einem Artikel in der NZZ zum 100. Todestag von Culmann sah Tom Peters in diesen Projekten eine Werbung für die graphische Statik:

»Durch die detaillierten Veröffentlichungen Eiffels über diese international berühmten Bauwerke erhielt die graphische Statik eine immer grössere Verbreitung.«⁹⁶¹⁾

Auch durch sein Lehrbuch *Applications de la statique graphique* sorgte Koechlin für die Verbreitung der graphischen Statik in Frankreich; das Werk erschien 1889, im Jahr der Pariser Weltausstellung. Im Vorwort vergleicht er die graphischen und die analytischen Methoden und nennt - wie Culmann und Weyrauch - als Hauptvorteil der graphischen Statik, daß sie die statischen Verhältnisse vor Augen führt:

»Le principal avantage de la statique graphique sur les calculs analytiques, c'est, il nous semble, de mettre sous les yeux, beaucoup mieux que des formules, les lois de la répartition des efforts ou des moments fléchissants.«⁹⁶²⁾

Ebenso sieht er die mangelnde Genauigkeit nicht als Nachteil, weil die Hypothesen über die Belastbarkeit der Materialien sehr vage sind und lobt die Schnelligkeit der graphischen Konstruktionen.⁹⁶³⁾ Ansonsten nimmt er den üblichen Standpunkt ein, d. h. er behandelt die meisten Themen analytisch und graphisch, damit man das jeweils günstigere Verfahren verwenden kann. Sein Buch ist das Werk eines Praktikers, das sich an praktisch tätige Ingenieure wendet, das schreibt er nicht nur im Vorwort, sondern demonstriert es gleich im ersten Kapitel, »Charges des ponts et des charpentes métalliques«; er beginnt mit einem Zitat aus den ministeriellen Vorschriften für die Belastbarkeit von Eisenbahnbrücken, skizziert dann die Belastungen durch verschiedene Lokomotivtypen (ein Beispiel zeigt Abb. 131) und baut auf diesen Grundlagen seine Untersuchungen auf.

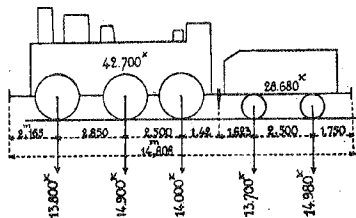


Abb. 131 Belastungen durch eine Lokomotive⁹⁶⁴⁾

Des weiteren behandelt er Balken, Hängebrücken, Gewölbetheorie und Stütz-

Dubas in Claus [1990], S. 34

⁹⁶¹⁾NZZ 9.12.1981, S. 64

⁹⁶²⁾Koechlin [1889], S. XI »Der Hauptvorteil der graphischen Statik gegenüber den analytischen Methoden ist, so scheint uns, daß sie die Gesetze der Lastverteilung und der Biegemomente vor Augen führt, sehr viel mehr als Formeln.«

⁹⁶³⁾Siehe Koechlin [1889], S. Xlf

⁹⁶⁴⁾Koechlin [1889], S. 5, Fig. 1

mauern⁹⁶⁵⁾, es gibt ein eigenes Kapitel über den elastischen Bogen, bei dem er sich ausdrücklich auf Wilhelm Ritter⁹⁶⁶⁾ bezieht. Außerdem gibt es natürlich ein Kapitel über »Piles métalliques«⁹⁶⁷⁾, metallische Pfeiler. Die folgende Abbildung zeigt eine Winddruck-Berechnung aus diesem Kapitel. Die projektive Geometrie wird man in diesem Werk vergeblich suchen.

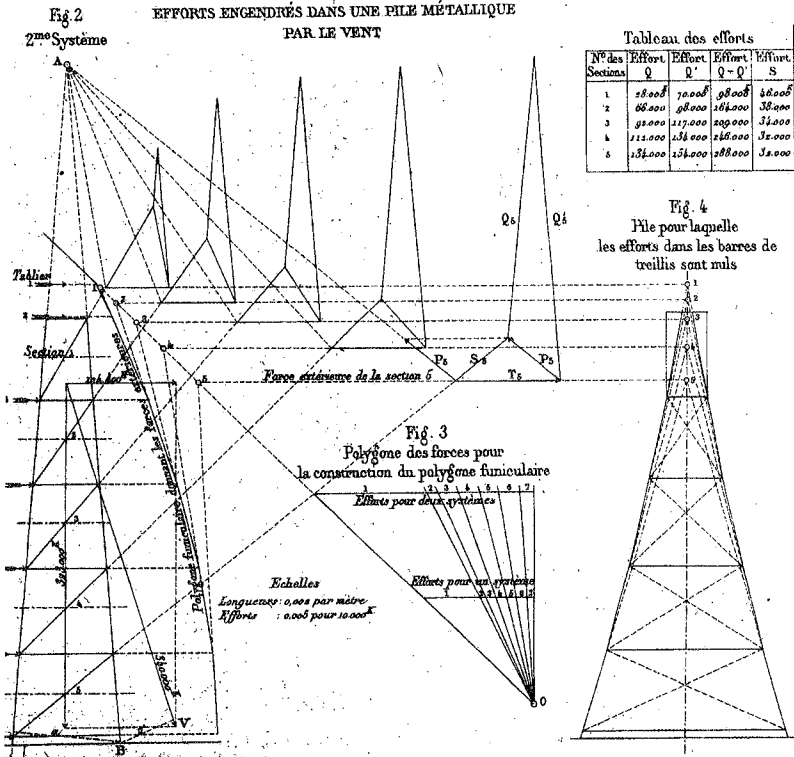


Abb. 132 Graphische Winddruckberechnung von Koechlin aus seinem Lehrbuch

»Applications de la statique graphique«⁹⁶⁸⁾

6.2 Graphische Statik an deutschsprachigen Technischen Hochschulen

Nach Auffassung von Culmann bilden das graphische Rechnen und die graphische Statik eine Basisdisziplin, die sich zur Grundlage aller graphischen Verfahren auswachsen soll. Alle graphischen Verfahren sollen dann unter einheitlichen projektiven Gesichtspunkten behandelt werden. Nach dieser Auffassung ist der einzig richtige Platz für diese Grundlagenwissenschaft die allge-

⁹⁶⁵⁾Siehe Koechlin [1889], S. XIII

⁹⁶⁶⁾Ritter [1886]

⁹⁶⁷⁾Koechlin [1889], Kap. 4, S. 181-198

⁹⁶⁸⁾Koechlin [1889], Taf. 11

meine Abteilung der technischen Hochschulen, an denen Mathematik und Naturwissenschaften und andere allgemeinbildende Fächer gelehrt wurden. Erfolgreich war die graphische Statik aber vor allem deshalb, weil sie der Bauwissenschaft ein effektives, kompaktes Bündel von Methoden bereitstellte, das gerade keine hohen theoretischen Anforderungen stellte. In diesem Sinne war die graphische Statik bald ein Teil der technischen Mechanik und der Statik der Baukonstruktionen. Es war zunächst sogar so, daß die graphische Statik ein Kernstück der technischen Mechanik war, wie zum Beispiel auch Sommerfeld in seiner Bestandsaufnahme der technischen Wissenschaften aus dem Jahre 1904 schreibt:

»In älterer Zeit dienten die mechanischen Theorien hauptsächlich den Zwecken des Bauingenieurwesens. Deshalb bildeten Statik und Graphostatik das Schwergewicht der technischen Mechanik.«⁹⁶⁹⁾

Sie trat um so mehr in den Hintergrund je deutlicher durch die experimentelle Forschung die Mängel ihrer Grundannahmen wurden.

Ich habe die Stellung der graphischen Statik für die deutschsprachigen Technischen Hochschulen von der TH Aachen bis zur ETH Zürich recht genau untersucht. Die Darstellung ist so umfänglich geraten, daß ich sie in den Anhang ausgelagert habe und mich hier auf eine kurze Zusammenfassung beschränke. Der betrachtete Zeitraum beginnt mit der Phase, in der die graphische Statik sich als eigenständige Disziplin zu etablieren begann, und endet mit der Zeit, in der das Stichwort graphische Statik aus den Vorlesungstiteln verschwand.

Meine Darstellung konzentriert sich auf die Fragen, ab welchem Jahr, in welchem Umfang, in welcher Abteilung und unter welchem Titel graphische Statik an den einzelnen Hochschulen gelehrt wurde, von wem (Mathematiker oder Ingenieur) und mit welchen Inhalten, insbesondere aber, ob im Culmannschen projektiven Sinne oder als »elementare« Disziplin.

Der untersuchte Zeitraum reicht mindestens bis zur Jahrhundertwende, bei den meisten Hochschulen aber darüber hinaus, aber nicht weiter als 1920. In einigen Fällen wird das Einmünden der graphischen Verfahren in die angewandte bzw. numerische Mathematik gezeigt. Die vollständige Untersuchung befindet sich im Anhang B.1 bis B.18.

Will man die Ergebnisse in wenigen Sätzen zusammenfassen, dann kann man feststellen:

Der Vorlesungstitel *Graphische Statik* erschien an den ersten Hochschulen kurz nach dem Erscheinen von Culmanns Buch. Innerhalb von zehn Jahren war die Vorlesung an allen Polytechnika und technischen Hochschulen im deutschsprachigen Raum etabliert. An den meisten Hochschulen wurde sie von Professoren der Ingenieurabteilung gelesen, an einigen von Professoren der allgemeinen Abteilung, meist Mathematikern. In Hannover wurde die graphische Statik von einem Professor der mechanischen Abteilung gehalten.

Immerhin acht Dozenten sahen die graphische Statik als Anwendungsfeld der projektiven Geometrie, die Mehrheit (zehn) sah die graphische Statik aber unter pragmatischen Gesichtspunkten, als ingenieurwissenschaftliches Hand-

⁹⁶⁹⁾Sommerfeld [1904], S. 157

werkzeug. (Siehe Tabelle)

Um die Jahrhundertwende verschwand die graphische Statik allmählich aus den Vorlesungstiteln, sie verlor ihre Selbständigkeit und wurde in die technische Mechanik und die Vorlesungen des Bauingenieurwesens integriert.

Während das graphische Rechnen Anfang des 20. Jahrhunderts wieder aufgenommen wurde und zwar mit dem numerischen Rechnen, das bezeichnenderweise »mechanisches Rechnen« hieß, und der Theorie der Recheninstrumente und -maschinen. Eine führende Rolle spielten dabei häufig die Geodäten und Astronomen.

Hochschule	seit wann	Namen	Proj. Geometrie in den Anfangsjahren	Abteilung	Verbindung zu Culmann
Zürich	1860	Culmann	ja	Ing.	
Dresden	1866	Fränkel	nein		
Stuttgart	1867	Mohr	nein	Ing.	Weyrauch
München	1868	Bauschinger	nein	Math. Wiss.	
Wien	1866/69 1874	Schlesinger Steiner	nein ja	Allg.	
Prag	1869	Winkler Harlacher	nein ja	Ing.	Harlacher
Aachen	1870	Reye	ja	Allg.	Reye
Hannover	1870 1879	Keck Kiepert	nein ja	Mech.	
Brünn	1871	Autenrieth	nein	Ing.	
Riga	1871	Ritter	ja	Ing.	Ritter, Besard
Darmstadt	1872	Sturm	ja	Allg.	
Karlsruhe	1873	Wiener	nein	Allg.	
Graz	1874	Stark	nein		
Braunschweig	1876	Körner	nein		(Dedekind)
Berlin	1877	Hauck Grossmann	ja	Allg.	Reuleaux

In der Anfangsphase hatte die graphische Statik eine starke Attraktivität auch auf Nachbargebiete, so gab es einige Versuche, ihre Methoden auf andere Disziplinen zu übertragen:

- graphische Dynamik durch Pröll, Pöschel und Wittenbauer,
- graphische Statik der Maschinengetriebe durch Herrmann
- und die graphische Ballistik durch Cranz.

Ansätze, die aber allesamt keine Resonanz fanden, und mit dem oder den Initiatoren ins Grab gingen.

6.3 Deutschsprachige Universitäten

An den deutschen Universitäten war die graphische Statik so gut wie überhaupt nicht vertreten. Hier hatte schon die darstellende Geometrie Schwierigkeiten, sich zu etablieren. Für die Lehrerausbildung wurde sie zwar an den Universitäten geduldet, lange wurde sie aber ohne eigene Lehrstühle nur von Gymnasialprofessoren oder Privatdozenten gelesen.

Eine kurzzeitige Änderung für die graphische Statik folgte der neuen preußischen Prüfungsordnung von 1903, in der die angewandte Mathematik als Prüfungsfach in der Lehrerausbildung eingeführt wurde. Zu den dort aufgezählten Gebieten der angewandten Mathematik gehörte auch die graphische Statik. Einige Jahre lang gab es daher vereinzelt Vorlesungen über graphische Statik an Universitäten. Im Anhang B.18 sind die Vorlesungen aufgelistet.

6.4 Französische Schweiz

Von der französischen Schweiz erwähne ich nur die Universität Lausanne, sie hatte eine technische Abteilung, *École d'Ingenieurs*, dort las Benjamin Mayor (1866 - 1936) mindestens seit 1894 zunächst als außerordentlicher Professor, später als ordentlicher *Professor für Mechanik und mathematische Physik* graphische Statik. Im Studienjahr 1899/1900 zum Beispiel umfaßte seine Vorlesung *Statique graphique* vier zweistündige Kurse, er behandelte die üblichen Themen der graphischen Statik, vom Kräfte- und Seilpolygon, über Fachwerke bis hin zum Durchlaufträger und zur Elastizitätsellipse, die projektive Geometrie zog er nicht heran. Mayor veröffentlichte auch etliche Arbeiten zur graphischen Statik, sein Hauptwerk ist die *Statique graphique des systèmes de l'espace*. Sein Nachfolger M. Paschoud führte die Vorlesung *Statique graphique* als viersemestrigen Kurs weiter, er verschob aber das Gewicht hin zur Elastizitätstheorie und behandelte z. B. auch die Nebenspannungen in Fachwerkkonstruktionen.

6.5 Italien

Italien war für die Culmannsche graphische Statik zweifellos am fruchtbarsten, hier wurde die Verbindung von projektiver Geometrie und graphischen Verfahren nicht nur übernommen, sondern von Cremona gewaltig ausgebaut. Die einzigen Lehrbücher, in denen die graphische Statik in Verbindung mit der projektiven Geometrie dargestellt wurde, stammen von Culmann⁹⁷⁰⁾ oder sie wurden von Italienern verfaßt.⁹⁷¹⁾ Außerdem gab es eine ganze Reihe italienischer Mathematiker, die sich im Culmannschen Sinne mit der graphischen Statik befaßten. Einen Eindruck davon erhält man an Hand der Sonderdrucke, die sie Culmann zugeschickt hatten, und die nach Culmanns Tod an die ETH-Bibliothek gingen. Alle folgenden Wissenschaftler haben also vor Culmanns Tod im Jahre 1881 veröffentlicht. Neben Cremona und Favaro sind dies Carlo

⁹⁷⁰⁾Die Anwendungsbände zu seiner zweiten Auflage der graphischen Statik stammen zwar im Wesentlichen von Ritter, führen aber Culmann im Titel, außerdem ist hier die projektive Geometrie schon stark abgeschwächt.

⁹⁷¹⁾Favaro [1873 Lezioni], Favaro [1877 Lezioni], Favaro. Terrier [1885], Saviotti [1888], Jung [1889-90]

Saviotti (Professor an der Universität Palermo), Celeste Clericetti (Professor an der TH Mailand), Gustavo Colonnetti (Professor für Ingenieurwissenschaften in Turin), Guisepppe Jung (1874 - 1926 Professor für graphische Statik an der TH Mailand), Michele Gebbia, Camillo Guidi (Assistent in Rom), Cesare Modigliano (Assistent für graphische Statik an der Universität Padua), Gaetano Crugnola (Culmann-Schüler).

Betrachtet man allerdings, an welchen Hochschulen und Universitäten graphische Statik gelehrt wurde, so verläuft die Entwicklung in Italien sehr zögerlich im Vergleich zum deutschsprachigen Raum.

1873 nennt Favaro nur zwei Hochschulen, an denen graphische Statik gelehrt wird. Cremona war seit 1866/67 Professor an der TH Mailand, er las aber nach Auskunft von Favaro erst seit 1870 graphische Statik.⁹⁷²⁾ Favaro selbst lehrte seit 1871 an der Universität Padua⁹⁷³⁾ graphische Statik. Cremona wechselte 1871 an die TH Rom und führte dort die *graphische Statik* ein, in Mailand führte Guisepppe Jung die Vorlesung weiter. Jung hielt in den 80er Jahren eine Vorlesung *Statica grafica*, WS 3 + 4, SS 3 + 8. Clericetti nutzte in seinen Vorlesungen über Brücken-, Erd- und Wasserbau ebenfalls graphische Methoden.⁹⁷⁴⁾ Bis zum Jahre 1882 sind dann Turin, Neapel, Bologna, Pisa, Pavia und Palermo hinzugekommen.⁹⁷⁵⁾ Quantitativ hatte sich die graphische Statik also im deutschsprachigen Raum stärker verbreitet, in Italien wurde sie aber im Geiste Culmanns gepflegt.

Die Lehrbücher von Cremona und Favaro⁹⁷⁶⁾ behandeln das graphische Rechnen und die graphische Statik mit den Begriffen der projektiven Geometrie. Ohrtmann weist in einer Besprechung einer Arbeit von Jung über die graphische Momentenbestimmung darauf hin, daß Jung die Geometrie der Lage als Grundlage heranzieht und fährt dann fort:

»Diese wenigen Andeutungen werden zeigen, dass das in dieser Note Auseinandergesetzte weniger zur wirklichen Lösung von Problemen der Praxis dient, als um die Gesetze zu finden, nach denen sich die Widerstandsmomente und der größte Widerstand einer gegebenen Figur ändern, wenn man die neutrale Axe ξ im Schwerpunkt verändert.«⁹⁷⁷⁾

Diese Angaben über die Aufnahme, Verbreitung und Weiterentwicklung der graphischen Statik in Italien sind sehr unvollständig. Bei dem lebhaften Interesse, das in den letzten Jahren an der Geschichte der graphischen Statik erwacht ist, kann man mit einer baldigen Vervollständigung des Bildes rechnen.

6.6 Frankreich

Obwohl die entscheidenden Anregungen für Culmann aus Frankreich kamen, vollzog sich die Aufnahme der graphischen Statik in Frankreich nur schleppend. Im Vorwort zur zweiten Auflage der *Graphischen Statik* schreibt Cul-

⁹⁷²⁾Favaro [1879], S. XXXII. Dies wird durch das Vorlesungsverzeichnis der TH Mailand von 1868-69 bestätigt. Dort taucht die graphische Statik nicht auf.

⁹⁷³⁾Favaro [1873 Grafica], S. 2.

⁹⁷⁴⁾Programme TH Mailand 1880/81, 1883/84

⁹⁷⁵⁾Favaro [1882], S. 16

⁹⁷⁶⁾Siehe Abschnitt 3.12

⁹⁷⁷⁾FdM 8 (1876), S. 570

mann 1875:

»In den französischen Schulen wird die graphische Statik noch nirgends gelehrt, die schwerfälligen conseils d'études lassen in Frankreich nur langsam Neues aufkommen.«⁹⁷⁸⁾

In den *Annales des ponts et chaussées* des Jahres 1868 befindet sich eine Besprechung von Culmanns *Graphischer Statik*⁹⁷⁹⁾: die Weiterführung von Ansätzen französischer Wissenschaftler wird lobend erwähnt, und der Rezensent wünscht, daß die neuen Methoden im Unterricht an den Hochschulen und in der Ingenieurpraxis einen größeren Raum einnehmen als bisher.⁹⁸⁰⁾

Das erste Buch über graphische Statik in französischer Sprache stammt - wie könnte es anders sein - von Franz Reuleaux. 1873 wurde die dritte Auflage seines Buchs *Der Konstrukteur* von zwei Absolventen der École Polytechnique, A. Debize und E. Merijot ins Französische übersetzt und damit auch die 74 Seiten »Hilfslehren aus der Graphostatik« im zweiten Abschnitt. Offensichtlich hatten sich die Culmannschen Ideen seit 1868 nicht nennenswert verbreiten können, denn die Übersetzer wiederholen die Hoffnungen der Rezension:

»Les avantages incontestables qu'elle présente, dans la plupart des cas, sur toutes les méthodes, nous permettent d'espérer qu'elle ne sera pas moins bien accueillie en France.«⁹⁸¹⁾

Das erste französische Buch mit der graphischen Statik im Titel stammte von Maurice Lévy. Lévy absolvierte die École Polytechnique und die École des Ponts et Chaussées, er war sowohl als Ingenieur für Brücken und Straßenbau im Staatsdienst, als auch als Repetitor und später als Professor an verschiedenen Hochschulen tätig. 1885 wurde er *Professor für analytische und Himmels-Mechanik am Collège de France* und im gleichen Jahr Generalinspekteur für Brücken und Straßen.⁹⁸²⁾

Lévy bemüht sich in einer historischen Einleitung den Glauben an den deutschen Ursprung der graphischen Statik zu erschüttern, indem er die Rolle französischer und englischer Wissenschaftler betont.⁹⁸³⁾ Das hindert ihn allerdings nicht daran die Werke von Culmann über Bauschinger und Winkler bis hin zu Harlacher und Mohr lobend zu erwähnen. Er befaßt sich in einem ersten Teil nach einem kurzen Abschnitt über graphisches Rechnen ausgiebig und rein geometrisch mit reziproken Figuren, wie sie von Rankine, Maxwell und Cremona behandelt wurden. Der zweite Teil befaßt sich mit den Prinzipien der graphischen Statik und der dritte mit Anwendungen, wobei Fachwerke im Mittelpunkt stehen. Im vierten Teil geht es um räumliche Kräftesysteme, zu deren Untersuchung er reziproke Polyeder verwendet. Das Buch enthält auch viele analytische Herleitungen, aber das gilt auch für Culmanns Bücher. In Deutschland findet das Werk keine begeisterte Aufnahme, insgesamt wird die

⁹⁷⁸⁾Culmann [1875], S. IX

⁹⁷⁹⁾Annales des ponts et chaussées 3 (1868), S. 224

⁹⁸⁰⁾Favaro [1873 Grafica], S. 2f

⁹⁸¹⁾Vorwort in Reuleaux [1873]. Zitiert nach Favaro [1873 Grafica], S. 3 »Die unbestrittenen Vorteile, die sie [die graphischen Verfahren] in den meisten Fällen und bei all diesen Methoden bieten, erlauben zu hoffen, daß sie in Frankreich nicht weniger willkommen sind.«

⁹⁸²⁾DSB Bd. 8, S. 287

⁹⁸³⁾Lévy [1874], S. X

Substanz nicht sehr hoch eingeschätzt. Culmann schreibt im Vorwort zur 2. Auflage der *Graphischen Statik*, daß sich seit Poncelet die graphischen Konstruktionen in Frankreich nicht weiter entwickelt haben, bis zu Lévy's Werk und fährt dann fort:

»In diesem Buche ist die für constante Belastung sehr zweckmäßige Methode *Cremona's* weiter ausgeführt, die ungünstigsten Belastungsarten der Constructionen sind aber nirgends ermittelt und berücksichtigt, und sehr bald wird zur Analysis übergegangen.«⁹⁸⁴⁾

Rudolf Sturm gibt in seiner Besprechung eine ausführliche Inhaltsangabe und hält sich mit einer Beurteilung zurück, weist aber auf verschiedene fehlerhafte Beweise hin⁹⁸⁵⁾. Otto Mohr lobt die positiven Seiten des Buchs, die er »in der klaren, eleganten und streng wissenschaftlichen Darstellung des Gegenstandes« sieht, »Vorzüge, welche das Buch in hervorragender Weise zum Selbststudium geeignet machen.«⁹⁸⁶⁾ Zuvor hatte er aber betont,

»dass dieses erste französische Werk über graphische Statik nichts Neues enthält, dass es an Reichhaltigkeit des Inhalts auch nicht entfernt mit dem grundlegenden Werk von *Culmann* sich messen kann« und dass die elementare, wissenschaftliche Einführung von *Bauschinger* zumindest ebensogut ist.⁹⁸⁷⁾

Außerdem amüsierte er sich über Lévy's historische Einleitung. Er sieht sie als Versuch »den deutschen Ursprung der graphischen Statik in ihrer heutigen Gestalt zu verwischen, um die bekannten Empfindlichkeiten seiner Landsleute zu schonen.«⁹⁸⁸⁾

Zu dieser Zeit wurde vermutlich, wie auch Culmann behauptete, an den französischen Hochschulen keine graphische Statik gelehrt. Lévy merkt bedauernd an, daß diese neue Disziplin überall im Ausland gelehrt wird, aber in Frankreich wenig verbreitet ist.⁹⁸⁹⁾

Die nächste französische Veröffentlichung zur graphischen Statik war im Jahre 1877 ein 20-seitiges Referat von Collignon über Favaros Vorlesungen zur graphischen Statik, 1880 folgte die Übersetzung von Culmanns erstem Band der zweiten Auflage.

1882 erschien ein weiteres Lehrbuch zur graphischen Statik in französischer Sprache, allerdings war der Autor, Maurice Maurer⁹⁹⁰⁾, kein Franzose, sondern Professor in Budapest.

1885 wurde der Teil über das graphische Rechnen aus Favaros *Lezioni di statica grafica* von Terrier ins Französische übertragen⁹⁹¹⁾, der dritte Teil mit der graphischen Statik wurde nicht übersetzt.

1886 kamen mehrere Bücher über graphische Statik heraus, dazu gehörte auch die Übersetzung von Müller-Breslaus *Elemente der graphischen Statik*. Außerdem erschien von A. E. Hausser *Statique graphique appliquée. Tome I.*

⁹⁸⁴⁾Culmann [1875], S. VII

⁹⁸⁵⁾FdM 6 (1874), S. 543-546

⁹⁸⁶⁾Civilingénieur 21 (1875), S. 236

⁹⁸⁷⁾Civilingénieur 21 (1875), S. 236

⁹⁸⁸⁾Civilingénieur 21 (1875), S. 236

⁹⁸⁹⁾Lévy [1874], S. XVI

⁹⁹⁰⁾eigentlich Mór Maurer

⁹⁹¹⁾Siehe Abschnitt 4.1

Traité élémentaire résistance des matériaux. Die dreibändige zweite Auflage von Lévy's Buch begann ebenfalls 1886 zu erscheinen, der dritte Band folgte aber erst 1907. 1889 kam dann schließlich das bereits besprochene Koechlin-Buch. Ob Koechlin über graphische Statik vorgetragen hat, weiß ich nicht und läßt sich auch dem Vorwort seines Lehrbuchs nicht entnehmen. Im selben Jahr erschien von Eugène Rouché ein weiteres Lehrbuch, *Éléments de statique graphique*. Wann die graphische Statik in die Lehrpläne der Hochschulen eindrang, ist mir nicht bekannt. Spätestens Anfang des 20. Jahrhunderts - sicherlich aber schon früher - haben die Themen der graphischen Statik einen festen Platz in den Vorlesungen über angewandte Mechanik. Beispielsweise werden in der ausführlichen Inhaltsangabe für den *Cours de mécanique appliqué* an der *École nationale des ponts et chaussées* des Jahres 1908 unter der Überschrift »Polygones des forces et polygones funiculaires«⁹⁹²⁾ graphische Methoden aufgeführt, interessanterweise wird der Zusammenhang zur graphischen Integration deutlicher als in deutschen oder italienischen Lehrbüchern hervorgehoben.

6.7 Großbritannien

England hat mit dem technischen Zeichner Taylor, den Ingenieurwissenschaftlern William John Macquorn Rankine, Fleeming Jenkin und Robert Bow und dem Physiker und Mathematiker Clerk Maxwell, in den 1860er Jahren erheblichen Anteil an der Frühgeschichte der graphischen Statik. Der bisher nicht erwähnte Robert Bow (1827 - 1907) befaßte sich bereits 1851 mit der Statik von Fachwerken.⁹⁹³⁾ Er betrachtete 44 Fachwerktypen, die er in vier Klassen einteilte. Darunter ist auch ein Linsenträger (siehe Pauli und Laves, Abschnitt 1.7.2), diese Form hält er bei Gußeisen-Trägern für optimal.



Abb. 133 Linsenträger von Bow⁹⁹⁴⁾

Außerdem leitete er mit einem Superpositionsverfahren für einige Beispiele Formeln für die Spannungen her (siehe Abb. 134)

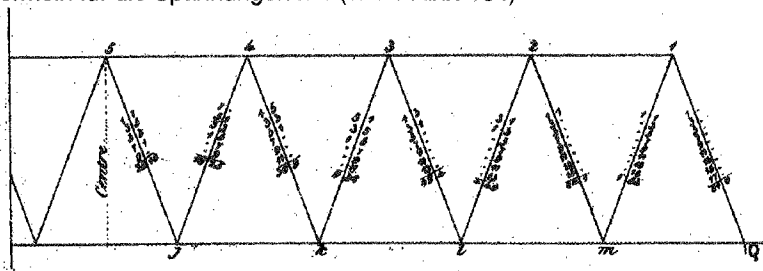


Abb. 134 Bows Berechnung der Spannungen in einem Träger⁹⁹⁵⁾

⁹⁹²⁾ Programmes de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris 1908

⁹⁹³⁾ Bow [1851]

⁹⁹⁴⁾ Bow [1851], S. 5, Taf. 1, Fig. 19

⁹⁹⁵⁾ Bow [1851], Taf. 2, Fig. 47

Sein Landsmann Francis W. Sheilds formulierte Bows Ergebnisse als ein Verfahren zur statischen Berechnung mit »Verhältnis-Zahlen«⁹⁹⁶⁾ (siehe Abb. 135), wobei N die Anzahl der Abteilungen des Trägers ist.

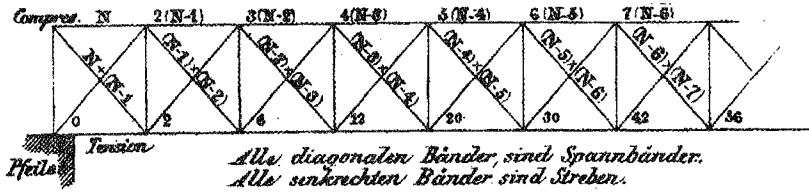


Abb. 135 Sheilds Verhältnis-Zahlen-Methode⁹⁹⁷⁾

1873 benutzte Bow die reziproken Diagramme um die Fachwerke in 136 Typen zu klassifizieren, außerdem führte er eine suggestive Bezeichnungsweise für die reziproken Diagramme ein: er benannte die Kanten im Seilpolygon wie die zugehörigen Knoten im Kräftepolygon. Föppl benutzte diese Bezeichnungen und sprach von dem Verfahren von Bow.⁹⁹⁸⁾ Vermutlich wurden diese Diagramme auch in den Statikvorlesungen behandelt, die graphische Statik wurde aber nicht als wissenschaftliche Disziplin eingeführt. Culmann war in England wenig bekannt. Der erste öffentliche Vortrag über Culmanns Methoden in England fand möglicherweise 1871 statt. Damals trug Professor Crofton bei einer Sitzung der *London Mathematical Society* über Diagramme zur statischen Berechnung von Fachwerken vor. Bei dieser Gelegenheit berichtete Olaus Henrici, der erst 1865 von Deutschland nach England übergesiedelt war, über »l'excellente *Graphische Statik*« von Culmann, der ebensolche Diagramme entwickelt habe, und hob vor allem das weite Anwendungsgebiet der Culmannschen Methoden hervor.⁹⁹⁹⁾ In den *Proceedings of the London Mathematical Society* dieses Jahres veröffentlichte Henrici eine kurze Zusammenfassung von Culmanns *Graphischer Statik*¹⁰⁰⁰⁾. Im Dezember 1870¹⁰⁰¹⁾ präsentierte William Bell der *Institution of Civil Engineers*, London, »a method of constructing the curve of equilibrium for arch unequally loaded«. Bei einem weiteren Vortrag im November 1871 wandte er unter dem Titel *On The Stresses of rigid arches and other curved structures* diese Methode auf andere Tragwerke an, z. B. auf starre Bögen (siehe Abb. 136) und Durchlaufträger (siehe Abb. 137).

⁹⁹⁶⁾Sheilds [1861], S. 26

⁹⁹⁷⁾Sheilds [1861], Taf. 3, Fig. 21

⁹⁹⁸⁾Föppl [1900], S. 26ff

⁹⁹⁹⁾Nature 38 (1888), S. 4

¹⁰⁰⁰⁾Proceedings of the London Mathematical Society (1871), S. 320-322

¹⁰⁰¹⁾Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 31 (1870), S. 143-148

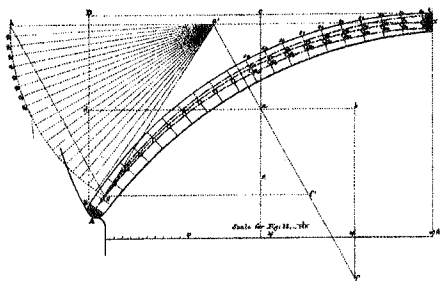


Abb. 136 Konstruktion von Bell
zum Tor der »Victoria Docks«¹⁰⁰²⁾

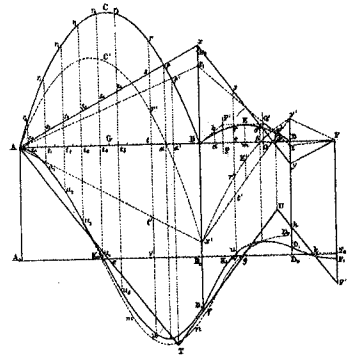


Abb. 137 Konstruktion von Bell
zum Durchlaufträger¹⁰⁰³⁾

Zu diesem Vortrag wurde eine umfangreiche Diskussion in den *Proceedings* abgedruckt.

Die Breitenwirkung solcher Untersuchungen war aber offensichtlich nicht sehr groß. 1880 schrieb Clarke:

»The study of Graphic Statics, as a subject sui generis, has made but little progress in England, though the great value of numerous Graphic methods has long been fully acknowledged. While in many of the great Engineering Schools of the Continent the subject is deemed worthy of a professional chair, in England it is left to be gleaned almost haphazard.«¹⁰⁰⁴⁾

Clarke legte selbst ein umfangreiches und sorgfältig ausgearbeitetes Werk vor. Aber eine wirklich wissenschaftliche Behandlung strebte auch er nicht an, so wird zum Beispiel die Polunabhängigkeit des Kräftecks mehr plausibel gemacht als bewiesen.¹⁰⁰⁵⁾

Sein Begriff der reziproken Figuren geht auf den von Maxwell zurück, Cremona wird nicht erwähnt.¹⁰⁰⁶⁾

1884 behandelte Robert Hudson Graham in *Graphic and analytic statics in theory and comparison* auf 30 Seiten auch Graphische Statik. Die Besprechung in *Nature* war ziemlich vernichtend, sie endete mit dem Satz:

»We trust a second edition may be called for, and that for the preparation of it the author may be induced to associate himself with someone having the necessary logical clearness and paedagogic skill to make it what it might easily be - an admirable text-book.«¹⁰⁰⁷⁾

Ein Jahr später, 1885, wurde die 3. Auflage des Ottschen Lehrbuchs von Clarke ins Englische übersetzt.¹⁰⁰⁸⁾ 1887 erschien tatsächlich eine zweite Auflage

¹⁰⁰²⁾Bell [1871], Taf. 3, Fig. 15

¹⁰⁰³⁾Bell [1872], Taf. 2, Fig. H

¹⁰⁰⁴⁾Clarke [1880], S. III

¹⁰⁰⁵⁾Clarke [1880], S. 15

¹⁰⁰⁶⁾Clarke [1880], S. 35

¹⁰⁰⁷⁾Nature 30 (1884), S. 384

¹⁰⁰⁸⁾Ott [1885]

von Grahams Buch, allerdings liegt mir weder das Buch noch eine Besprechung davon vor.

Auch durch Clarke und Graham wurden die Defizite in England in Sachen graphischer Statik nicht ausgeglichen. Als John Y. Gray und George Lowson 1888 ihr Buch *The Elements of Graphical Arithmetic and Graphical Statics* veröffentlichten, kommentierte Gibson im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*:

»ein gutes elementares Lehrbuch über einen Gegenstand, der im Englischen noch nicht weiter vertreten ist.«¹⁰⁰⁹⁾

In der Besprechung dieses Buchs in *Nature* wird die Situation etwas anders eingeschätzt, dort heißt es über Culmanns *Graphische Statik*:

»The work is now well known, and its methods are very generally employed by engineers, and are the subject of lectures in more than one of our Colleges.«¹⁰¹⁰⁾

Von Culmann-Arbeiten gibt es keine englische Übersetzungen, Cremonas grundlegende Arbeiten zur Reziprozität und zum graphischen Rechnen wurden 1890 ins Englische übersetzt.

1892-1893 erschienen drei umfangreiche Berichte über die Entwicklung der graphischen Methoden in den mechanischen Wissenschaften.¹⁰¹¹⁾ Der zweite Bericht befaßt sich mit graphischen Darstellungen und graphischem Rechnen und enthält ein 97-seitiges Verzeichnis mit Arbeiten in englischen Zeitschriften zu graphischen Methoden¹⁰¹²⁾. Der dritte Teil führt das graphische Rechnen des zweiten Teils weiter und enthält auch einige Beispiele aus der graphischen Statik. Es folgt eine Zusammenstellung der Probleme, für die graphische Verfahren veröffentlicht wurden, hier ist die graphische Statik stark vertreten. Besonders interessant für das Thema dieses Kapitels ist der letzte Abschnitt, »The Teaching of Graphical Methods«¹⁰¹³⁾, darin berichtet der Autor Hele Shaw über »the great divergence in the nature of the teaching of graphic methods in engineering colleges and schools throughout the world.«¹⁰¹⁴⁾

Shaw hatte sich über einige englische Diplomaten und einige Professoren, u. a. auch Cremona, über die graphische Statik in den verschiedenen Ländern informiert und einen umfangreichen Bericht mit zahlreichen Materialien wie Studienplänen und Kursunterlagen erstellt. Diese Unterlagen waren aber zu umfangreich, um gedruckt zu werden, schreibt Shaw, daher wurde ein Exemplar im Büro der *British Association* zur Einsicht hinterlegt. Im gedruckten Bericht beschränkt er sich auf eine knappe Zusammenfassung.¹⁰¹⁵⁾ Daraus geht hervor, daß in England auch 1893 kaum irgendwo eigenständige Vorlesungen über graphischen Statik gehalten wurden oder eigenständige Professuren zur graphischen Statik existierten. Dennoch wurden alle auf dem Kontinent ver-

¹⁰⁰⁹⁾FdM 19 (1887), S. 871, Gibson, Glasgow, und übersetzt und bearbeitet von Lampe

¹⁰¹⁰⁾Nature 38 (1888), S. 4

¹⁰¹¹⁾Den 1. Bericht konnte ich nicht bibliographisch nachweisen. Zum zweiten Bericht, Shaw [1892], findet sich eine Besprechung in FdM 24 (1892), S. 830f. 3. Bericht: Shaw [1893].

¹⁰¹²⁾FdM 24 (1892), S. 831

¹⁰¹³⁾Shaw [1893], S. 608-613

¹⁰¹⁴⁾Shaw [1893], S. 608

¹⁰¹⁵⁾Immerhin nannte er einige Länder, über die er Informationen zum Unterricht in graphischer Statik hatte. Siehe Kapitel 6.9 und 6.10

breiteten Anwendungen graphischer Methoden auch in England an den Universitäten und Colleges behandelt, nämlich im Rahmen der ingenieurwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen.¹⁰¹⁶⁾ Shaw erklärte sich die fehlende institutionelle Präsenz der graphischen Statik nicht mit mangelndem Verständnis für die graphischen Methoden in England, zumal die graphischen Verfahren von englischen Ingenieuren und Wissenschaftlern mitentwickelt wurden. Er sieht die Ursache in der unterschiedlichen Struktur der höheren technischen Bildung: in England wurden den Universitäten ein oder zwei ingenieurwissenschaftliche Lehrstühle hinzugefügt, während auf dem Kontinent eigenständige technische Hochschulen gegründet wurden, an denen es für die verschiedenen verwandten Disziplinen eigene Professoren gab.¹⁰¹⁷⁾

Dennoch plädiert Shaw für die Culmannsche Idee eines graphischen Grundlagenfachs, das sich außerhalb Italiens nicht so recht durchsetzen konnte:

»That in all engineering schools a separate course in graphical methods of construction may with advantage be introduced which shall deal with such problems as have practical bearing on mechanical science, and which do not involve applications of any concrete subjects, such as statics and dynamics, but which may familiarize the student, by means of examples accurately worked out by himself, with methods which he will be able to afterwards apply.«¹⁰¹⁸⁾

Er hält dafür zwar keine systematische Einführung in die projektive Geometrie für nötig, aber immerhin Teile davon, wie Nullsysteme, Reziprozität, Pol etc.¹⁰¹⁹⁾

1897 veröffentlichte William J. Dobbs ein Lehrbuch der graphischen Statik für Colleges unter dem Titel *Elementary Geometrical Statics. An Introduction of graphic statics*, 1901 erschien eine zweite Auflage. Auch Dobbs stellt zunächst fest, daß die Graphische Statik »has been much neglected in this country«¹⁰²⁰⁾, und auch er bemängelt, es kein elementares Lehrbuch der graphischen Statik in englischer Sprache gebe. Er will diese Lücke schließen und dazu die graphische Statik aus elementargeometrischen Gesichtspunkten entwickeln, um so die Grundlagen zu vermitteln, die zum Verständnis von Clarkes und L. M. Hoskins Büchern¹⁰²¹⁾ nötig sind. Dobbs verwendet keine projektive Geometrie und behandelt nur wenige einfache Anwendungen, zumeist aus der Fachwerktheorie, die Elastizitätstheorie kommt überhaupt nicht vor.

Unverkennbar haben sich die graphischen Methoden in ihrer vollen Breite nur sehr schleppend in England verbreitet.

6.8 Amerika

Über die Aufnahme und Verbreitung der graphischen Methoden in Amerika besitze ich noch weniger Quellen als über England.

¹⁰¹⁶⁾Shaw [1893], S. 613

¹⁰¹⁷⁾Das ist genau das Gegenteil von Culmanns Auffassung im Vorwort der zweiten Auflage der graphischen Statik, daß wegen der Bindung an die Universität die graphische Statik sich besonders gut bei Cremona in Rom entwickeln konnte.

¹⁰¹⁸⁾Shaw [1893], S. 612

¹⁰¹⁹⁾Shaw [1893], S. 611

¹⁰²⁰⁾Dobbs [1897], S. III

¹⁰²¹⁾Clarke [1880], Hoskins [1892]

Friedrich Steiner aus Wien berichtete nach seinem Besuch der Weltausstellung des Jahres 1876 in Philadelphia:

»Die in Amerika zur Anwendung kommenden Systeme zeichnen sich im Allgemeinen durch grosse Einfachheit aus und werden im Wesentlichen von dem Principe geleitet, die Anordnung der Theile so zu treffen, dass eine rein statische Berechnung derselben vorgenommen werden kann. Dieselbe wird meist ziffernmässig durchgeführt, doch ist in neuester Zeit vielfach das Streben vorhanden, sich der für eine rasche, übersichtliche Methoden zu bedienen. Die Literatur der letzten Jahre hat auf diesem Gebiete eine Reihe bemerkenswerther Publicationen zu verzeichnen, die von den Buchhändlern oder den Autoren zum Theile auch zur Ausstellung gebracht waren.«¹⁰²²⁾

Steiner nennt allerdings nur Charles Ezra Greene und Augustus Jay Du Bois. Greene hatte 1875 eine Broschüre über *Graphical method for the analysis of bridge trusses extended to continuous girders and draw spans* veröffentlicht. 1876 folgte ein Textbuch *Graphical analysis of roof trusses*, das bis zum Jahre 1888 fünfmal neu aufgelegt wurde, und das z. B. noch 1903 in der *Michigan Mining School* Grundlage der Vorlesung über graphische Statik war¹⁰²³⁾ und sicherlich nicht nur dort. 1879 faßte er diese beiden Teile mit einem allgemeinen Band über graphische Statik zu einem dreibändigen Werk *Graphics for engineers, architects, and builders* zusammen, das bis 1915 mindestens elfmal neu aufgelegt oder nachgedruckt wurde.¹⁰²⁴⁾ Allerdings kenne ich kein Werk über graphische Statik eines europäischen Autors, in dem Greene zitiert wird.

Augustus Jay Du Bois hat 1875 *Elements of Graphical Statics*¹⁰²⁵⁾ veröffentlicht. Er rechnete sich vor allem zur Ehre an, daß er als erster versuchte, die graphische Statik an amerikanischen Colleges und unter amerikanischen Ingenieuren zu verbreiten. Er prognostizierte, daß die graphischen Methoden innerhalb von zehn Jahren in Amerika allgemein anerkannt sein werden.¹⁰²⁶⁾ Er selbst tat alles Nötige dazu. Sein Buch erschien bereits 1883 in 4. Auflage. Wilhelm Keck hebt in seiner Besprechung ebenfalls hervor, daß die graphische Statik in Amerika wenig bekannt sei und lobt, daß Du Bois die wichtigsten Arbeiten der graphischen Statik den amerikanischen Ingenieuren zugänglich macht, er bemängelt aber, daß die einzelnen Abschnitte des Buches nur in losem Zusammenhang stehen.¹⁰²⁷⁾ Du Bois orientiert sich an Culmann, Bauschinger, Winkler, Ritter, Reuleaux und Weyrauch. Er benutzt zwar keine projektive Geometrie, fügt aber immerhin einen Anhang über »Modern Geometry«¹⁰²⁸⁾ an, in dem er - gestützt auf Reye - auf 21 Seiten den Nutzen der projektiven Geometrie erklärt. Als »Introduction«¹⁰²⁹⁾ dient ihm die Übersetzung

¹⁰²²⁾Steiner [1878], S. 25f

¹⁰²³⁾Year Book [1903]

¹⁰²⁴⁾NUC Bd. 216 S. 664f

¹⁰²⁵⁾Du Bois [1875]

¹⁰²⁶⁾Du Bois [1875], S. IV

¹⁰²⁷⁾Keck: Besprechung von Du Bois [1875] in: Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins Hannover 23 (1877), S. 169f

¹⁰²⁸⁾Du Bois [1875], S. 341-261

¹⁰²⁹⁾Du Bois [1875], S. XXV-LI

des kompletten Übersichtsartikel von Weyrauch über die graphische Statik aus dem Jahre 1874¹⁰³⁰). Keck pflegte immer sehr freundlich zu besprechen, der Rezensent (E. F.) der *Zeitschrift des Vereins der Deutschen Ingenieure* spricht aus, was man bei Keck zwischen den Zeilen lesen kann. Das Buch sei aus zahlreichen Zitaten zusammengesetzt, die nicht immer klar als solche erkennbar sind, und enthalte schlechte Kopien von Tafeln aus europäischen Büchern, die nicht an die amerikanischen Verhältnisse angepaßt sind.¹⁰³¹ Außerdem bemängelt der Rezensent:

»Complicirtere, in das Reich der Elasticitätslehre führende Berechnungen werden selten angestellt, es fehlt in dieser Hinsicht wohl manchen sonst ganz tüchtigen Brückenconstructeuren an der hierfür nöthigen Vorbildung, ein Umstand der zum Theile in der Einrichtung der technischen Lehranstalten seine Erklärung findet.«¹⁰³²

Dennoch empfiehlt er das Buch:

»Dem in Deutschland sachkundigen Leserkreis - und wir haben hier besonders die Herren Studirenden im Auge - kann das Werk wegen der Klarheit der Darstellung als eine nützliche englische Lecture [...] aufs Beste empfohlen werden; dem amerikanischen Studenten bietet es eine besondere Bequemlichkeit durch die gründliche Anleitung, welche der Herr Verfasser in der Vorrede bezüglich der zu wählenden Reihenfolge, bzw. der Anordnung des Stoffes giebt.«¹⁰³³

Du Bois hatte in den 1860er Jahren in Deutschland studiert und 1870 in New Haven promoviert, 1875 war er Professor für Ingenieurwissenschaften an der Universität Bethlehem, Pennsylvania, 1877 wurde er dann Professor am Yale College in New Haven. Sein Buch war als Textbuch¹⁰³⁴ für die höheren Semester in technischen Schulen und Colleges gedacht, man kann also annehmen, daß er Vorlesungen über graphische Statik gehalten, bzw. zumindest graphische Methoden in seinen Ingenieurkursen verwendet hat. Die Universitäten Bethlehem und New Haven waren sicherlich nicht die einzigen Universitäten, an denen graphische Methoden gelehrt wurden, ich habe aber keine Informationen über die Verbreitung. 1882 wurde zumindest noch an der Universität von Michigan und an der von Cincinnati¹⁰³⁵ graphische Statik gelehrt. In Cincinnati war Henry T. Eddy 1874 bis 1890 *Professor für reine und angewandte Mathematik*, dazu gehörten: Astronomie, Mathematik und Ingenieurwissenschaft. Eddy befaßte sich intensiv mit der graphischen Statik, bei der Versammlung der *American Association for the Advancement of Science* in Buffalo hielt er zwei Vorträge über graphische Verfahren, er veröffentlichte mehrere Artikel zur graphischen Statik. 1879 kam er zu Studienzwecken nach Berlin und veröffentlichte dann im folgenden Jahr auf Deutsch *Neue Konstruktionen aus der graphischen Statik*. Dabei handelte es sich nicht um ein Lehrbuch, sondern um die Lösung einzelner Aufgaben aus dem Bereich des elastischen Bogens, des Erddrucks und der Kuppel. Die Konstruktionen wurden jeweils

¹⁰³⁰)Weyrauch [1874 Gra. Stat.]

¹⁰³¹)ZVDI 21(1877), S. 190f

¹⁰³²)Steiner [1878], S. 26

¹⁰³³)Steiner [1878], S. 26

¹⁰³⁴)Du Bois [1875], S. I

¹⁰³⁵)Favaro [1882], S. 17

auf Grund analytischer Überlegungen entwickelt.

Eddy ließ auch nach seiner Rückkehr nach Amerika den Kontakt nach Deutschland nicht abreißen. Bei der mathematischen Ausstellung in München im Jahre 1892 anlässlich der Versammlung der *Deutschen Mathematiker-Vereinigung* wurden sieben seiner Arbeiten ausgestellt.¹⁰³⁶⁾

In dem oben erwähnten Bericht aus dem Jahre 1893 über den Unterricht in den graphischen Methoden erwähnt Hele Shaw, daß Professor Ira O. Baker von der Illinois University ihm für alle technische Institute und Colleges in Amerika die nötigen Informationen verschafft hat. Der Inhalt dieser Mitteilungen steht allerdings in der unveröffentlichten Langfassung des Berichts. Immerhin kann man vermuten, daß sich die graphische Statik, wenn auch schleichend doch allmählich in den Vereinigten Staaten von Amerika ausbreitete.¹⁰³⁷⁾ In der ETH-Bibliothek befinden sich einige Vorlesungsverzeichnisse der *Michigan Mining School*, ihnen kann man entnehmen, daß dort Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre von Professor Kidwell und Mr. Hoyt *Graphical Statics and Designing* angeboten wurde.¹⁰³⁸⁾ Im Studienjahr 1903/04 wurde *Graphical Statics* von Chamberlin, McRobbie und Shoemaker auf der Grundlage des oben erwähnten Textbuchs von Greene, *Graphical Analysis of Roof Trusses* gelesen.

Ritter erklärt in seinem Bericht über *Das technische Unterrichtswesen der Vereinigten Staaten Amerikas* die zögernde Aufnahme neuer Theorien auch mit Mentalitätsargumenten und entwirft dabei ein eigentümliches Psychogramm des deutschen Technikers:

»Daneben dürfen wir nicht übersehen, wieviel von den grossartigen Schöpfungen der Amerikaner auf Rechnung der Deutschen kommt. Bei unzähligen Werken haben deutsche Techniker thatkräftig mitgewirkt, und manche dieser Werke sind geradezu deutschem Wissen, deutscher Gründlichkeit zu verdanken. Die tiefer gehende, allgemeinere Schulbildung des Deutschen, dazu sein Fleiss und seine Anspruchslosigkeit sind Eigenschaften, die der Amerikaner wohl zu schätzen weiss. 'Lasst uns einen billigen Deutschen anstellen', heißt es zuweilen, wenn an den Amerikaner Aufgaben herantreten, die gründliches Wissen und ernstes Nachdenken erfordern.«¹⁰³⁹⁾

6.9 Weitere Länder

Dem Bericht von Shaw kann man entnehmen, daß auch in Spanien, z. B. in Madrid, in Rußland, z.B. in St. Petersburg, in Belgien, z.B. in Liège, in Norwegen und in Schweden graphische Statik gelehrt wurde, auch dazu enthält der gedruckte Bericht keine näheren Angaben.¹⁰⁴⁰⁾

In **Schweden** befaßte sich z. B. der Stockholmer Professor P. W. Almquist mit graphischen Methoden, in den 1880er Jahren veröffentlichte er im *Civilingenieur* einige Arbeiten zur Anwendung graphischer Verfahren, eine über Erd-

¹⁰³⁶⁾Dyck [1892], S. 315

¹⁰³⁷⁾Shaw [1893], S. 608

¹⁰³⁸⁾Catalogue Michigan [1889-1896]

¹⁰³⁹⁾Ritter [1894 Unterricht], S. 21

¹⁰⁴⁰⁾Shaw [1893], S. 608

druck-Theorie¹⁰⁴¹⁾ und zwei über Maximalmomente¹⁰⁴²⁾ einfacher Träger.

In **Ungarn** war die graphische Statik ebenfalls vertreten. Mór Maurer oder französisch, Maurice Maurer, war Eisenbahningenieur im Staatsdienst und Professor an der TH Budapest. Er veröffentlichte 1882 das bereits erwähnte¹⁰⁴³⁾ Lehrbuch *Statique graphique appliquée aux constructions, toitures, planchers, poutres, ponts etc.* Auch er eröffnet wie so viele Lehrbuchautoren sein Vorwort mit dem Hinweis auf die Schwierigkeit von Culmanns berühmtem Buch: wegen der »gewaltigen Erfolge« der graphischen Methoden will auch er eine elementare Einführung geben.¹⁰⁴⁴⁾ Sein Buch enthält zahlreiche Beispiele und beschränkt sich wie damals bereits die Regel nicht auf rein graphische Lösungen, auch analytische Verfahren werden dargestellt.

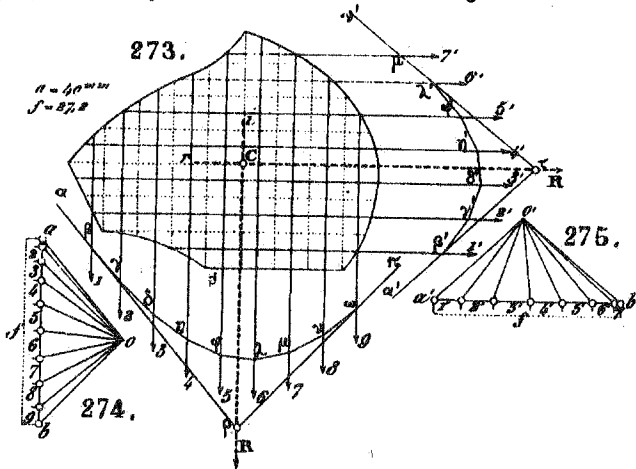


Abb. 138 Graphische Schwerpunktbestimmung¹⁰⁴⁵⁾

In **Dänemark** befaßte sich Hieronymus **Zeuthen** mit graphischer Statik, er war von 1871 bis 1910 Professor in Kopenhagen und veröffentlichte mehrere Artikel über reziproke Diagramme und graphische Statik¹⁰⁴⁶⁾. Auch Julius **Peter-son** war Professor in Kopenhagen (1886 - 1910), er schrieb über Mechanik, Geometrie und über graphische Verfahren. In seinem Buch *Statik. Forelæsinger holdte ved den polytekniske Lærestalt* aus dem Jahre 1881 behandelte er auch die graphische Statik. Schließlich trug auch Asger Skovgaard **Ostenfeld** ab 1894 im Rahmen seiner Vorlesung über technische Mechanik auch über graphische Statik vor. In den Jahren 1894 bis 1898 erschien ein dreibändiges autographiertes Textbuch zur Vorlesung.¹⁰⁴⁷⁾

¹⁰⁴¹⁾Almquist [1885]

¹⁰⁴²⁾Almquist [1884], Almquist [1882], Almquist [1889]

¹⁰⁴³⁾Siehe Kapitel 6.7

¹⁰⁴⁴⁾Maurer [1882], S. I

¹⁰⁴⁵⁾Maurer [1882], Tafel 18

¹⁰⁴⁶⁾Zeuthen [1877 grafisk statik], Zeuthen [1877 Bygning], Zeuthen [1880]

¹⁰⁴⁷⁾Dansk Biografisk [1979-1884], Bd. 11, S. 245

A Dokumente aus den Archiven

A.1 Studium in Karlsruhe

A.1.a Vorlesungen, die Culmann in Karlsruhe besuchte

Für die drei Studienjahre, die Culmann das Karlsruher Polytechnikum besuchte, gibt das Programm für die Ingenieurschule die folgenden Vorlesungen an:

»Erster Curs 1838/39

Ladomus:	Spärliche Trigonometrie und analytische Geometrie.	4 Std.
Ladomus:	Functionenlehre, Differential- und Integralrechnung.	4 Std.
Kayser:	Elementarmechanik und Hydraulik.	3 Std.
Schreiber:	Darstellende Geometrie. Zweiter Curs	6 Std.
Schreiber:	Praktische Geometrie. Zweiter Curs	4 Std.
Walchner:	Allgemeine technische Chemie	4 Std.
Walchner:	Mineralogie und Geognosie	4 Std.
Walchner:	Technische Physik	4 Std.
Stieffel:	Geschichte der Literatur mit Stilübungen	2 Std.«

»Zweiter Curs 1839/40

Ladomus:	Differential- und Integralrechnung. Zweiter Curs.	4 Std.
Kayser:	Höhere Mechanik	3 Std.
Schreiber:	Praktische Geometrie. Uebungen	4 Std.
Bader:	Wasser- und Straßenbau. Erster Curs	4 Std.
Keller:	Constructionen	4 Std.
Eisenlohr:	Allgemein technischer Curs der Architektur	4 Std.
Volz:	Maschinenkunde und Maschinenbau. Erster Curs	6 Std.
Stieffel:	Ethik WS	3 Std.
Arbeiten in den Sälen und Werkstätten.«		

»Dritter Curs 1840/41

Bader:	Wasser- und Straßenbau. zweiter Curs	6 Std.
Keller:	Constructionen	8 Std.
Bader:	Höhere Geodäsie	2 Std.
Volz:	Maschinenkunde und Maschinenbau. Zweiter Curs	4 Std.
Volz:	Encyklopädie des Industrie-Maschinenwesens	1 Std.
Küßwieder ¹⁰⁴⁸⁾ :	Populäre Rechtslehre	2 Std.
Arbeiten in den Sälen und Werkstätten.« ¹⁰⁴⁹⁾		
Wasser- und Strassenbau im Polytechnikum Karlsruhe.		

¹⁰⁴⁸⁾Ministerialrat. Programm Karlsruhe 1840/41

¹⁰⁴⁹⁾Programm Karlsruhe 1837/38, S. 22-26

A.1.b Jahresberichte über Culmanns Studien in Karlsruhe

Für die Studienjahre 1839/40 und 1840/41 sind im Generallandesarchiv Karlsruhe die Jahresberichte erhalten:

Großherzoglich
badische
1839/40¹⁰⁵⁰⁾
polytechnische Schule

Studienjahr

Jahres-Bericht
über Karl Culmann
Schüler der Ingenieur-Schule II. Curs

N ^o	Unterrichtsgegenstände	Betra- gen	Stun- den-be- such	Fleiss	Fort- schritte	Ergeb- nis der Prü- fung	Bemerkun- gen
1	Architectur	gut.	regelm.	gut.	gut.	gut	
2	Differential-Integral-Rechnung	gut	regel- mäßig	sehr gut	sehr gut	—	fähiger Lept.[?]
3	Maschinen-Bau	gut	regel- mäßig	sehr gut	sehr gut		
4- Construction						
5	Practische Geometrie	gut	regelm.	s. gut	s. gut		
6	Wasser- und Straßenbau	gut	regel- mäßig	sehr gut	sehr gut		
7 Constructions	gut	regel- mäßig	sehr gut	sehr gut		
8	Mechanik	gut	regel- mäßig	sehr gut	vorzüg- lich	sehr gut	
Carlsruhe, den 20. Juli 1840				Der Vorstand Ladomus Bader			

Grossherzoglich
badische
polytechnische Schule.

Stadion Jahr 18.10
27

Jahresbericht über

(Carl Culmann'sche Bergakademie)
Schüler der Ingenieur-Schule III. Class

15	Unterrichtsgegenstände	Bewertung	Studien besuch	Stufe	Fortschritte	Ergebniss der Prüfung	Bemerkungen
	Math. u. Physik	sehr gut	ununterbrochen	sehr gut	sehr gut	sehr gut	
	Math. u. Physik	gut	gut	gut	gut	gut	
	Math. u. Physik	gut	gut	gut	gut	gut	
	Geometrie u. d. Statik	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut		
	Geometrie u. d. Statik	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut		

Karlsruhe, den 1

18

Der Vorstand

Großherzoglich
badische
polytechnische Schule

Studienjahr 1840/41¹⁰⁵¹⁾

Jahres-Bericht
über Carl Cullmann
Schüler der Ingenieur-Schule III. Cours

N ^o	Unterrichtsgegenstände	Betra- gen	Stun- den- besuch	Fleiss	Fort- schritte	Ergeb- nis der Prüfung	Bemerkun- gen
	Wasser- und Stra- ssenbau	gut.	unun- ter- brochen	sehr gut.	sehr gut.	sehr gut	Bader
	Wasser- und Stra- ssenbau Construction	gut	gut	gut	gut		
	Maschinenbau	gut	gut	gut	gut	gut	Volz
	Encyclopädie des Industrie-Maschinen- wesens						
	Geodäsie	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut		
	Carlsruhe, den . ¹	18		Der Vorstand			

A.2 Beim bayerischen Eisenbahnbau

A.2.a Karl Culmanns Bewerbung für den bayerischen Staatsbaudienst¹⁰⁵²⁾

Allerdurchlauchtigster
Großmächtigster König
Allernädigster König und Herr

Hof den 13ten September 1841

Alleruntertänigst - treu - gehorsamste Vorstellung und Bitte des Bauadspiranten. Karl Culmann aus Bergzabern um allernädigste Zulassung zu der demnächst abzuhaltenden Prüfung für den Staatsbaudienst betreffend.
Mit 2 Zeugnissen.

Im Jahre 1821 in Bergzabern geboren habe ich, der alleruntertänigst Unterzeichnete, nach genossenen mehrjährigem Unterricht in der lateinischen Sprache vom 1^{ten} April 1835 bis dahin 1837 das Collège in Weißenburg besucht, und nachdem mir von Euer Koenigliche Majestaet die allernädigste Erlaubniß geworden war, die Gewerbeschule in [2] Kaiserslautern, mit Erlaß des förmlichen Schulbesuchs alda absolviren zu dürfen, besuchte ich noch, nach Vollzug dessen, in der letzten Zeit, nämlich in den Studienjahren 1838/39, 1839/40 und 1840/41, ebenmäßig mit Euer Koeniglichen Majestaet besonderer allhöchsten Genehmigung die polytechnische Schule in Carlsruhe, worauf ich seit kurzem von der königlichen Eisenbahnbau-Commission in Nürnberg als ständiger technischer Gehülfe hierher nach Hof berufen worden bin.

Nachdem nun Eure Koenigliche Majestaet nach Ansicht des Regierungsblattes No 37 ausnahmsweise für diejenigen Baudienst- Adspiranten, welche noch vor dem Erscheinen der allerhöchsten Verordnung vom 29ten April l. J., bestandenene Vorschriften über die Prüfungen für das Bauwesen sich herangebildet, eine besondere Prüfung ausschreiben zu lassen geruht haben, also wage ich es hiermit alleruntertänigst Eure Koenigliche Majestaet um allernädigste Zulassung zu dieser angekündigten theoretischen Prüfung [3] für den Staatsbaudienst Abteilung: (Wasser-, Straßen- und Brückenbau:) allerehrfurchtstvollst zu bitten, zu welchem Zwecke ich Allerhöchstdenselben in den Anlagen vorest 2 Zeugnisse mit der alleruntertänigsten Bitte überreiche, mir in der Richtung auf das hier fehlende Absolutorialzeugnis der Gewerbeschule in Kaiserslautern, dann auf die hier gleichfalls abgängige[n], beiden allerhöchsten Genehmigungs-Dekrete - auf der Gewerbe - Schule Kaiserslautern ohne dortigen förmlichen Schulbesuch absolviren und welcher die polytechnische Schule in Carlsruhe besuchen zu dürfen - alleruntertänigst Nachsicht schenken zu wollen, indem mir derselben aus meiner Heimat noch nicht zugeschickt worden sind, und die ich Eurer Koeniglichen Majestaet noch in diesem Monat nachträglich, alleruntertänigst zu überweisen mich beeilen werde.

In allertiefster Ehrfurcht und treu-ersterbend als
Eurer Koeniglichen Majestaet
alleruntertänigst-treu-gehorsamster
Karl Culmann

¹⁰⁵²⁾ BayHSt OBB 7519

A.2.b Fragebogen bei der Aufnahmeprüfung zum bayerischen Staatsbaudienst¹⁰⁵³⁾

Concursprüfung für den Staatsbaudienst im Jahre 1841 N° 20 General - Fragen	
Vor- und Zunamen	Karl Wilhelm Culmann
Geburts-Ort und Jahr	Bergzabern, geboren im Jahre 1821
Gegenwärtiger Wohnort	Hof
Religion	Protestantische Religion
Stand der Eltern	Pfarrer
Bereits gemachte Studien wo? und in welchen Jahren	Nach mehrjährigem Privatunterricht, den ich von meine Vater in den alten Sprachen erhielt, besuchte ich in den Jahren 1835 und 1836 die Lateinschule in Weißenburg. Während der darauf folgenden 2 Jahre bereitete ich mich, ebenfalls im elterlichen Hause, auf die Absolutorialprüfung an der K.- Landwirtschafts- und Gewerbeschule in Kaiserslautern vor, und bestand dieselbe im Jahre 1838 unter der Leitung des Prüfungskommissairs Herrn Professor Doct. Geis
All... praktische Verwendung, bey wem? wo? und wie lange	Endlich besuchte ich noch während der Studienjahren 1838/39, 1839/40 und 1840/41 die polytechnische Schule in Carlsruhe. Vom 20. September bis zum 15. November 1841 war ich bei H. Sectionsingenieur Gulden auf der Eisenbahnbausection in Hof mit dem Nivellment, der Triangulation und der Aufnahme der dortigen Hauptoperationslinie beschäftigt.
Spezielle Aufzählung der vorgelegten Zeichnungs-Proben	4 Blätter darstellende Geometrie nämlich: ein Hyperboloid, eine abwickelbare Schraubensfläche, Schleusenstation einer Brücke, und Steinschnitt einer Schießscharte 5 aus dem Maschinenbau: 2 Wasserräder, ein Wassergetrieberad und eine Turbine nebst Detailblatt 6 aus dem Brückenbau nämlich: ein Sprengwerk und eine Hängebrücke, ein Bohlenbogen, eine gedeckte Brücke, eine Kettenbrücke und die fliegende Naeh [siehe Strauss [1851]] in Speier 15 Blätter
Wohnung	Maximilian Vorstadt Amalien-Str. No 43 a über 3 Stiegen
München, am 1. Dezember 1841	

¹⁰⁵³⁾Bayerisches Hauptstaatsarchiv. BayHSt OBB 7519

A.2.c Culmanns Tätigkeitsbericht für die Jahre 1842 bis 1846¹⁰⁵⁴⁾

Betrifft:

Bericht des allerunterthänigsten
Ingenieur-Praktikanten K. Culmann
aus Hof, über dessen Verwendung
bei den Eisenbahnbauten in den
Jahren 1842 bis 1846

Um den Bestimmungen des § 28 der allerhöchsten Verordnung vom 29ten April 1841, die Prüfung für den Staatsbaudienst betreffend, nachzukommen; erlaubt sich der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete Eurer Königlichen Majestät hiermit ausführlichen Bericht über dessen Verwendung, über die [2] Geschichte der Bauten, bei denen er verwendet war, und über die Erfahrungen, die er dabei zu machen Gelegenheit hatte, zu erstatten.

Nachdem derselbe die Prüfung für den Staatsbaudienst im Jahre 1841 bestanden hatte, wurde er kurze Zeit bei der Eisenbahnbau-Section Culmbach zu Bureauarbeiten verwendet, dann aber den 4^{ten} April 1842 als technischer Gehülfe zur Section Hof berufen.

Hier wurde er nun während der drei ersten Jahre blos bei den Vorarbeiten, den Absteckungen und Projectirungen beschäftigt. Diese Arbeiten waren jedoch in der hiesigen Section sehr interessant, indem das gebirgigte Terrain sehr viele Schwierigkeiten darbot, und weil in demselben zwei Linien, nach ganz verschiedenen Systemen ausgearbeitet werden mußten, wobei man Gelegenheit hatte, mit jeder Absteckungs-Methode vertraut zu werden. [3]

Anfangs wurden, nachdem durch öfteres Begehen des Terrains gehörig recognoscirt war, beliebige Operationslinien in der Gegend abgesteckt, wo man erwartete, daß die definitive Linie nicht hintreffen werden; diese Operationslinien betrachtete man nun als die Basis einer großen Zahl langer Querprofile, die in der Richtung der, die erste Linie schneidenden Bergrücken und Thäler genommen wurden; all diese genau vermessenen und nivellirten Linien wurden auf einen Situationsplan aufgetragen und überall cotirt, worauf zur Bestimmung der eigentlichen definitiven Richtungslinien der Bahn geschnitten werden konnten. Man zeichnete nach Gutdünken verschiedene Linien in den eben erwähnten [4] Situationsplan, und suchte dann ein Längenprofil zu construiren, indem die Entfernungen, aus dem Plane abgegriffen, und die Höhen nach den eingeschriebenen Coten aufgetragen wurden; die manchmal langen Strecken zwischen den also bestimmten Punkten half endlich das Gedächtniß und die Fantasie ausfüllen, diejenige Linie, welche das vortheilhafteste Längenprofil darbot, wurde dann zur definitiven Richtungslinie gewählt, auf dem Felde ausgesteckt, nivellirt, querprofilirt und weiter ausgearbeitet.

Auf diese Weise wurde während des ganzen Jahres 1842 fortgearbeitet, und am Ende desselben war man so weit gelangt, daß eine der vielen vermessenen und nivellirten Linien die allerhöchste [5] Genehmigung erhielt, und deren horizontale und verticale Projection festgestellt wurde.

Da erlitt plötzlich am Anfang des Jahres 1843 das bisher befolgte System eine totale Änderung. Einem Amerikaner, Norris, war es gelungen Locomotiven zu construiren, mittelst denen man Curven von 600´ bis 800´ Fuß Halbmesser, noch bei Steigungen von 1 auf 100, und sogar von 1 auf 80 befahren kann; während dem früher keine größeren Steigungen als 1 auf 250, und keine Krümmungshalbmesser unter 3000´

¹⁰⁵⁴⁾BayHSt OBB 7519

angewendet werden durften. Wo man früher genöthigt war Berge und Thäler quer zu durchschneiden, und wo auf einen hohen Auftrag, ein ebenso tiefer Einschnitt folgte, da können jetzt beide umgangen werden; wobei sich die [6] Erd- und Kunstbauarbeiten oft um das 3 bis 4 fache vermindern.

Die Vortheile, welche dieses nordamerikanischen Systems (:wie es im Gegensatz zum englischen genannt wurde:) darbietet, scheinen auch dem Direktor Einer hohen königlichen Eisenbahnbau-Commission so überwiegend, daß das alte englische System, und mit ihm die anderthalbjährigen Arbeiten des bedeutenden Personals der Sectionen Hof und Münchberg aufgegeben wurden, um eine Linie nach americanischem System abzustecken und zu bearbeiten.

Durch diese Änderung wurden nicht weniger als 17 000 000 fl. erspart, was leicht zu begreifen ist, wenn man bedenkt, daß es früher bei dem englischen System gar nicht möglich war, in das eigentliche [7] Saaletal¹⁰⁵⁶⁾ hinunterzukommen, sondern daß man genöthigt war, sich in einer Höhe von 80 bis 100 Fuß über dem Niveau der Saale, wo alle Seitenthäler nahe bei ihrer Einmündung, also an ihrer höchsten Stelle überschritten werden müssen, zu bewegen, während dem jetzt die Linie mit geringem Aufwand von Erd- und Kunstarbeiten an dem Gelände hinschleicht.

Früher hätten vier Viaducte jeder größer als der jetzt in Unterkotzau in Bau begriffene erbaut werden müssen, und nun genügt dieser einzige.

In der südlichen Sectionshälfte wurde die neue Linie nach americanischem System, auf dieselbe Weise wie früher, mittelst Operationslinien und langen Querlinien gesucht und abgesteckt; auch reichte man damit im Saaletal [8] selbst vollkommen aus, nachdem es ja in der Ebene des Thales einerlei ist, ob die Linie 50' weiter rechts oder links liegt.

Anders dagegen verhielt es sich in der nördlichen Sectionshälfte, wo die Linie bei Unterkotzau das eigentliche Saaletal verläßt und sich mit dem Feilitzschbachtal¹⁰⁵⁶⁾ der secundären Wasserscheide zwischen der Elster und Saale zuwendet, die so hoch liegt, daß sie nur mit dem Maximum der Neigung von 1 auf 100 erreicht werden kann. Dies Terrain selbst ist auf dieser Strecke ziemlich gebirgig, und zahlreiche Schluchten durchfurchen das Gehänge des Feilitzschbachtals. Hier wo die verticale Projection der Bahnlinie a priori gegeben ist, kann die Linie nicht mehr willkürlich [9] verlegt werden, und es handelt sich darum auf dem Thalabhang diejenigen Punkte zu finden, welche in Bezug auf ihre Höhenlage, wo möglich mit dem Niveau der Bahn an dieser Stelle zusammenfallen. Hiezu gehört aber nicht nur eine möglichst genaue Aufnahme, sondern vor allem eine graphische Methode diese Aufnahmen resp. die Form des Terrains so darzustellen, daß man ein deutliches Bild desselben erhält und daß man aus dem Plan selbst, augenblicklich, ohne weitere Operationen und Rechnungen die Höhenlage eines jeden beliebigen Punctes ersehen kann.

Diese Anforderung entspricht einzig und allein, aber auch vollkommen die Aufnahme mittelst Horizontalcurven, [10] welche im Sommer 1843 von dem technischen Vorstand¹⁰⁵⁷⁾ Einer hohen königlichen Eisenbahnbau-Commission angewendet wurde. Diese Arbeit wurde dem unterthänigst Unterzeichneten übertragen, der dabei Gelegenheit hatte, sich von der Vortrefflichkeit dieser Methode zu überzeugen. Man macht derselben gewöhnlich den Vorwurf, daß sie allzu zeitraubend sey, allein dieß ist durchaus nicht der Fall, denn es waren im Ganzen nicht mehr als 2 Monate erfor-

¹⁰⁵⁶⁾Culmann schreibt immer Saalthal. BM

¹⁰⁵⁶⁾Der Feilitzschbach bzw Feilitzschbach ist die heutige *Nördliche Regnitz*. Siehe Topographische Karte Hof. Nr. 5637. BM

¹⁰⁵⁷⁾Friedrich August Pauli. BM

derlich, um alle Aufnahmen auf der 3 Stunden langen Strecke zwischen Hof und der sächsischen Reichsgrenze zu machen, und um die Horizontalcurven zu gleicher Zeit in die Kataster-Pläne einzutragen; bei mehr Übung könnten diese Arbeiten in noch kürzerer Zeit ausgeführt werden. [11]

Sind einmal die Horizontalcurven aufgetragen, so ist nichts leichter als die vortheilhafteste Richtungslinie der Bahn zu bestimmen, die verticale Projection der Bahn ist bereits schon gegeben, man kennt aber auch überall diejenigen Punkte des Geländes, welche in dem Niveau der zukünftigen Bahngleise liegen; durch Verbindung aller dieser Punkte erhält man auf jeder Seite des Thales eine Linie, deren verticale Projection ganz geradlinig wäre, und diejenigen Terrains sind dann die vortheilhaftesten, welche sich diesen Linien am meisten nähern. Auf diese Weise wurde noch in demselben Jahre die definitive Richtungslinie bestimmt, abgesteckt, nivellirt, und erhielt dann ohne die geringste Abänderung die allerhöchste Genehmigung. [12] Unterdessen waren die beiden ersten der zwölf Loose der Section bereits schon ausgearbeitet und im Späthjahr 1843 zur Verakkordirung gebracht worden. Die folgenden 8 Loose wurden im nächsten Sommer und die beiden letzten Loose erst im Winter 1844/45 ausgearbeitet. Diese Arbeiten jedoch übergeht der allerunterthänigst Unterzeichnete mit Stillschweigen, denn in Folge des außerordentlichen Dranges der Geschäfte, hatte niemand Zeit, die Sachen gehörig zu durchdenken, und jeder übernahm nur diejenigen Arbeiten, in denen er die meiste Übung hatte. Von den 12 Loosen der Section wurden die Loose 7 bis 12 dem allerunterthänigst Unterzeichneten zur Beaufsichtigung während des Baues übertragen.

Bevor derselbe jedoch zur Beschreibung der in denselben [13] vorkommenden Kunst- und Erdarbeiten schreiten kann, muß er noch einen flüchtigen Blick auf die verticale Projection der Bahn in diesen 6 Loosen werfen.

In der nördlichen Sectionshälfte, welche diese 6 Loose begreift, sind die beiden höchsten Punkte: der Bahnhof bei Hof und der Übergang bei der sächsisch-bayerischen Reichsgrenze.

Hof liegt am linken Saaleufer, auf dem Abhang eines vorspringenden Berges, der die Saale scharfe Wendungen, die nimmermehr mit der Bahnlinie verfolgt werden können, zu machen zwingt. Auf der rechten Seite schließen hohe steile der Bahnlinien unerreichbare Anhöhen, den Fluß ein; es blieb demnach nichts übrig als die Bahn oberhalb Hof um die Stadt herum zuführen, wobei der [14] Bahnhof auf dem höchsten Punkt zu liegen kam.

Der Sattel in der Wasserscheide bei Gutenfürst an der sächsischen Reichsgrenze mußte deshalb gewählt werden, weil man bei keinem anderen Sattel die erforderliche Entwicklung erlangt hätte.

Da die Bahnlinie am Ende der südlichen Sectionshälfte sich auf dem rechten Saaleufer befindet, so wird dieselbe vorerst auf das linke Ufer herüber geführt, dieß geschieht in dem 7^{ten} Loose mittelst des Moschendorfer Viaducts, der bei einer Höhe von 25', 9 Oeffnungen von 50' Weite erhält. In dem 8^{ten} Loose und in der ersten Hälfte des 9^{ten} Looses steigt die Bahn allmählich um den Bahnhof, der in der Mitte des 9^{ten} Looses liegt, zu erreichen. Vom Bahnhof aus muß die [15] Linie wieder auf das rechte Ufer in das Thal des Feilitschbaches geführt werden; der einzige hiezu passende Punkt war Unterkotzau, wo zwei hohe steile Felsen, das Saaethal einengen und dadurch die Überbrückung sehr erleichtern. Der Unterkotzauer Viaduct erhält bei einer Höhe von 85', 8 Oeffnungen von 48' Weite. Unmittelbar hinter dem Viaducte durchschneidet die Bahn den Berg, der das Thal des Feilitschbaches von dem der Saale trennt und befindet sich nun auf dem linksseitigen Thalabhänge, auf dem sie noch eine Zeit lang hinzieht, um zu einem Punkte zu gelangen, wo der Fei-

litschbach ohne allzugroße Kosten überschritten werden kann. (:zu bedeutende Terrainschwierigkeiten ließen es nicht zu, bis zur Reichsgrenze auf dem linken Ufer zu bleiben:) Dann bleibt [16] die Bahn auf dem rechten Ufer, fortwährend mit 1 auf 100 steigend bis zur Reichsgrenze.

Die Strecke zwischen dem Unterkotzauer Viaduct und der Reichsgrenze bilden das 11^{te} und 12^{te} Loos.

Aus dem bisher gesagten geht hervor, daß das 10^{te} und 7^{te} Loos, die die beiden Viaducte enthalten, die bedeutendsten seyen, auf diese folgt das 9^{te} Loos, in welchem die höchsten Aufträge und die tiefsten Einschnitte vorkommen; was auch sehr natürlich ist, weil hier die Bahnlinie am höchsten über dem Niveau der Saale liegt. Die 8^{ten}, 11^{ten} und 12^{ten} Loose verursachen verhältnismäßig weniger Arbeit.

Da die bedeutendsten Objecte auch am meisten [17] Zeit zu ihrer Vollendung verlangen, so wurden dieselben auch zuerst ausgearbeitet und zur Verakkordirung gebracht, weshalb dieselben auch hier in derselben Reihenfolge vorgenommen werden sollen.

Das 10^{te} Loos mit dem Unterkotzauer Viaduct

Wie bereits schon erwähnt wurde, erhält diese 85´ hohe Brücke 8 Oeffnungen von 18´ Weite die mittelst spitzbogenförmigen Gewölben, getragen von 13´ starken Pfeilern, überwölbt wurden. Auf der ganzen Abtheilung der Bahn zwischen Nürnberg und Hof ist diese Brücke das größte Object, und wird nach einem von Herrn Oberbaurath Hr. v. Gärtner angefertigten und von Einer Königlichen Majestät geprüften Plänen ausgeführt.

Die 6 mittleren Pfeiler [18] dieser Brücke sollen in das Überschwemmungsgebiet der Saale; mit ihrer Gründung wurde den 14^{ten} October 1844 begonnen, und noch in demselben Jahre konnten die Fundamente zweier Pfeiler bis zur Höhe des nördlichen Bodens aufgemauert werden. Die übrigen Pfeiler und die beiderseitigen Widerlager konnten erst im Sommer 1845 gegründet werden.

Die Fundirungsarbeiten selbst waren höchst einfach; es wurden überall Baugruben mit 2 maligen Böschungen bis auf den Felsen ausgehoben, und unmittelbar auf diesen gemauert. Die größte Tiefe dieser Baugruben war 20 Fuß. Zwei Wasserschnecken die etagenweise übereinander gestellt wurden, genügten jedesmal das Wasser zu beseitigen. [19] Bis zum Ende des Jahres wurden dann noch die Pfeiler und Widerlager bis zu einer Höhe von 15´ unter dem Gewölbsanfang aufgemauert.

Das letzte Baujahr 1846 war ein's der günstigsten, indem schlechten Wetters wegen nicht ein einziges Mal gefeiert werden mußte.

Auch schritten in demselben die Arbeiten rasch voran, den 27^{ten} Juni wurde schon mit Wölben begonnen, den 12^{ten} Juli konnte schon der erste Schlußstein (:der des 8^{ten} Bogens:) eingesetzt werden, und den 10^{ten} October wurde schon der letzte Bogen (:2^{te}.) geschlossen.

Seitdem wurden bloß noch die Niveaucurven über einigen Pfeilermarken ausgeführt. Die Akkordanten dieses Looses suchten mit einem regen Eifer diesen großartigen Bau zu fördern; [20] Trotz der geringen Mittel, über welche Privatleute disponiren können, und trotz des gänzlichen Mangels an zweckmäßig construirten Maschinen, hätten dennoch die Arbeiten nicht rascher betrieben werden können, selbst wenn dieses Object in Regie ausgeführt worden wäre.

Anders dagegen verhielt es sich im 7^{ten} Loose die Moschendorfer Brücke enthaltend. Diese 25´ hohe Brücke, welche, wie schon oben bemerkt wurde, 9 Oeffnungen von 50´ Weite erhält, die mittelst segmentförmigen Gewölben, getragen von 10´ starken Pfeilern, überwölbt wurden, wurde von einem des Bauens ganz unkundigen Akkordanten übernommen, der die ganze Sache bloß als eine Speculation betrachtete,

und überall, auch auf Kosten der Stabilität, den [21] größt möglichen Gewinn zu erzielen suchte. Unglücklicher Weise wußte sich derselbe auch einen Werkführer zu verschaffen, der in allem dieselben Grundsätze befolgte. Die unmittelbaren Folgen hievon waren: schlechte Baumaterialien, noch schlechtere Arbeit, fortwährender Streit mit dem Aufsichtspersonal, und bedeutende Verzögerungen des Baues.

Die Fundirungsarbeiten waren unbedeutend, denn schon in einer Tiefe von 8 Fuß hinlänglich fester Baugrund (:festgelagerte Flußgeschiebe:) allein trotzdem war am Ende des Jahres 1845 (:im April desselben Jahres waren die Arbeiten begonnen worden:) noch nicht einmal die Saalefläche erreicht. Da diese Akkordanten außerdem noch andere [22] Bauten übernommen hatten, und immer in Geldverlegenheiten waren, so leuchtete es jedermann ein, daß diese Unternehmer diesen Bau nimmer zum festgesetzten Termin vollenden können. In Erwägung dieser Umstände wurde ihnen daher der Bau abgenommen, um in Regie ausgeführt zu werden. Da es jedoch dem treuehorsamst Unterzeichneten unmöglich war, neben den ihm zur Beaufsichtigung übertragenen Bauten, auch noch diesen bedeutenden Regiebau zu leiten, so wurde auch ihm dieser Bau abgenommen, und dem eigens hiezu berufenen Ingenieur-Praktikanten Spandau übertragen.

Aus obigem geht hervor, daß das Verakkordirungssystem gut wäre, wenn [23] die Arbeiten immer tüchtigen Unternehmern oder Werkführern übergeben werden könnten, ist dieß aber nicht der Fall und werden habsüchtige Speculationsgeister zugelassen, so ist kein System weniger vortheilhaft. Leider aber sind gewissenhafte, tüchtige Unternehmer und Werkführer eine große Seltenheit; diese müssen erst herangebildet werden, bisher gleichen die meisten viel mehr den Akkordanten des 7^{ten} als denen des 10^{ten} Looses.

Über die Kunstbauten und Erdarbeiten im 8^{ten}, 9^{ten}, 11^{ten} und 12^{ten} Loos läßt sich wenig sagen; die bedeutendsten Kunstbauten sind:

Die Brücke über dem Göllitz-Bach, erhält 2 Oeffnungen von 16´ Weite, die eine ist für den Bach, die [24] andere für eine Heufahrt bestimmt. Diese Brücke wurde im Sommer 1845 begonnen, und im Sommer 1846 vollendet.

Die Münsterbrücke mit einer Oeffnung von 20´ Weite und 36´ lichter Höhe, erhält 2 rechtwinkelige und 2 schiefwinkelige Flügel, welche mit der Bahnaxe Winkel von 45´ bilden. Die lichte Höhe dieser Brücke mußte deshalb so groß angenommen werden, weil der enge Münstergrund von der Bahnaxe unter einem sehr schiefen Winkel geschnitten wird, man mußte daher das Gewölbe der Brücke so kurz als möglich zu machen suchen, und dieß war bloß dadurch zu erreichen, daß man das Gewölbe unmittelbar unter die Bahnkrone legte. Die 14 Fuß tiefen Fundamente wurden noch im Herbst 1845, [25] die übrigen Theile aber erst im Sommer 1846 vollendet.

Die Durchfahrt in dem Hofecker Grund zeichnet sich bloß dadurch aus, daß dieselbe unter einem 60´ Fuß hohen Damm die ungeheure Länge von 150´ erhält. Dieses so wie alle nur noch folgenden Objecte wurden erst im Sommer 1846 ausgeführt.

Die Brücke über den Feilitschbach erhält eine lichte Weite von 25´, das Gewölbe derselben aber die Form eines Stichbogens, die große Weite von 25´ war nothwendig, weil unter dem ziemlich bedeutenden Feilitschbach noch eine Heufahrt unter der Brücke durchgeführt werden soll.

Die Brücke über den Regnitzbach erhält 2 Oeffnungen und wird [26] wie die Brücke über den Göllitzbach ausgeführt.

Die Stützmauer bei dem sogenannten Schafsteg erhält eine Länge von 540´ und bei der höchsten Stelle eine Höhe von 18´. Die Bahn windet sich an dieser Stelle um einen steilen Felsen dessen Fuß von der Saale bespült wird; durch diese Stützmau-

er wird eine Correction der Saale erspart, weil außerdem die Dammböschungen diesen Fluß bedecken würden.

Außer diesen Kunstbauten kommen noch in der nördlichen Sectionshälfte vor:

- 1 Wegbrücke, die aber noch nicht ausgeführt ist,
- 2 Überwölbte und
- 1 mit Holz überlegte Durchfahrt, und dann noch
- 27 Durchlässe von allen Gattungen und Formen. [27]

Über die Ausführung der Erdarbeiten läßt sich nicht viel sagen. Die höchsten Aufträge und die tiefsten Einschnitte sind, wie schon oben bereits erwähnt wurde, in dem 9^{ten} Loos; es kommen hier Aufträge vor von 42, von 50 und von 63 Fuß Höhe; und Einschnitte von 24, von 22, von 29 und von 24' Tiefe, die Auf- und Abträge in allen übrigen Loosen sind unbedeutend gegen diese. Die Ausführung selbst unterscheidet sich von der in anderen Gegenden bloß dadurch, daß meistens schwererer Boden gefördert und härtere Felsenmassen gesprengt werden müssen; deßhalb sollen hier bloß noch die geologischen Verhältnisse in der nördlichen Sectionshälfte, berücksichtigt werden. Bevor die Bahn in die [28] nördliche Sectionshälfte trifft, durchschneidet sie das Vorgebirge und die meisten Abträge müssen in Gneis ausgeführt werden; auch gehört der erste Abtrag in der nördlichen Sectionshälfte dieser Formation an: es ist ein Hornblendenschiefer, der in Gneis übergeht, in welchem Gänge von Eisenglimmer, Kupferkies und Malachit angetroffen wurden, alles aber nur in sehr kleinen Qualitäten. Von da geht die Bahn auf das ältere Flötzgebirge über, der Übergangsthonschiefer ist das vorherrschende Gestein; in der Nähe dieser Flüsse jedoch kommt immer Grünstein vor, der alle Thalwände zu bekleiden scheint; mehrere tiefe Einschnitte müssen in demselben ausgeführt werden, [29] die untergeordneten Gebirgslager, welche von der Bahn durchschnitten werden, sind:

Ein Kalksteinlager, in welchem, 1/8 Stunde südlicher einer der ergiebigsten Steinbrüche (Gisper Bauch) eröffnet wurde; in diesem Steinbruch werden manchmal Orthoceratiten (?) gefunden.

Ein Grauwacker[?]stück, in welchem sehr schöne, aber leider auch sehr kleine Bergkrystalle von allen Farben (:Rauchtopas, böhmische Topase:) in Drusen aneinandergereiht wurden.

Endlich kam auch in dem tiefsten Abtrag des Thonschiefers, Blauschiefer hervor; in einzelnen Stücken desselben waren kleine Krystalle von Schwarzkies eingesprengt. Dieß wäre das wesentliche der Geschichte der [30] Bauten, bei denen der allerunterthänigst gehorsamst Unterzeichnete bisher verwendet war.

Bei so umfangreichen Neubauten kann es natürlich auch an zahlreichen und interessanten Erscheinungen nicht fehlen. Der verfloßene Winter namentlich war an solchen sehr reich: Mauern, ja große Mauern fangen an zu wanken, verschiedene Bausteine wittern aus, bei andern springen in Folge allzu großer Sprödigkeit alle Ecken, namentlich in Gewölben, aus. Doch alle diese Erscheinungen sind auch im Werden begriffen und erst dann, wenn alle Bauten einmal überwintert haben werden, wird sich etwas bestimmtes hierüber sagen lassen, deßhalb glaubt der allerunterthänigst Unterzeichnete, die Mittheilung der Beobachtungen die derselbe [31] über die Stabilität verschiedener Constructionen, über die Güte einiger Baumaterialien, und über manche andere Erscheinungen, zu machen Gelegenheit hatte, bis zum nächsten Jahr verschieben zu dürfen.

In allerunterthänigster Ehrfurcht erstirbt Euerer Königlichen Majestät
allerunterthänigst treugehorsamster K. Culmann, Ing. Practikant

Hof 5^{ter} Februar 1847

A.2.d Culmanns Tätigkeitsbericht für das Jahr 1847¹⁰⁵⁸⁾

Hof, den 23^{ten} Dezember 1847

Königliche Oberste Baubehörde!

Betreff:

Jahresbericht des Ing.-Prakt. Culmann
aus Hof für das Jahr 1847

Unstreitig gehört das verflossene Baujahr mit zu den interessantesten, denn in ihm wurde endlich mit der größten Mühe und Anstrengung der Schienenweg in der Section Hof (:wo wie früher der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete zur speziellen Beaufsichtigung der Bauten in der nördlichen Sections-Hälfte verwendet wurde:) zur Vollendung gebracht. Viele hohe Dämme waren aufzuschütten, und mancher Kunstbau noch zu vollenden, es war überhaupt noch mehr zu thun als in den beiden vorhergehenden Baujahren im Ganzen gethan worden war: und nun liegen bereits schon die Schienen, so daß die Section von einem Ende zum andern befahren werden kann. Freilich mußten die Unternehmer mitunter durch die energischsten Maßregeln, [2] durch Androhung von Conventionalstrafen, durch Arbeiten auf ihre Kosten, gezwungen werden, alles mögliche zu thun, um die übernommenen Bauten innerhalb der festgesetzten Termine zu vollenden; aber das Ziel wurde erreicht, und nichts steht mehr dem gastlichen Empfang der Locomotiven entgegen:

In Bezug auf **Erdarbeiten**

waren in dem IX^{ten} Loos zwischen den Profilen N° 129 und N° 128, dann zwischen Prof. N° 129 und N° 132, noch 40 Fuß der 80´ hohen Dämme aufzutragen (:700 LB¹⁰⁵⁹⁾ Auftrag waren im Ganzen noch herzustellen:). Die Vollendung dieser bedeutenden Arbeit konnte blos dadurch möglich gemacht werden, daß bisher unangetastete Füllgräben zu beiden Seiten der Bahn eröffnet und zu gleicher Zeit noch Material aus den Abträgen des Bahnhofes beigefahren wurde.

Schlimmer noch sah es im XII^{ten} Loose aus, wo zwischen den Prof. N° 181 und N° 185, dann zw. Prof. N° 193 und N° 197, über 1300 LB Füllmaterial fehlten. Diese Massen konnten blos durch die zweckmäßige Anlage einer Rollbahn, wodurch der in dieser sumpfigen Gegend so schwierige und theure Pferdetransport entbehrlich wurde, bewältigt werden. [3]

In dem VIIten, Xten und IXten Loose waren die Erdarbeiten im Rauhen schon ziemlich vollendet. In dem XIII^{ten} Loos, welches die Erweiterung des Bahnhofes in sich begreift, und das erst vor kurzem verakkordirt wurde, sind noch 20 000 L. B. herzustellen. Endlich sind in allen Loosen die Böschungflächen noch zu glacieren, und einige Wege längs und unter der Bahn zu chaussieren.

Im Verhältniß zu den Erdarbeiten waren die

Kunstbauten

von Anfang dieses Baujahres viel weiter vorangeschritten. Die bedeutendste Arbeit war der 9^{te} Bogen des Unterkotzauer Viaducts, welcher zwischen den rechtsseitigen Niveaumauern hatte erbaut werden müssen, um diese von dem bedeutenden Erddruck zu entlasten, dem sie nicht widerstehen; denn dieser hatte schon eine Ausbauchung der Mauern von 2´´ Stärke verursacht, und das Hinterfüllungsmaterial mußte schleunigst wieder entfernt werden, um bedeutenderen Schäden zu begegnen: da nun durchaus nicht mehr hinterfüllt werden durfte, so wurde der ganze Raum zwischen den beiden [4] Niveaumauern mittelst eines 38´ weiten Bogens überwölbt, nach dem erstere durch 8 Stück 2´´ starke Anker verbunden worden wa-

¹⁰⁵⁸⁾ BayHst OBB 7519

¹⁰⁵⁹⁾ Pfund

ren.

Daß diese 8 Anker wirklich stark genug sind, um jedes fernere Weichen der Niveaumauern zu verhüten, wurde durch die Thatsache bewiesen, daß bei dem Anziehen der Ankerschrauben, eine Annäherung der beiden Mauern um $1\frac{1}{2}$ Linien stattgefunden hat; auch wurden beim Anziehen der beiden Anker, die zuerst angezogenen wieder locker. Hiebei war die größte angewandte Kraft, die eines Mannes an einem $3\frac{1}{2}$ langen Hebelarm (einer starken eisernen Brechstange) bei 2'' Durchmesser des Gewindes durch 3'' Ganghöhe. Aus obigem geht hervor, daß wenn der Mörtel nicht 1 Jahr Zeit gehabt hätte einigermaßen zu erhärten, diese Mauern unbeschadet der Solidität, und mit geringerm Kostenaufwand wieder hätte gerade gerichtet werden können, nunmehr war es aber nicht mehr möglich, ohne alle Mörtelbänder zu zerreißen, und man begnügte sich damit alle Schrauben gleichmäßig stark angezogen zu haben.

Um aber auch die Niveaumauern über den Gewölb-[5]ecken von dem belastenden Erddruck zu befreien, wurde der ganze Raum über denselben, in der Höhe der Gewölbscheitel, mit 1 Fuß starken Granitplatten überdeckt, welche auf beiden Seiten auf Absätzen der Niveaumauern und in der Mitte auf zwei Backsteinmauern ruhen, die mit ersteren parallel laufen. Seitdem hat sich nicht die geringste Spur eines Weichens mehr gezeigt, und selbst die bestehende 2'' starke Ausbauchung ist, der viel weiter vorstehenden Gesimse, Gewölbsteinen und Sattel wegen, unbemerkbar.

Außer dem oben beschriebenen Bau, verdient blos noch die Wegbrücke N° 47, welche gleichsam ein großes Einfahrtsthor zum Bahnhof bildet, und der Durchfluß N° 68, welcher am Ende des XII^{ten} Looses auf Pfahlrost gegründet werden mußte, erwähnt zu werden, indem beide noch im Sommer ausgeführt wurden, und verhältnißmäßig viel Arbeit verursachten.

Alle obigen Arbeiten wurden von verschiedenen Unternehmern in Akkord ausgeführt und nur das [6]

Schienenlegen,

womit in der nördlichen Sectionshälfte vom Anfang Mai bis Ende Dezember 200 bis 500 Arbeiter beschäftigt waren, wurde in Regie betrieben. Diese Arbeit, welche bei dem gänzlichen Mangel an feinerem Kies, da in der hiesigen Gegend blos klein geschlagene Steine zu haben sind, mit viel mehr Schwierigkeiten als wo anders, verknüpft ist, wurde noch dadurch bedeutend verzögert, daß die Akkordanten öfters unmittelbar vor dem Ende der gelegten Schienenstrecke mit den Erdarbeiten, der Rollschaffe und dem Einbetten des Naturbaumaterials nicht hatten fertig werden können.

Dabei wirkte aber die Drohung sämmtliche bei dem Schienenlegen beschäftigten Arbeiter auf ihre Kosten feiern zu lassen (:was auch wirklich einigemal geschah:) mächtig als Sporn, und mehr als alle bisher angedrohten Conventionalstrafen.

Wäre das Ende der Schienenlage, der fortschreitenden Vollendung der Erdarbeiten nicht Schritt für Schritt gefolgt, so wäre auch in diesem Jahre die Bahngleise nimmermehr fertig geworden. [7]

Am 23. Dezember erreichte endlich der langsam sich verlängernde Schienenstrang die sächsische Grenze, das Ziel wonach schon seit sechs Jahren gestrebt wird.

In tiefster Ehrfurcht verharret
 Einer Königlichen Obersten Baubehörde
 unterthänigst gehorsamster
 K. Culmann
 Jng. Prakt.

A.2.e Culmanns Tätigkeitsbericht für das Jahr 1848¹⁰⁶⁰⁾

München den 27^{ten} Dezember 1848

Königliche Oberste Baubehörde!

Betreff:

Jahresbericht des Ing. Pract. Culmann
aus München für das Jahr 1848

Vollendung aller begonnenen Bauten war das für dieses Jahr gesteckte Ziel, und es wurde auch so ziemlich erreicht. Das Schienengeleise, welches während des Würfeltransports im Winter, eine wellenförmige Bewegung angenommen hatte; wurde wieder gehoben und gerichtet. Die noch im Rauhen liegenden Dämme der nördlichen Sectionshälfte wurden vollends glacirt, besamt, oder mit Rasen belegt. Die, an vielen Kunstbauten noch fehlenden Flügelmauern wurden angesetzt, mit Platten belegt, und diese letzteren so wie auch die Gesimse der größeren Brücken glatt aufgeschlagen. Kurz es wurde nichts versäumt um die Bahn [2] zum Empfang der ersehnten Locomotiven vorzubereiten, welche dießmal auch nicht umsonst auf sich warten ließen, und im Monat October im Bahnhof zu Hof erschienen.

Doch mir wurde dieser erfreulich Anblick nicht mehr zu Theil, indem ich bereits schon im Juni von der kgl. Eisenbahnbau-Section Hof zur Kgl. Eisenbahnbau-Commission nach München versetzt worden war.

Die Arbeiten womit ich noch während meines Aufenthaltes in Hof, in dem ersten sechs Monaten des verflossnen Jahres beschäftigt wurde, waren folgende:

a) Auf dem Bureau

war ich während des ganzen Winters mit der Anfertigung der definitiven Abrechnungen für die Loose welche ich zu beaufsichtigen hatte, beschäftigt.

Wenig läßt sich im Allgemeinen über diese Arbeit sagen. Sie unterscheidet sich von der Anfertigung der ersten, für das Project nothwendigen Anschlägen bloß dadurch, daß man keine Projectionen, ein selbstgeschaffenes, und in unseren Augen vollkommenes Ideal warfiel fort, für dessen Ausführung man die Kosten mit der größten Ängstlichkeit und Sorgfalt berechnet; [3] während man bei der definitiven Abrechnung die nackte Wirklichkeit vor sich hat, welche manchmal so sehr vom ursprünglichen Project abweicht, daß dieses in den ausgeführten Brücken kaum mehr zu erkennen ist. Allein dießhalb ist die auf das Projectiren verwendete Zeit keineswegs verloren: durch den aufmerksamen Vergleich des Projects mit der ausgeführten, vollendeten Loose und mit den Mängeln die man an ersterem und an letzterem bemerkt, lernt man diese bei zukünftigen Entwürfen vermindern, und dadurch einen Entwurf auszufertigen, in welchem alle Verhältnisse welche beim späteren Bau mitwirken können, erkannt, durchdacht und berücksichtigt worden sind.

Dieß ist auch ohnstreitig der schwierigste Theil der Ingenieurkunde: denn leicht ist es mit Zeit und Geld einen gegebenen Entwurf, mag er nun gut und schlecht seyn, auszuführen.

Von großem Nutzen würde es für die genauere Bestimmung der Preise seyn, wenn die Ingenieur-Praktikanten sich die Einsicht in die Rechnungen [4] und Bücher der Akkordanten verschaffen könnten. Jenen ist dieses Recht bei allen Bauten, durch besondere Bedingungen dem ausführenden Baupersonal ausbedungen; allein die Akkordanten weichen derartigen Inspicirungen auf alle mögliche Weise aus, und führen auch meistens ihre Bücher so schlecht, daß mit diesen allein nichts unternommen werden könnte. Es sind daher nur die Abrechnungen von Bauten die in

¹⁰⁶⁰⁾BayHSt OBB 7519

Regie ausgeführt wurden, welche Materialien zur Herstellung genauer Preisverzeichnisse liefern würden.

Mit der definitiven Abrechnung wurde ich in der Mitte des Monats März fertig, hierauf wurde mir noch die Anfertigung des Kostenanschlags über die Mehrarbeiten im XII^{ten} Loos, die Erweiterung des Bahnhofs betreffend, übertragen, was meine letzte Bureau-Arbeit in Hof war.

b) Auswärtige Beschäftigung

Während des Winters hatte ich auch den Transport der, in Schwarzenbach ausgefahrenen und gebohrten, für das XI^{te} & XII^{te} Loos bestimmten 11360 Stück Würfel zu überwachen. [5] Um diesen Transport auf der Bahn selbst bewerkstelligen zu können, hatte man auch worden Winter die Schienen bis an die sächsische Grenze gelangt, indem man dieselben bloß zweimal unterstützte, und zwar am Stoß jedesmal durch eine Schwelle und in der Mitte, je nachdem ob Auf- oder Abtrag war, bald durch eine Schwelle, bald durch 2 Grannitwürfel, welche man ebenfalls auf der Bahn, aus dem VIII^{ten} & IX^{ten} Loos herbeitransportirt hatte.

Bei dem Haupttransport wurden in Schwarzenbach, 16 bis 20 Würfel auf einen Rollwagen geladen, 4 bis 6 solche Wagen zu einem Zug miteinander verbunden, und dann an den Ort ihrer Bestimmung geschoben, wozu jedesmal 2 Pferde, und auch 2 Mann per Wagen nothwendig waren. Auf Horizontalen und auf Steigungen bis zu 1/200 waren diese Mannschaft hinreichend um den Zug im Schritt fortzubewegen; bei der stärkeren Steigung zwischen Alsenberg und Hof (1/100 auf 5500' Länge) ließ man einen Theil der Wagen unten stehen, der dann erst nachgeholt wurde, wenn die erste Hälfte hinauf [6] geschafft worden war. Auf den starken Steigungen im XI^{ten} und XII^{ten} Loos selbst, half man sich leicht dadurch daß man einige Wagen unten im XI^{ten} Loos ablad, und nur den also erleichterten Zug ganz hinauf, in das XII^{ten} Loos zog. Auf diese Weise wurden jede Woche durchschnittlich 4 Fahrten von Schwarzenbach an die sächsische Grenze gemacht.

Der Transport sämmtlicher Würfel war im Ganzen um 16 Xr per Stück verakkordirt worden. Wollte man mittelst obiger Angaben einen Preis für die Transportkosten entwickeln, welche dem Akkordanten wirklich erwachsen sind, so würde man für die wöchentlichen Kosten erhalten:

60 Tagschichten eines Arbeiters	à 36 xr ¹⁰⁶¹⁾ -	36 fl
6 Tag. von 2 Pferden mit Knecht	à 3 fl 30 -	21 fl

Summe

57 fl

Hierfür wurden wöchentlich transportirt 400. Die eigentlichen Transportkosten betragen danach für einen Würfel. Rechnet man hierzu noch für das Aufladen 2 Xr pro Strück, so bleiben¹⁰⁶²⁾ 5,45 xr übrig für Reparaturen Rücksicht, und Nutzen.

Dieß scheint etwas viel zu seyn, [7] namentlich wenn man bedenkt, daß gar keine Kapitalien zur Anschaffung von Werkzeugen, Wagen etc. nothwendig waren, indem die letzteren den Akkordanten von der Bauverwaltung zum Gebrauch überlassen wurden; allein in diesem speziellen Fall haben die Reperaturen auch wirklich große Kosten verursacht.

Es verging selten eine Woche wo nicht ein Rahmenstück oder das Querholz eines Wagens brach; einmal sogar verlor der Akkordant, freilich durch die Unvorsichtigkeit seines Knechtes 2 Pferde. Dieser letztere nämlich hatte sich mit seinen beiden Pferden in der Nähe der Lanitz-Brücke am Fuße einer langen Steigung von 1 auf 100,

¹⁰⁶¹⁾ 60 Kreuzer = 1 Gulden

¹⁰⁶²⁾ von den 16 Xr also 16 Xr - 8,55 Xr - 2 Xr = 5,45 Xr

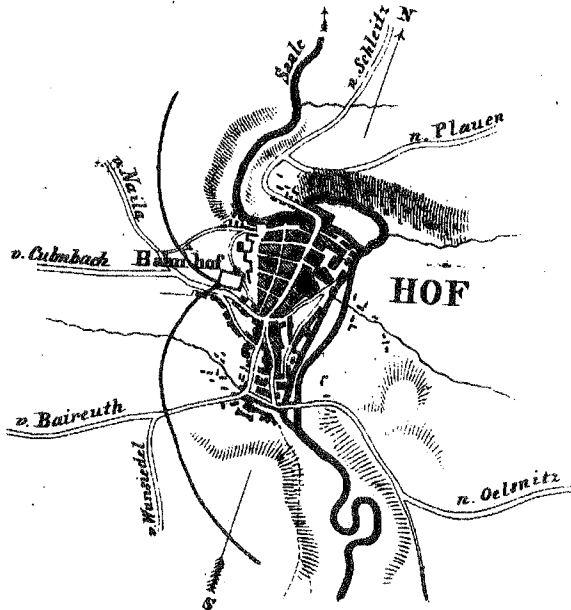
aufgestellt, um die oben herunterkommenden Wagen, welche für gewöhnlich zum stehen gebracht wurden zu erwarten. In der vorhergehenden Nacht aber hatte der Reif- und Frost die Schienen so glatt gemacht daß, trotz allen Bemühens, der Zug zur rechten Zeit nicht mehr aufgehalten werden konnte. Der Knecht, statt die Pferde von diesen herunter zu reißen, ergriff vor den heranrollenden Wagen [8] die Flucht, die armen Pferde wurden von den Wagen bald eingeholt niedergerissen und förmlich zermalmt, das eine wurde von den Rädern bis auf das Rückgrat durchschnitten, und die Beine des anderen, welche sich in die Räder verwickelt hatten beinahe ausgerissen. Die beiden vorderen Wagen wurden aber durch die nicht unbeutende Fleischmasse der beiden über die Schienen geworfenen Pferde, aus dem Geleis gefahren und von den nachstürzenden übrigen Wägen zertrümmert. Der Schaden welchen dieses Unglück dem Akkordanten verursachte, betrug gewiß nicht weniger als 250 bis 300 fl. Der Akkordant selbst gab natürlicher Weise eine noch größere Summe an.

In diesem Jahre wurden auch noch die im Winter projekirte Erweiterung des Bahnhofs (die Mehrarbeiten des XIII^{ten} Looses) ausgeführt. Dieselbe bestand beinahe nur in Erdarbeiten welche nichts bemerkenswertes darboten; und hier verdient daher nur ein alter Brunnen welcher am oberen Ende des Siegmund-Grabens aufgefunden wurde erwähnt zu werden. Die Öffnung desselben lag circa 8' tief unter der jetzigen Oberfläche des Bodens, und war mit einem kreuzförmigen ausgehauenen Stein bedeckt. Der Brunnen selbst war [9] im Innern mit Bruchsteinen ausgemauert, und hatte sich im Laufe der Zeit im oberen Theil bedeutend nach Hof hingezogen, so daß es scheint, als wären die oberen Erdschichten etwas weniger auf der unteren fortgerutscht. In einer Tiefe von 25' fand sich wieder eine kreuzförmig ausgehauene Platte, die früher wahrscheinlich zur Unterstützung einer Pumpe oder irgend einer anderen Schöpfleinrichtung diente, und circa 8' unter dieser zweiten Platte traf man auf den Grund des Brunnens der übrigens vollkommen trocken war. Die Geschichtsforscher von Hof und seiner Umgebung glauben, daß früher die Siegmund Kapelle, welche im dreißig jährigen Krieg zerstört wurde hier stand; die kreuzförmige Gestalt der Decksteine, und auch der Umstand, daß man im Mittelalter sehr oft in der Nähe von Brunnen Kapellen zu errichten pflegte, schienen darauf hinzudeuten. Für den Techniker ist dieser Brunnen in so fern von Interesse, als er unwillkürlich zur Frage hingetrieben wird: Woher kommt es, daß vor 300 Jahren hier Wasser gefunden wurde, während jetzt dieser [10] Brunnen trocken liegt, und unten darum in einer Tiefe von 60' kein Tropfen, und in 110' Tiefe nur sehr wenig Wasser gefunden wurde?

Eine Antwort ist nicht schwer; es kommt von der verderblichen Austrocknung aller Wälder her. Der Bahnhof in Hof liegt am Abhang eines ziemlich langen und hohen Bergzuges, dessen Rücken jetzt nackt, kahl und halb öde daliegt, während er früher dicht mit Wald bewachsen war. Aber in der Nähe der Wälder ist nicht nur die Atmosphäre an und für sich schon viel feuchter, sondern sie hindern auch das Regenwasser rasch abzulaufen, sie zwingen es in das innere der Erde einzudringen, und zwischen den oberen Erd- und den unteren wasserdichten Felsschichten durchzusickern, wo es dann allmählich in Brunnen gesammelt werden kann. Jetzt läuft das Regenwasser von den Holz- und Vegetationsarmen Flächen rasch ab, indem es in der ersten muldenförmigen Vertiefung des Geländes herabströmt, und den oberen Humusboden nach obendrein mit sich fortreißt; in das Innere der Erde dringt kein Wasser mehr, und 14 warme Sonnentage reichen hin [11] alles ab- und auszutrocknen, Wo sollte jetzt noch Wasser für Ziehbrunnen herkommen.

In der Mitte Juni, nachdem die Arbeiten welche ich in Hof zu beaufsichtigen hatte vollendet waren, wurde ich von der Kgl. Eisenbahnbau-Commission nach München einberufen.

Die Arbeiten womit ich hier während des übrigen Theiles des Jahres beschäftigt wurde, waren das Berechnen und Zeichnen verschiedener Spurpläne von Bahnhöfen und Stationsplätzen. Unter unseren war der Spurplan des Bahnhofs zu Hof unstreitig der verwickelteste und schwierigste, dafür aber auch bei weitem der lehrreichste.



[Plan von Hof mit Bahnlinie (dünne einfache schwarze Linie)¹⁰⁶³⁾

Der Bahnhof zu Hof bildet eine sogenannte Kopfstation, bei welcher die Bahnaxe eine wiederkehrende Curve bildet: Örtliche Verhältnisse gestatteten es nun nicht den Bahnhof in der Richtung seiner Hauptaxe die gehörige Entwicklung zu geben, und man war genötigt unmittelbar von der Einsteighalle, mit einem Bogen von 540' Halbmesser links nach Bayern und mit 1460' Halbmesser rechts nach Sachsen abzulenken. Die Schwierigkeit der Aufgabe war nun [12] die große Zahl der, bei jedem bedeutenderem Bahnhofe nothwendig Verbindungsspuren und Weichen, so zu bestimmen, daß alle Bogen sich nur unter gegebenen Winkeln (deren Tangenten entweder = od. od. sind) kreuzen, und keiner einer Krümmungshalbmesser unter 500' erhalte. Die Aufgaben welche hierbei am häufigsten gelöst werden mußten, waren die folgenden:

- 1.) Einen Kreisbogen zu finden, der eine gerade Linie an einem gegebenen Punkt berührt, und dabei einen anderen Kreisbogen unter einem bestimmten Winkel schneidet.
- 2.) Einen Kreisbogen zu finden, der einen anderen Kreis und eine gegebene Gerade

¹⁰⁶³⁾Bauernfeind [1845], Ausschnitt aus Blatt 4

berührt und dabei eine zweite gegebene Gerade unter einem bestimmten Winkel schneidet.

3.) Es sind zwei gegebene Geraden durch einen Kreisbogen mit einander zu verbinden, der sich einem anderen gegebenen Kreis bis auf eine bestimmte Entfernung nähert.

4.) Es sind zwei bestimmte Punkte in zwei gegebenen Geraden, durch zwei gegebene Geraden, durch zwei Kreisbögen so miteinander zu verbinden, das beide Kreisbögen gleiche Halbmesser erhalten. [13]

5.) Es ist der Ort zu bestimmen, an welchem zwei sich berührende Kreisbögen, um eine bestimmte Größe von einander entfernt sind.

Während der Monate September und August hatte ich Urlaub erhalten um meine Verwandten in der Pfalz zu besuchen; den Weg dafür wählte ich längs der Eisenbahnlinie über Lindau durch die Schweiz und durch das Elsaß über Straßburg nach Speyer. Obgleich diese Reise gerade keinen technischen Grund hatte, so war es mir dennoch unmöglich die Augen vor den Bauten, denen ich unter Wegs begegnete zu verschließen; ich erlaube mir daher, das bemerkenswerteste das ich sah, hier kurz anzufügen.

Vor allem verdient der Straßenbau in der Schweiz hervorgehoben zu werden, der hier wirklich einen hohen Grad der Ausbildung erreicht hat. Ja einem so reichen und bevölkerten Land als die Schweiz es ist, sind Straßen und Wege nach allen Richtungen hier ebenso sehr ein Bedürfnis als in irgend einem anderen Land; aber auch schwerer als irgend wo anders ist es zu befriedigen: denn wohin man bauen will treten einem überall colossale Gebirge in den Weg. Daher kommt es aber auch daß hier [14] der Straßenbau mit aller möglichen Sorgfalt betrieben wird, und man ihm die besten Kräfte des Landes zuwendet. Man sieht es daß bei vielen Straßen die horizontale und vertikale Projection, mit ebenso vielem Fleiße ausgearbeitet wurde als bei uns die der Eisenbahnen. Dabei trifft man häufig großartige Kunstbauten, welche nach allen Regeln der Kunst ausgeführt sind.

Die schönsten Straßen welche ich beging, sind die folgenden:

Die Straße von St. Gallen über Rohrschach nach Altstätten, (die dann weiter nach Chur fortgesetzt wird). Der interessanteste Theil dieser Straße ist der von St. Gallen nach Rohrschach. Die Straße fällt hier fortwährend um zum Bodensee hinab zu kommen; dieses Gefäll ist aber so gleichförmig verteilt daß es meistens 3 % hat, aber nie 5 % übersteigt. Eine halbe Stunde vor Rohrschach trifft man einen aus Backsteinen erbauten und aus einer einzigen Oeffnung von circa 42' Spannweite und 70' lichter Höhe bestehenden Viaduct, mittelst dessen die Straße über einen tief eingeschnittenen Bach, einen sogenannten Tobel setzt.

Ferner hat diese Straße unmittelbar [15] hinter Rohrschach 7' bis 15' hohe und beinahe eine halbe Stunde lange Stützmauern, die übrigens vom Bodensee nicht so sehr angegriffen wurden, indem dieser überall Kies und Geröll absetzt, nirgends aber Ufer unterspült.

Endlich traf ich noch auf dieser Straße bei der Werkenberger Mühle zwei, wahrscheinlich von dem dortigen Müller erbaute, halbkreisförmige Brückchen von 10' Spannweite, welche zwar senkrecht gewölbt, aber unter einem Winkel von 20° an beiden Enden schief abgeschnitten waren. Obgleich nun diese Ausführung keine Kunstgerechte genannt werden kann; so war dennoch für mich, das bloße daseyn, und der Umstand, daß sie überhaupt halten, von Interesse.

Die Straße von Altstätten nach St. Gallen. Diese Straße mußte über einen ziemlich hohen Gebirgszug, dessen höchster Punct der Gäbris ist geführt werden, und zeichnet sich durch die Sorgfalt aus mit welcher ihre Projectionen bestimmt wurden; in allen möglichen Rampen und Windungen zieht sie sich auf die Wasserscheide hinauf, ohne jemals mehr als 8 % Gefäll anzunehmen. [16]

Die Gotthardts Straße von Atdorf nach Hospital.

Lange ehe ich daran dachte in die Schweiz zu reisen, hatte ich schon viel von diesem Meisterwerk Napoleon's gelesen, und mit den größten Erwartungen betrat ich das Reuss Thal; aber ich muß gestehen diese Erwartungen wurden noch bei weitem übertroffen. Die Kunstbauten dieser Straße scheinen in demselben großartigen Maaßstab entworfen worden zu seyn, welchen die Natur ihren Schöpfungen hier zu Grunde legte. Doch ich will es nicht wagen diese Wunder hier beschreiben zu wollen; geschickte andere haben es schon versucht, und ihre Versuche galten nur so lange für gelungen, als man keine Gelegenheit hatte dieselben mit der Wirklichkeit zu vergleichen. Zudem paßt auch so etwas durchaus nicht in den trockenen Jahresbericht eines Ingenieur-Praktikanten.

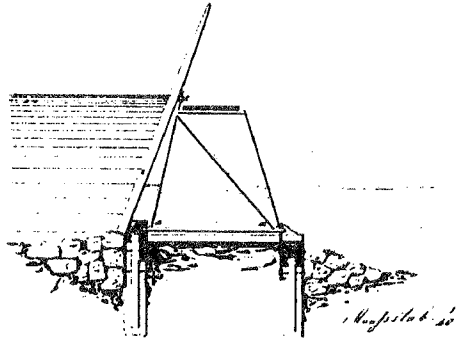
Auf allen Straßen in der Schweiz trifft man viele gedeckte Brücken, welche mit wahrer Holzverschwendung erbaut sind, und dennoch niemals halten, denn die meisten sind zwei bis dreimal in der Mitte unterstützt, und viele mußten schon wieder abgetragen werden. Eine gewisse Abneigung gegen jede [17] hölzerne Brückenconstruction hatte [ich] bereits mitgebracht, und diese wurde jedenfalls bei dem Anblick einer dem Einsturz nahen hölzernen gedeckten Brücke, noch vergrößert. Wie ganz anders ist der Eindruck den die eisernen Carrousel Brücken in Straßburg hervorbringen. Als ich im Jahre 1841 dort war wurden gerade diese beiden Brücken (von der genaue Beschreibungen und Abbildungen in der Förster'schen Bauzeitung¹⁰⁶⁴) zu finden sind) fundirt; sie liegen beide in den lebhaftesten Theilen der Stadt, wo der Verkehr äußerst stark ist, und dennoch ist nichts zu bemerken das darauf hindeutet daß diese Brücken gelitten haben könnten; sie stehen noch da als wären sie von Stein, und fordern alle Ingenieure, welche sie betrachten auf, dem schlechten verfallendem Holz, da wo keine Steine zu haben sind, Eisen zu substituiren.

Schließlich muß ich noch eine für den Ingenieur sehr interessantes Bauwerk erwähnen; es ist der Dampfschiffahrts-Kanal, welcher die Ill bei Straßburg mit dem Rhein verbindet. Er ist nur eine halbe Stunde lang, aber auf dieser kurzen Strecke, und namentlich im oberen Theile desselben, sind die verschiedenartigsten Kunstbauten zusammengedrängt. [18] An der Stelle wo der Kanal beginnt, und sein Wasser aus der Ill empfängt, befindet sich in der letztern bewegliches Wehr (barrage mobile) welches bei niedrigen Wasserstand aufgerichtet wird um das Wasser zu zwingen in den Kanal einzutreten, und um die Ill selbst so hoch zu stauen, daß dieselbe mit Dampfschiffen befahren werden kann.

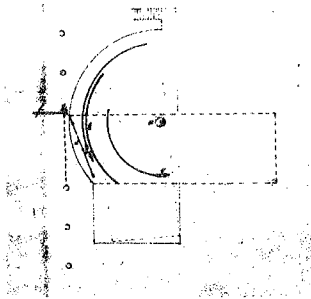
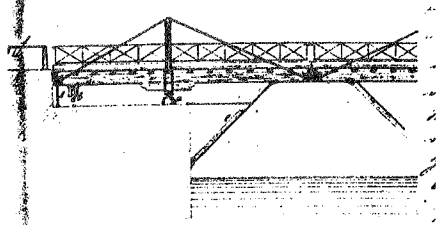
Dasselbe besteht aus einer Reihe von eisernen Rahmen (siehe die beistehende Skizze) welche circa 4 bis 6' weit auseinander stehen und um ihre Basis aa drehbar sind, so daß sie hinter den Holm b niedergelegt werden können. Zum Aufziehen der Rahmen dienen Ketten, womit jeder derselben an dem vorhergehenden Rahmen befestigt ist. Sobald einer derselben mittelst der Kette aufgezoogen ist, so wird die eiserne Schiene aufgelegt, welche die Rahmen in ihrer verticalen Lage erhält, und

¹⁰⁶⁴Allg. Bau.

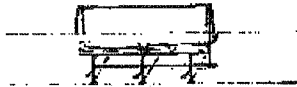
welche den Wehrhölzern zur Unterstützung dient. Sind auf diese Weise alle Rahmen aufgezo- gen, so braucht man nur noch die Wehrhölzer einzustellen, und das Wehr ist fertig.



Unmittelbar oberhalb des Wehrs steht eine Drahtbrücke von 200' Spannweite. Geht man nun von da längs am Kanal hinunter so begegnet man noch einigen Schleu- ßen, einer Zugbrücke, und einer Drehbrücke. Von diesen Objecten will ich übrigens nur die Drehbrücke [19] etwas genauer beschreiben, indem die übrigen Bauwerke nichts bemerkenswertes darbieten.



Diese Drehbrücke zeichnet sich vor den mir bis jetzt bekannten Drehbrücken, durch ihre Einfachheit und dadurch aus, daß dieselbe 2 drehbare Flügel hat. So daß es möglich war, mit derselben den an dieser Stelle 40' weiten Kanal zu überbrücken. Statt auf einem, bei Drehscheiben und Drehbrücken meistens üblichen Rollenkranz, ruht diese Brücke während des Drehens auf dem Zapfen a und auf zwei Rädern b & c. Diese drei Punkte sind so nahe als möglich am Rande der Brücke angebracht, und bieten auf diese Weise eine viel bessere Unterstützung dar als der Rollenkranz.



Das Emporheben des Rades b, wodurch zu gleicher Zeit die Brücke auf die Streben e niedergelassen wird, geschieht auf eine sinnreiche Weise dadurch, daß die Wegschränke f geöffnet wird, indem diese zu gleicher Zeit die Axe des Ständers g dreht, welche ihrerseits durch einen Winkelhebel so mit den Stelzen d verbunden ist, daß diese durch die Drehung aus der geneigten Lage (welche auf der nebenstehenden Skizze durch punctirte Linien angedeutet ist) in die senkrechte Lage gebracht werden, wo sie dann den hinteren Theil der um 6'' in die Höhe geschobenen [20] Brücke, ganz allein tragen.

Zur Drehung der Brücke gehört die gezahnte Stange h, welche einen, in rechten Winke gebogenen Hubeisen, das am äußersten Balken der Brücke angestemmt wird, zum Anhalten dient.

Hiermit hätte der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete das wichtigste das ihm im verflorbenen Jahre begegnet ist, und das sehenswertheste das er zu sagen Gelegenheit hatte in möglichst gedrängter Kürze berichtet.

In tiefster Ehrfurcht verharrt

Einer

Königlichen Obersten Baubehörde

unterthänigst gehorsamster

K. Culmann

Ing. Prakt.

A.2.f Culmanns Reiseantrag und Paulis Empfehlungsschreiben¹⁰⁶⁵⁾

Culmanns Reiseantrag
 Unterthänigste Bitte des
 Ingenieur-Praktikanten
 Culmann um ein Reise-
 Stipendium und um Urlaub.

Seit acht Jahren war der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete im Dienst der Koeniglichen Eisenbahnbau-Commission beim Eisenbahnbau verwendet, und hatte während dieser Zeit Gelegenheit großartige Bauten unter seinen Augen entstehen zu sehen, und die Ausführung einiger derselben auch selbst zu leiten; da jedoch die Kenntniß der Bauten eines einzigen Landes, bei welchen immer ein gewisser, durch örtliche Verhältnisse gebotener Grundcharacter der Formen und Constructionen vorherrscht, nie vor einer gewissen Einseitigkeit bewahren kann: so wünscht derselbe nun sich zu seiner fernern Ausbildung, die Eisenbahnbauten der anderen Länd-er, namentlich der Frankreichs, Belgiens, England, und wo möglich auch Nordamer-icas kennen zu lernen. [2] Obgleich nun der unterthänigst gehorsamst Unterzeich-nete einige Privatmittel besitzt, so reichen dieselben dennoch nicht hin, eine Reise von solcher Ausdehnung machen zu können. Und doch muß man Zeit und Mittel haben den Eisenbahnbau in den verschiedenen Ländern, und unter den verschied-enartigsten Umständen an Ort und Stelle selbst studiren, und mit Bauten die man selbst ausgeführt hat, vergleichen zu können, wenn das Reisen überhaupt einen Vortheil gewähren soll.

Der gehorsamst Unterzeichnete wagt daher die allerunterthänigste Bitte:

Eure Königliche Majestät wolle demselben eine mit dem 15ten April dieses Jah-res beginnenden, anderthalbjährigen Urlaub, und etatmäßig für Baupraktikanten ausgeworfene Reisestipendium bewilligen.

Der Reiseplan den der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete vorläufig entworfen hat ist folgender:

Über Frankfurt und Cöln auf die Belgischen Eisenbahnen; dann über Ostende nach London. [3] In London so wie überhaupt in England Aufenthalt von vier bis fünf Mo-naten. Von London auf der Great Western Eisenbahn nach Bristol, dann über Wor-cester und Birmingham Liverpool. Von da über Sheffield & Leeds in den nördlichen Theil von England, um in der Gegend von Newcastle die berühmtesten Kohlenberg-werke Englands zu sehen. Dann wieder zurück nach Liverpool und den Dee-Fluß entlang nach der Insel Anglesey, berühmt durch die großen eisernen Brük-ken, die sie mit dem Festland verbinden. Von Holyhead nach "Grenze, sächsische hinüber um die Kingstown-Dalkey Eisenbahn zu sehen. Reichen nun die Mittel hin, so wird der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete, sich von hier aus nach Ameri-ka überschiffen lassen, wenn nicht, so wird er sich nach Frankreich übersetzen las-sen. In Paris Aufenthalt von einigen Monaten um die neuesten technischen techni-sche Werke studiren und die hier ausmündenen Eisenbahnen befahren zu können. Von da auf der Südeisenbahn nach Orleans, Limoges, und weiter nach Bordeaux, um an den Ufern der Dordogne die schönen Brücken und Kanalbauten zu sehen. [4] Dann herüber in das Rhone Thal nach Marseille, St. Etienne, Lyon dann über Cha-lon s./S. nach Besançon an den Kanal Mosieur [?], der den gehorsamst Unterzeich-neten zurück an den deutschen Rhein führen wird.

In der Hoffnung Eure Königliche M. werden die obigen Mittel gewähren, erstirbt in allerhöchster Ehrfurcht Eurer Königliche Majestät München, den 2^{ten} März 1849

¹⁰⁶⁵⁾ BayHSt OBB 7519

Paulis Empfehlungsschreiben zu Culmanns Reiseantrag¹⁰⁶⁶⁾München, den 4^{ten} Maerz 1849
Geschäfts N° 2723

Betreff:

Die Bitte des Bau-Praktikanten
Carl Culmann um ein Reise-
Stipendium und Urlaub.

Mit 2 Beilagen.

Zum Koeniglichen Staats-Ministerium
des Handels & der oeffentlichen ArbeitenDer Bau-Praktikant Karl¹⁰⁶⁷⁾ Culmann aus Berg-
zabern hat uns die in duplo allerunterthänigst hier anver-
wahrete Vorstellung mit der Bitte übergeben, dieselbe
Euer Koeniglichen Majestaet vorzulegen.

Derselbe stellt darin die Bitte um allergnädigste Verleihung eines Reiset stipendiums und um Urlaub zu einer Reise nach Belgien, Frankreich, England und - insofern seine Mittel ausreichen - nach Amerika, um die wichtigsten Bau-Anlagen namentlich bei den Eisenbahnen zu studiren.

Als Zeit, welche Culmann hierauf zu verwenden beabsichtigt, bezeichnet derselbe 1 1/2 Jahre vom 15. April d. J. angefangen.

Wir halten uns verpflichtet, dieses Doppelgesuch Euer Koeniglichen Majestaet dringend zur allergnädigsten Berücksichtigung zu empfehlen. Denn ist jemand vorbereitet eine solche Reise mit Nutzen zu machen, so dürfte es Culmann seyn. Seit dem 21. August 1841 ist derselbe bei dem Eisenbahnbau beschäftigt, hat alle Stadien desselben, von den ersten Vermaßungen zu generellen Bestimmungen einer Linie, bis zur gänzlichen Vollendung durchgemacht, hat in den Jahren 1845/48 die spezielle Aufsicht über die 5 schwierigen Loose der Section Hof von Moschendorf bis zur Reichsgrenze in einer Längenausdehnung von 4 1/4 Stunden geführt, und sich dabei nach den Euer Koeniglichen Majestaet vorliegenden Qualifikationslisten stets durch unermüdlichen Eifer, strenge Pünktlichkeit und große Gewandheit ausgezeichnet, so gehört Culman offenbar zu den begabtesten Bau-Praktikanten. Wir können weiter beifügen, daß derselbe sich schon seit längerer Zeit zu einer solchen Reise vorbereitet, und zu dem Ende während seines Hierseins die Erlernung der englischen Sprache obgelegen ist, die er so ziemlich geläufig spricht.

Auch ist derselbe gesonnen, eine nicht unbeträchtliche Summe aus seinen Privatmitteln auf diese Reise zu verwenden, was wohl auch eine Berücksichtigung verdienen dürfte.

Euer
Koeniglichen Majestaet
alleruntertänigst treuehormsamste
Eisenbahnbau Kommission
Pauli

¹⁰⁶⁶⁾BayHst OBB 7519¹⁰⁶⁷⁾Variatio delectat.

A.2.g Übergabe von Plänen, Karten etc. an die Oberste Baubehörde nach Culmanns Rückkehr¹⁰⁶⁸⁾

München, am 11. Februar 1851

Betreff:

Die gesammelten Pläne, Karten und Reisebeschreibungen, so wie der Reisebericht selbst des Ingenieur-Pract. Culmann

In Folge der Empfehlungsbriefe, welche der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete vor seiner Abreise im Jahre 1849 durch die Vermittlung des Grafen von Bray damals Kgl. Staats-Minister des Kgl. Hauses und des Auswärtigen und durch die des Herrn Oberbaurathes von Pauli, Vorstand der Kgl. Eisenbahnbau-Commission, erhielt, wurde derselbe nicht nur überall auf das zuvorkommendste empfangen und behandelt, sondern er wurde auch als abgesandt von Eurer Königlichen Majestät, von der Regierung der Nordamerikanischen Freistaaten, mit werthvollen Karten, Plänen und Berichten über [2] Entdeckungsreisen in das Innere von Amerika beschenkt.

Da dieselben gerade nicht technischer Natur sind, daher in dem Reisebericht des unterthänigst gehorsamst Unterzeichneten bloß kurz erwähnt zu werden brauchen, dieser aber vor einigen Monaten nicht zur Vorlage bereit seyn wird: so hält er es für seine Pflicht, diese Gegenstände jetzt schon Eurer Königlichen Majestät vorzulegen. Sie bestehen in:

28 Blätter, von der Küstenvermessung angefertigter Seekarten mit umfassenden Sonden längs der Küste hin.

14 Blätter Windkarten, welche vom Herrn Lieutenant Maury, dem Direktor der Sternwarte zu Washington ausgearbeitet wurden, um die herrschenden Windrichtungen auf dem atlantischen Ocean bildlich darzustellen.

Der Bericht des Hauptmanns Fremont über seine erste und zweite Entdeckungsreise in die Felsengebirge, nach Oregon und nach Nord Californien in den Jahren 1843-44.

Notizen über eine militärische Recognoscirung vom Fort [3] Leoverworth in Missouri nach San Diego in Californien mit Einschluß einiger Theile der Flüsse Arkansas, Del-Norte und Gila von Major W. [?]. Emory.

Bericht des Lieutenant Abert über seine Forschungen in Neu Mexico.

Die Seekarten erhielt der unterthänigst gehorsamst Unterzeichnete von dem Direktor der Küstenvermessung Herrn A. Dallas Backe, die Windkarten von Lt. Maury selbst, und die Reisebeschreibungen vom [?] Oberst Abert, hierfür und für die übrigen dem unterthänigst gehorsamst Unterzeichneten erwiesenen Gefälligkeiten, den verbindlichsten Dank von Seite der Kgl. Bayerische Staats-Regierung, in einem Briefe an diese Herren ausdrücken zu dürfen, werden sicherlich Eure Königliche Majestät zu gestatten geruhen.

Endlich bittet noch der Unterzeichnete unterthänigst gehorsamst um die Erlaubniß die für Ingenieure besonders interessante Theile seines [4] eigenen Berichts, noch vor der Überreichung desselben, der Oeffentlichkeit übergeben zu dürfen. Bayerische Zustände und Verhältnisse wurden in derselben durchaus nicht berührt.

In tiefster Ehrfurcht erstirbt

Eurer Königlichen Majestät
unterthänigst gehorsamster
Ingenieur-Praktikant
K. Culmann

A.3 Brief Culmanns an Bauernfeind zum Schweizer Schulsystem¹⁰⁶⁹⁾

Abschrift

Fluntern bei Zürich den 12. Oktober 1866

Herrn Professor D^r Bauernfeind in München

Lieber Freund!

Vor allem meine Entschuldigung daß ich dich solange auf deinen lieben Brief vom 14. IX habe warten lassen; es hat mich aber das Sammeln des Materials einige Zeit gekostet, und dieser Brief wird auch nicht in 2 oder 3 Tagen vollendet sein, wenn ich die Schulverhältnisse auch nur kurz so besprechen soll, daß man ohne alle beiliegenden Schriften zu lesen, aus ihm einen Begriff von der Organisation der Schulen erhalten [kann.] Ich glaube mich auf den Kanton Zürich beschränken zu dürfen, weil in diesem die Schulen ausgezeichnet gut organisirt, und weil ich auch diese Organisation am besten kenne. Der Kanton Zürich mit 266 551 Einwohnern besitzt

Volksschule.

Allgemeine Volksschulen; Orts- oder Primarschulen.

366 Schulen	Elementarschule	3 Jahre (: 6 ^{tes} Altersjahr:)
26 009 Schüler	Realschule	3 Jahre
9702 Schüler + 2859 Singschüler ältere Personen	Ergänzungsschule	3 Jahre (:obligatorisch für die welche keine höheren Studien machen:)
	58 Schulen	
	1988 Kat.	Höhere Volksschulen, Bezirks- oder Secundarschulen
	763 Md. ¹⁰⁷⁰⁾	(:3 Jahre:)(:12 ^{tes} Altersjahr:)
2.) Kantons (:Zürich:) oder Stadt (:Winterthur:) Schulen.		
(: 183 Gymn. 412 Ind. :) (:75 Gymn. 276 Ind.:)		

unteres	Industrieschulen
Gymnasium	3 1/2 Jahre (: 14. Altersjahr:)
oberes	Das Polytechnikum (:689)
(:200:) Die Hochschule	Eidgenoessisch.

Privatschulen, Pensionen sind hier nicht mitgezählt.

NB. Die Zahlen konnte ich mir erst nachträglich verschaffen, beziehen sich auf 1865/66. der ob. Curs der Secund. u. der untere der Industrieschule sind identisch.

Summe der Jahre 3 El. + 3 Real + 2 Sec. + 3½ Ind. = 11½ bis Poly[2]

Für Mädchen sind 2 Secundarschulen unter dem Namen Töchtertschulen vorhanden. An der Universität (: Hochschule :) studirten 2 Damen im letzten Jahre; außerdem hat Lausanne eine école supérieure für Damen, die vorzüglichlicherweise von zukünftigen Gouvernanten besucht wird.

¹⁰⁶⁹⁾ BayHStA. MK 19554

¹⁰⁷⁰⁾ Mädchen

Ueber die Züricher Schulen schicke ich dir die folgenden Schriften:

- 1.) Gesetz über das gesammte Unterrichtswesen des Kantons Zürich,
- 2.) Beantragte Änderungen; sie werden gerade jetzt im großen Rath berathen,
- 3.) Lehrplan der Primar- und der Secundarschule
- 4.) Regelment für die Kantonsschulen
(:Gymnasium und Industrieschul :)
- 5.) Lehrplan des Gymnasiums,
- 6.) Programm der Kantonsschule,
- 7.) Budgetentwürfe und Berichte über die polytechnische Schule,
- 8.) Bericht des Schulrathes über das neue Regelment,
- 9.) Das Regelment der Schule,
- 10.) Bedingungen der Aufnahme,
- 11.) Jahresberichte von 1864,
- 12.) " " 1865
- 13.) Programm 1866/67

Aus N° 1 und 2 wirst du erfahren, daß die Industrieschule sich gegenwärtig in einem Übergangsstadium befindet: in Folge der verbesserten Secundarschulen ist die untere Industrie - Schule überflüssig geworden; s. N° 2, S. 14 und 15. Die Gründe finden sich N° 2, S. 17 zusammengestellt.

Secundarschulen

Die Secundarschulen des Kantons sind also die ersten Verbindungs-Anstalten für das Polytechnikum; sie entsprechen, was Höhe des Unterrichts anbelangt den deutschen Progymnasien. Es wird kein Latein mehr an denselben gelehrt, an dessen Stelle ist das Französische getreten, in Arithmetik, Geometrie in Naturkunde und im [3] Zeichnen N° 3 S. 45 geht man sehr entschieden viel weiter als am Realgymnasium.

Wenn man diese Verhältnisse mit den unsrigen vergleicht, so kann man diese Secundarschulen technische Progymnasien oder Realgymnasien nenne, durch sie ist nicht das untere Gymnasium wohl aber die ehemalige untere Industrieschule überflüssig geworden. Es besitzt also der Kanton Zürich [56¹⁰⁷¹⁾] Real und nur 2 Sprachprogymnasien. Des weitern nicht alle, welche die Secundarschule verlassen treten in die Industrieschule und später in das Polytechnikum [ein]. Dagegen beabsichtigen beinahe alle, welche das untere Gymnasium verlassen, später die Hochschule zu besuchen. Es geht hieraus hervor, daß alle jene Handwerker, Oeconomen etc. die ihren Kindern etwas mehr als den gewöhnlichen Elementar- und Realunterricht angedeihen lassen wollen, vielmehr das Bedürfnis nach der franz[ösischen] Sprache, der Mathematik und der Naturgeschichte als nach Latein und dem Griechischen fühlen; denn sonst hätten sich hier in der Schweiz, wo alles sich frei entwickeln kann, die Secundarschulen sich vielmehr den unteren Gymnasien als der unteren Industrieschule nachgebildet. Die Secundarschulen leisten auch als Töchterschulen so ausgezeichnete Dienste, daß die Mädchenpensionen gar nicht so aufkommen können als wie in der westlichen Schweiz. Es ist dieß jedenfalls als ein großer Vortheil zu betrachten, denn die Töchterschulen werden von viel mehr Mädchen besucht und verbreiten daher bei gleicher Höhe des Unterrichts viel mehr Licht als Privatpensionen.

Classen u. Mit der Secundarschule hört der eigentliche Volksunterricht auf und es

¹⁰⁷¹⁾Zahl fehlt im Text, auf Grund von Tabelle S. 1 ergänzt . BM

Fachlehrer. beginnt der höhere Unterricht [4]an der (: oberen :) Industrieschule, der sich von jenen wesentlich dadurch unterscheidet daß dort der Unterricht von Klassen- hier von Fachlehrern ertheilt wird. Es wird schon eine gewisse wissenschaftliche Tüchtigkeit verlangt, welche von einem und demselben Manne nicht mehr nach allen Richtungen hin verlangt werden kann. Der Volksunterricht muß gleichmäßig über das ganze Land vertheilt sein, es wird also Schulen mit wenig Schülern geben, an denen schon aus materiellen Gründen nur ganz wenig Lehrer angestellt werden können, sie müssen Classenlehrer sein. Beim Classenlehrer tritt das pädagogische Talent beim Fachlehrer die wissenschaftliche Tüchtigkeit in den Vordergrund. Wenn man an Gymnasien noch Classenlehrer findet, während die obere Industrieschule Zürich Fachlehrer hat, so folgt daß die Wissenschaftlichkeit des Unterrichts an diesen jedenfalls nicht tiefer sondern eher höher als an jenen steht.

Industrie
schulen. Die (:obere:) Industrieschule entspricht ganz einem Realgymnasium, es bereitet für das Polytechnikum vor, wie das Gymnasium für die Universität. Mittelst N° 4 und 5 wirst du ganz die Organisation übersehen können. Einen Lehrplan konnte ich nur vom Gymnasium N° 5, nicht von der Industrieschule erhalten, weil in Erwartung der demnächst vor sich gehenden Änderungen keiner mehr für letztere gedruckt worden.

Trennung
der Studien-
richtungen. Auf folgende Eigenthümlichkeit mache ich aufmerksam: Während man anderwärts noch erwägt, ob es nicht zweckmäßig sei, erst nach dem Gymnasialabsolutorium mit der Trennung der Studienrichtungen zu beginnen; beginnt hier die Trennung nicht allein schon bei dem Eintritt [5] in das untere Gymnasium und in die Secundarschule, sondern es wird¹⁰⁷²⁾ auch schon vorher an der oberen Industrieschule (: N° 6 S. 11¹⁰⁷³⁾ :) nach 3 Richtungen nach der a) mechanisch technischen b) chemisch-technischen und c) der kaufmännischen statt. Nur mit diesem System sind solche Erfolge erzielt worden, daß alle anderen technischen Anstalten überflügelt wurden.

Das Poly-
technikum. Ich wäre nun am Polytechnikum angelangt. Aus No 10 der Prüfungsbedingungen wirst du am besten ersehen wie weit die Realschüler gehen müssen, wenn sie [sich] für das Polytechnikum vorbereiten wollen. Ob bei dem einzelnen Schüler die verlangten Kenntnisse vorhanden sind oder nicht wird in der Regel durch die Aufnahmeprüfung aestestirt. N° 10 Art. 7 sagt wann ein Erlaß von diesen Prüfungen stattfinden kann. Der Schulrath steht mit einigen Kantonsschulen in einem Vertragsverhältniß, er schickt einen Commissionär zur Abgangsprüfung und nimmt dann diejenigen als Schüler, welche das Maturitätszeugniß erhalten ohne Prüfung auf. Privatanstalten, welche um dieselbe Bedingung nachsuchten, wurden abgewiesen. Auf Grund von N° 10 Art. 8 werden Schüler von preußischen Realgymnasien, welche das Maturitätszeugniß beibringen, und solche von österreichischen, welche mit der Note I mit Vorzug entlassen wurden, ohne Aufnahmeprüfung aufgenommen. Desgleichen Bayern, welche mit guten Noten den I. Curs einer polytechnischen Schule noch durchgemacht haben. Das Verfahren richtet sich einzig und allein nach der Bildung, welche erfahrungsgemäß solche Schüler mitbringen. Uebrigens wird man jedes Jahr strenger bei den Aufnahmeprüfungen. N° 10

¹⁰⁷²⁾Konstruktion unklar statt "es wird" könnte "sie findet" stehen. BM

¹⁰⁷³⁾oder S. 1. BM

- wird eben auch neu redigirt. [6]
- Hoehe des Unterrichts. Aus dem Program No 13 wirst du ersehen, daß das Polytechnikum eine vollständige mathematisch naturwissenschaftliche Fakultät ist, an der auch noch Astronomie und Geodäsie gelehrt wird. Nur an Universitäten Berlin, Königsberg und Göttingen werden diese Wissenschaften gleich vollständig vorgetragen; angehende Lehrer für Wissenschaften die sogenannten Lehramts-Candidaten finden daher hier (: N° 8 S. 7:) Gelegenheit, sich nach den verschiedensten Richtungen hin auszubilden und ich suche vorzugsweise in dieser wissenschaftlichen Vollständigkeit und Höhe den Hauptgrund des raschen und nachhaltigen Gedeihens der Anstalt. Sie und die polytechnische Schule zu Paris sind die einzigen technischen Anstalten in Europa, an denen Mathematik und Naturwissenschaften ebenso hoch und höher als an Universitäten gehalten werden. Von diesem einen Grund ist aber auch der eidgenössische Schulrath so sehr überzeugt, daß sein Präsident keine Mühe und keine Opfer scheut, wenn es sich bei Besetzung neuer Stellen um das Heranziehen der tüchtigsten Männer, die in dem Fach überhaupt vorhanden sind, handelt.
- Wahl der Professoren. Die Professoren werden auf Antrag des Schulraths vom Bundesrath angestellt. Es ist mir nicht bekannt, daß dieser einen Vorschlag des ersten nicht bekräftigt hätte. Im Schulrath eben liegt alles in der Hand des Präsidenten, der hier als solcher angestellt ist, während die übrigen Schulrathsmitglieder nur einigemal jährlich zu einer Sitzung eingeladen werden, und dann natürlich nicht so als wie der Herr Präsident mit den Persönlichkeiten, um die es sich handelt bekannt sind. Vor allem sucht nun der H. Präsident [7] durch Nachfragen tüchtige Männer kennen zu lernen und auch dadurch, daß er die Professoren, welche in dem betreffenden Fach ein competentes Urtheil haben können, zu einer Besprechung einladet und nun eine Beurtheilung aller derjenigen, die sich in dem Fach ausgezeichnet haben, einerlei ob sie sich nach dem Ausschreiben der Stelle gemeldet oder nicht gemeldet haben, veranlaßt. Die Zahl derjenigen welche nach dieser Besprechung würdig erschienen berufen zu werden, ist immer sehr gering, 3 bis 4, und doch werden weder Religion noch Nationalität noch politische Gesinnung auch nur im mindesten in Berücksichtigung gezogen; man kennt ja meistens diese Verhältnisse gar nicht, indem die in Frage stehenden Männer sich durch schriftstellerische, wissenschaftlich oder praktische Arbeiten hervorgethan haben. Beschränkt man seine Wahl auf Männer der einen oder einer anderen Religion, so wird bei den paritätischen Verhältnissen Deutschlands die Wahl auf die Hälfte beschränkt; ebenso durch Berücksichtigung der Nationalität: es wirken hier am Polytechnikum und an der Universität mehrere Bayern, wollte man aber die Professoren beider Anstalten auf einmal nur mit Bayern besetzen, so würden beide an Gehalt bedeutend verlieren; gerade so verhält es sich mit jeder anderen Nationalität. Mehr noch beschränkt die Bedingung politische Gesinnungstüchtigkeit die Auswahl. Um die Vortrefflichkeit unserer Institutionen zu begreifen muß man höherer Staatsdiener sein oder viel mit solchen verkehren; da nun bei jüngeren Männern in der Regel keines von beiden der Fall ist, so sind sie nicht freisinnig und man schließt alle jene jüngeren [8] strebsamen Kräfte aus, welche hier die Zierde der Anstalt sind. Höchst wahrscheinlich aber ist es, daß keiner der 3 oder 4 tüchtigsten Männer, die man im Auge haben kann, den 3 Bedin-
- Religion
Nation-
lität, Ge-
sinnungs-
tüchtigkeit.

gungen einer gewissen bestimmten Religion, einer bestimmten Nationalität und einer bestimmten politischen Färbung gleichzeitig genüge; will man daher diese Bedingung festhalten, so muß man zu Kräften 2^{ter} Ordnung greifen und erhält eine Anstalt 3ter Ordnung. Uebrigens würde auch einem Schweizer im Traum nicht einfallen, daß der politische und religiöse Glaube eines Professors auch nur den geringsten Einfluß auf den Gang der Staatsgeschäfte ausüben könne.

Die 3 oder 4 als würdigste Bezeichneten sucht nun Herr Päsident in der Regel auf; er geht in ihre Vorlesungen um das Lehrtalent zu beurteilen, er ladet sie zu Tisch und zu Vergnügungspartien ein, um die innere Tüchtigkeit d. h. den gesunden Menschenverstandes zu prüfen; mancher hält die Probe nicht aus, der sie eben besteht wird, herangezogen.

Budget

Bei Festsetzung des Gehaltes, stellt man sich immer die Frage: was müssen wir geben, um den Mann zu bekommen?

Ausgaben		Einnahmen.	
Verwaltung und Beamte	42 000	Beitrag des Bundes ...	250 000
Besoldung der 40 Prof.	176 000	Beitrag des Kantons Zürich	16 000
Besoldung der 8 Hilfslehrer	28 000	Beiträge an die Sammlungen	
Gratificationen	8 500	welche auch von der Uni-	
	212 500	versität benützt werden,	
		vom	
Technische Sammlungen		Kanton Zürich	2 500
Techn. Schreib. u.			
Werkstätten	26 000		[9]
naturwissenschaftliche			
Sammlung	14 500	Stadt Zürich	1 000
..schölogische Sammlung	1 000	Schulgelde u. Gebühren	38 500
Bibliothek	6 200		
	47 700	Summa	308 000
Preise 1 000, Allerlei 4 800	5 800		
Summa	308 000	In Gulden 145 000.-	

folgt, daß der Durchschnittsgehalt eines der 40 Professoren 4400 Frs. (:2050:), eines der 8 Hilfslehrer 3500 Frs. (:1630:) beträgt und daß die ursprünglich N^o 7 S. 8 in Aussicht genommenen Gehalte, sowie die sämtlichen vorausgesehenen Ausgaben weit überschritten wurden.

Höchste
Gehalte

Was nun die höchsten Gehalte betrifft die überhaupt ausbezahlt werden, so werden diese als Theil des Privatvermögens des einzelnen Professors geheim gehalten. Da ich nun nicht wohl um genauere Angaben bitten kann, um diese weiter zu verbreiten, ohne daß die betreffenden Professoren ihre Einwilligung dazu gäben: so beschränke ich mich darauf, die Höhe meines Gehaltes und dann das mitzuthemen, was hier jedermann weiß; immerhin in der Meinung, daß dieser Theil meines Briefes in keinen weiteren Kreisen circulire. Ich wurde mit 5000 Frs angestellt, erhielt aber für meine graphische Statik Gratifikationen von 200, 300 und 500 Frs während der letzten Jahre und jetzt wurde mein Gehalt definitiv auf 5600 Frs festgesetzt; hierzu kommen 1400 Frs Schülergelder und Nebeneinnahmen, so daß ich im Ganzen 7000 Frs (: 3260 :) beziehe. Etwas weniger mehr sollen die Herren Semper, Architekt, und Schröter Maschinenbau beziehen, ich weiß jedoch nicht genau wie viel; am meisten aber erhalten die Professoren Kenngott, Clausius und Direktor Zeuner. Kenngott wurde die Professur der Mineralogie, Breithaupts Stelle, an der Berg-Academie in Freiberg (:mit 1800 Thlr. so viel ich weiß:) [10] und Clausius die der Physik am Polytechnikum in Wien mit 5000 f. Münz, sagt man, ange-

tragen. Beiden wurde der fixe Gehalt auf 7000 Frcs, der totale also auf 8 bis 8500 Frcs erhöht und sie blieben, Herr Direktor Zeuner wurde an die Stelle Redtenbachers (:Mechanik:) nach Carlsruhe berufen und mit 7000 Frcs festem Gehalt gehalten; dann erhielt er einen Ruf nach Wien ebenfalls mit 5000 f Thl. Gehalt mit Aussicht auf thätigen Antheil an der Reorganisation der dortigen polytechnischen Schule. Ich weiß nun nicht genau auf wie viel diesmal erhöht wurde, glaube aber auf 8500 Frcs, so daß er mit 1500 Schulgeldes auf etwa 10000 Frcs kommen kann. Die letzten bedeutenden Gehaltserhöhungen werden nicht aus dem eigentlich Schulfond verrechnet, sondern der Châtelain'schen¹⁰⁷⁴⁾ Stiftung entnommen. Dieser brave Stifter hat bei seinem Tode einen Theil seines großen Vermögens dem Polytechnikum zu dem Zwecke vermacht, tüchtige Lehrkräfte, welche einen auswärtigen Ruf erhalten, der Anstalt zu bewahren.

Professor Ludwig: Für den Maschinenbau glaube ich dir Herrn Professor Ludwig¹⁰⁷⁵⁾ hier sehr empfehlen zu können. Er ist Hilfslehrer des Herrn Professor Schroeter und redigirt die Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Aus letzter wirst du ihn ohne Zweifel selbst schon als tüchtigen jungen Mann kennen. Er hat ein Gehalt von 3500 Frcs und wird für weniger nicht abgehen. Solltest du noch weitere Vorschläge von jüngeren Leuten wünschen, so will ich Herrn Schroeter fragen, weil mir dieselben doch etwas unbekannt sind. Wen habt ihr denn für Mechanik? und Mathematik?[11]

Das Ziel der Anstalten ist nun beantwortet und wünsche von Herzen, es möge einmal etwas ordentliches in Bayern zu Stande kommen, denn es läßt sich nicht leugnen und man muß sich beinahe schämen es zu bekennen: Stuttgart, Dresden, Wien, Berlin, Hannover, Carlsruhe und Zürich stehen höher als mein München. Soll eben etwas ordentliches vollbracht werden, so muß man bei der Organisation alle lateinisch, academische, religiöse und politische Vorurtheile bei Seite setzen und nach dem Höchsten streben. Wenn man so sehr von der Ueberlegenheit academischer Schulen überzeugt ist, um an die Stelle der wissenschaftlichen Revolution das Latein zu setzen zu können (!), so wird man immer nur Schulen schaffen, die unter den Universitäten stehen, die sehr mittelmäßig sein werden und die nimmer den Schulen an die Seite gestellt werden können, welche die Neuzeit hervorrief und die den Forderungen derselben entsprechen. Besser aber wäre es, gar nichts als ein Mittelmäßiges zu schaffen. Besser wäre es alle Bürger ins Ausland zu schicken (:26 studiren schon hier:)

¹⁰⁷⁴⁾ » Ein daselbst wohnhafter schlichter Handelsmann, der aus Neuenstadt gebürtige Friedrich August Châtelain, errichtete am 11. Januar 1854 ein Testament, wodurch er, da er keine dürftigen nahen Verwandten habe, sein Vermögen der Eidgenossenschaft vermachte zu dem Zwecke, daß es der im Wurf liegenden eidgenössischen polytechnischen Schule als Stipendienfonds für arme Zöglinge diene. « Oechslis [1905], S. 96. Châtelain starb im Mai 1857 und hinterließ 60 000 Fr.. Aus den Zinsen wurden zahlreiche Stipendien an Polytechniker vergeben. Oechslis [1905], S. 310. Daß damit die Gehälter der Professoren aufgebessert wurden, davon steht bei Oechslis nichts. BM

¹⁰⁷⁵⁾ Heinrich Carl Ludwig aus Stettin. WS 1864-SS 1868 Hilfslehrer und Titular-Professor für Maschinenbau und Maschinenkonstruieren. Ab WS 1868/69 Professor an der TH München. BM

um gebildete Techniker zu erhalten, denn sonst wird man genöthigt sein, Fremde herbeizurufen, wenn wichtige Arbeiten auszuführen sind. Nur wenn nicht genug Mittel vorhanden sind, um eine technische Hochschule in der höchsten Bedeutung des Wortes gleich der Züricher zu schaffen, so verwende man die geringen Mittel auf Hebung des technischen Volksunterrichtes; setze schweizerische Secundar-Schulen an die Stelle der lateinischen Schulen, die doch den Bedürfnissen der Bevölkerung kleinerer Städte, in denen kein Gymnasium sich befindet, immermehr [12] entsprechen (:die Zahlen Seite 1 beweisen es:) und erhebe die Gewerbeschulen oder Realgymnasien auf das Niveau der Gymnasien und hole den höheren Unterricht auswärts.

Solltest du über einzelne Punkte noch weiteren Aufschluß wünschen, so stehe ich jederzeit zu Diensten. Meinen verbindlichsten Dank für die beiden Broschüren über atmosphärische Strahlenbrechung¹⁰⁷⁶⁾ und über die Bedeutung moderner Gradmessungen¹⁰⁷⁷⁾. Die letzte Schrift habe ich mit besonderem Interesse gelesen; es findet sich in derselben alles so schön zusammengestellt was von der jetzt beabsichtigten europäischen Gradmessung in dieser Richtung geschehen ist. Der Inhalt der ersten aber liegt mir etwas ferner: Jüngst sprach ich mit Wolf, dem Direktor der Sternwarte, über dieselbe; er schätzt deine Forschungen sehr; als ich ihn aber fragte, ob er die aufgestellt Reductionsformeln verwende und verificirt habe, sagte er mir, es sei dieß auch so eine Arbeit deren Ausführung er sich vorgenommen habe, an die er aber nicht denken könne, bevor seine Instrumente vollständig aufgestellt sind. Ich bin übrigens überzeugt, diese Formeln werden überall zur Anwendung kommen, sobald sie mehr verbreitet sein werden. Bei dem Durchsehen deiner Arbeiten habe ich so recht gefühlt, daß mir die geodätische Richtung fremder geworden ist; ich habe mich ganz der technischen ergeben und immer wundert es mich, wie du so beide beherrschen kannst. Für das was du zu vertreten hast, sind wir hier 3, Wolf, Wild und ich mit 2 Hilfslehrern und einem Assistenten und du stehst allein du mit einem Assistenten ! und doch hat jeder von uns vollauf zu thun.

Und nun leb' wohl lieber Freund, lieb wäre es mir [13] wenn du mich von Zeit zu Zeit über den Gang der bayerischen Organisation des technischen Unterrichts benachrichtigen könntest. Ich interessire mich dafür und es ist gewiß viel wichtiger als man glaubt; seine ausgezeichnete Organisation in der Schweiz ist eine Hauptstütze der materiellen Wohlfahrt dieses kleinen Ländchen. Empfehle mich bestens deiner Frau Gemahlin, grüße Gumbart und andere alte Bekannte von Seiten deines

treuergebenen
Culmann

¹⁰⁷⁶⁾K. M. Bauernfeind: Die atmosphärische Strahlenbrechung. München 1864. ETH-Bib. 1158. BM

¹⁰⁷⁷⁾K. M. Bauernfeind: Die Bedeutung moderner Gradmessungen. München 1866. ETH-Bib. 11444 u. 1158. BM

A.4 Technische Reisebeschreibung¹⁰⁷⁸⁾

A.4.a England¹⁰⁷⁹⁾

In den vorigen Abschnitten habe ich die Brücken, Dachstühle und Telegraphen, die ich auf meiner Reise vorzugsweise im Auge hatte und studirte, systematisch geordnet, zu beschreiben und wo es möglich war mit der Theorie zu vergleichen gesucht. In dem folgenden Abschnitt will ich nun alles zusammenfassen, was ich Interessantes zu sehen Gelegenheit hatte und zu keinem der früher behandelten Gegenstände paßte. Die chronologische Ordnung ist hierfür die einzig passende, und so entsteht von selbst eine Art Reisebeschreibung, bei der ich mich auf das rein Technische beschränken muß, weil mich das Skizziren und Ausarbeiten des Gesehenen so sehr beschäftigt hat, daß es vermessen von meiner Seite wäre, das Wenige, das ich in meinen Musestunden von den Sitten, Gebräuchen der Völker zu erhaschen im Stande war, auch nur als einen Beitrag den vielen trefflichen Reisebeschreibungen, die wir [2] über England und Amerika besitzen, an die Seite stellen zu wollen.

In *London* dürfte wohl die Civil Engineering Institution das nützlichste Institut für fremde Ingenieure sein. Er findet in diesem Verein, der Mitglieder in allen Theilen Englands zählt, eine sehr schöne, vielleicht die schönste technische Bibliothek, Karten, Pläne und Beschreibungen von allen Kunstbauten und endlich was für ihn am meisten Werth haben muß, äußerst freundliche Männer in dem Sekretair der Anstalt Herrn *Manby* und seinem Assistenten Herrn *Forster*, die mit größter Bereitwilligkeit einem auf die bemerkenswerthen Bauten aufmerksam machen, Auskunft über alles möglicher Weise noch Unklare ertheilen, die vortrefflichsten Reisepläne dem mit dem Land noch Unbekannten entworfen und ihn endlich noch mit einem Empfehlungsschreiben an alle Mitglieder versehen, das die Thore beinahe aller Werkstätten und Fabriken öffnet. Hier war es wo ich Gelegenheit hatte das technische England einigermaßen kennen zu lernen und zu studiren, und dank der Gefälligkeit der oben genannten Herren, trat ich ausgerüstet [3] mit den nothwendigen Notizen und Empfehlungen meine Reise ins Innere an.

*Brunels Lokomotiven*¹⁰⁸⁰⁾

Den ersten Halt machte ich bei den stattlichen Maschinen-Werkstätten *Brunel's* zu *Swindon*, in der die schönsten und größten Maschinen gebaut werden, mit denen

¹⁰⁷⁸⁾Als Vorlage für diesen Abdruck diente eine Abschrift des Culmannschen Manuskripts. ETH Bib. 2997 : 1 (Hs). Orthographie und Zeichensetzung wurde beibehalten. Änderungen sind gekennzeichnet. Es wurden lediglich zur Verbesserung der Lesbarkeit an einigen Stellen Ergänzungen eingefügt, wie z. B. die häufig fehlenden Plural-n bei Lokomotive, oder die meist fehlenden Kommata bei Relativ-Sätzen. Die Abschrift ist in deutscher Schreibschrift geschrieben, Orts- und Personennamen sind durch lateinische Schrift hervorgehoben, bei mir kursiv. Die für den Text vorgesehenen Zeichnungen sind vermutlich nie angefertigt worden. Allerdings enthalten die Technischen Notizen zur Reisebeschreibung (ETH Bib. 2997 : 3 (Hs)) von Culmann, die er während seiner Reise angefertigt hatte, zahlreiche Skizzen. So wie die Texte dieser Notizen erkennbar die Grundlage für diese Reiseberichte sind, so sieht man vielen Skizzen an, daß sie als Vorlagen für bestimmte Figuren vorgesehen waren. In diesen Fällen habe ich die Skizzen in den Text eingefügt, auch wenn sie z. T. etwas roh und schwer erkennbar sind. Wo solche Skizzen nicht auffindbar waren, wurden sie durch mutmaßlich passende zeitgenössische Abbildungen ersetzt. Für etliche Figuren ließ sich kein Ersatz finden. Wenn der Text auch ohne Abbildung dennoch einigermaßen verständlich blieb, wurde auf die Figur verzichtet, andernfalls die entsprechende Textpassage gestrichen. Die Zwischenüberschriften stammen von mir. BM

¹⁰⁷⁹⁾Für den Bericht über die Englandreise gibt es nur diese Abschrift. Das Culmannsche Manuskript ist weder in der ETH Bibliothek in Zürich noch im Hauptstaatsarchiv in München. BM

¹⁰⁸⁰⁾Pudney: [1875 Brunel]. BM

bis jetzt auch die größte Geschwindigkeit erreicht worden ist. Die täglichen Expreßtrains fahren mit einer Geschwindigkeit von 48 Meilen (42 Meilen incl. Aufenthalt), allein mit 60 Meilen kann man jeden Zug fahren, sobald man auf anderen Bahnen auch diese Geschwindigkeit erreicht haben wird, denn jede Lokomotive kann leer 80 Meilen fahren, und mit entsprechenden Abänderungen könnte selbst diese Geschwindigkeit noch vergrößert werden, wenn das Bedürfnis es erheischen sollte. Diese Vortheile konnten dank der breiten Spur noch mit innenliegenden Cylindern erreicht werden.

Diese großen Lokomotiven werden sehr stark, solide und schön gearbeitet. Die Wagenräder z. B. werden nicht nur abgedreht, sondern sogar auf Schleifsteinen abgeschliffen. Das Aufziehen geschieht mittelst einer hydraulischen Presse. [4] Unter den 8 rädriigen Lokomotiven fand ich hier einige mit beweglichem Vordergestell, man sprach sich jedoch nicht günstig über dieselben aus. Durch größere Conicität der Radkränze läßt sich derselbe Zweck bei größerer Steifigkeit und Solidität der Maschinen leichter erreichen.

Unter den verschiedenen hier verfertigten Gegenständigen waren auch eigenthümlich construirte Kreuzungen mit beweglichen Zungen, welche (siehe Fig. 1 [fehlt]) mittelst einer Feder an die Spitze der Kreuzung in der Art angedrückt wird, daß die Hauptspur immer offen, die Seitenspur aber so geschlossen ist, daß sie vom Spurrkranz, der von der Seite her kommenden leicht geöffnet werden kann, während die in der Hauptspur rollenden Räder nie ohne Unterstützung sind und über Schienelücken hinüberspringen müßen.

Mit dieser Anstalt ist auch ein großer Brückenhof (Bridge-Yard) verbunden, in welchem gerade die Tragbalken der im Jahrgang 1852 beschriebenen und in Beilage 486 abgebildeten Brücke zusammengesetzt wurden.

Auf dem Bauplatz der Brücke selbst in *Chepstow* war noch nicht viel zu sehen. Man war dort ge-[5]rade mit der Aufstellung der Blechröhren beschäftigt, welche die Pfeiler bilden sollen, allein von den Luftpumpen und übrigen Maschinen, welche bei der Brücke verwendet werden sollten, war noch nichts zu sehen.

Eisenwerke in der Nähe von Birmingham

Auf der Eisenbahn von *Glocester*¹⁰⁸¹⁾ nach *Birmingham* befuhr ich bei *Bromsgrove* die schiefe Ebene (Lickey-incline) auf der mit Lokomotivenbetrieb jene günstigen Resultate erzielt wurden, die bei dem Bau der schiefen Ebene von *Markt-Schorgast* im Fichtelgebirge ebenfalls für den Betrieb mit Lokomotiven entschieden. /: Siehe die Beschreibung dieser schiefen Ebene Seite 145 Jahrgang 1851¹⁰⁸²⁾ /:

Schon längst hatte ich mich gefreut in der Umgegend von *Birmingham* jene großartigen Eisenwerke zu sehen, von deren Ergiebigkeit die ganze Welt voll ist und die ich mir noch größer und schöner eingerichtet vorstellte, als die Werke, die ich in Rheinhausen und Belgien sah. Meine Erwartungen wurden aber in dieser Beziehung getäuscht, wie überall, wo sie überspannt sind. Ich bekam kein Werk zu sehen, das man z. B. dem von *Seraing* an die Seite stellen könnte, dagegen bekam ich mehr Kamine zu sehen, als ich je zu [6] gleicher Zeit gesehen habe, denn das Großartige

¹⁰⁸¹⁾ gemeint Gloucester. BM

¹⁰⁸²⁾ Siehe E. F. A. Preu: Die schiefe Ebene auf der bayrisch-sächsischen Eisenbahn zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast in Oberfranken. In: Allg. Bau. 16 (1851), S. 130 - 162. S. 145 steht bei Preu: »Schließlich sei hier noch die Eisenbahn von Birmingham nach Gloucester in England mit ihrem vorteilhaften Lokomotiven-Betriebe erwähnt, da der letztere so günstig und Staunen erregend zu Stande kam, daß derselbe Epoche in der Geschichte des Eisenbahnbetriebes gemacht hat.« BM

liegt mehr in der Zahl, als in der Ausdehnung der einzelnen Kohle- und Eisenwerke. In der Gegend von *Dudley*, *Woverhampton*, *Wednesbury* sieht man eine Kohlegrube an der anderen. In der Mitte eines unangebauten Feldes steht ein kleines Häuschen, gerade groß genug, eine halbe Dampfmaschine der einfachsten Construction zu fassen, denn die Hälfte des Balanciers, dessen Achse in der Umfassungsmauer ihr Lager hat und die Seilrolle, die er dreht, stehen zwischen dem Haus und dem Schacht, Wind und Wasser ausgesetzt. Jede derartige Anstalt ist von dem unvermeidlichen Kamin begleitet, und die Hunderte Kamine, die man auf dem freien öden Felde draußen zählen kann, verbreiten einen Rauch, der die Sonne nur noch als eine matte gelbe Scheibe erscheinen läßt, die man ungeblendet anschauen darf. Allein nicht nur die Luft, sondern alles was man sieht, ist schwarz. Die Häuser und selbst die wenigen verdorrten Blätter, die man noch hie und da zu sehen bekommt, haben einen schwarzen Anstrich, und nach der Menge Rauch und Ruß zu urtheilen, die man verzehrt, muß [7] nicht nur das Aeußere, sondern auch das Innere der Bewohner dieser Gegend ganz schwarz sein. Deshalb darf man sie aber nicht für böse halten, im Gegentheile sie sind in der Regel recht gute Leute, die immer alles mit dem größten Vergnügen zeigen. Leider aber giebt es nicht viel Sehenswertes hier; die Massen Kohlen, die hier gefördert, Eisen, die erzeugt werden, sind es allein, die unsere Bewunderung in Anspruch nehmen.

In einem Walzwerk bei *Wednesbury* wurden Wagenachsen auf eine eigenthümliche Weise zusammengesetzt und ausgeschmiedet. Jede Achse besteht aus einer Zahl paralleler Eisenstäbe, welche wie obige Figur [fehlt] zeigt, zusammengeschweißt werden. Die Vertiefungen bei den Lagern werden eingehämmert, indem Hämmer und Amboße entsprechend geformt sind. Auf dem Werk selbst, außerdem nichts Neues.

Eine Holzbrücke aus Eisen

Bei *Smethwick* besuchte ich die Werkstätte *Fox* und *Henderson's*, der Erbauer der auf Seite 197 Jahrgang 1852¹⁰⁸³) beschriebenen und Beilage [8] 483 abgebildeten Brücke. Das Bemerkenswerteste daselbst für mich war, eine dort im Werkhof aufgeschlagene Längenhängwerk-Rippe aus Kesselblech von schweren collossalen Dimensionen, bei sehr kleiner Spannweite. Ich konnte nicht umhin, mein Befremden über diese eigenthümliche Construction auszudrücken und erfuhr nun, daß die vorliegenden Brückenträger ursprünglich in Holz projektirt worden waren, und *Fox* und *Henderson* sich erboten hatten, sie ebenso billig aus Eisen herzustellen, und daß dieses Angebot unter der Bedingung angenommen worden sei, die Dimensionen der hölzernen Träger beizubehalten, was nur bei Anwendung von hohlen Kesselblech-Balken möglich war. Da ohne Zweifel diese Balken einen Holzfarbanstrich erhalten werden, so zeigt sich hier die eigenthümliche Erscheinung, daß diese Engländer das dauerhaftere und festere Eisen für das schwächere, leichtere Holz ausgeben wollen. Bei uns kommt es oft vor, daß man Backsteine als Quader-Mauerwerk, oder hölzerne Bogensprengwerk-Brücken, als steinerne Brücken erscheinen lassen will; allein Stein oder Eisen für Holz ausgeben [9] zu wollen, kam noch nicht vor. Diese Erscheinung läßt sich nur dadurch erklären, daß das Aeußere aller Dinge mehr vom Luxus als vom Geschmack bestimmt wird. Wie oft muß nicht die schöne blaue Eisenfarbe dem Gelb des schimmernden theuren Goldes weichen, und weil Holz in England theurer als Eisen zu werden beginnt, bekommt dieses sogar eine Holzfarbe, als schämte man sich des guten soliden nützlichen Eisens.

¹⁰⁸³)Culmann [1852]

Eisenbahnen in Birmingham

In *Birmingham* sind die vier hier mündenden Eisenbahnen an einer und derselben Stelle in die Stadt geführt, was man sonst nie bei den größeren Städten Englands findet. Die Bahnhöfe tragen aber nicht das Gepräge eines harmonisch entworfenen Ganzen, sondern erscheinen als ein nach und nach zusammengeflicktes den Stadtwinkeln angepaßtes Stückwerk.

Störend wirkt ferner noch ein, daß nicht alle Bahnen in einem Niveau ankommen, so daß ein Wagen nur mittelst einer sogenannten Lifting-Engine /:Hebemaschine:/ von einer Bahn auf die andere gehoben werden kann.

In dem Güterhof steht ein Krahn von 20 Ton. Tragkraft, der stärkste, den ich bis jetzt Gelegenheit hatte [10] zu sehen. Die Konstruktion dieses Krahns wich darin von den kleineren üblichen Krahn ab, daß /: siehe Skizze Fig. 2 [fehlt]:/ die Hauptstrebe von der die Last rückwärts getragen wird, ihren Stützpunkt nicht am Fuße des Dornes findet, sondern auf einem circa 2' großen Rad ruht, welches bei der Drehung auf einem conisch abgearbeiteten, mit einem eisernen Ring beschlagenen Sockel des Fundamentgemäuers herumläuft, und daß ferner die an dem Kopf der Strebe befestigte Zustange ebenfalls an einem Rad befestigt ist, das um den oberen verdickten Theil des Dornes herumläuft; endlich bildet nirgends der Dorn den Zapfen des schweren gußeisernen Mantels, sondern dieser dreht sich überall in Friktionsrollen um ihn herum. Da die großen Räder der Strebe und der Zugstange eigenthlich auch nichts anderes, als Friktions-Rollen sind, so kann man sagen, daß bei diesem Krahn das System der Friktionsrollen folgerecht durchgeführt ist.

Als ich in *Birmingham* war sollten noch weitere zwei Eisenbahnen dahin geführt werden, von diesen war die Bahn nach *Oxford* bereits [11] in Angriff genommen, und ein großer Viaduct in der Stadt selbst gebaut worden, um sie bei den bestehenden Bahnhöfen selbst münden lassen zu können. Die andere Bahn, welche das *Stour Thal* mit der Stadt verbinden soll, und von Westen her zur Stadt kommt, wird mittelst eines Tunnels unter einem großen Theil der Stadt durch zu den gemeinschaftlichen Bahnhöfen geführt. Auch für diese Bahn war zur Zeit meines Dortseins Grund und Boden schon erworben und die betreffenden Gebäulichkeiten eingerissen worden, so daß jetzt wahrscheinlich diese Bahnen vollendet sein werden.

Derby: englische Disharmonie und Begegnung mit Barlow (jr.)

Schon in *London* hatte man von dem schönen großen Stationsplatz in *Derby* gesprochen und von dem engen Treiben, das da herrschen soll. Ich versäumte daher nicht mich dorthin zu begeben und fand mich bezüglich des lebendigen Verkehrs nicht getäuscht, am Bahnhof selbst aber war nicht viel zu sehen; er war ursprünglich wie die meisten Bahnhöfe Englands nicht genügend groß projektiert worden, und als für wachsenden Verkehr mehrere daseibst ausmündender Bahnen, der vorgesehene Raum zu eng war, [12] wurde überall angeflickt und jeder Winkel benützt, allein jene schönen harmonischen Dispositionen deutscher und auch französischer Bahnhöfe sucht man glaub ich vergebens in England. Die Eisenbahnen verdanken da drüben ihren Ursprung viel zu sehr dem unmittelbaren Bedürfnis und sind zu wenig ein künstliches Produkt, als daß künstlerische Ordnung in ihren Anlagen walten könnte. Diese findet man nur in jenen stattlichen Bahnhöfen der größeren Städte, die umgebaut werden, weil die Bahnen sich schon längst bezahlt haben und immer noch zu viel ertragen.

Das wichtigste für mich war daseibst die Bekanntschaft *Barlow's*¹⁰⁸⁴⁾ des Ingenieurs

¹⁰⁸⁴⁾Barlow

der Bahn und eines Sohnes des alten berühmten Professors¹⁰⁸⁵⁾ in *Woolwich*. Er scheint wie sein Vater sich viel mit Versuchen abzugeben und war während meines Dort-seins gerade damit beschäftigt, neu construirte gußeiserne Langschwellen von der Fig. 3 [fehlt] gezeichneten Form zu legen, um ihre Zweckmäßigkeit zu erproben. An diesen Langschwellen gefiel es mir nicht, daß der Stuhl an die Platte /: denn diese Schwellen sind [13] eigentlich nichts als gebogene Platten /: angegossen ist, schon während des Legens brach ein solcher ab, wie oft muß nun dies nicht geschehen, wenn die Lokomotiven einmal darüber weggrollen und dann ist jedesmal die ganze 6 - 9' lange mit drei Stühlen versehene Schwelle verloren.

Auch über die Festigkeit des Gußeisens hat der junge *Barlow* Prüfungen gemacht und selten weniger als 15 Tonnen per □'' rückwirkende Festigkeit gefunden.

(36 000 Pfund bayer. per 1/100 □'' oder 2360 Klgr. per □ Centm.)

Auf diesem Bahnhof fiel mir noch die Verbindung zweier sich kreuzenden Geleise innerhalb ihrer Kreuzungspunkte selbst auf, wobei die Spitzen zweier Kreuzungen auf drei Fuß einander genähert wurden. Aus dem Spurplan Fig. 4 [fehlt] kann die allgemeine Anordnung der Geleise ersehen werden und Fig. 5 [fehlt] zeigt das Detail der Kreuzungen und Weichen bei *W* und *W*.

Noch eine Merkwürdigkeit ist in der Nähe des Bahnhofes von *Derby* zu sehen: Eine gußeiserne Bogenbrücke, deren Rippe im Scheitel zwei Zoll stärker als bei dem Widerlager ist! So etwas kann doch nur in England vorkommen. [14]

Lokomotive mit außen liegenden Zylindern

Auf dem Weg von *Derby* nach *Chester* und *Bangor* kam ich nach *Crewe*, wo die *London-* und *Northwestern-*Eisenbahngesellschaft große Werkstätten besitzt. Der Ingenieur dieser Werkstätten beschäftigte sich gerade mit der Konstruktion großer Maschinen, auf dem engen Geleise, mit denen er dieselbe Geschwindigkeit zu erreichen hofft, als *Brunel* auf der *Great-Western*. Eine dieser Maschinen sah ich fertig dastehen. Sie hatte Treibräder von 8½' Durchmesser, deren Achse über der Mitte des Kessels lag. Da nun dieser Kessel sehr groß sein muß und zwischen ihm und den Rädern und unter ihm kein Raum mehr für die Maschinen vorhanden war, so mußte diese natürlich sammt den Zylindern außen angebracht werden. Die Excentriks liegen hart am Rad an und haben 2 ½' Durchmesser, indem der Kurbekzapfen in den Scheiben derselben befestigt ist. Die Steuerung war die gewöhnliche Bogensteuerung (Link-motion, auch unter dem Namen *Stephenson'sche Expansion* bekannt). Die Speisepumpen wurden durch den hintern Theil der Excentriks getrieben und hatte eine im Verhältnis zum geringen Hub derselben [15] größeren Durchmesser. Die Vorder- und Hinter-Räder waren sehr klein und berührten beinahe die großen in der Mitte liegenden Triebräder. Durchmesser der Zylinder 15''. Mit dieser Maschine hoffte man 85 Meilen Geschwindigkeit zu erlangen und hat auch 80 stellenweise wirklich erreicht, allein (wie ich später erfuhr) ist sie doch nicht zu brauchen, weil sie unbegreiflicher Weise noch leichter aus den Schienen springt, als Maschinen mit viel höher liegenden Kesseln. Alle Maschinen, die hier gebaut werden, haben außenliegende Cylinder mit Bogensteuerung.

Es ist dieß der einzige Ort in England wo man die Cylinder Außen noch vorzieht, an allen anderen Orten neigt man sich zu innenliegenden Zylindern und behauptet, die letzteren hätten einen viel ruhigeren Gang. In *Crewe* aber glaubt man, der ruhige Gang hänge nur von dem festen Bau des Rahmens und der Maschinen überhaupt ab. Dieß mag allerdings zum ruhigeren Gang beitragen, doch wird man nicht beistimmen können, daß immer der Achse nächstliegende Cylinder ruhiger, als außen-

¹⁰⁸⁵⁾Peter Barlow (1776 - 1862), englischer Optiker und Mathematiker. Britannica 1991. BM

liegende arbeiten.

Brücke über den Dee

In *Chester* sah ich die Welt bekannte steinerne [16] Brücke über den *Dee*-Fluß von 200' Spannweite. In der Ansicht macht sie einen gefälligen Eindruck, von unten aber gesehen, erscheint die Leibung des Gewölbes gar zu schmal. Ein Sprung der von der Mitte des rechtsseitigen Widerlagers zu bemerken ist, scheint darauf hinzudeuten, daß dieses schmale Aussehen nicht bloß von der ungewohnten Leibungslänge herrührt, sondern wirklich etwas zu schmal sei.

Einige tausend Füße unterhalb dieser Straßenbrücke überschreitet die Eisenbahn nach *Holyhead* mittelst einer hölzernen Sprengwerkbrücke den Fluß. Im Bau hölzerner Brücken haben die Engländer kein Geschick, und so lehrreich viele ihrer Eisen-Construktionen sind, so wenig sind es ihre Holzbauten. Mit vielem Holzaufwand ist wenig erreicht und gar nichts an der Brücke zu sehen. Sehr interessirt haben mich die 72' langen gußeisernen mit schmiedeisernen Zugbändern armirten Balken, womit der Canal hier überlegt ist. Schon in *London* hatte mir ein Modell wegen der geringen Constructionshöhe, trotz der verwendeten großen Eisenmassen gefallen. Allein hier hörte ich leider, daß sich die Construk-[17]tion nicht bewährt hat. Sie besteht (siehe die Skizze Fig. 6 [fehlt]) aus drei einzelnen gußeisernen Balkenstücken, welche Schienen zusammengehalten werden, die von der oberen Kante der äußeren Balken nach der unteren Kante des mittelsten Balkens laufen, und diesen gleichsam tragen. Der Hebelarm AB an welchem die Eisenschienen widerstehen, ist eben trotz der Verstärkung BC zu klein (circa 6') und eine solche Brücke ist schon einmal eingestürzt. Jedenfalls sind die Brückenbalken billiger und vorzüglicher.

Stahlbrücken: Britannia Röhrenbrücke über die Menai-Straße von Menai

Von *Chester* begab ich mich nach *Bangor*, um dort die in Bau begriffene Röhrenbrücke über die *Menai*-Straße¹⁰⁸⁶⁾ zu besichtigen. Drei große lange Röhren lagen dort am Ufer hingestreckt, eine fertig und zwei begonnen und in Arbeit. Die erste Röhre aber hing einige Füße über dem Wasser zwischen ihren Pfeilern, indem gerade vorher die eine der hydraulischen Pressen, mit denen sie gehoben werden sollte, gesprungen war. (Siehe Jahrgang 1852¹⁰⁸⁷⁾ Seite 181) Obgleich man mir sagte, daß jetzt, gerade wegen dieses Unglücksfalles eine Stockung in den Arbeiten eingetreten sei und trotz des schlechten Wetters, fand ich doch diesen Bauplatz [18] sehr belebt. Die große Zahl Bauhütten und kleiner Werkstätten, dann der Umfang des Baues selbst, auf dem Wasser und auf dem Lande verfehlen nie den zu imponiren, die gewohnt sind, sich nur auf kleineren oder doch einförmigeren Bauplätzen zu bewegen. Am Hang des festländischen Ufers konnte man deutlich drei Gruppen Hütten und Werkplätze unterscheiden; Bauhütten für die Maurer und Zimmerleute, welche weit oben im Niveau der Bahn aufgeschlagen waren, in diesen war es jetzt ruhig und still; dann Magazine und Bureaus für die Aufseher und Beamten und endlich kleinere Maschinenwerkstätten am Fuße des Lagers neben den am Ufer hingestreckten langen Röhren.

Im Bureau wurde ich vom Bruder des Ingenieurs *Clark* auf das freundlichste empfangen, er zeigte und erklärte mir sämmtliche Pläne, die ich dann später in dem von *Ed. Clark* herausgegebenen Werke wiederfand, und führte mich dann noch zu den Röhren selbst hin, an denen gerade gearbeitet wurde. Es wurde gerade auf drei

¹⁰⁸⁶⁾Ausführliche Beschreibung des Baus der Conway und der Britannia Brücke über die Menai-Straße in Culmann [1852], S. 172 - 188, Clark [1850], siehe auch Allg. Bauzeitung [1849]

¹⁰⁸⁷⁾Culmann [1852], S. 181

oder vier Partien genietet und zwar von Hand aus, weil die Röhre zu den einzelnen Maschinen nicht gebracht werden können. [19] Bei dieser Arbeit hatte ich besondere Gelegenheit die Geschicklichkeit zu bewundern, mit der die kleinen englischen Handlanger die glühenden Nietnägel mit Zangen aus dem Ofen nahmen und mit der größten Sicherheit vor die Füße der 30' hoch oben auf der Röhre arbeitenden Nieten warfen, wobei die in regelmäßigen Zeiträumen aufsteigenden glühenden Eisenkörper auf dem dunklen Hintergrund einen eigenthümlichen Anblick gewähren, der nur das Unangenehme hat, daß man immer fürchten muß, es möchte sich jemand verbrennen.

In den Werkstätten selbst sah ich dann noch einige Hilfsmaschinen. Erstens eine Plattenschneid-Maschine. Die Platten werden mittelst eines auf Schienen laufenden Wagens zweier sich drehenden Rädchen zugeführt, deren scharfe Umkreise gerade etwas weniger übereinandergreifen und so eine Art Circular-Schere bilden.

Zweitens eine verbundene Loch- und Nietmaschine. An einem und demselben beweglichen Hebel ist die Form des anzudrückenden Nietkopfes und neben daran das Locheisen zum Pressen eines neuen Loches angebracht. Mit dieser Maschine wird daher, so oft einer Seite ein Kopf angeedrückt wird, zugleich [20] auch in der gemessenen constanten Entfernung ein neues Nietloch eingedrückt.

Endlich noch eine Dampfrietmaschine, bei der der Druck nicht mittelst eines Hebels, sondern mittelst eines kurzen aber sehr (4 Fuß) weiten Dampfzylinders hervorgebracht wird, an dessen Kolbenstangenende der nietende Kopf angebracht ist. Von diesen Maschinen werden aber wie es scheint die Nietmaschinen wenig gebraucht, weil die zusammengeneteten Platten zu schwer zu handhaben sind.

Am äußersten Ende des Bauplatzes lagen in einer kleinen Bucht die 6 Schiffe, auf denen die Röhren nach ihrem Bestimmungsort geflötzt werden.

Nachdem ich mich zwei Tage hier herumgetrieben hatte, verließ ich diesen Bauplatz neidisch auf die schönen Maschinen, die guten Arbeiter und des Landes reiche Mittel. Wenn unsere Ingenieure dieß Alles zur Disposition hätten, sie würden auch in ihren Schöpfungen nicht zurückbleiben.

Urlaub von der Eisenbahn: eine Schiffsmaschine, ein Tourismusunternehmer und eine anmutige Szenerie

Um auch einmal ein Stück schöne Gegend in England zu sehen begab ich mich nach *Caernarvon*⁽¹⁰⁸⁸⁾, in der Absicht von da einen Ausflug nach dem *Snowdon* zu machen. Das Boot, das ich bestieg, um dahin zu fahren, hatte eine Maschine [21] merkwürdiger Konstruktion. Sie bestand aus einem einzigen, nicht oscillierenden, vertikal unter der Radachse stehender Cylinder, an dessen Kolbenstange ein großes hohles Dreieck angebracht war, dessen leichte Basis der doppelten Kurbellänge gleich war, so daß die Kurbel ohne anzustoßen darin herumspielen konnte und dessen Höhe gleich der Länge der Kurbelstangen war. An der Spitze des Dreiecks war die Kurbelstange befestigt, während unten die Radachse herum lief. Das Dreieck, die Verlängerung der Kolbenstangen, wurde durch in Führungen laufende Schlitten gerade gehalten. Die Maschine arbeitete recht gut, doch hatte man Anfangs immer etwas Mühe, sie in Gang zu bringen, weil die Kurbel sich während der Ruhe immer in die Achse des Cylinders gestellt hatte, wo dann das Rad mittelst einer Winde etwas herumgedreht werden mußte, ehe auf die Kurbel gewirkt werden konnte. Und dann war das ruckweise, periodische Arbeiten der Maschine deutlich zu verspüren. Am erstern Umstand war der Mangel eines Balancier und die Ungeübtheit des Maschinisten Schuld. Wo solche Maschinen mit [22] Balancier versehen sind, bleiben

⁽¹⁰⁸⁸⁾gemeint: Caernarfon an der Menai-Strait. BM

sie in der Mitte des Kolbenlaufes, wo sie auch nur immer gestellt werden, stehen, während ohne dieselben die Kurbel vom Gewicht des Kolbens und der Kurbel-Stange herabgezogen wird, wenn der Maschinist den Kolben nicht wieder durch Dampf einlaßen hebt. Am zweiten ist der kleine Raddurchmesser Schuld. In Amerika arbeiten Schaufelräder von 23' Durchmesser, welche auch nur von einer Maschine getrieben werden, so stetig, daß Niemand des Cylinders todten Punkte fühlen kann. Die Räder bilden in diesem Falle ein Schwungrad von hinlänglich großem Gewicht, was bei dem kleinen Boot in der *Menai*-Straße nicht der Fall war.

Noch eine andere Merkwürdigkeit traf ich auf diesem Schiff: Einen Reiseunternehmer Namens *Hammer*, der sich anbot, denen, die sich seiner Führung überlassen würden, (er hatte schon 8 Personen beisammen, ich war die neunte) in einem Tage uns die schönsten Partien um den *Snowdon* herum zu zeigen und dabei die Fuhr-löhne und Zechen nämlich 2 Nachtlager, 2 Nachtessen und 2 Frühstücke zu bestreiten um den billigen Preis von 1 Pfund. Ich ging den Handel ein und fuhr wohl dabei. [23] Er erfüllte alles, was er versprochen hatte und zeigte uns liebliche, einzig schöne Gegenden in einem Umkreis von 35 Meilen rings um den schönsten Berg Englands herum. Wir kamen einerseits bis *Beddgelert* und *Pont-Aber-Glaslyn* (?) und andererseits bis zum Anfang des schönen *Llanberis*-Thales. Die Scenerien waren zwar nicht so großartig als in den Alpen, aber dennoch äußerst anmuthig und wie geschaffen, um von dem Gekrach und Gehämmer der Maschinen auszuruhen. Wie gerne wäre ich länger verweilt und weilte auch jetzt länger daselbst, wenn ich nur auch anderes als technisches oder nie dagewesenes berichten dürfte.

Schieferbrüche und die einfachste Lokomotive, die Culmann je sah

In einer der reizendsten Gegenden in den rechtsseitigen Gehängen der sanft gegen den *Llanberis*-See abfallenden Bergen liegen einige jener großen Schieferbrüche, welche ganz England und auch einen Theil von Amerika, (wohin sie als Ballast transportirt werden) mit Schiefer versehen. Zum Brechen werden keine besonderen Maschinen verwendet, sondern nur zweckmäßig geformte Spaltmesser, in deren Handhabung die Arbeiter große Fertigkeit besitzen, gebraucht. [24] Um das Produkt dieser Brüche an die Meerenge bei *Bryntirion* (?) zu bringen, wurde eine leichte Eisenbahn gebaut, auf der die einfachsten Maschinen, die ich je zu sehen Gelegenheit hatte, laufen. Dieselben haben keine Rahmen; die Cylinder sind mittelst gebogener Blechstücke unmittelbar an den Kessel genietet und auf dieselbe Seite sind die Achsenlager an der Rauchkammer und an der Feuerbrücke befestigt. Unter dem gar nicht umhüllten, ganz blos liegenden Kessel sieht man nichts als das Spiel der 4 Excentriks, welche mit Bogensteuerung arbeiten. Die Speisepumpen werden rückwärts von den Excentriks getrieben. Die 4 Räder sind gekuppelt und eins dieser kleinen Maschinchen wiegt doch noch 18 Tonnen.

Mit diesen Maschinen werden die Schiefer fortgefahren, wenn aber die Arbeiter nach Hause fahren wollen, so sitzen sie ihrer 10 oder 12 in langen 4 rädri gen Draisinen, die statt des Fußbodens 4 Stangen haben, welche auf 4 correspondirenden Curbeln der beiden Achsen liegen; mittelst dieser Curbelstangen sind sie im Stande durch Treten den Wagen in sehr schnelle Bewegung zu setzen. [25]

Wunder vergangener Zeiten: die atmosphärische Eisenbahn

Von hier aus fuhr ich nach *Holyhead*, wo ich nur die schönen neuen Hafengebauten ansah und dann hierüber nach *Dublin*, um auch die atmosphärische Eisenbahn kennen zu lernen.

Die Unzweckmäßigkeit dieser Bahnen steht nicht mehr in Frage; die gründlichen

Versuche, die hier angestellt und die berühmten Männer, welche dabei zugezogen wurden, endlich die Fortschritte, die man in der neuesten Zeit im Bau der Lokomotiven gemacht sah, haben auf das klarste bewiesen, daß mit Lokomotiven eignener Konstruktion ebenso schiefe Ebenen erstiegen und billiger betrieben werden können, als mit atmosphärischen Maschinen.

Nichts desto weniger aber war ich doch sehr neugierig diesen wunderbaren Apparat über den so viel geschrieben worden ist, arbeiten zu sehen. Zu dem bereits Allbekannten weiß ich nichts Neues hinzu zu fügen, nur das will ich bemerken, daß das Pfeifen der eindringenden Luft viel stärker ist, als ich erwartet hatte, namentlich unmittelbar bevor der Zug gehen soll, zur Zeit der größten Luftverdünnung. Dann mußte ich noch erstaunen über die hohe Temperatur der aus den Pumpen [26] strömenden Luft, während im luftverdünnten Raum es so kalt ist, daß sich Reif ansetzt. Welch ungeheurer Kraftverlust liegt nicht allein schon in diesen zwei Umständen! In der unvollkommenen Linderung¹⁰⁸⁹⁾ und darin, daß die Luft bei einer höheren Temperatur ausgepumpt wird als die ist, die sie in der Röhre hat. Denn obgleich die meiste Temperatur-Erhöhung erst dann stattfindet, wenn die verdünnte Luft zur Dichtigkeit der Atmosphäre verdichtet wird, so muß sich ihre Temperatur doch auch während des Einströmens in die heißen Cylinder, die man außen kaum mit der Hand berühren kann, erhöhen: da die erwärmte Luft größeren Raum einnimmt, als die kalte, so wird bei einem Kolbenhub lange nicht ein Cylinder kalter Luft entfernt, und im Verhältnis dieses Abgangs zum vollen Cylinder wird der Effekt der Maschinen vermindert. Dieser Kraftverlust findet bei allen Einrichtungen statt, wo Luft als Transmissionsmittel von Kraft benutzt wird und ist mit ein Hauptgrund des Mißlingens der hierauf gegründeten Apparate.

Die Maschinen sind noch ganz so wie sie früher beschrieben worden sind, nur der Heizer wurde [27] weggelassen, jenes war ein Eisen, das hinter dem Reisekolben am Maschinenwagen befestigt war und durch Bestreichen der Klappen und schmelzen des Kittes, in welchem die Klappen liegen, den luftdichten Verschuß wieder herstellen soll.

Dieser Heizer entsprach nur unvollständig seinem Zweck, der jetzt besser durch einen Bahnwärter erreicht wird, der an den Stellen streicht, die er pfeifen hört.

Diese Bahn von *Dublin* nach *Dalkey* soll jetzt bis *Wicklow* und später bis *Wexford* an der Südspitze "Grenze, sächsisches verlängert worden, dann wird der atmosphärische Apparat herausgeworfen und das Ganze mit Lokomotiven betrieben werden. Wer daher diese immerhin sehr interessante Bahn sehen will, beeile sich, sie wird bald zu den Wundern vergangener Zeiten gezählt werden können.

Eine irische Werkstatt: klein aber fein

Die Bahn von *Dublin* nach *Kingston*, deren Verlängerung nach *Dalkey* atmosphärisch eingerichtet ist, ist eine der ältesten Bahnen "Grenze, sächsisches und wird selbständig für sich in einem äußerst kleinen Maaßstab, aber sehr schön und nett betrieben. Die Bahn hat ihre eigene Ma-[28]schinenwerkstätte, die kleinste Werkstätte, die ich je sah, in welcher noch ganze Lokomotiven gebaut werden. Sie beschäftigt nur 140 Arbeiter; eine einzige Dampfmaschine treibt alles, was zu treiben ist und ein einziger Reverberierofen heizt alles zu heizende. Nicht einmal ein Schwanzhammer ist da, die Kurbelstangen werden von Hand aus geschmiedet, doch zeigt der erste Blick, daß diese Werkstätte von denkenden Männern geleitet werde. Alles sieht originell aus.

Die Lokomotiven (siehe die Skizze Fig. 7) sind ganz anders als die gewöhnlichen

¹⁰⁸⁹⁾Abdichtung. BM

englischen Lokomotiven und ganz den Verhältnissen dieser kurzen Bahn mit starken Steigungen entsprechend gebaut.

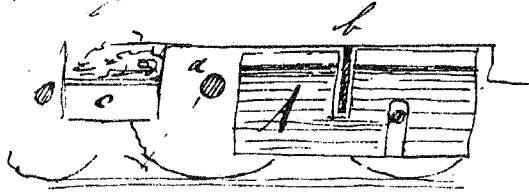


Fig. 7

Der Rahmen der Maschinen geht um alles, auch um die Räder herum; die Cylinder liegen außen und die mit Bogensteuerung versehenen Excentriks liegen beide hart am Rad und lassen einen Raum von mehr als $3\frac{1}{2}$ Weite zwischen sich frei, dieser Raum ist nun durch den Wasserkasten ausgefüllt, der sich um die Verstärkungswippe, an welcher die Excentriks hängen und um die vordere Achse herum bis zum Rauchkasten zieht und 100° Wasser [29] hält. Die Achsen der beiden Treibräder liegen vor und hinter dem Feuerkasten, dessen Schürloch eine viel größere Platte vor sich hat, als gewöhnliche Lokomotiven. Diese trägt aber dafür noch zu beiden Seiten Verschlüsse, in welchen die Kohlen für die ganze Reise aufbewahrt werden können. Tender giebt es keine auf dieser Bahn; die auf der Lokomotive angebrachten Kohlen- und Wasserbehälter genügen; alles ist schön nett beisammen und zugleich ist noch der Vortheil größerer Adhäsion für die starken Steigungen erreicht. Unten an der Werkstätte fließt ein kleiner Bach vorbei und an diesem stehen zwei kleine Maschinen, die das Wasser auf das Dach der Werkstätte, in der man überall Wasser braucht, treibt. Die eine ist ein hydraulischer Widder, der einzige, den ich auf meiner Reise zu sehen bekam und die andere ist eine Windmühle ganz merkwürdiger Construction. Ein inländischer Gelehrter hat nämlich die Erfahrung gemacht, daß Kugeln der Luft nicht soviel Widerstand darbieten als Scheiben von demselben Durchmesser. Herr *Houghton* der Obermaschinist der Bahn und Direktor der Werkstätten hat nun 4 Halbkugeln an den vier Armen einer vertikalen drehbaren [30] Spindel so befestigt, daß [die] Kreisflächen in der Ebene der Spindel lagen und die Wölbungen alle in einem Sinn gestellt waren. Zwei einander gegenüber liegende Halbkugeln bieten dafür dem Winde, die eine ihren Kreis, die andere ihre Kugelfläche dar und siehe die Spindel dreht sich fortwährend und pumpt Wasser.

Bahnhofs-Technik: Vom »Zug-Aufhalter« über Dachkonstruktionen bis zum Wagenheber

Im Bahnhof zu *Dublin* ist noch ein Wagen- oder Zug-Aufhalter von der Construction des Herrn Direktor *Pim* zu sehen. Derselbe besteht in einem keilförmigen Schlitten (siehe Fig. 10 [fehlt]). Die Grundfläche desselben reibt sich auf den Schienen (siehe Fig. 10 [fehlt]). Die Grundfläche liegt ein Geleis, dessen Schienen unten ganz spitz auslaufen, so daß jeder Wagen hinaufsteigen kann, sich dann auf der schiefen Ebene erheben und oben nach der Form eines Wagenrades geformt sind. Fährt nun ein Wagen auf diesen Schlitten auf, so kann er ganz auf denselben hinauffahren, wird aber oben von den Schienenhaken gefangen und ist nun genöthigt, den ganzen Schlitten mit sich fort zu schleifen, wenn seine lebendige Kraft auf der schiefen Ebene noch nicht zerstört ist. Als ich dort war, wurde mir von 8 oder 10 Mann ein Personenwagen

einigemal [31] hinaufgejagt und da zeigte sich der Schlitten sehr wirksam, er hielt den Wagen auf, ohne weiter als 1'' zu schleifen, allein auch mit voller Geschwindigkeit auffahrende Lokomotiven sollen ihn nicht weiter als 8 bis 10' weit schleifen. Zur Verhütung eines Unglücks mag dieser Schlitten sehr zweckmäßig sein, allein wohlthätig wird er gewiß nicht auf die Räder einer Lokomotive einwirken.

Die Spurweite auf dieser Bahn ist noch die des schmalen Geleises in England nämlich 4' 8½'', allein hier wie überall hat man erkannt, daß diese Weite zu klein sei und baut daher alle neuen Eisenbahnen auf 5' 3'' (160 cent. mêt.) und alle Wagen und Lokomotiven in der eben beschriebenen Werkstätte sind so construiert, daß bei der beabsichtigten Erweiterung des Geleises, die dann vorgenommen werden soll, wenn die Verlängerung der Bahn nach *Wicklow* eröffnet werden wird, nur andere Achsen eingeschoben zu werden brauchen, um die Wagen auf dem breiten Geleise laufen zu lassen. Ueberall wo nur isolirte Eisenbahnnetze begonnen werden, wird eine breite Spur zu Grunde gelegt, auch bei uns in Deutschland wußte man längst schon, daß 4' 8½'' Spurweite zu wenig sei, aber die das [32] Geld zum Bau hatten, wollten denen nicht folgen, die das Wissen hatten. Allein schwer wird es sich noch rächen, wenn Deutschland einmal die materielle Culturstufe Englands erreicht haben wird, und größere Geschwindigkeiten Bedürfnis sein werden: daß auf die Stimme jener badischen Ingenieure nicht gehört wurde, die schon im Jahre 1838, als die Wahl der Geleise noch frei stand, auf dessen ungenügende Weite aufmerksam machten. Jetzt ist dieses Geleis von 4' 8½'' leider Thatsache und man sollte eigentlich gar nichts mehr darüber sagen.

Sehr schöne Anlagen findet man auf dem Bahnhof der großen Süd- und Westbahn. Das Dach der Einsteighalle besteht aus 4 oder 5 kleinern Dächern von 36' Spannweite von der bekannten französischen Construction (Fig. 2 Beilage oder Seite [Bezieht sich möglicherweise auf das verlorene 5. Kapitel »Einige größere Dachstühle« des Reiseberichts]), in der aber die Eisenstangen durch zusammengenietete Kesselblechstreifen ersetzt sind, siehe Fig. 8; diese Ueberdachung sieht sehr gefällig aus, dürfte aber für das kältere deutsche Klima unpassend sein, wegen der zu befürchtenden bedeutenden Schneeablagerungen in den einzelnen Dachsätteln.

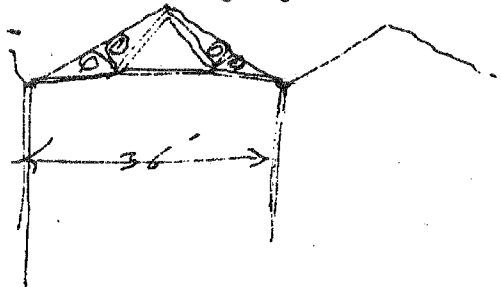
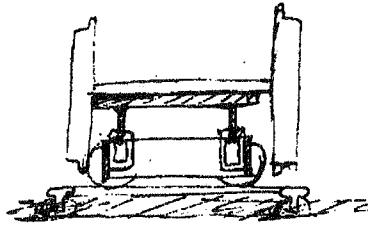


Fig. 8

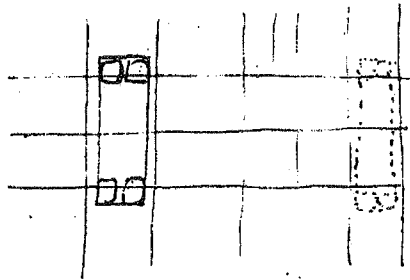
In der Halle selbst ist eine schöne Vorrichtung [33] zu sehen, um die Eisenbahnwagen auf die Parallelgeleise überzutragen [Fig. 8a]. Alle Geleise sind in der Mitte, wo das Anbringen von Drehscheiben oder versenkten Geleisen unthunlich wäre, senkrecht von drei Schienensträngen durchschnitten, auf denen ein Rollwagen läuft, der so klein ist, daß, wenn er in der Mitte einer Hauptspur steht, jeder Wagen über ihn weggeschoben werden kann. Die Plattform ist unten mit vier Stollen versehen, die die Kolbenstangen von vier an den Ecken des Wagens angebrachten hydraulischen

schen Pressen sind, welche gemeinschaftlich von einer einzigen Druckpumpe am einen Wagenende gespeist werden.



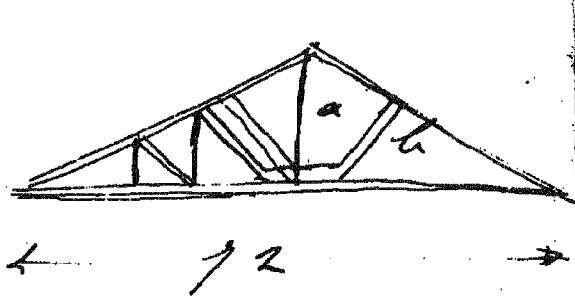
[Fig. 8 a]

Wird nun ein Wagen über die Rollenwagen gebracht, so kann er durch den Druck der hydraulischen Pressen aus dem Geleise gehoben werden, indem dessen Plattform dessen Wagenmassen angreift und auf jedes der Parallelgeleise hinübergerollt und dort niedergelassen werden [Fig. 8b].



[Fig. 8 b]

Die Anwendung einer hydraulischen Presse scheint mir etwas gesucht und nicht ganz zweckmäßig zu sein, indem ich nicht absehen kann, wie die 4 Kolben von einer einzigen Pumpe gespeist gleichmäßig mit einander aufsteigen sollen; auch scheint mir der ganze Apparat [34] kein dringendes Bedürfnis zu sein.



[Fig. 8 c]

Die Güterhalle ist mit dem 72' weiten [...Fig. 8 c] abgebildeten Dachstuhl überdacht.

Eine originelle Schiffsbrücke

Die Werkstätten dieser Eisenbahn in *Inshicore* [?] sind sehr schön eingerichtet und sehenswert, obgleich eigentlich nichts ganz neues daselbst vorkommt. Eine schön ausgedachte bewegliche Brücke führt unmittelbar vor den Bahnhof der Nordbahn über einen dort immer vollbörtigen Kanal. Dieselbe besteht aus einem langen eisernen Boot (Fig. 9), dessen Deck die Fahrbahn bildet und so weit über die Ufer hinausragt, daß es auf ihm ruhen kann.

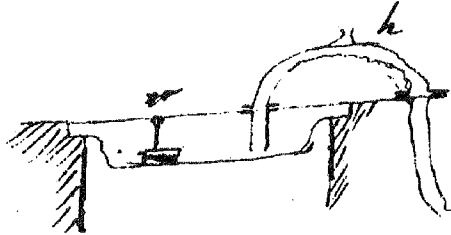


Fig. 9

Der Boden des Bootes ist mit einem Ventil und das Deck mit einem Rohr versehen, das bis auf den Boden hinabreicht und oben mit einem Heber versehen werden kann. Im Zustand der Ruhe ist das Ventil geöffnet, indem das Deck auf den Widerlagern aufliegt und das Boot nur ganz gerade im Wasser hängt. Soll nun ein Kanalschiff durchgelassen werden, so wird das Ventil geschlossen, der Heber angesetzt und durch ihn alles Wasser im Boot entfernt, dieses wird dadurch flott und kann mit geringem Kraftaufwand entfernt werden. [35] Diese sinnreiche Einrichtung rührt vom Ingenieur *Mallet* her, dem Ingenieur und Besitzer einer schönen Maschinen-Werkstätte in *Dublin*.

Trockendocks bei Liverpool

Von *Dublin* fuhr ich zunächst nach *Liverpool*. In dieser Stadt waren es vorzugsweise Hafengebauten, die meine Aufmerksamkeit in Anspruch nahmen. Wohl sieht man es dieser Stadt an, daß sie die zweite Handelsstadt des Reiches ist; auf mehreren Meilen Länge ziehen sich die mit Schiffen gefüllten Docks längs des Ufers des *Mersey* rivers hin und diese Menge Docks, welche Hunderte von Schiffen beherbergen können, genügen doch noch nicht, denn unterhalb der bestehenden Docks werden noch ein ganzes System solcher Docks angelegt; doch sind die meisten dieser neuen Docks sogenannte Dry-Docks d. h. solche, die trocken gelegt werden können, um die vorher in sie gefahrenen Schiffe auszubessern. Die alten Docks waren meistens ganz mit Schiffen angefüllt, nur ein einziger, der *Albert-Dock*, der von schönen neuen Magazinen umgeben ist, war ziemlich leer; als ich den mich begleitenden Kaufmann nach der Ursache dieser Erscheinung fragte, machte er mich auf einige Krane aufmerksam, die so vortrefflich sein sollen, daß das Laden und Ausladen eines Schiffes unver-[36]hältnismäßig wenig Zeit kostet, so daß nie viele wartende Schiffe in diesem, wie in den anderen Docks zu liegen brauchen. Er sagte mir: »Sie fahren Lasten von 10 Tonnen Schwere so schnell in die Höhe, als ich hier mit meinem Stock in die Höhe fahre«, was keine 3 Sekunden in Anspruch nahm.

Ich wollte nun die Krane untersuchen, allein es war nichts zu sehen, als der sich drehende Pfosten mit seinem Schnabel und der Zugkette, welche im Centrum des Krans in den Keller hinab verschwand, und was da drunten ist, war damals we-

nigstens noch ein Geheimniß. (Die erste Geheimnißkrämerei, der ich in England begegnet bin). Ich bekam die Maschinen nicht zu sehen, doch daraus, daß man mir weiters noch sagte, die Kraft, welche diese Krannen brauchten, sei außerordentlich gering, indem nur ein unbedeutendes Dampfmaschinchen in einer entfernten Eck des Hauses beständig arbeite, schloß ich, es seien hydraulische Pressen, welche die großen Lasten heben und stelle mir die ganze Einrichtung also vor: die kleine Maschine im Eck des Hauses pumpt Wasser in einen Behälter unter dem Dach des Magazins, das leicht 60' hoch über dem niedrigsten Stand der Ebbe liegen kann. Bei einer solchen Druckhöhe [37] genügen 30 Zoll weite Cylinder im Erdgeschoß, um einen Druck von beiläufig 10 Tonnen hervorzubringen, und diese Last wird so schnell gehoben werden, als das Wasser in etwa 1' weite Röhren fließen kann; und hiezu ist weiter nichts nothwendig, als die Kette des Krannens an die Kolbenstange des Cylinders zu hängen. Freilich müßen die Cylinder so hoch, als die Hubhöhe der Waaren sein. Die Einrichtung mag nun so oder nicht so sein, immerhin dürfte sie an den belebten Ufern unserer schnell fließenden Flüsse leicht anzubringen sein, wo hydraulische Widder oder ein leichtes Wasserrad, das nicht einmal dem Krannen gegenüber zu stehen braucht, jede beliebige Wasser-Menge in die höchsten Wasserbehälter hinaufpumpen kann.

Herr Turner und sein Dachstuhl

Diese Docks bieten nur wenig belehrendes einem binnenländischen Ingenieur so wenig als die übrigen großen Hafengebauten und alle hiemit verbundenen Anstalten, dagegen zieht ihn die größte aller bis jetzt bestehenden Dachconstruktionen desto mehr an. Es ist *Turners's* Dachstuhl daselbst von 152½' Spannweite über die Einstieghalle in der *Lime*-Straße, den ich Seite 1 bis 4 und Beilage¹⁰⁰⁰ Dachstuhl beschrieben und skizziert habe. Zur Zeit [38] meines Dortseins war man mit Aufstellung der zwei letzten Rippen beschäftigt und hatte schon mit Eindeckung des galvanisirten Wellenblechs begonnen. Herr *Turner* war gerade selbst anwesend, als ich diese Einstieghalle besuchte und zeigte und beschrieb mit der größten Zuvorkommenheit seine Construktion ins kleinste Detail, endlich hatte er noch die Gefälligkeit mich zu einer Vorlesung einzuladen, die er in der *Royal Mechanic Institution* (einer Art Ingenieur-Verein) über seinen Dachstuhl hielt. Er scheint ein guter, gefälliger, lieber Mann und ein sehr tüchtiger Praktiker zu sein. Die Hauptrolle in der Vorlesung spielte ein kleines Modell zur Erklärung der Construktion im Allgemeinen, während zur Erläuterung des Details die Construktionstheile in natura produziert wurden. Zu theoretischen Entwicklungen ließ er sich nicht herbei, sondern begnügte sich, die Tragfähigkeit des Dachstuhls damit zu beweisen, daß er sich selbst wiegend auf sein Modell hinaufstellte ohne es zerbrechen zu können. Zur Anerkennung wurde er nach Schluß der Vorlesung zum Mitglied des Instituts ernannt. Sein Dachstuhl ist übrigens in der That eine der schönsten derartigen Construktionen; [39] derselbe zeigt die einfachste und zweckmäßigste Anwendung des Fachwerks auf Dachstühle und wird gewiß noch nachgebaut werden.

Liverpools Bahnhöfe und die schiefen Ebenen dazwischen

Der Bahnhof mit dieser schönen Einstieghalle liegt in *Lime-street* mitten in der Stadt und ist vorzugsweise zur Personenbeförderung bestimmt. Die Güter werden meistens auf zwei anderen Bahnhöfen verladen, wovon der eine, im oberen Theil der Stadt, *Queen* und *Kings-Dock*, der andere im unteren Theil derselben *Victoria-Dock* gegenüber liegt.

¹⁰⁰⁰Die Angaben beziehen sich auf das verlorene Kapitel V *Über Dachstühle*. BM

Diese drei Bahnhöfe sind durch drei, schiefe Ebenen bildende Tunnel, welche unter der ganzen Stadt durchlaufen mit einem 4^{ten} Bahnhof auf der Landseite der Stadt bei *Edge-Hill* verbunden. Hier befinden sich die sämtlichen Maschinenwerkstätten der Bahn und auch die stehenden Dampfmaschinen, welche die drei schiefen Seilbahnen treiben. Im Wesentlichen ist die Einrichtung dieser schiefen Ebenen dieselbe, als die der bekannten *Lütticher* Seilbahn. Es ist ein Seil ohne Ende, welches am Fuß der schiefen Ebene um eine Rolle geschlungen ist, oben aber mittelst Leitrollen zu dem Treibrad geführt wird, das mit zwei Hohlkehlen für das Seil versehen ist und dem ein leer laufendes Rad gegenübersteht, das dazu dient, [40] das Seil von einer Hohlkehle auf die andere überzutragen, wodurch es möglich wird, es zur Vermehrung der Reibung zweimal um die Räder herumzuschlingen. Jenseits der beiden Räder befindet sich noch eine Spann-Rolle mit einem in einen Brunnen hängenden Gewicht, durch welches das Seil angespannt wird. Die Disposition der Maschinen aber ist bei weitem nicht so schön als in *Lüttich*. Die Rollen befinden sich alle unter dem Boden in feuchten, dunkeln, gewölbten Gängen. Die Dampfmaschinen, welche die Treibrollen treiben, haben ihre Stopfbüchsen und Kolbenstangen unten; in *Lüttich* ist sowohl das Treibrad, als auch das leerlaufende Rad mit einer Dampfmaschine verbunden, so daß jedes einzelne dieser beiden Räder als Treibrad und auch als Lauftrad dienen kann, so daß es möglich ist, das Seil mit jeder der beiden Maschinen einzeln und auf beiden zugleich aufzuwinden. In *Liverpool* dagegen ist nur ein Reserve-Cylinder vorhanden, dessen Curbelstangen an dieselbe Stelle des Krumzapfens¹⁰⁹¹⁾ des Treibrades greift, als der Hauptcylinder und zur Auslösung des einen oder anderen Cylinders erst die eine Curbelstange los und die andere wieder angemacht werden muß. [41] *Manchester* ist die Stadt, in der es für den Ingenieur unstreitig am meisten zu sehen giebt, die große Zahl der hiesigen Maschinenfabriken und der hier ausmündenden Eisenbahnen werden immer des Neuen und Sehenswerten viel bieten.

Fairbairns Maschinenfabrik

Ich besuchte daselbst *Fairbairn's*¹⁰⁹²⁾ (Millstreet) Fabrik. Man verfertigt hier vorzugsweise Brücken, große Wasserbehälter für Schiffe, und Schiffe aus Eisenblech. Es ist ein eigener Bridge-Yard, Brückenhof, da, in welchem die größten Constructionen zusammengesetzt und aufgeschlagen werden können. Zum Nieten wird eine eigene Maschine verwendet, welche den Kopf des Nietnagels mit ungeheurer Gewalt einpaßt. An einem massiven gußeisernen Gestell ist die Nonne A (siehe Fig. 11) angebracht, gegen welche der Mönch G durch ein starkes Excentrik angedrückt wird. Das zu nietende Blech hängt an einem Wagen, der hoch oben auf einer Eisenbahn läuft. GH ist so höher als die höchste und breiteste noch übliche Blechtafel und die Eisenbahn steht so hoch, daß der längste Dampfkessel unter ihr aufgehängt werden kann. Diese Maschine arbeitet sehr gut, doch wird darüber geklagt, daß wenn zu dicke Platten eingebracht werden, sie sich oft selbst zersprengt, und daher eine äußerst [42] vorsichtige Behandlung fordert. Dieser Umstand hat bei der *Menai*-Brücke zu der auf Seite [19] erwähnten Dampfrietmaschine geführt, welche immer denselben Druck ausübt, die untergelegten Platten mögen dick oder dünn sein und die daher dem Zersprengen einzelner Theile nicht so ausgesetzt sind. Allein trotz dem scheint diese *Fairbairn'sche* Nietmaschine doch zweckmäßiger zu sein, weil sie mehr Nachahmung findet. Sie macht per Minute 6 - 10 Hübe. Zum Schneiden der

¹⁰⁹¹⁾Kurbel. BM

¹⁰⁹²⁾Sir William Fairbairn (1789 - 1874) Schottischer Ingenieur und Erfinder. Pionier in der Brückenkonstruktion und Festigkeitsuntersuchung von Eisen. Britannica 1991. BM

Bleche werden auch Cirkular-Scheren verwendet.

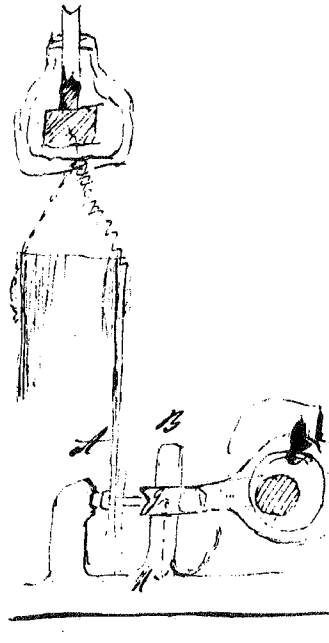


Fig. 11

George Peels Soho Works

In *George Peels Soho Works* steht eine Hebelmaschine von kollosalen Dimensionen, deren Schlitten von Ketten gezogen wird. Diese scheinen aber hiezu gar nicht zu taugen, sie zogen den Schlitten nur ruckweise fort, denn bei einer Länge von 12 - 18' können sie nicht mehr straff angespannt werden, gerathen dann in eine schwingende Bewegung und jede Schwingung giebt dem Schlitten einen Stoß. Am häufigsten sah ich die gezahnte Stange angewendet, die sanfteste Bewegung aber die von Schrauben geschobenen Schlitten, wie sie sehr schön und fein in *Withworth's* (Charltonstr.) Maschinenfabrik gefertigt werden. Dieß ist wohl keine der größten, [43] aber eine der feinsten Werkstätten, die es giebt. Es werden hier vorzugsweise Werkzeugmaschinen, als Hobel-Bohrmaschinen, Drehbänke ... gefertigt und alles mit einer erstaunlichen Genauigkeit gearbeitet. Die Werkstätte scheint in der Mitte zwischen der eines Mechanikus und einer Maschinenfabrik zu stehen: z.B. Zur Prüfung ebener Flächen sind zwei Platten vorhanden, die so genau gearbeitet sind, daß die eine oben gar nicht auf die andere gelegt werden kann, es bleibt zwischen den beiden Platten immer eine Luftschicht zurück, auf der die obere mit der geringsten Kraftanstrengung gleichsam herum gerollt werden kann.

Schiebt man aber die eine Platte von der Seite auf die andere hinauf, indem man zuerst die beiden entgegengesetzten Ränder fest aufeinander legt und dann mit diesen über die ganze andere Platte fährt, so ist die Adhäsion so groß, daß die Platten nur mit bedeutendem Kraftaufwand aus einander gerißten werden können. Zur

Prüfung runder Löcher und Zapfen dient eine Reihe kleiner Klötzchen mit Löchern verschiedener Durchmesser, und in jedes dieser Löcher paßt ein Zapfen so genau hinein, daß, wenn man das Loch unten zuhält, [44] man den Zapfen wegen der im Innern comprimierten Luft, welche zwischen ihm und den Rändern des Loches nicht durch kann, gar nicht hineinbringt; läßt man aber den Zapfen fahren, so wird er durch die Elastizität der Luft mit herausgeschnellert. Um Längen genau zu messen sind zwei kleine Platten aa (Fig. 12 [fehlt]), die an Schraubenmuttern befestigt sind, welche außen durch Rädchen gedreht werden können. Das eine dieser Rädchen b in 500 Theile getheilt; da nun auf einen Zoll 20 Schraubengänge gehen, so kann mit diesem Apparat $\frac{1}{10\,000}$ Zoll gemessen werden, vorausgesetzt, daß die Schraube keine toten Gänge hat, und die hat sie nicht, denn wenn ein harter Gegenstand so zwischen die Platten a und a geklemmt wurde, daß er gerade hängen blieb, so genügte es, daß ein Rad um einen Theilstrich rückwärts zu drehen, um den Gegenstand fallen zu lassen. Brächte man ihn dann wieder zwischen die Platten, so blieb er wieder hängen, wenn das Rädchen b auf denselben Theilstrich eingestellt wurde. Auch eine kleine Spielerei war da. Ein Strickmaschinchen, das arbeitete, daß es eine Lust war zuzusehen. Es war kein Strumpfwirk-[45]stuhl, es ahmte nur die Bewegungsvorgänge des Fingers nach, allein dieß so schnell, als man eine kleine Curbel seitwärts drehen konnte, in 6 bis 8 Sekunden war der 8 Zoll breite Strickrahmen durchgelaufen.

Noch mehr Fabriken: Withworth, Sharp's Atlas Works und Hough

Herr *Withworth* scheint im Raum etwas beengt zu sein und seine Werkstätten liegen übereinander in drei verschiedenen Stockwerken, zu deren Verbindung eine auf- und niedersteigende Brücke dient, die in nur etwas größerem Maßstabe, sonst aber genau wie die Sackzieher in amerikanischen Kunstmühlen construiert ist. Es können auf derselben mehrere Personen zugleich und auch große Werkstücke durch und in die verschiedenen Stockwerke gefördert werden.

Sehr befriedigt von allem, was ich hier gesehen, verließ ich diese Werkstätten, um eine der großartigsten Lokomotiv-Fabriken, nämlich *Sharp's Atlas Works* anzusehen. 160 Lokomotiven produziert jährlich diese Maschinen-Fabrik und außerdem noch eine Menge Spurmaschinen für England und für den Continent. Die Lokomotiven sehen sehr fest, solide und dauerhaft aus und werden, wie es in einer Anstalt, wo sie in so großer Zahl gefertigt werden, nicht anders sein kann, ziem-[46]lich alle nach einem und demselben Muster gebaut. Die Cylinder liegen immer und haben die sogenannte linkmotion (*Stephenson'sche* Expansion, Hängtaschen-Steuerung.) Die Schieber beider Cylinder liegen zwischen diesen in einer und derselben Dampfkammer. Die Excentriks sammt der ganzen Steuerung liegen zwischen den Curbeln. Der Rahmen der Maschinen liegt innerhalb der Räder. Die Speise-Pumpen sind am Rahmen befestigt und liegen in der Verlängerung der Cylinderkolben. Sehr stark werden die Kurbelstangen ausgeführt und die Herren *Sharp* thun sich etwas darauf zu gut, daß ihnen nie (!) eine breche. Der ganze Krumzapfen wird mit der Achse aus einem einzigen Stück Eisen geschmiedet und der hierauf lichte Raum, in welchem die Curbelstange spielt, mit einem großen Fraaßrad von der entsprechenden Breite ausgearbeitet. Ueberhaupt wird hier viel kalt ausgefräzt; die zahllosen kleinen Rädchen der Spinnmaschinen werden voll gegossen oder geschmiedet und dann erst die Zahnlücken mittelst Fraaßrädchen, welche mit Theilmaschinen in Verbindung stehen, eingeschnitten.

Einigen Ruf haben auch die tragbaren Dampf- [47] Maschinen (*Portable steam-engine*) des Herren *Hough*. Leider war dieser Herr krank und von dem untergeordne-

ten Personal konnte ich keinen Zutritt in die Werkstätten erlangen, doch bekam ich in seinem Laden einige dieser niedlichen Maschin'chen zu sehen. Man könnte dieselben mit einer kleinen aufrecht stehenden Lokomotive vergleichen, von der sie sich nur dadurch unterscheiden, daß sie viel einfacher und die einzelnen Theile an den Kessel noch eng anschließender als bei jener sind. Fig. 12 ist der Auf- und Grundriß dieser Maschinen skizziert.

Der Heizraum A befindet sich in dem cylindrischen 7 bis 10' hohen Kessel und ist ganz von Wasser umfüllt. Zwei Rauchröhren steigen von diesem aus auf der einen Seite des Kessels hinauf und auf der anderen herunter, wo sie dann dem Schürloch gerade gegenüber in den Kamin C ausmünden. Auf der einen der jetzt noch freien Seite befindet sich der Dampfcylinder E und auf der anderen das Schwungrad der Transmissionswelle, welche in einer lichten Röhre durch den Kessel geht.

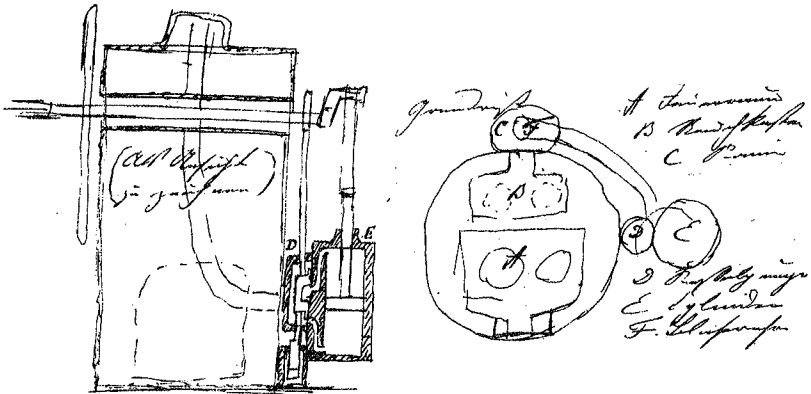


Fig. 12

[Text links im Kessel:
(Als Ansicht
zu zeichnen)

Text rechts:
Grundriß.

- A Feuerraum
- B Rauchkasten
- C Kamin
- D Kesselpumpe
- E Cylinder
- F Blaserohr]

Der Dampfverteilungsschieber D befindet sich zwischen dem Cylinder und dem Kessel. Die Schieberstange ist unterhalb des Schieberkastens verlängert [48] und endigt dort in den Kolben der Spritzpumpe. Das Dampfrohr faßt den Dampf in einer kleinen Kuppel über dem Kessel; der abziehende Dampf wird bei der Lokomotive in den Schornstein gejagt. In dem Blaserohr wird auch das Speisewasser etwas verdünnt, indem es von der Pumpe aus erst durch dieses in den Kessel geführt wird. Diese kleinen tragbaren Hochdruck-Maschinen werden für 1 bis 6 Pferdestärke gebaut und auf Bauplätzen zum Cementmachen, Trockenlegen von Baugruben, auf Oekonomie-Höfen zum Dreschen und sonst noch zu allem möglichen verwendet.

Manchesters Bahnhöfe, ihre Remisen und Werkstätten

Auch die Bahnhöfe von *Manchester* sind sehr interessant; vielleicht trifft man nie solches Leben wieder als auf der *Victoria*-Station, auf welcher die Züge von *Liverpool Bolton* und *Leeds* eintreffen und sich kreuzen. Wenn man diesen Bahnhof besucht, so kann man bei dem Ueberschreiten der Geleise nicht behutsam genug sein, alle Augenblicke treffen Züge und Lokomotiven ein.

Als ich das Erstemal hineinging, wollte mich ein police-man zurückweisen; ich ließ mich jedoch nicht abhalten und zog meine Erlaubnißkarte hervor. Diese würdigte er jedoch keines Blickes, sondern [49] ließ mich mit der Bemerkung einspazieren: »Mit dieser Karte können sie überfahren werden«, worauf ich ihn nur bat, für sein eigenes Leben sorgen zu wollen. (You may be killed with this permission: mind your own life.) Dieß läßt sich natürlich nur dadurch erklären, daß *Victoria Station* die gemeinschaftliche Personenhalle mehrerer Bahnen ist.

Die Werkstätten und Güterstationen sind auf diese zerstreut und bieten weniger bemerkenswertes dar.

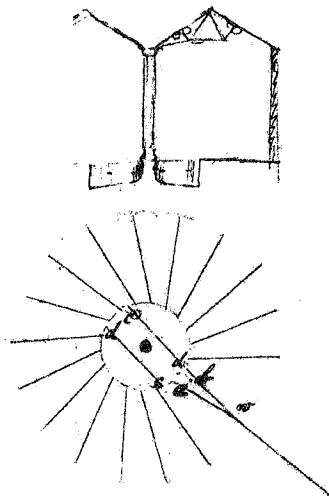


Fig. 13

Dagegen findet man vielleicht nirgends mehr Sinniges und Durchdachtes, als in den Werkstätten der *Manchester-Sheffield* zu *Gorton*. Schon auf den ersten Blick zeigt es sich, daß ein tüchtiger, tief denkender Ingenieur an der Spitze dieser Anstalt steht. Es ist Herr *Peacock*, ebenfalls Mitglied der *Civil-Engineering-Institution*, der mir auch auf das Freundlichste überallhin Zutritt gestattete. Unter den Konstruktionen hebe ich die runde Lokomotiv-Remise mit ringförmigem Dach besonders hervor. Fig. 13 ist der Grund- und Aufriß dieses Gebäudes skizzirt. Bei den bisherigen kreisförmigen Lokomotiven[-Remisen] mit großer Drehscheibe in der Mitte, war es [50] ein großer Uebelstand, daß bei der Unmöglichkeit den weiten Raum ohne mittlere Unterstützungen zu überdachen, Säulen oder gar Wände zwischen die Lokomotive und Drehscheibe gesetzt werden müssen und zwar gerade an der Stelle, wo in Folge der Convergenz der radialen Spuren der Raum am engsten und unentbehrlich-

sten ist. Eine Säule in die Mitte zu setzen, wo Niemand etwas zu thun hat, und wo sie daher am wenigsten hinderlich wäre, daran hatte noch niemand gedacht. Hier in *Gorton* ist es zum Erstenmal geschehen. Im Mittelpunkt der Drehscheibe und gleichsam die Achse dieser bildend, steht eine hohle gußeiserne Säule, welche ein ringförmiges Dach von einfacher französischer Konstruktion trägt. Die atmosphärischen Niederschläge im Innern des Firstkreises laufen durch die hohle Säule ab und das braucht bei weitem nicht so hoch und deßhalb auch nicht so theuer zu sein, als wo auf einer einzigen Kegelfläche alles über die Ringmauer geleitet wird.

Da bei dieser Konstruktion die Mitte der Drehscheibe unzugänglich ist, so muß auf dieser die Spur seitwärts liegen und sie erhält der [51] Symmetrie wegen zwei statt einer Spur, so daß sie im ganzen 4 Schienenstränge trägt. Die einzelnen Spuren der Remise können in Folge dessen auch nicht mehr central sein, sondern es müssen, um auf die Drehscheibe fahren zu können, die einzelnen Stränge an Kreise tangiren, deren Halbmesser gleich der Entfernung der Stränge der Drehscheibe von ihrem Mittelpunkt ist. Eine Eigenthümlichkeit dieser Anlage ist auch dieß, daß man immer nur ein und dasselbe Ende der Drehscheibenspuren, bei der Fig. 13 gezeichnet unter Neigung der Spuren, immer nur die Enden C mit den Remisespuren in Verbindung bringen kann, und die Lokomotiven daher gerade so ausfahren müßten, wie sie eingefahren sind, wenn nur eine einzige Zufuhrspur a vorhanden wäre.

Um jene daher auch drehen zu können, erhält die Zufuhr-Spur eine Weiche bei w, von der aus eine Spur abgeleitet wird, deren Verlängerung den Evolutenkreis auf der entgegengesetzten Seite, als die von a tangirt, und welche daher mit dem Ende d, d, der Drehscheibenspur in Verbindung gebracht werden kann. Will man daher eine Lokomotive drehen, so braucht man nur bei der einen Spur a ein- und bei der anderen Spur b auszufahren [52] und bei dem Einstellen der Lokomotive muß darauf Rücksicht genommen werden, daß das bei c stehende Lokomotivende an die Umfassungsmauer der Remise zu stehen kommen wird.

Bei den zahlreichen Eisenbahnen, die in England gebaut werden, kommt es häufig vor, daß nicht gleichzeitig gebaute Bahnen in verschiedenen Niveaus in den Städten ankommen und von der einen Wägen, auf die anderen gehoben werden müssen.

Dieß geschieht in der Regel mittelst sehr complizirter Hebemaschinen (Hoisting Engine), bald ist es eine hydraulische Presse mit einem Cylinder, dessen Höhe gleich der Niveaudifferenz der Bahnen ist, und dessen Speisepumpe von einer Dampfmaschine getrieben wird, welche die in Coulissen laufende bewegliche Plattform hebt, bald wird diese von minderwertigen Vorrichtungen mit zahllosem Räderwerk und gezahnten Stangen gehoben.

Nirgends aber geschieht es auf eine einfachere Weise als in *Gorton*, wo die Wagenremise in zwei Stockwerken angelegt ist und die Wagen aus dem einen in das andere gehoben werden müssen. Fig. 14 sind die skizzirten Ansichten dieser Hebmachine.

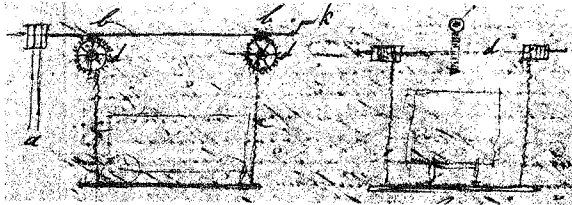


Fig. 14

Die bewegliche Plattform hängt an [53] vier Ketten, welche sich oben um vier Trommeln winden, wovon je zwei auf derselben Welle sitzen. Jede dieser Rollen trägt aber auch noch in der Mitte ein gezahntes Rad, in welches Schrauben ohne Ende greifen, die ebenfalls wieder eine gemeinschaftliche Achse besitzen. Der ganze Mechanismus ist nun klar: diese Achse braucht nur durch einen Riemen ohne Ende umgedreht zu werden, um mit Hilfe der Schrauben ohne Ende und der gezahnten Räder auf der Trommelachse, die Trommeln zu drehen und dadurch die Ketten mit der Plattform und dem Wagen in die Höhe zu winden. Soll aber ein Wagen hinabgelassen werden, so wird der Riemen auf die Leerrolle gehoben und ein Mann kann dann an der Kurbel die Schrauben ohne Ende rückwärts drehen, indem die Steigung der Schraubenwindungen der Art ist, daß sie von keiner Last auf der Plattform, wohl aber von der Kraft eines Mannes bei K rückwärts gedreht werden können. Diese Hebemaschine ist zwar nur für leere Wagen bestimmt, allein ohne Bedenken kann dieselbe auch bei den größten Lasten angewendet werden, und verdient gewiß wegen ihrer großen Einfachheit und [54] Sicherheit, indem die größten Lasten die Schrauben nicht rückwärts zu drehen vermögen, vor allen anderen den Vorzug. In derselben Remise bekam ich auch noch einen Brückenwagen (Travelling Carriage) zu sehen, der so flach konstruirt war, daß gar kein versenktes Geleis für denselben nothwendig war. Er konnte auf drei Querschienen, welche im Niveau der übrigen Schienen lagen und diese auf dieselbe Weise kreuzte, wie sich die vier Schienenstränge auf einer gewöhnlichen Drehscheibe kreuzen, über alle Geleise der Remise weggeschoben werden, ohne daß es nothwendig war, einen einzigen Strang zu unterbrechen. Fig. 15 ist eine Skizze dieses Brückenwagens.

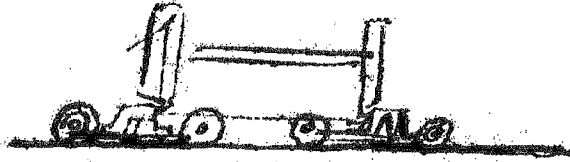


Fig. 15

Die sehr flachen Thorschienen sind auf die Länge des zu tragenden Wagens 3 mal unterstützt und zwar durch ein auf der breiten Seite liegendes Band, das an seinen beiden gabelförmig gespaltenen Enden Zapfanlagen für die in der Gabel stehenden Laufräder trägt, deren 6 auf den drei Querschienen laufen. Spieß- und Diagonalbänder verleihen dem Wagen die nothwendige Steifigkeit. Um Wagen auf die immerhin noch 6'' hoch über dem [55] Geleis stehenden Schienen der Brücke hinauf zu bringen, sind diese jenseits des äußersten Laufrades abwärts gebogen und endigen ganz spitz auf den Schienen des Geleises. In Remisen und Hallen mag diese Construction immerhin mit Vortheil angewendet werden, wo aber beladene Wagen von einem Geleis auf das andere zu bringen sind, da wird man immerhin nur versenkte Geleise anwenden können, bei denen die Brückenschiene im Niveau der Bahnhofschiene liegt.

Die sogenannte Patentweiche

Zum Erstenmal sah ich hier auch die sogenannten Patentweichen, die sich sehr rasch in England, allein gar zu langsam auf dem Continent verbreiten. Dieselben sind eigenthlich eine Verbesserung der Zungenweichen, in welcher die Zungen so gearbeitet sind, daß gar keine Unterbrechung der Schienenstränge, auch nicht ein-

mal ein Einschnitt in den Kopf der äußersten Schienenstränge stattfindet. [... Fig. 16 bis 19 fehlen]¹⁰⁹³⁾ Noch selten habe ich einen Bahnhof betreten, auf dem ich so viel Neues, Originelles und zu gleicher Zeit auch durchaus Praktisches als hier gefunden hätte. In Frankreich und in Amerika begegnet man ebenfalls vielen originellen Ideen, allein sie arten oft in Spielereien aus, oder sind unpraktisch, und immer fehlt ihnen die vollendete technische Ausführung mit deren Mängel nur zu leicht der Erfinder belastet wird. Auf Staatsbahnen aber wird der Techniker die Ausführung nur solcher Konstruktionen durchsetzen können, welche auf anderen Bahnen sich schon vollkommen bewährt haben. [58]

Die Wasserwerke der Stadt Manchester

Großartige Wasserwerke, bestimmt die Stadt *Manchester* mit Wasser zu versorgen, sah ich in(m) *Dinting* in Ausführung begriffen. Durch 100 Fuß hohe wasserdichte Dämme wird das *Dinting*-Thal dreimal abgesperrt und dadurch drei künstliche Seen gebildet, in welchen alles Wasser des nicht unbedeutenden Flußes aufgefangen, gereinigt und für den Stadtgebrauch aufbewahrt werden kann. Der oberste dieser Seen bei *Woodhead* ist circa 3½ engl. Meilen lang und dient als Wasserbehälter für die im Thal liegenden Mühlen, und auch dazu, alles schmutzige Wasser, das ebenfalls kommen könnte, aufzufangen. Dieser See hat zwei Ausflüße, von dem oberen derselben läuft das Wasser um die beiden unteren Seen herum in das Thal zurück, der obere aber mündet unmittelbar in den mittleren See. In diesem wird das Wasser gereinigt, indem es so lange in demselben stehen bleibt, bis es alle erdigen, unreinen Bestandtheile abgesetzt hat; es hat ebenfalls zwei Abflüße, nämlich eine unter dem Damm liegende Röhrenleitung, welche ihn mit dem 3^{ten} See verbindet, und dann einen Kanal, welcher um den 3^{ten} See herumläuft und unten in das Thal [59] ausmündet; dieser Kanal dient dazu, alles schmutzige Wasser von den Seen abzuhalten und überflüssiges Wasser dem Thal d. h. den Mühlen wieder zu geben. Dieser See bildet den Behälter für das reine Wasser. Er ist genau wie die oberen Seen gebaut und durch die um ihn herumlaufenden Kanäle derselben gegen alles schmutzige Wasser, das von den Bergen kommen könnte, geschützt und hat zwei Mündungsleitungen, eine unter dem Damm liegende Rohrleitung, durch welche er in das Thal abgelassen werden kann, und dann die nach *Manchester* führende Wasserleitung. Alle Arbeiten werden mit der größten Sorgfalt ausgeführt. Die Dämme quer über das Thal haben folgenden Querschnitt. (Fig. 20).

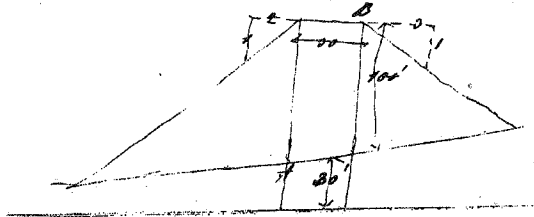


Fig. 20

Der mittlere Theil A.B ist eine wasserdichte Lettenschicht¹⁰⁹⁴⁾, welche unter dem natürlichen Boden, bis auf den compacten Felsen hinuntergeführt wird; der Letten wird in 1' hohen Lagen aufgetragen, dann unter beständigem Zugießen von Wasser

¹⁰⁹³⁾Ohne die Figuren ist dieser Abschnitt über diverse Weichenformen unverständlich. BM

¹⁰⁹⁴⁾sandhaltiger Ton. BM

mit dem Spaten in alle Richtungen durchschnitten und endlich mit den Füßen getreten und gestampft, bis er fest und zähe ist. Diese Lettenlage muß natürlich gleichzeitig mit dem übrigen Dammkörper ausgeführt werden, zu diesem wird das Material von den [60] Seitengehängen der Berge genommen. Die Böschungen der Dämme sind auf der obern, der Wasserseite, 3 malig auf der untern, der Thalseite, 2 malig. Die Röhrenleitung unter jedem dieser Dämme besteht aus zwei gußeisernen Röhren von 4' Durchmesser. Sie liegen auf Pfeilern, welche auf den Felsen unten gegründet sind. (War dieß wohl nöthig?)

Die Linderung¹⁰⁹⁵⁾ wird durch einen Bleiguß zwischen den Flanschen hergestellt; in der Lettenschicht wird eine 10' breite und 15' hohe wasserdichte Bohlenwand ab Fig. 21 hergestellt, damit kein Wasser längs der Röhren durch den Damm rinnen könne, auch wenn der Letten unter der Röhre sich setzen und hohle Ränder dort lassen sollte.

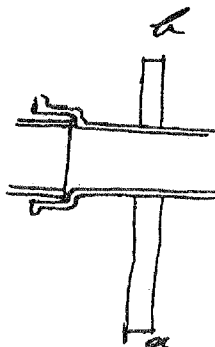


Fig. 21

Genau wie diese Dämme im Großen sind auch alle kleinen Dämme, welche die Wasserläufe des 1^{ten} und 2^{ten} Sees bilden, hergestellt worden.

An einer Stelle, wo dies über eine schluchtenförmige Vertiefung des Geländes geführt werden mußte, wurde statt des Dammes eine doppelte Stützmauer mit einem 2' breiten Raum in der Mitte aufgebaut, der dann wie oben beschrieben mit Lehm ausgefüllt wurde. Wie die großen Dämme, so haben auch diese kleinern an [61] tiefen Stellen Röhrenleitungen statt Durchlässe, so daß, wenn helles reines Wasser sich hinter ihnen gesammelt haben sollte, dieses in die Seen abgelassen werden kann.

Nahe bei *Woodhead* wird mittelst eines Viaduct's eine Strasse über den untersten See geführt. Ausser diesen Hauptwasserbehältern wurden noch weitere kleinere weiter unten bei *Tintwistle* in Seitenthälern angelegt.

Die nach *Manchester* führende Wasserleitung besteht aus einem offenen ausgepflasterten Kanal. Unter dem Pflaster liegt eine 1½' hohe wasserdichte Lettenschicht. Bei *Mottram* wurde ein 2772 Yards langer Tunnel [gebaut], dessen Querschnitt Fig. 23¹⁰⁹⁶⁾ dargestellt ist.

Derselbe hat ein Gefälle von 5' per Meile oder 1 / 240 und kann daher, ohne über die Hälfte seiner Höhe gefüllt zu sein, 760 englische Gallon's oder 3½ Kubikmeter Wasser per Sekunde, genug für alle Zeiten, liefern.

¹⁰⁹⁵⁾ Abdichtung. BM

¹⁰⁹⁶⁾ Ein Verweis auf eine Fig. 22 fehlt. BM

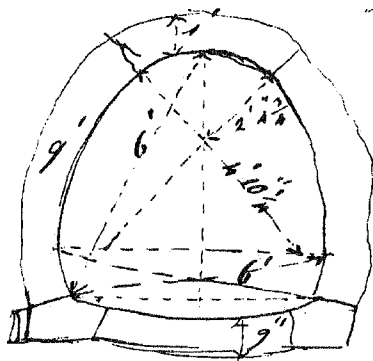


Fig. 23

Der Bau dieses Tunnels wurde an 9 verschiedenen Punkten, mittelst niedergetriebener Schachten begonnen. Dieselben haben alle 9' Durchmesser; 4 derselben sind nur provisorisch, die 5 andern aber sollen für immer offen gehalten werden. Sämtliche Kosten dieses Werkes betragen 300,000 Pfund, [62] und in einem Jahr soll alles vollendet sein.

Der längste Tunnel Englands

Auf dem Wege von Manchester nach Sheffield besuchte ich auch den längsten Tunnel Englands, der bei Woodhead im Bau begriffen ist. Er ist drei Meilen lang und besteht nur aus zwei Oeffnungen, einer für jedes Geleis, welche durch eine 18' dicke Wand von einander getrennt sind. Wozu diese Wand?

Die eine dieser Oeffnungen war bereits vollendet und dem Betrieb übergeben, die andere aber noch im Bau begriffen; um nun das Zusammenstoßen zweier Züge im Tunnel zu verhindern, war jeder Zug gehalten, immer nur mit einer und derselben Maschine, welche am Tunnel Schildwache stand, an der Spitze durchzufahren. Da nun diese Maschine mit sich selbst nicht zusammenstoßen kann, ist im Tunnel auch kein Zusammenstoß möglich. Gewiß eine sehr sichere aber auch sehr theure Sicherheitsmaßregel. Bei dem Graben des Tunnels wurden keinerlei Maschinen oder sonstige interessante Apparate in Anwendung gebracht.

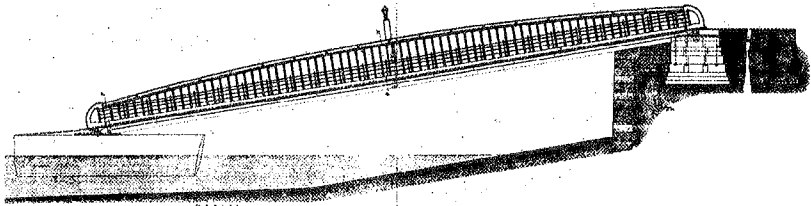
Sheffields Stahl und Leeds Eisenbahnen und Eisenbauten

Sehr gespannt war ich auf das durch seine Stahlwaaren so berühmte Sheffield, allein ich bekam nichts zu sehen, als prächtige großartige Magazine, in welchen die schönsten Waaren, Luxusartikel, deren Gebrauch man kaum kennt und andere Spielereien [63] als: Messer mit 1849 Klingen ... zu sehen. Diese Sachen werden nicht in einer einzigen großen Fabrik angefertigt, sondern die einzelnen Arbeiter, die immer nur einen und denselben Gegenstand fertigen, bekommen den Stoff mit nach Hause und bringen ihn verarbeitet wieder dem Fabrikanten zurück. Ob und welche Maschinen hierbei angewendet werden oder können, konnte ich nicht erforschen, weil es mich zu lange aufgehalten haben würde, die verschiedenen Gattungen Arbeiter zu besuchen. Das großartige Stahlwerk *Cammels* sah ich nur noch an und reiste wieder ab, ohne zu wissen, was ich eigentlich Neues hier gelernt habe.

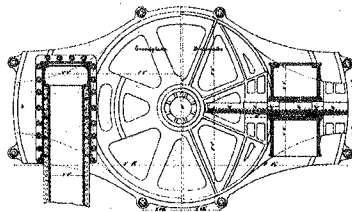
In *Leeds* ist die Maschinenfabrik von *Wilson & Comp.*, in welcher die sogenannten *Jenny-Lind* Lokomotiven fabrizirt werden. Dieselben haben innen und zwar unter, nicht im Rauchkasten liegende Cylinder. Die Schieber sind zwischen den Cylindern

angebracht und haben Bogensteuerung (link motion). Die Kolbenstange wird von zwei (nicht vier) Stäben gerade gehalten, in Folge dessen die Kurbelstange, wie auch häufig bei aussen liegenden Cylindern, eine gabelförmige Gestalt erhält. Die Pumpen liegen [64] am Feuerkasten und werden durch die Excentriks getrieben. Diese Maschinen sehen sehr complizirt aus und die Anordnung ihrer Theile schien keine besonderen Vortheile darzubieten.

Mit dieser Maschinenfabrik ist auch ein großer Brückenhof verbunden, in welchem gerade an der großen Landungsbrücke, welche schon im Jahrgang 1850 Seite 221 Bl. 349 von Förster's Bauzeitung beschrieben ist, gearbeitet wurde. Die massigen gußeisernen Auflagen der Tragrippen auf dem Lande und auf dem Landeboot lagen fertig da, um mit den ersten Blechtafeln versehen zu werden. Diese Gußeisen-Massen schienen mir gar zu groß zu sein.



Landungsbrücke bei der Schiffswerft St. George in Liverpool¹⁰⁹⁷⁾



Grundriß der Lagerplatte der obigen Landungsbrücke¹⁷

Ueberhaupt werden in England keine Dimensionen zu schnell gegriffen und diesem Umstand verdanken die englischen Ingenieure gewiß einen Theil ihres Rufes. Was sie bauen ist wohl fest und solide, allein nach den Kosten fragt kein Mensch, weder in England noch in Deutschland. Mäßige Summen werden dem deutschen Ingenieur verweigert, weil er nichts verstehe und zu ängstlich sei; der fremde aber, der dann dazu berufen wird, darf ohne Beschränkung schalten und walten und Geld mit vollen Händen [65] ausstreuen, nach den Kosten fragt dann Niemand weiter. Es muß gewiß soviel nothwendig gewesen sein, denn es war ja ein Engländer, der es verlangte!

Viele schöne Eisenbahnbauten findet der Ingenieur in Leeds. Es kommen viele Bahnen in den verschiedenen Richtungen und Höhenlagen an und geben zu den verschiedensten Bauten Anlaß. Außer den vielen bestehenden Bahnhöfen wird jetzt noch ein weiterer in einem Auftrag von circa 18' gebaut. Die Bahn, welche zu diesem Bahnhof führt, überschreitet eine Straße, welche mit einer Brücke, deren Achsen 30° mit der der Bahn bildet, überwölbt wird.

Diese Brücke ist die schiefste, die ich in meinem Leben sah, sie ist sehr schön und

¹⁰⁹⁷⁾Allg. Bauz. 15 (1850), S. 221 und Bl 349. BM

zwar nach dem von dem österreichischen Ingenieur *Heider* beschriebenen System, ausgeführt. Auch kommen daselbst noch mehrere, die Bahn schief schneidende Durchlässe vor, bei denen nur die Schienen schief, der mittlere Theil aber senkrecht ausgeführt ist. Endlich sind auch noch mehrere eiserne Brücken zu sehen, die aber auch schon in früheren Jahrgängen von Förster's Bauzeitung beschrieben sind.

Lokomotiven-Museum in York und Begegnung mit einem alten Freund

In *York* sind die Eisenbahnreparatur-Werkstätten höchst interessant. Dieselben enthalten eine Rumpelkammer alter Lokomotiven, in der alle die verschiedenen [66] Systeme, welche nach und nach an uns vorübergegangen sind, vertreten waren. Maschinen mit außen und innen liegenden Cylindern; mit innen und außen liegenden Rahmen; Steuerungen mit doppelten Excentriks und Geistfüßen, mit Hängtaschen, unten und oben eng und in der Mitte sehr weit; mit Handhaben zur Steuerung von Hand aus. Auch Systeme, von deren Existenz ich noch gar nichts wußte. z.B. Maschinen mit ganz außen liegenden Cylindern und mit Krumzapfen zwischen dem Rad und dem Achsenlager, so daß die Achse ohngefähr das Aussehen von Fig. 24 [fehlt] hatte.

Freude, als träfe ich einen alten Bekannten machte es mir, als ich eine von den kleinen 7 Tonnen schweren Lokomotiven sah, die gewiß jeder Ingenieur aus der Beschreibung in *Pambour's* classischem Werke⁽¹⁰⁶⁹⁾ kennt, in welchem wohl die meisten die Theorie der Lokomotive studirt haben. Sie stand nicht in der Rumpelkammer, sondern war geheizt und wurde leider nur wie ein heruntergekommener Karren-gaul zum Kiestransport auf der Bahn verwendet.

Noch ein Wasserwerk: York

Die Wasserwerke von *York* sind sehr schön und lohnen [67] den Besucher. Das schmutzige Wasser der *Ouse* wird geklärt und mittelst Dampfmaschinen 120' hoch gehoben, so daß es mittelst Röhren auf die Speicher der höchsten Häuser geleitet werden kann. Die Werke bestehen aus drei Filterbetten, von denen das gereinigte Wasser in einen gemeinschaftlichen Brunnen abfließt, und dem Hochwasserbehälter auf dem *Severus-Hügel*, von dem aus das Wasser in die Stadt vertheilt wird, und zwei Dampfmaschinen zum Heben des Wassers. Die Filterbetten bestehen aus Wasserbehältern, deren Boden mit Kies und Sandlagen so bedeckt ist, daß der feinste Sand oben und der gröbste Kies unten liegt. In diesen untersten Schichten größten Kiesel liegt ein Netz von durchlöcherten Sammelröhren, welche alle zum Klarwasserbrunnen führen. Die drei Filter selbst sind ganz unabhängig voneinander und können daher alle zugleich und auch je einzelnen und zu zweien arbeiten. Gewöhnlich wird in zweien gefiltert, während der dritte gereinigt und wieder gefüllt wird. Die Dampfmaschinen sind nach demselben Prinzip als die der Bleiwerke zu *Astenet* nicht weit von der belgischen Grenze bei *Aachen*, die ebenfalls eine Wasserhebe-maschine ist. Die *Yorker* Maschine setzt [68] keine Welle in Drehung, es findet nur auf- und niedergehende Bewegung statt, und die Steuerung geschieht mittelst Däumlingen, welche an Stangen angebracht sind, die mit dem Kolben auf- und niedergehen und Gleichgewichtsventile öffnen und schliessen. Der Dampf tritt nur auf die obere Seite des Kolbens, um das Gestänge und die nothwendigen Gegengewichte, welche am anderen Ende des Balancier's, mit welchem diese Maschinen immer versehen sind, zu heben. Während dieser Zeit steht der Raum unter dem Kolben mit dem Condensator in Verbindung. Ist der Hub vollbracht, so wird der Condensator abgesperrt, der Raum über dem Kolben mit dem unter dem Kolben in Verbindung

¹⁰⁶⁹⁾Pambour [1835] oder [1840]. BM

gesetzt und das Gestänge mit den Gegengewichten sinken durch ihr Eigengewicht nieder, das Wasser in den *Brahmatí*-schen Pumpen (force pump) verdrängend. Der Dampf tritt mit 50 Pfund Druck in die Cylinder wird aber in $\frac{1}{4} - \frac{2}{3}$ des Hubs mittelst einer veränderlichen Expansionsvorrichtung, der sogenannte Catarakt abgesperrt. Diese Dampfmaschinen sind eine Verbesserung der alten *Cornwallis*'schen Maschinen und haben sich als die besten Wasserhebe-maschinen in England, Belgien und Holland be-[69]währt. Gewöhnlich hängt an dem Balancier nur eine Pumpe, in den Yorker-Werken sind aber an jedem Balancier zwei Pumpen angebracht. Die eine an dem Ende des Balancier, also mit dem größern Hebelarm arbeitende, hat auch eine Pumpe von größerem Durchmesser und pumpt das Wasser aus einem mit dem Fließchen Ouse in Verbindung stehende Brunnen auf die Filter hinauf. Die andere dem Dampfpunkt näher stehende Pumpe hat auch einen kleineren Durchmesser und treibt das gereinigte Wasser in den hoch gelegenen Behälter auf dem Severus-Hügel. Gewöhnlich arbeitet nur eine Pumpe jeder Maschine; im Falle der Noth aber kann auch mit einer einzigen Maschine alle Arbeit verrichtet werden. Jede der aufsteigenden Röhren ist mit großen Windkesseln versehen; diese waren Anfangs zu klein angelegt und mußten vergrößert und mit Luftpumpen versehen werden, mit denen die Luft in denselben beständig erneuert werden kann.

Die Stephenson und Hawthorn Maschinenfabrik

Von York fuhr ich noch bis *New-Castle upon Tyne* hinauf, wo ich die schönen schon auf Seite 169 und 208 des Jahrgangs 1852¹⁰⁹⁹⁾ beschriebenen Balkenbrücken in der Vorstadt *Gateshead* und *High-Level-Bridge* [70] ober dem *Tyne* sah. Außerdem erregen auch noch die großen Maschinenfabriken der bekannten Firmen *Stephenson* und *Hawthorn* die Aufmerksamkeit des Fremden. In der ersten wurden gerade neue Maschinen folgender Einrichtung gebaut:

Die Cylinder liegen innen, die Excentriks aber außen unmittelbar an den Triebrädern, die ihre Achsenlager natürlich zwischen den Rädern und dem Krumzapfen haben. Die Pumpen sind an den Excentriks angebracht; die Achsen der vorderen und hinteren Rädern waren wieder außen angebracht, was dadurch möglich gemacht worden war, daß man zwei Rahmen in Anwendung gebracht hat. Der innere, welcher auch die Achsenlager der Treibräder trägt, geht nur bis zu den Cylindern, mit denen er fest verbunden ist. Der Dampf muß natürlich von außen, wo die Cylinder liegen in die Cylinder geführt werden. Man sieht bei dieser Maschine wollte man die praktischen Vortheile der Lokomotive mit außen liegenden Cylindern auch auf die mit innen liegenden übertragen. Man hat es versucht, einen Theil des Mechanismus, der bei den [71] stets wachsenden Dimensionen der einzelnen Maschinentheile zwischen den Rädern auf dem engen Geleis keinen hinlänglichen Raum mehr findet, hinaus zu legen und doch die Cylinder innen zu behalten, weil man allgemein der Meinung ist, mit innen liegenden Cylindern könne schneller gefahren werden.

¹⁰⁹⁹⁾Culmann [1852]. BM

A.4.b America¹¹⁰⁰⁾

Nie hätte ich mir den Unterschied zwischen der äußeren Erscheinung der neuen und alten Welt so groß gedacht. Alles sieht anders aus, in ganz verschiedenen Formen treten die Schiffe, die Maschinen, die Städte und Dörfer mit ihren Straßen und Häusern vor uns hin und nur die Menschen sind die selben geblieben.

Zuerst fällt demjenigen, der gerade aus einem continentalen Hafen kommt die abweichende Form der Schiffe auf. In England hat sich die Seeschifffahrt vorzugsweise ausgebildet, die Flußschifffahrt ist unbedeutend und ihre Schiffe sind alle nach Modellen der See-Schiffe gebaut; durch fortwährende Nachahmung ist diese Form endlich auf dem ganzen Continent die herrschende geworden und die Dampfschiffe auf dem Rhein und auf der Donau mit ihren schweren bis zum Deck herraufreichenden Wänden, sehen aus, als sollten sie den heftigsten Stürmen trotzen.

Drüben in Amerika glaubt man bei dem Einfahren in einen Hafen nur schwimmende Häuser [2] und Paläste zu sehen. Das Schiff eines Fahrzeuges bemerkt man kaum, es ist breit und ganz flach gebaut, ragt selten mehr als 3' bis 4' aus dem Wasser heraus und bildet gleichsam nur den Sockel des schwimmenden Baues, der weit und luftig angelegt, mit Thürmen und Fenstern, überhaupt mit allen Bequemlichkeiten eines festländischen Hauses versehen ist. Auf engen steilen Treppen braucht sich niemand in den unteren Schiffsraum zu bemühen, dieser ist ganz abgesperrt und nur mit Kohlen und Waaren angefüllt. Sehr oft nimmt der Oberbau nicht den ganzen Raum der Schiffplatte ein und trägt dann nur noch so viel mehr zur Aehnlichkeit mit einem von Hof umgebenen Landhause bei.

Diese Form haben auch sogar noch die mitunter weit in die See fahrenden Schleppschiffe, auch ihre Boote sind ganz niedrig, die Maschine ist nicht im Schiffsraum enthalten, sondern steht über dem Deck, unter einem ganz leichten Bretterhaus, das nicht einmal alle Maschinenteile ganz den Blicken entzieht, so spielt meistens ein Balancier hoch oben in der Luft über dem Häuschen und giebt dem ganzen Schiff einen sehr ausländischen Anstrich. Diese neuen Formen, die den Ankömmling über-[3]raschen, müssen offenbar als aus einer frei sich entwickelnden Flußschifffahrt hervorgehend betrachtet werden, denn flache, breite Boote mit wenig Tiefgang und dem möglichst leichtesten Oberbau eignen sich offenbar am besten zum Befahren der Flüße. Allein nicht nur die Fahrzeuge, sondern auch der Hafen bietet einen ganz anderen Anblick dar, als die Englands und Belgiens, die ich bisher gesehen hatte. Keine Spur ist zu bemerken von jenen theuren Behältern, den Dock's, in denen während der Ebbe die Schiffe flott erhalten werden können, und die jeder seefahrenden Nation diesseits des Oceans Millionen kosten; *New-York* ist so glücklich höchstens 3 bis 5' hohe Fluthen zu haben, die Schiffe können daher überall anlanden, ohne befürchten zu müssen, nach einigen Stunden im Morast auf der Seite zu liegen. Ein von Pfählen getragener Bohlenboden ist alles, was die Schiffe zur bequemen Ausladung bedürfen. Und so ist es denn leicht überall an den Ufern der *New-York-Bay*, deren reizende Umgebung lebhaft an die *Schweizer* Seen erinnert, Landungsplätze herzustellen. Diese Bucht bildet den eigentlichen Hafen, sie ist gegen Stürme vollkommen geschützt; zwischen [4] den *Narrows*, der kaum eine Meile breiten Einfahrt, welche durch die Forts *Tompkins Lafayette* und *Hamilton*, vertheidigt wird, und der Stadt *New-York* selbst ist sie 7 Meilen lang und 4 Meilen breit zwischen der Landzunge *Bergen-Neck* (Nacken) und *Long-Island* (der langen Insel). Im Hintergrund derselben liegt *New-York* auf der schmalen Landzunge zwi-

¹¹⁰⁰⁾ Acres wird theils groß, theils klein geschrieben. Ich habe mich für einheitliche Großschreibung entschieden. BM

schen dem *Hudson-* und dem Ost-Fluß (*East-River* heißt die nur 2 000' breite Meerenge zwischen dem *Long-Island* Sund und der *New-York* Bucht). Meilenweit aufwärts ist diese Landzunge den größten Schiffen zugänglich und [besitzt] zwischen 120 und 150 Piers und Docks. Diese Namen tragen die obenerwähnten Ländeboden, wovon viele über 400' weit hinaus ragen, mit den zwischen ihnen bleibenden Becken, bieten zahllosen Schiffen Ausladeplätze.

New-York gegenüber liegt jenseits des *Hudsons Jersey*, im Staat *New-Jersey* und jenseits des Ost-Flusses *Brooklyn* und *Williamsburg*, auf der Insel *Long-Island*.

Die Ufer, an welchen diese Städte liegen, bieten den Schiffen dieselben Bequemlichkeiten als die *New-Yorks* selbst dar, doch scheint nur *Brooklyn* [5] bedeutenden Handel an sich ziehen zu wollen, es hat jetzt schon an 97 000 Einwohnern. *Williamsburg* hat erst an 31 000 und die Bevölkerung von *Jersey* ist in den mir vorliegenden Listen der Zählung von 1850, welche bis zu Städten von 7 000 Einwohnern herabgehen, nicht mehr verzeichnet, hatte übrigens im Jahre 1840 über 3 000 Seelen. Jede dieser Städte steht mitten in einem dichten Mastenwald, der die Behauptung nicht Lügen straft, es sei dieß der zweite Handelsplatz der Welt, wie die *New-Yorker* behaupten.

Ueber die *Manhattan* Insel und die Eintheilung der Stadt kann ich hier füglich weggehen, indem deren Beschreibung im Jahrgang 1846 Seite 73 Förster's Bauzeitung¹¹⁰¹⁾, nichts zu wünschen übrig läßt; nur zum Beweis, wie stark diese Stadt jetzt im Wachsen begriffen ist, will ich anführen, daß die düsteren Häusermassen sich schon bis gegen die 25^{te} Strasse hin erstrecken, während, als jener Aufsatz geschrieben wurde, erst 14 ordentlich ausgebaut waren. Der Ausbau scheint übrigens jetzt nicht mehr so regelmäßig als damals fortzuschreiten und einzelne Avenues, namentlich diejenigen, an welchen Eisenbahnen liegen, sind bis zur 35^{ten} und 40^{ten} [6] Straße ausgebaut, während zwischen ihnen noch viele leere Viertel (Blocks) zu treffen sind. Etwas wodurch *New-York* sowie viele andere Städte sich vor den continentalen Städten auszeichnen, sind die Stadteisenbahnen, welche in den schönen breiten Straßen angelegt sind.

Straßenbahnen, Bahnhöfe, 'Billete' und die amerikanische Mentalität

Die meist von Pferden gezogenen Eisenbahnwagen vertreten ganz die Stelle der Omnibusse, man steigt ein, wo es einem beliebt, indem der Führer auf ein mit der Hand gegebenes Zeichen hält; mittelst einer durch den ganzen Wagen laufenden und an einer Glocke endigenden Schnur, kann von jedem Passagier das Zeichen des Haltens gegeben werden, und dem Aussteigen steht nichts mehr im Wege, wenn die 6 cents constantes Fahrgeld, mag man eine halbe oder zwei Meilen weit gefahren sein, bezahlt sind. So geht es fort, bis zum Ende der Stadt, wo die Bahnhofsgebäude sich befinden, die sich in der Regel auf eine Lokomotive und eine kleine Reparaturwerkstätte beschränken. Dort erst werden die regelmäßigen Züge für die längeren Bahnstrecken gebildet.

Der Güterschuppen (Depot) ist an irgend einem für die Kaufleute günstig gelegenen Orte seitwärts [7] erbaut und durch eine Zweigbahn mit der Hauptbahn verbunden. Alle Gebäulichkeiten sind auf das einfachste angelegt und ausgestattet und selten so zweckmäßig eingerichtet, als auf dem Continent. Nur an den Hauptorten findet man einen Wartesaal mit einem Billet-Bureau (Ticket office), in welchem ein Beamter der Nachfrage genügen muß.

Sind zwei Wartesäle vorhanden, so ist der eine für Damen, der andere für Herren bestimmt.

¹¹⁰¹⁾Schramke [1846]

Man kann sich jedoch nach Belieben in beiden aufhalten, nur ist in den Ladies-parlours das Rauchen verboten. Billete werden nur für längere Strecken ausgegeben, für kürzere zahlt man im Wagen selbst dem einzigen begleitenden Conducteur. Dieser kommt sobald der Zug eine Station verlassen hat zu jedem Reisenden und nimmt ihm, selbst wenn er mit keinem Billet versehen ist, eine gewisse Summe, z. B. 12 ½ Cents zwischen *New-York* und *Harlem* (auf circa 5 Meilen) ab, möge man nun da oder an irgend einer der beiden Zwischenstationen aussteigen, jenseits *Harlem* wird wieder eine gewisse Summe erhoben u.s.f.

Da jedoch auf längeren Strecken gefahren wird, [8] so ist es immer vortheilhaft ein Billet zu lösen, sobald man über mehrere Stationen hinauszufahren gedenkt. Daß bei diesem Verfahren keine Controlle möglich ist, ist jedermann klar, auch suchen die Verwaltungen aller größeren Bahnen Billetzwang einzuführen, stoßen aber bei dem freisinnigen, amerikanischen Volke auf Widerstand; in *Jersey* kam es schon zu Raufereien zwischen den Passagieren und den Condukteuren, welche Personen ohne Billet das Mitfahren nicht gestatten wollten, wobei letztere den Kürzeren zogen. In *Boston* und vielen der Eisenbahnen *Neu-Englands* bekommt man mehrere Prozent Rabatt von dem auf die Karten gedruckten Preis und dieß wird wohl das einzige Mittel sein, die Leute zum Billet nehmen zu bewegen, denn mit Strafen würde man bei dem lieben Publikum zu sehr anstoßen.

Hiervon mehr an den treffenden Orten.

Amerikanische Eisenbahnwagen und ihre soziale Rolle

Die Eisenbahnwagen unterscheiden sich nicht von denen, [9] die man in *Württemberg* und auch in *Oesterreich* findet, es sind lange Kasten mit Thüren hinten und vornen, welche auf eine kleine Altane ausmündet, (welche meistens der angenehmste, obgleich überall verbotene Aufenthaltsplatz ist), einen Gang in der Mitte und 25 oder 30 zweisitzige Bänkechen mit beweglicher Lehne. Im Winter trägt ein Ofen, der nur den Raum eines Bänkechens einnimmt sehr viel zur Bequemlichkeit der Reisenden bei; eine in Europa unbekannt Annehmlichkeit.

Auf vielen Bahnen trifft man nur eine einzige Wagenklasse, sind zwei vorhanden, so ist doch nur die erste anständig, die zweite ist nur für Neger, Irländer und Gesindel bestimmt.

In Folge dessen fallen jene in Europa so lästigen und manchmal gar gesperrten (wie gefährlich bei Unglücksfällen) Unterabtheilungen für die verschiedenen Classen ganz weg. Wenn im heißen Sommer alle Thüren offenstehen, was höchst kühlend ist, so kann man durch den ganzen Zug durchsehen und äußerst praktisch ist der lange Gang durch eine kleine Restauration abgeschlossen, wo das Auge sowohl, als auch andere Sinne einen angenehmen Ruhepunkt finden. Daß durch diese Einrichtung der gegenseitige Verkehr [10] außerordentlich befördert wird, versteht sich beinahe von selbst. Die Unterhaltung ist immer lebhaft, die Politik, Europa, Amerika und alle Länder der Welt bieten hiezu Stoff genug, wahrhaft lustig ist es anzusehen, mit welcher Schnelligkeit zwischen zwei Zügen die, sich kreuzend, auf einer Zwischenstation einige Augenblicke halten, die Zeitungen aus dem Norden und Süden ausgetauscht werden, um sie gierig durchzulesen und ihren Inhalt sogleich zu debattiren.

Ueber die Construction der Wagen weis ich nichts besonderes zu bemerken. Sie unterscheiden sich nur durch die verschiedenen vierrädrigen Blockwagen, an denen allein der Mechanikus seinen Scharfsinn noch üben kann. Einige Abnormitäten jedoch werde ich im Verlaufe meiner Erzählung zu beschreiben nicht unterlassen können.

Lokomotiven mit Kuhfänger und Schiffsdampfmaschinen

Die Lokomotiven tragen wie die Dampfschiffe ein etwas ausländisches Gepräge, doch rührt dieß mehr von einigen Nebenverrichtungenen, welche sie gewöhnlich begleiten, als von der Verschiedenheit der Construction her.

Der Kuhfänger, eine Art aus Stäben zusammengesetzter Schneepflug, zur Beseitigung allenfallsigen [11] auf der Bahn laufenden Viehes; die Glocke unentbehrlich wegen der Orte, wo keine Gebäulichkeiten¹¹⁰²⁾ vorhanden sind und wo mitten auf der Strasse gehalten wird; die gedeckte Maschinenbrücke, die immer abgeschnittenen Wagen-Coupee ähnlich sieht, endlich das schmale dünne Aussehen des kaum hervortretenden meistens nur aus Stabeisen bestehenden Rahmens, sind das äußere Gewand, durch welches sich die amerikanischen Lokomotiven von den continentalen unterscheiden. Die einzelnen Fabriken eigenthümlicher Constructionen werde ich in der Folge noch berühren.

Wenn die Lokomotiven sich wenig von den unsrigen unterscheiden, so weichen dagegen die Schiffsdampfmaschinen desto mehr von allem derartigen, was auf dem Continent zu sehen ist, ab.

Im Osten werden meist Niederdruck-, im Westen Hochdruckmaschinen in Anwendung gebracht. Fig. ? [fehlt] sind die Skizzen einer Niederdruckmaschine, wovon in der Regel ein Schiff nur eine hat. Sie hat einen aufrecht stehenden großen Dampf-Cylinder mit hoch oben in der Luft arbeitendem Balancier; die Geradehaltung der Kolbenstange [12] wird durch Coulissen rechts und links bewirkt. Die vortrefflich eingerichtete Steuerung, auf die ich sogleich zurückkommen werde, schneidet den Dampf entweder constant in $\frac{1}{4}$ oder bei variabler Expansion, in jedem beliebigen Punkte des Kolbenlaufes ab. Der Condensator steht unter dem Cylinder und in der Mitte zwischen diesem und dem Achsenlager des Balancier's ist wie gewöhnlich bei Balancier-Maschinen die Luftpumpe angebracht, ihr gegenüber auf der Radseite die Speise-Pumpe, Schiffspumpe, ... Sämtliche Steuerungen in Amerika unterscheiden sich wesentlich dadurch von den continentalen, daß mit Ausnahme der Lokomotive [k]lein Schieber, sondern Ventile zum Zulassen und Absperren des Dampfes gebraucht werden. Bei kleinen und bei Hochdruckmaschinen sind es einfache Schieberventile, bei größern und bei Niederdruck-Maschinen sind es doppelte, sogenannte Gleichgewichts- oder Reduktionsventile (balance or reactionary valves).

Fig. 1. 2. 3 ist der ganze Steuerungsapparat einer Niederdruck-Maschine dargestellt.

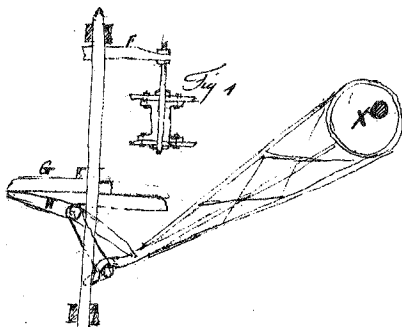


Fig. 1

¹¹⁰²⁾Bahnhofsgebäude. BM

Das Gleichgewichtsventil besteht aus zwei an derselben Stange hängende Ventile (siehe Fig. 1), welche, wenn [13] gehoben, zu gleicher Zeit den Boden und die Decke (siehe Fig. 2 & 3) der ganz in den Dampf des Condensationsraums ragenden Speisungskanäle der Cylinder öffnen. Der Dampf- und der Condensations-Raum bestehen aus zwei Kästen oben und unten, welche durch zwei hohle Säulen A & B miteinander verbunden sind. Scheidewände EF trennen den Dampf von dem Condensationsraum; der Kasten über A steht mit dem Dampfkessel, der unter B mit dem Condensator in Verbindung.

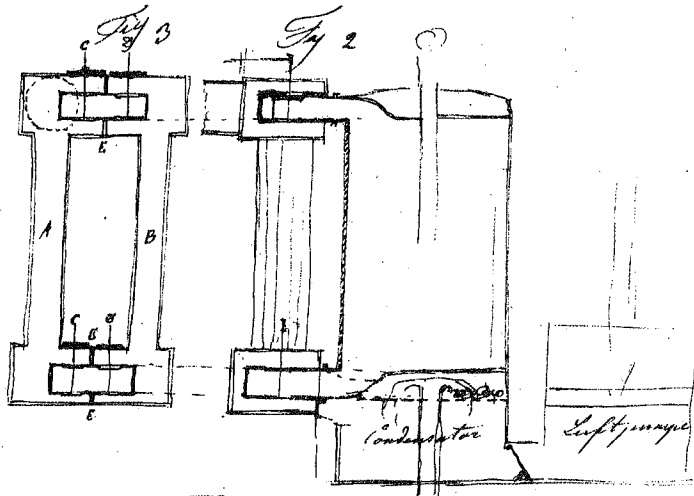


Fig. 2 u. 3 [Condensator und Luftpumpe]

Durch Heben der Ventile C wird daher oben oder unten Dampf eingelassen, durch Heben der Ventile D aber Dampf aus dem Cylinder in den Condensator gelassen. Fig. 1 zeigt die Art und Weise, wie die Ventile gehoben werden. Mittelst eines Arms F hängen sie an einer vertikalen Stange, die mit Knaggen G versehen ist, welche von Däumlingen gehoben und wieder niedergelassen werden. Die Däumlinge sitzen auf einer Welle, welche von dem Excentrik X ihre hin- und herdrehende Bewegung erhält. Maschinen mit constanter Expansion haben zwei Excentriks, wovon das eine die gewöhnliche Kreisform für die Auslaßventile, das andere aber die der Expansion entsprechende [14] herzförmige Gestalt hat. Jedes dieser Excentriks setzt dann die eine Hälfte der Welle, an der jedesmal zwei Däumlinge sitzen, in Bewegung. Bei variabler Expansion ist nur ein Excentrik vorhanden, durch dessen Däumlinge die Aus- und Einlaß-Ventile gehoben werden. Die Arme F, diese letztern aber sitzen nicht fest auf der durch die Däumlinge gehobenen Stange, sondern können mittelst einer Feder ausgelöst werden. Die Auslösung selbst geschieht auf sehr verschiedenerelei Weisen, entweder durch einen an der Kolbenstange des Cylinders oder der Luftpumpe befestigten Arm, oder auch mittelst eines festen Armes oder Daumens, welcher die Ventile nicht über eine gewisse Höhe hinaufsteigen läßt... Die beiden zusammengehörigen Ventile eines Ventils werden in der Regel gleich groß gemacht, so daß zur Hebung oder Schließung derselben gar kein Dampfdruck zu überwinden ist, sie verschließen die Oeffnung nur mit ihrem eigenen Gewicht drückend.

So sind nun beinahe alle Niederdruck-Maschinen gebaut und nur sehr geringe Abschweifungen in der Steuerung konnte ich in den einzelnen Booten bemerken. Die gebräuchlichsten Dimensionen [15] dieser Maschinen:

- 6' - 8' Cylinder-Durchmesser
- 8' - 12' Kolbenhub
- 2' - 4' Atmosphären Dampfdruck
- 30' - 40' Raddurchmesser.

Wenn die Schiffe auch das Meer befahren sollen, so wird das Innere des Condensators und aller Röhren, welche mit dem Salzwasser in Berührung kommen, mit Kupfer bekleidet.

Die Zapfenlager sind dann auf eine eigene Weise zusammengesetzt, die im nebigen Durchschnitt schraffirten Theile bestehen aus Messing, die übrigen aus einer Composition von Zinn.



Dampfkessel: Konstruktion und Sicherheit

Nicht so übereinstimmend als die Maschinen sind die Kessel in ihrer Construction. Viele Schiffe, selbst seegehende, haben zwei Kessel zu beiden Seiten der Maschine, außen auf dem Deck hinter den Rädern: Diese Kessel sind dann Cylinder mit mehr oder weniger Röhren, in welchen gefeuert wird, und in welchen der Rauch hin- und herstreicht, ehe er in den meistens über dem Schürloch stehenden Kamin entweicht. Um den Zug in diesen gewöhnlich nur mit niedrigem Kamin versehenen Kesseln zu befördern, ist oft an ihre Seite eine, den Wasserpumpen an Lokomotiven ähnliche Dampfmaschine angebracht, welche einen Ventilator treibt.

In andern Schiffen, welche genug Tiefgang haben, wie z.B. auf den großen Seen im Norden, füllt der Kessel den ganzen untern Raum aus und hat dann Züge, deren Anlage von der hier gebräuchlichen nicht bedeutend abweicht.

Noch übereinstimmender in ihrer Construction als die Niederdruckmaschinen sind die Schiffsmaschinen mit Hochdruck.

Fig. 4, 5 & 6 [fehlen] sind die Skizzen einer solchen stereotypischen Hochdruckmaschine. [...]¹¹⁰⁹⁾

Die Wasserpumpen sind auf sehr verschiedene Weise angebracht, manche hängen an dem Kreuzkopf des Cylinderkolbens. Diese Pumpen haben dann sehr kleinen Durchmesser und denselben [19] Hub als der Kolben selbst. Andere stehen vertikal neben der Maschine und werden von einem Winkelhebel getrieben, deren längerer Arm ebenfalls wieder mit dem Kreuzkopf verbunden ist. Manche dieser Maschinen sind mit gar keiner Pumpe versehen, in diesem Fall wird dann der Kessel durch seine Pumpe gespeist, die von einer eigenen kleinen Maschine getrieben wird. - Diese Maschinen sind in den mechanischen Werkstätten vorrätig zu haben; zur Aufstellung ist weiter nichts nothwendig, als die eisernen Platten, in welche die Laschen des Cylinders eingekleift werden, auf zwei Balken festzuschrauben und die der Oertlichkeit angepaßte Kurbelstange in ihre eisernen Fassungen einzulassen.

Noch constanter als die Form der Maschinen ist die Form der Kessel, dieselben bestehen durchaus aus mehr oder weniger langen Cylindern von 2½' bis 4' Durchmesser mit zwei Rauchröhren im Innern.

Je nach Bedürfniß werden in einem mit feuerfesten Steinen ausgelegten gußeisernen Kasten, der den Feuerherd bildet, 2 bis 6 solcher Cylinder so nebeneinander gelagert, daß höchstens ein 5'' bis 8'' breiter Zwischenraum bleibt, der ebenfalls mit

¹¹⁰⁹⁾Ohne die Abbildungen 4, 5 und 6 ist die Beschreibung der Hochdruckmaschine unverständlich und wurde daher weggelassen. BM

feuerfesten Backsteinen überdeckt wird. Zwischen je zwei [20] Cylindern befindet sich ein Schürloch, von dem aus das Feuer unter obiger Decke zwischen den Cylindern bis zu deren Ende streicht und dann in den Rauchröhren zum gemeinschaftlichen Rauchkasten über den Schürlöchern zurückkehrt, über dem immer zwei Kamine stehen, welche weit über das ganze Schiff hinausragen. Der Kasten, der die Kessel enthält, steht frei in der Luft auf steinernen oder gußeisernen Füßen und ist überall wenigstens einen Fuß von dem hölzernen Deck des Schiffes entfernt. Ebenso werden auch die Kamine innerhalb einer etwas weitern blechernen Hülse frei durch das ganze Schiffsgebäude geführt. An diesen Kesseln habe ich nie Wasserstandsrohren und nur höchst selten ein Sicherheitsventil bemerkt; zwei oder drei Wasserstandshähne müssen die Stelle beider vertreten. Dieselben bestehen immer aus einem nach dem Innern des Kessels sich öffnenden Ventile mit einem herausstehenden Dorn. Wenn nun mit dem Schürhaken auf diesen Dorn hinaufgeschlagen wird, so kann der Heizer von dem herausspritzenden Dampf oder Wasser den Stand des Wassers, und an dem mehr oder weniger heftigen Zischen die Spannung des Dampfes bemessen. [21] Einem Europäer, der nur Kessel und Maschinen zu sehen gewohnt ist, die mit allen möglichen Sicherheitsvorrichtungen versehen sind, kommen diese Maschinen etwas roh und unvollkommen vor. Allein es wäre sehr unrecht hieraus schließen zu wollen, daß der Dampfmaschinenbau in Amerika zurück sei, denn auch in den Städten des entferntesten Westens begegnet man den vollkommensten und schönsten Maschinen, die überhaupt gefertigt werden können. Die Konstruktion dieser Schiffsdampfmaschinen ist nur den Leuten angepaßt, die damit zu fahren haben; auf diesen Booten wird der erste beste Schlossergesell als Maschinist beigezogen, was weiß der von einem Sicherheitsventil; das Zischen des Dampfes kennt er genau, denn es wird wenige geben, die es nicht schon oft gehört haben; nur der einfachsten Konstruktion war die große allgemeine Verbreitung möglich, die sie im Westen gefunden hat.

Diese einfachen Maschinen sind ein Werkzeug geworden, das nicht nur auf jedem Schiff, sondern beinahe auch in jeder Werkstätte zu finden ist und mit dem beinahe jeder Techniker vertraut ist. - In Europa [22] wird überall der sprichwörtlich gewordene Leichtsinns verdammt, mit dem die Amerikaner ihre Maschinen behandeln, und in Folge dessen so viele Menschenleben zu Grunde gehen. Allein [es ist] Unrecht sich an die absolute Zahl der Unglücksfälle zu halten, ohne die große Zahl der im Gebrauche stehenden Maschinen zu berücksichtigen. Die Zahl der Unglücksfälle wird von jeder Zeitung registriert, allein noch Niemand hat sie mit der Zahl der bestehenden Maschinen verglichen und die durchschnittliche Zahl der Opfer, die in Amerika auf 1 000 Maschinen treffen, dürfte kaum größer sein, als in Europa, und die vollkommene Kenntniß und Vertrautheit der Bevölkerung mit den Dampfmaschinen dürfte vielleicht ebensoviel Sicherheit gewähren, als die strengsten polizeilichen Sicherheits-Vorschriften.

Wasserversorgung von New-York

Eine der bedeutendsten öffentlichen Anlagen der Stadt *New-York* ist die Wasserleitung des *Croton-Baches*, welcher die Stadt mit Wasser versieht. 40 Meilen oberhalb derselben wird der *Croton-Bach* durch einen 250' langen 40' hohen, an der Krone 7', am Fuß 70' breiten in Cement gemauerten Damm abgefangen, wodurch ein einziger See von 5 Meilen Länge 40 Acres Flächeninhalt [23] und 62 Millionen Kubikfuß Inhalt (500 000 000 Gallons) gebildet wird. Von diesen aus führt eine unten und oben gewölbte 7' weite 8½' hohe Leitung nach dem Sammelbehälter* (Receiving

* Siehe den Plan von *New-York* Bellage: 18. Jahrgang 1846

Reservoir) in New-York. Der Harlem-Fluß wird mittelst eines 114´ hohen und 1450´ langen Aquaducts mit 8 Oeffnungen von 80´ und Oeffnungen von 50´ Breite überschritten.

Das Wasser fließt auf diesem Aquaduct in zwei gußeisernen Röhren von 3´ Durchmesser, 1´ Randstärke und angegossenen Muffen, die zur Linderung¹¹⁰⁵⁾ mit Blei ausgeschlagen wurden.

Das Gefäll der Leitung ist $13\frac{1}{4}$ ´ per Meile´´ (oder $\frac{1}{4782} = 0,000\ 209\ 12$) und kann 7 500 000 Cub. (oder 60 000 000 Gallons) per Tag (700 Gallons = 87 Cub.´ per Sekunde) liefern, was in den beiden gußeisernen Röhren des Aquaducts eine Geschwindigkeit von 6´ voraussetzt.

Der Sammelbehälter, in welchem das Wasser abgeliefert wird, ist nur aus Thondämmen gebildet, bedeckt eine Fläche von 35 Acres und hält 150 Millionen Gallons oder 18 750 000 Cub.´ Wasser. Dieser Sammelbehälter ist durch Querdämme in mehrere Abtheilungen getheilt, in welchen die Unreinigkeiten absitzen können und ist der einzige Ort, an [24] welchem das Wasser einigermaßen geklärt werden kann. Gußeiserne Röhren führen es von hier nach dem 4 Acres großen 20 000 000 Gallons (2 500 000 Cub.´) haltenden Vertheilungsbehälter, der aus hohen starken Stützmauern mitten in der Stadt bei der 40^{ten} Straße erbaut worden ist, und in die Röhren aller Hauptstrassen ausmünden.

Vergleicht man diese Wasserwerke mit den weiter oben beschriebenen der Stadt *Manchester*, so findet man, daß dort viel mehr Sorgfalt auf die Reinigung des Wassers, in *New-York* dagegen mehr auf die Wasserleitung selbst verwandt wurde.

Dieß mag vielleicht darin seinen Grund haben, daß der *Croton* reineres Wasser als der *Dinting* liefert, immerhin aber erscheint es sonderbar, daß in *New-York* das Wasser, wie man es gerade bekommt in einer sorgfältig geschlossenen Leitung zum Klärungsbehälter geführt wird, während in *Manchester* das sorgfältigst geklärte Wasser in einer offenen Leitung zur Stadt läuft.

Beinahe jede große Stadt in Amerika hat jetzt ihre Wasserwerke und man kann im allgemeinen von allen sagen, daß alle Leitungen sehr schön ausgeführt sind; dagegen hat man sich nirgends viel [25] Mühe gegeben, ein reines Wasser zu erzielen. Die Reinigung überläßt man den Bauten selbst; Trinkwasser läßt man erst in eigenen Thongefäßen absitzen und wirft dann zur Frischung Eis hinein, das überall um ein Spottgeld geliefert wird. In vielen Städten muß das Wasser erst mittelst Wasser- oder Dampfkraft gehoben werden.

Die Construction von Wasserhebeemaschinen verstehen die Amerikaner noch nicht, und ich habe Maschinen gesehen, die man den *Reichenbach'schen* in Augsburg, oder den prächtigen Dampfmaschinen in belgischen Bergwerken, oder auch denen in *York* an die Seite stellen könnte. Hiervon mehr bei den einzelnen Wasserwerken.

Zwei Dampfmaschinen-Fabriken und ein Trockendock

In New-York besuchte ich zwei Maschinenwerkstätten. In der von Allaire werden vorzugsweise die oben beschriebenen Niederdruckmaschinen gebaut. Die Einrichtung bietet übrigens nichts besonderes dar; viel bedeutender sind dagegen die sehr schönen *Navelty works* des Herren *Allen*. Es werden daselbst vorzugsweise die Maschinen für große Seeschiffe gebaut. In Arbeit waren gerade die der überseeischen Boote *Arclie* und *Franklin*, wovon der eine zwischen *Liverpool*, der andere [26] zwi-

¹¹⁰⁵⁾ Abdichtung. BM

´´ Dieses Gefälle entspricht nicht den angegebenen Wassermengen, denn um in einem rechteckigen Kanal von 7´ Seite 87 Cub.´ Wasser per Sekunde mit einem Gefälle von $\frac{1}{4782}$ zu liefern, müßte das Wasser 6,3´ hoch steigen, was doch kaum angenommen werden darf.

schen *Havre* und *New-York* fahren soll. Diese Maschinen werden ganz nach englischen Mustern ausgeführt, sie haben stehende Cylinder mit Balançiers unten am Boden, (wie man sie auch oft an den Maschinen auf dem Rhein sieht), statt der Schieberventile aber hatten sie die in Amerika übliche Steuerung mit Gleichgewichtsventilen, welche auf der innern (nicht wie sonst überall auf der äußern Seite der Cylinder) angebracht sind, so daß der Maschinist zwischen den Cylindern und der Radachse steht. Jedes dieser Schiffe hatte zwei solcher Maschinen; einige andere kleinere Boote hatten nur eine von derselben Konstruktion.

Die Maschinenfabrik der Herren Allen hat nicht allein in den Zeichnungen der auszuführenden Werke, sondern auch in der ganzen Anlage, so einen gewissen europäischen Anstrich. Die Werkzeugmaschinen namentlich sind in genügender Anzahl schön und ordentlich aufgestellt, während die meisten anderen amerikanischen Maschinen-Werkstätten etwas lumpig und unordentlich aussehen.

Im Navy-Yard von *Brooklyn* wird jetzt gerade ein Trocken-Becken (dry-dock) für die größten Schiffe gebaut; es soll 380' lang, 108' breit [27] und 36' tief werden und unterscheidet sich von den großen, künstlichen Docks in *London* und *Liverpool* dadurch, daß es auf künstliche Weise geleert, d.h. ausgepumpt werden muß, während in jenen das Wasser während der Ebbe von selbst ausläuft. Die Absperrung gegen das Meer geschieht nicht wie gewöhnlich mittelst Schleußenthoren, sondern mittelst eines eisernen Schwimmkastens oder Schiffes mit mehreren Bodenventilen.

Wenn der Dock geschlossen werden soll, wird der Kasten vor dessen Eingang geführt und mittelst Oeffnen des Ventils versenkt; durch Schließen der Ventile und Auspumpen des eingedrungenen Wassers wird der Kasten wieder flott und das Becken wieder geöffnet.

Zum Füllen und Leeren des Docks laufen Kanäle rings um das ganze Becken herum und communiciren mit ihm an mehreren Stellen; durch Schleussen können diese Kanäle nach Belieben mit der See oder mit dem Pumpwerk in Verbindung gebracht werden.

Dampfmaschinen waren noch nicht aufgestellt, doch gilt von denselben, was weiter oben von amerikanischen Wasserhebe- und Wasserpumpen im Allgemeinen [28] gesagt wurde. Das große unvermeidliche Schwung-Rad konnte zur Steuerung nicht entbehrt werden.

Amerikanische Lokomotiven

Von *New-York* machte ich einen kleinen Ausflug nach *Paterson* am Fuße des Gebirges, welches das Flußgebiet des *Delawares* von dem des atlantischen Oceans trennt. Einzig schön liegt dieses Fabrik-Städtchen an den Ufern des *Passaic*-Flußes. Früher (vor der Entdeckung Amerikas) bildete der *Passaic* unmittelbar oberhalb *Paterson* einen weiten See, dessen Grenzen jetzt noch leicht zu verfolgen sind. Mit der Zeit aber höhle er sich in dem Grünstein und Thonschiefer, der sein Bett bildet, eine 72' tiefe und 8' bis 30' breite Spalte aus, in die er sich jetzt den berühmten *Passaic*-Fall bildend brausend und schäumend hineinstürzt. Einge hundert Fuß oberhalb dieser Felsenspalte erbauten nun die Einwohner *Patersons* ein 4½' hohes Wehr und leiteten das so aufgefangene Wasser mittelst eines vielleicht 2 000' langen Canals an den Bergen hin nach *Paterson*, auf diese Weise eine mächtige unerschöpfliche Wasserkraft schaffend. 1790 wurden die ersten Anlagen gemacht und jetzt zählt dieses Städtchen von 7 600 Einwohnern schon zwei große Maschinenfabriken, [29] 2 Papiermühlen, 2 Walkmühlen, 1 Wollenspinnerei und 19 Baumwollspinnereien.

Die beiden Maschinenwerkstätten waren es, die mich hierher führten, da in denselben vorzugsweise Lokomotiven gebaut werden. Der Unterschied der amerikani-

schen und deutschen Lokomotiven in ihrer äußern Erscheinung wurde schon weiter oben berührt, außerdem zeichnen sich die hier gebauten Lokomotiven durch eine constante Expansion von $\frac{1}{2}$ aus, die dadurch bewirkt wird, daß der etwas große Dampfverteilungs-Kasten durch eine Zwischenwand in zwei Hälften getheilt ist. In der untern unmittelbar über dem Cylinder spielt ein Schieber von der allgemein üblichen Form. Der Dampf gelangt in dieselbe erst durch eine in der Zwischenwand angebrachte Oeffnung, an der er durch den Expansionschieber abgeschnitten wird. Dieser besteht aus einer einfachen Platte, welche eine Oeffnung hat, die der Oeffnung in der Zwischenwand entspricht und wird von einem 3^{ten} Excentrik bewegt, dessen Mittelpunkt auf der Verlängerung des Curbelradius liegt. Wenn man ohne Expansion fahren will, so kann dieser Schieber ausgehängt [30] werden, wodurch er aber immer mittelst einer außen über dem Zapfen der Schieberstange angebrachten festen Gabel, in der Mitte seines Laufes geführt wird, so daß seine Oeffnung über die der Zwischenwand geführt wird und der Dampf dann ungehindert circuliren kann. Diese Maschinen sind auch für einen ziemlich hohen Dampfdruck construirt, sie sollen gewöhnlich mit 120 Pfund pro \square'' fahren. Minimum 80 Pfund, maximum 160 Pfund.

Alle Maschinen, die ich hier sah, hatten ein bewegliches Vordergestell, das übrigens nur mittelst eines einfachen Zapfens (Reibnagel) mit der Lokomotive verbunden war. Die bei gewöhnlichen Wagen zu beiden Seiten üblichen Friktions-Rollen fehlten überall.

Eine der berühmtesten amerikanischen Maschinen-Fabriken ist die von *Norris* in *Philadelphia*. In derselben sah ich gerade eine Lokomotive, so eigenthümlich amerikanischer Konstruktion in Arbeit, daß ich nicht umhin kann, hier die Skizzen derselben mitzutheilen.

Bei dem Entwurf hatte sich *Norris* zur Aufgabe gemacht, eine Maschine für große Geschwindigkeit [31] zu construiren, doch hat sie mit der weiter oben beschriebenen Maschine von *Crewe* nur den großen Durchmesser der Triebräder gemein und scheint mir beinahe besser als jene gelungen zu sein, trotzdem, daß sie wie mir später versichert wurde, den gewünschten Erfolg nicht hatte.

Fig. 8 [fehlt] ist die Seitenansicht; Fig. 9 [fehlt] der Längenschnitt, Fig. 10 [fehlt] die hintere Ansicht und Fig. 11 [fehlt] das Detail der Expansionsvorrichtung dieser Maschine.

Die beiden Triebräder haben 8', 2'' Durchmesser und sind hinter der Maschine so angebracht, daß ihre Achse unmittelbar über dem Feuerkasten liegt, der noch etwas abgeschrägt werden mußte, indem die Oberfläche des Kessels 5' hoch über den Schienen liegt. Die Räder werden von außenliegenden Cylindern getrieben, die 2' 10'' Kolbenhub und 13'' innern Durchmesser haben. Der Dampf arbeitet mit der constanten Expansion von $\frac{1}{2}$. Der Kessel hat 104 Röhren von 12' Länge und 1½' Durchmesser. Die Heizfläche wird kaum 550 \square' übersteigen.

Die Einrichtung des Regulators und der Sicherheits-Ventile geht deutlich aus dem Längenschnitt Fig. 9 [fehlt] [32] hervor. Der Rahmen, in welchem der Kessel hängt, ist nur zweimal unterstützt, hinten ruht er auf den Triebrädern und vorn auf einem unbeweglichen Vordergestell mit 3 Paar kleinen Rädern. Für den Maschinisten und den Heizer sind zwei Brücken vorhanden, welche beide überdeckt sind, die untere liegt im Niveau des Schürlochs kaum 1½ Fuß über der Schienenoberfläche, die andere liegt über der Achse der Treibräder in der Höhe der Kesseloberfläche. Zu bei-

Die Zeichnungen sind: »Emil Reuters American Locomotives Philadelphia« entnommen, die Notizen verdanke ich einem Schweizer Arbeiter, der mich herumführte. [Reuters Buch konnte ich nicht beschaffen, daher fehlen die Zeichnungen.]

den Seiten derselben sind alle Direktionshebel angebracht und zwei Bohlen laufen über die ganze Länge der Maschine hin, so daß man auch während des Laufes zu allen Maschinen-Theilen gelangen kann.

Bezüglich der Details bedarf die Fig. 11 [fehlt] besonders gezeichnete Expansionsvorrichtung einer Erklärung, indem sie von allen in Europa bekannten derartigen Apparaten abweicht, am meisten hat sie noch Ähnlichkeit mit der *Meier's*chen, indem wie bei dieser 2 Schieber vorhanden sind; der untere ist so lang, daß er die Oeffnung der Dampfkanäle des Cylinders jederzeit ganz überdeckt und der Dampf kann zu denselben nur durch Canäle gelangen, welche auf der Oberfläche des Schiebers [33] ausmünden, wo dann der Dampf durch den obern Schieber, der unmittelbar auf dem untern hin und her gleitet, abgeschnitten werden kann. [...]¹¹⁰⁸⁾

Vergleicht man diese Maschine mit denen, die seitdem in Europa ausgeführt worden sind, so findet man bei großer Complicität doch nur wenig Leistungsfähigkeit. Der Kessel ist gar zu klein ausgefallen für die großen Cylinder; es haben viele unserer Maschinen für Personenzüge bei kleinern Cylindern größere Heizflächen, wie sollte jetzt die *Norris's*che Maschine bei kleinerer Heizfläche schneller laufen!

Auch die Expansionsvorrichtung ist nicht so einfach als die *Meier's*, welche noch obendrein den Vorzug der Veränderlichkeit besitzt. Im Allgemeinen scheint mir der Lokomotivenbau auf dem Continent weiter vorangeschritten zu sein, als in Amerika, und ich wollte mit obiger Beschreibung bloß das [35] Bild einer für dort charakteristischen Maschine liefern.

Philadelphia: Wasserwerk,

Philadelphia hat auch sehr schöne Wasserwerke. Mittelst Wasserkraft wird das Wasser von dem *Schnylkill* auf den 100' hohen Hügel *Fairmount* hinaufgetrieben. Die Skizze Fig. 12 [fehlt] zeigt die allgemeine Anlage dieser Werke. Um ein hinreichendes Gefälle für die Wasserräder zu erzielen, wurde ein 1200' langes Wehr über den *Schnylkill* erbaut, das sich an einem 400' langen Schutzdamm anschließt, an dem obern Ende am rechten Ufer des Flußes verbindet ein Kanal mit Schleussen, Thoren und Wagen den Fluß ober- und unterhalb des Wehres. Am untern Ende desselben auf dem linken Flußufer führt ein Mühkanal hinter das Maschinen- oder Pumpenhaus, das parallel mit dem Fluß aufgebaut ist. In diesem stehen 6 unterschlächtige Wasserräder, wovon jedes eine (!) doppelwirkende Pumpe treibt; in dem Aufriß und Grundriß Fig. 13 bezeichnet ss die Saugrohre a, a, a, die 4 Doppelventile und W den Windkessel und h das Steigerrohr; Fig. 14 zeigt die einfache Einrichtung der Doppelventile.

Der Kolbenhub dieser Maschinen beträgt 6', der Cylinderdurchmesser 16'' und die Weite aller Rohre eben-[36]falls 16''. Noch nie habe ich unregelmäßiger gehende Wasserräder als diese gesehen; wenn der Krumzapfen in die Nähe des toten Punktes kommt, dreht sich das Rad pfeilschnell herum, dann hält es plötzlich inne, das Wasser staut sich hinter den Schaufeln, dringt, wo es kann, über den Radkranz hinein, und langsam und krächzend bewegt es sich weiter, um nach etwas mehr als einer Vierteldrehung wieder dieselbe Periode zu beginnen. In den Steigröhren steigt das Wasser 92' hoch in die 4 Wasserbehälter auf dem Schürhügel (*Fairmount*) in

¹¹⁰⁸⁾ Ohne Figur 11 ist der Abschnitt über die Expansionsvorrichtung nicht verständlich und wurde daher weggelassen. BM

* Die untersetzten gebauten und bei Schnellzügen sehr üblichen *Crampton's*chen Maschinen fahren bei gleichem Raddurchmesser einen Cylinder-Inhalt von 3,53 cf und über 2100 □' Kesselfläche, die *Norris's*che bei 2,61 cf haltenden Cylinder und 550 □' Kesselfläche. Bei der ersten treffen dafür circa 600 bei der letzteren nur 200 □' Kesselfläche auf den Cub.Fss. Cylinderinhalt.

die über 6 Acres bedeckenden 12' tiefen Wasserbehälter von 220 000 Gallons (oder 2 750 000 cf) Inhalt.

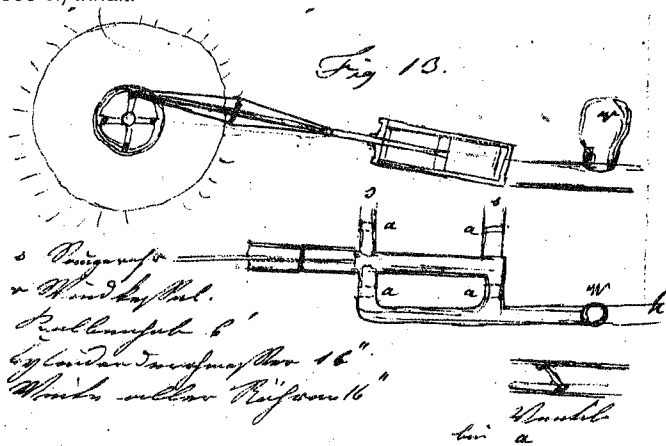


Fig. 13 und 14

[s Saugrohr,
r Windkessel.

Kolbenhub 6''

Cylinderdurchmesser 16''

Weite aller Röhren 16''

Ventil

bei a]

Der 4^e Behälter ist durch Zwischenwände von Kies in 3 Abtheilungen getheilt, in denen das Wasser dadurch einigermaßen gereinigt wird, daß es durch diese Zwischenwände durchfiltrirt wird.

Der tägliche Wasserbedarf ist 400 000 Gallons (500 000 cf), während die Pumpen 600 000 Gallons (750 000 cf) liefern können.

Die bekieseten Fußpfade zwischen den Wasserbehältern auf *Fairmount* bilden die schönsten Spaziergänge in der Stadt, über die man von hier aus eine herrliche Aussicht genießt. [37] Der Fuß des Hügels ist gegen den Fluß zu mit Anlagen geziert, in denen hie und da manchmal einige Wasserkünste spielen.

Einer der schönsten Punkte des Panoramas auf dem Schürhügel bilden die von *Ellet*¹¹¹⁰⁾ neu erbaute Drahtbrücke über den Schuylkill unmittelbar unterhalb der Wasserwerke. Sie ist sehr einfach und schön construiert, hat jedoch nur 357' Spannweite.

Philadelphia: Ein Waisenhaus in einem Theseus-Tempel

Ein merkwürdiges Gebäude in *Philadelphia* ist das *Girard-College*¹¹¹¹⁾ für Waisenkinder. Fig. 15 zeigt eine Ansicht dieser Anstalt. Die Idee für Waisenkinder einen Theseus-Tempel zu bauen und zu Wohltätigkeitszwecken die kostbarsten und ver-

¹¹¹⁰⁾Charles Ellet (1810 - 1862). Amerikanischer Ingenieur, der die erste Drahtkabel-Hängebrücke in Amerika baute. 1842 Drahtkabel-Hängebrücke über den Schuylkill River bei Philadelphia.

1846 - 49 baute er für die Baltimore-Ohio Eisenbahn über den Ohio River bei Wheeling die weltweit erste weit gespannte Drahtkabel-Hängebrücke, größte Spannweite 308 m. Britannica. 1991. Ellets Bericht über diese Brücke befindet sich in der ETH-Bibliothek. Ellet [1847]. BM

¹¹¹¹⁾Stephen Girard College. Gegründet 1833. Britannica. 1991. BM

schwenderischsten Mittel zu wählen, ist so seltsam, daß die nachfolgende ebenso seltsame Entstehungsgeschichte, die ich übrigens nur vom Hörensagen wieder erzählen kann, doch glaublich erscheinen muß.

Während der Revolution zu *St. Domingo* war Herr *Girard*¹¹²⁾, einem geborenen Franzosen, ein ungeheures Vermögen zugefallen, indem viele ihm vor der Revolution Hab und Gut unvertraut hatten, nach derselben nicht mehr danach fragten. Wie es sich bei reichen Leuten häufig [38] trifft, war er ein großer Knicker, seine närrische Frau brachte er bei Quäkern unter um 10 \$ die Woche. Als dann die Quäker später noch allerlei für Bedienung, ... in Rechnung bringen wollten, sagte er: »Gehandelt ist gehandelt« und sie bekamen nicht einen Cent mehr, doch hinterließ er ihnen durch sein Testament 10 000 \$. Er war ein vollkommener Atheist, doch wurden alle religiösen Institute reichlich von ihm beschenkt. Einst kamen Presbyterianer, um seinen Beitrag für einen Kirchenbau bittend zu ihm und erhielten eine Anweisung auf 500 \$, worauf sich einer derselben die Bemerkung erlaubte, daß er erst kürzlich ebensoviel Juden zu einer Synagoge bewilligt habe und sie seien doch Presbyterianer. *Girard* bat sich nun wieder die Note zurück, die sie auch gerne gaben, in der Hoffnung, sie in eine von 1 000 \$ verwandelt zu sehen; er aber warf sie ins Feuer mit der Weisung: »Geht euren Weg!« Wenige Tage darauf kamen Quäker, die sich ganz seiner Freigebigkeit anheim stellten, als er sie fragte: »Wie viel erwartet ihr von mir?« und erhielten 2 000 \$.

Dieser Mann nun vermachte 4 000 000 \$ seines auf [39] 6 000 000 \$ geschätzten Vermögens der Stadt *Philadelphia* unter der Bedingung, daß 2 000 000 davon zu einem Waisenhaus zu verwenden seien, widrigen Falles das Ganze dem Staat *Pennsylvanien* anheim fallen sollte. Zur Vollziehung dieses letzten Willens wurde einige Jahre nach *Girards* Tod ein Comité von 13 Personen eingesetzt, unter denen sich auch ein gewißer Herr *Biddle* befand, der Griechenland, Italien und Frankreich bereist hatte und in sofern er viele Statuen und Bilder gesehen hatte als eine Autorität in allem das Baufach betreffende betrachtet wurde.

Dieser Herr *Biddle* fand dieses Comité von 13 Personen viel zu groß und reducirte es daher auf 3 Personen, bestehend aus ihm und zwei von ihm auserwählten.

Die erste Handlung dieses Comité's war, alle Architekten der vereinigten Staaten einzuladen, Pläne einzusenden den besten derselben Preise von 2 000 \$, 1 500 \$ und 1 000 \$ versprechend. Viele Pläne wurden eingesendet und an dem bestimmten Termin vom Comité geprüft. Nach der Prüfung redete Herr *Biddle* seine Kollegen also an: [40]

»Meine Herren, keiner von allen diesen Plänen entspricht unserem Zweck. Als ich durch Griechenland reiste, gefielen mir die Ruinen der Theseustempel als außerordentlich wohl. Unsere Zeit ist es unseren Vorfahren schuldig, diese Werke wieder herzustellen und wir sind von der Vorsehung auserwählt, dieses herrliche Gebäude wieder zu schaffen, indem sie uns diese große Summe Geldes in die Hände gab. Laßt uns daher den *Theseus*-Tempel wieder erbauen.«

Die Erwiederung seiner beiden Kollegen, daß es ja gegen den Willen des Herrn *Girard* sei, einen Tempel statt eines Waisenasyls zu bauen, und daß das Vermächtniß dann dem Staat anheim fallen würde, war bald mit folgenden Gründen widerlegt:

1. Wird der Tempel gebaut sein, bevor man uns auf dem Prozeßweg wird nehmen können und wir werden uns durch den kostbarsten Bau des 19^{ten} Jahrhun-

¹¹²⁾Stephen Girard (1750 - 1831). Kapitän, später dank skrupellos effizienter Methoden erfolgreicher Bankier. Er vermachte fast sein ganzes Vermögen sozialen Institutionen. Britannica. 1991. BM

derts verewigt haben.

2. Hoffe ich, daß wenn das Vermächtniß an den Staat übergehen sollte, dieser gerade so wie wir handeln würde. [41]

3. Wird es immer noch möglich sein in dem Raum hinter den Tempelmauern ein Asyl für Waisen einzurichten, um so dem Willen des Herrn *Girard* zu genügen.

Seinen schwachen Collegen gegenüber drang Herr *Biddle* durch, und die Waisen haben jetzt ein dunkles Asyl hinter den Mauern des Tempels. Dieses ist 218' lang 160' breit und incl. des Sockels 97' hoch; die corinthischen Säulen sind 55' hoch und haben unten 6' Durchmesser. Innerhalb der Thore tritt man auf einen Vorplatz, der Stiegen enthält, die bis in das oberste Stockwerk führen. Die ganze Höhe ist in 3 Stockwerke abgetheilt, wovon jedes 4 gewölbte Zimmer enthält. Diese Zimmer sind die Lehrsäle der Waisenkinder; anfangs hallte die Stimme des Lehrers so sehr, daß man sich genöthigt sah, einen Theil des Gewölbes durch gerieselte Blechdecken abzuspannen, was auch half.

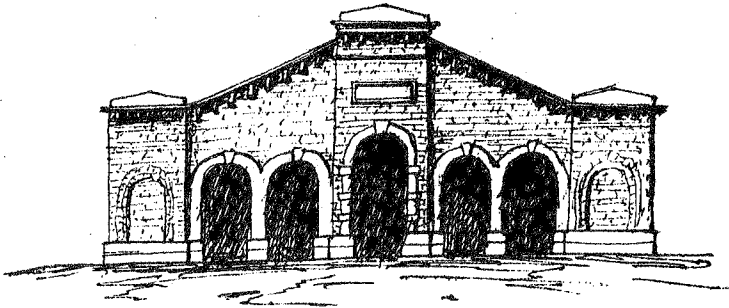


Fig. 15

Was würden *Theseus* und *Girard* sagen, wenn sie jetzt die Lehrer in den Hallen herumschreien, die Zöglinge die Treppen herunterpoltern und lärmend durch die Säulen rennen sähen. Der eine würde sich über die Form, der andere über deren Inhalt wundern, dem einen wäre [42] der Tempel, dem andern der Gottesdienst nicht recht; ich für meinen Theil ergötzte mich an der herrlichen Aussicht, die man von der Spitze des Giebels über die ganze Stadt genießt, sie ist noch schöner als vom Schürhügel aus. Man kann da droben bald *Theseus*, *Girard*, *Biddle* und die Waisenkinder vergessen.

Die vier Gebäude rechts und links des Tempels enthalten die Wohnungen der Lehrer und der Waisenkinder. - Wie vieler Waisen Glück hätte mit den hier hinausgeworfenen 2 Millionen Dollars gegründet werden können.

Uebrigens kann *Girard* durchaus nicht für diesen Mißgriff verantwortlich gemacht werden und er wird mit Recht als einer der größten Wohlthäter der Stadt *Philadelphia* verehrt.

Lokomotiven in Baltimore, Räder, Wagen und Schienen

In *Baltimore* sah ich in der schön angelegten Maschinenwerkstätte des Herrn *Winans* eine Lokomotive für Güterzüge ganz eigenthümlicher Konstruktion. Abweichend von den meisten amerikanischen Lokomotiven hatte dieselbe kein bewegliches Vordergestell, sondern acht gekuppelte Räder von nur 3', 5'' Durchmesser, welche alle

wie bei *Stephenson's* Lokomotive ihre Achse [43] zwischen dem Feuer- und Rauchkasten haben. Die 4 mittleren Räder haben keine Spurkränze, wodurch das Befahren enger Curven sehr erleichtert wird. Die Curven, welche die Maschinenfabrik mit der *Ohio*-Eisenbahn verbindet, hat nur 200' Halbmesser und wird anstandslos mit solchen Maschinen befahren. Die Cylinder haben 17" Durchmesser und 22" Kolbendruck. Zur Steuerung bei dem Vorwärts- und Rückwärtsfahren dienen 4 gewöhnliche kreisförmige Excentriks, außerdem sind aber noch herz förmige Excentrics, wie sie oben bei den Schiffshochdruckmaschinen beschrieben wurden, vorhanden, mittelst deren mit halbmaliger Expansion vorwärts gefahren werden kann. Fig. 16 zeigt die Construction dieser Excentriks mit ihren Rahmen. B ist eine Querstange, welche unter den Haken der Excentriks wegläuft und von den Hebeln getragen wird, durch welche die Schieber bewegt werden, diese stehen daher immer mit dem Excentrik in Verbindung, dessen Haken in diese Stange eingreift. Das Aus- wie Einhängen der Haken geschieht mittelst Däumlingen, welche auf der Achse C sitzen und die in Fig. 17 noch besonders abgebildet sind. Der Steg D [44] der Haken ruht immer auf seinem Däumling; steht daher dessen flache Seite nach oben, so fängt der Haken in der Stange, wenn dagegen dessen convexe Seite nach oben gekehrt ist, so ist der Haken ausgelöst. In der Fig. 17 verzeichneten Lage sind alle Haken ausgelöst und der Maschinist kann die Schieber mittelst eigener Hebel von Hand aus regieren. Wie aus derselben Figur hervorgeht, sind die Däumlinge so geformt, daß nie zwei Haken zugleich eingehängt sein können. Die Umdrehung der Däumlings-Weile geschieht mittelst der gezahnten Stange E, die durch einen Hebel vom Maschinisten hin und her bewegt werden kann.

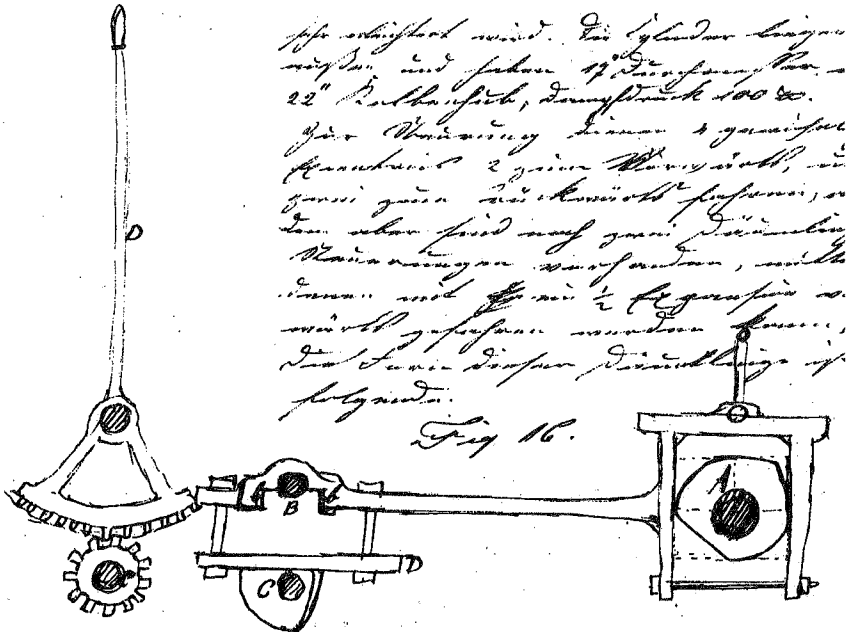


Fig. 16

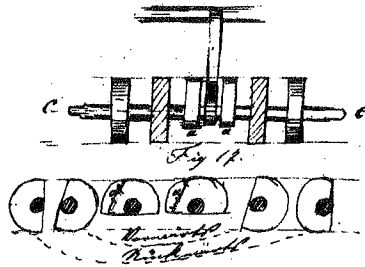


Fig. 17 [Vorwärts; Rückwärts]

Eine andere Eigenthümlichkeit dieser Maschine ist auch die, daß zur Geradhaltung der Kolbenstangen nur eine einzige Leitschiene vorhanden ist, auf welcher der mit einer Hülfe versehene Schlitten hin und her gleitet. Siehe Fig. 18. [fehlt] Wie bei der weiter oben beschriebenen *Norris*'schen Brücke sind zwei überdeckte Brücken für den Maschinisten und für den Heizer vorhanden. Die des Ersteren liegt ziemlich hoch und er kam von derselben aus auf zwei an dem Kessel [45] befestigten Bohlen auf der ganzen Maschine herumlaufen.

Winans hat sich auch seine gußeisernen Wagenräder patentiren lassen. Dieselben werden mit so großer Sorgfalt gegossen, daß sie nachher nicht mehr abgedreht zu werden brauchen. Durch rasches Erkälten (*chilling*) erhalten sie auf ihrer Oberfläche eine so harte Kruste, daß sie beinahe (*Winans* sagte: gerade) so lange als schmiedeeiserne, bei bedeutend geringerem Preise halten. Das ganze Rad wird, wie es [in] Fig. 19 gezeichnet ist, aus einem Stück gegossen; die leeren Räume um die Nabe herum werden, um den verderblichen Einflüssen der Vibrationen zu begegnen mit hölzernen Keilen ausgefüllt und durch Ringe mit der Nabe zusammen gehalten.

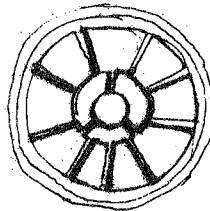


Fig. 19

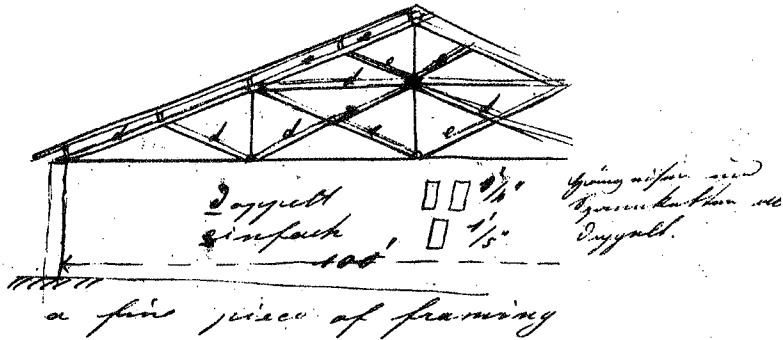
Auf der Güterstation der *Baltimore-Ohio*-Eisenbahn sah ich wie zu *York* in England eine wahre Musterkarte alter amerikanischer Lokomotiv-Construktionen. Unter andern auch eine, deren Treibrad durch ein gezahntes Rad in Bewegung gesetzt wurde.

Eine runde Wagenbau-Werkstätte mit einer Drehscheibe in der Mitte war auch etwas Neues [46] für mich. Die Hobel- und Drehbänke waren recht passend außen an der Peripherie herum angebracht, während in den Segmenten zwischen strahlenförmigen Schienensträngen geräumige Arbeitsplätze vorhanden waren.



Ein ganzer Haufe zusammengesetzter Schienen, wovon /: soviel ich mich erinnere:/ vor einigen Jahren auch einmal in *Dingler's polytechnischem Journal* die Rede war, und die hier alle verworfen werden mußten, zeigte deutlich, daß derartige Künsteleien nichts taugen.

Für dieselbe Eisenbahn wurde gerade eine neue Güterhalle gebaut; dieselbe ist sehr schön entworfen, namentlich gilt dieß von dem Dachstuhl, den die Zimmerleute »a fine piece of framing« nannten, und gerne stimmte ich in ihr Eigenlob mit ein. Derselbe ist Seite 6 Bl. III [Bezieht sich auf das verlorene 5. Kapitel »Einige größere Dachstühle« des Reiseberichts] bereits beschrieben und gezeichnet, weßhalb ich mich hier nicht mehr länger dabei aufzuhalten brauche.



[Fig. 19 a

doppelt 1 1/4" Hängeisen und
 einfach 1 1/5" Spannketten alles doppelt.
 a fine piece of framing]

Der Winter in Washington

In *Washington* habe ich den ganzen Winter zugebracht und dank der freundlichen Aufnahme, deren ich mich bei dem Direktor der Küstenvermessung Herrn Dr. D. *Backe* und dessen Assistenten *S. C. Walker* [47] zu erfreuen hatte, konnte ich nicht nur die elektromagnetischen Geschwindigkeitsmessungen, wovon in vorigen Abschnitt¹¹¹³⁾ gehandelt wurde, kennen lernen, sondern hatte auch Gelegenheit, die Organisation der technischen Behörde zu *Washington* kennen zu lernen.

Zur Vermessung des Landes, der Küste, dann zur Durchforschung der Wildnisse des Innern haben die Amerikaner vier verschiedene Ingenieur-Corps oder Commissionen, nämlich die

1. Military Engineers,
2. Topographical Engineers,
3. Coast-Surveying Commission,
4. Commission of Land.

Landvermessung und Landverteilung

Die Militär-Ingenieure sind ziemlich dasselbe, was bei uns die Genie-Offiziere sind; da es jedoch in Amerika nicht viel neue Festungen zu bauen giebt, so beschränken sie sich darauf, das Land in allen Richtungen zu durchreisen und Berichte zu erstatten, in denen natürlich immer auch eine strategische Seite berührt werden muß. Durch diese Berichte, welche wie es sich von selbst versteht, immer veröffentlicht werden, werden übrigens dem Lande gute Dienste erwiesen. [48]

¹¹¹³⁾Bisher nicht aufgefundener Teil des Reiseberichts. Zur erwähnten Geschwindigkeitsmessung siehe Abschnitt 1.7.3 BM

Die Ingenieure des topographischen Bureaus, dessen Vorstand zur Zeit Oberst *Abert* ist, beschäftigen sich im Wesentlichen auf dieselbe Weise, nur sind sie noch speziell darauf angewiesen, Verkehrseinrichtungen zu erforschen, durch welche die Macht und Größe der vereinigten Staaten erweitert werden kann, und Karten von den noch unbekanntem Gegenden des Innern anzufertigen. Die Küstenvermessungs-Commission hat den Zweck längs der amerikanischen Küste genaue Seekarten zum Gebrauch der Seefahrer herzustellen.

Auf die Arbeit dieser Commission muß ich etwas näher eingehen und werde sogleich wieder darauf zurückkommen.

Die Landcommission vermißt die Ländereien, welche zum Verkauf ausgeteilt werden sollen und steckt Quadrate von einer Quadratmeile 640 Acres so ab, daß die Grenzen Meridiane- und Parallelkreise sind. Die Längen der Seiten werden mit der Kette gemessen und die Richtung derselben mit der Magnetnadel angegeben.

Die Convergenz der Meridiane wird gewöhnlich bei der 30^{ten} Quadratmeile, welche trapez-[49]förmig wird, ausgeglichen, während alle andern Quadrate sind.

Die Quadratmeile selbst wird noch in 4 Sektionen von 160 Acres abgetheilt, welche in der Regel den zu einer Farm gehörigen Grundbesitz bilden. Wo das Land noch nicht zugewiesen ist, wird von der Regierung eine solche Sektion um 200 \$ abgelassen. Wo sich noch keine Städte gebildet haben, werden immer je 9 Quadratmeilen oder 36 Sektionen, die ebenfalls wieder ein volles Quadrat bilden, zu einer »Township«-Gemeinde vereinigt. Die Zahl der einen »Country«-Bezirk bildenden Gemeinden ist unbestimmt.

Pflicht der Geometer ist es, die abgesteckten Grenzen so festzulegen, daß keine Streitigkeiten entstehen können. Farmer, die ihre Länder wiederholt messen ließen, haben mich versichert, daß es bei der Länge einer Meile auf 30' circa zusammengeht, was einer Genauigkeit von $\frac{1}{176}$ tel entsprechen würde.

Wenn die unermesslichen Ländereien der Amerikaner zur Sprache kommen, so rühmen sie sich immer dessen, daß der Flächeninhalt der feilgebotenen Länder noch größer sei, als der von [50] ganz Europa.

Dies ist jedoch nur dann wahr, wenn bei den vereinigten Staaten die weiten Territorien von *Oregon*, *Neu-Californien*, *Neu-Mexico*, *Utah* und *Nebraska* zu, dagegen von *Europa Rußland* abgezogen wird, denn es betragen die Flächeninhalte *Europas* ohne *Rußland* 1 650 000, mit *Rußland* dagegen 3 710 000 und *Amerika* mit den Territorien 2 480 000, ohne dieselben aber nur 663 000 englische Quadratmeilen.

Die 663 000 Quadratmeilen der vereinigten Staaten im engern Sinn des Wortes entsprechen 424 100 000 Acres Land. Hiervon waren nach dem Berichte der Landcommission bis Ende 1848 vermessen 304 400 000 Acres, und hiervon bis October 1850

verkauft	102 410 000 Acres
Verliehen an Schulen	620 000 Acres
Gemeinnützigen Unternehmungen	
:/ Internal improvements :/ gewidmet	7 440 000 Acres
Verliehen an einzelne Individuen und Cpg	1 970 000 Acres
an die Regierungen, Regierungs-Gebäude,	
Anlagen...	40 000 Acres
[51]Kriegsbelohnungen (statt Pensionen)	

Dem *American Almanac* der Jahre 1850 und 1852 entnommen; in diesem Bericht sind obige Zahlen bis auf den einen Acre angegeben, da jedoch die Summe der einzelnen Posten mit der angegebenen Gesamtsumme auf 9000 Acres nicht zusammengeht, so rundete ich alle Zahlen auf 1000 ab.

" für den letzten englischen Krieg	4 650 000 Acres
" " Mexikanischen Krieg	7 840 000 Acres
Reservirt den Indianern	3 500 000 Acres
" dem Land- und Seekriegs- department	160 000 Acres
Bestätigte Privat-Ansprüche	5 220 000 Acres
Uncultivirbare Sümpfe und Moräste	20 790 000 Acres
Zusammen	165 430 000 Acres

Disponibel sind demnach mit Ausschluß der Territorien noch über 250 Millionen Acres, ohne die noch nicht verkauften 1 400 000 000 Acres der Territorien. Diese Ländereien bilden einen reichen Schatz, der um so nachhaltiger ist, als wegen Mangels an Nachfrage derselbe nicht plötzlich verschwendet werden kann.

Im Durchschnitt werden jetzt circa 2 000 000 Acres verkauft, im Jahre 1849 waren es 1 330 000, 1848 aber 1 890 000 Acres am meisten 20 000 000 wurden im Jahre 1836 und im Jahre 1841 am wenigsten, 1 130 000 Acres, veräußert. Der durchschnittliche Ertrag war bis jetzt 1,35 \$ per Acre, in der letzten Zeit aber werden die Ländereien nur um den festen Preis von 1,25 \$ per Acre, [52] oder 200 \$ für die Viertels-Sektion von 160 Acres abgegeben. Die Vermessungs- und Administrationskosten der Landkommission betragen 22 Cents, so daß dem Staat ein reiner Gewinn von 1,03 \$ bleibt.

Zur Unterstützung gemeinnütziger Unternehmungen und auch zur Belohnung der Verdienste einzelner Personen eignet sich nichts besser als Land, denn den Staat kostet es nicht mehr als 1 \$ per Acre, der vielleicht erst nach mehreren Jahren hätte realisiert werden können, während in der Regel durch die Unternehmung selbst der Werth dieses Landes verdoppelt und verdreifacht wird. So steigt jetzt der Preis der Viertelssektion schnell von 200 \$ auf 6 und 800 \$, sobald es nur feststeht, daß eine Eisenbahn oder ein Kanal in deren Nähe geführt werden wird, und die Länder, die der Staat den ersten Gesellschaften der Eisenbahnen oder Kanäle verlieh, waren eine kräftige Unterstützung. Jetzt ist dieß nicht mehr nothwendig. Wenn irgendwo eine neue Bahn durch unbebaute Länder zur Sprache kommt, so werden von Speculanten die umliegenden Gründe bald aufgekauft, und von diesen dann [53] das Unternehmen durch Aktienzeichen befördert, und wenn es sich dann auch nicht besonders rentirt und die ersten Aktienzeichner verlieren, so haben sie indirekt durch Werthserhöhung ihres Besitzes genug gewonnen.

Die Eisenbahn zur Verbindung *Californiens* mit dem *Mississippi*, welche die Genehmigung (oder vielmehr den Beifall) der Regierung erhält, wird wahrscheinlich ebenfalls wieder eine derartige Unterstützung erhalten und man spricht bereits von einem 10 Meilen breiten Streifen Landes längs der zukünftigen Eisenbahn, die der treffenden Gesellschaft verliehen werden soll. Die Gesellschaft der *Pacific*-Eisenbahn, welche vom Staat *Missouri* aus nach der Südsee bauen will, hat auch bereits so viele verlangt, daß der Verkauf der Ländereien im Staat *Missouri*, welcher in der Richtung der zukünftigen Bahn liegen, eingestellt worden ist. Bestimmte Zusicherungen wurden aber bis Ende 1852 noch nicht ertheilt.

Die Kriegsbelohnungen vertreten die Pensionen bei uns. Als die Armee zur Bekämpfung *Mexico's*, das heißt zur Eroberung von *Texas* gebildet wurde, versprach man jedem Soldaten eine Viertels [54] Sektion Land nach Beendigung des Krieges. Unter allen Ländern waren diese wohl am schlechtesten verwendet; man hatte erwartet, daß die Soldaten sich auf ihr Land zurückziehen und es bebauen würden, allein man hatte sich stark getäuscht. Die Soldaten suchten ihren Warrant zu ver-

kaufen, sobald sie ihn in Händen hatten; zu 40 und 50 \$ wurden in *Washington* die Viertelssektion verkauft und das Geld sogleich im ersten besten schlechten Haus verpraßt. Die ganze mexikanische Armee war ja größtentheils aus Gesindel zusammengesetzt. Mit den 7 840 000 Acres waren 52 270 Soldaten befriedigt worden, 90 000 sollen berechtigt sein, also sind immer noch 47 000 Viertelssektionen zu vergeben.

Küsten-Vermessung

Die obigen Ländereien werden von einer in ihrer Entwicklung 33 000 Meilen langen Küste begrenzt. Genaue Karten von dieser Küste herzustellen und längs derselben die Fahrwassertiefe bis zu 100 Klafter aufzunehmen und zu verzeichnen ist die Aufgabe der Küsten-Vermessungs-Commission. Sie erfüllt ihre Aufgabe auf eine würdige Weise und ist wohl eine der schönsten Anstalten, deren sich Amerika zu rüh-[55]men hat.

Die Länge der zu vermessenden Küstenstrecken beträgt:

Von der Mündung des <i>St. Croix</i> an der nördlichsten Grenze der vereinigten Staaten bis zur südlichsten Spitze <i>Florida's</i>	1 900 Meilen
Von da bis zur Mündung des <i>Rio Grande</i> bei der <i>mexikanischen</i> Grenze	1 600 Meilen
Von der nördlichsten Grenze <i>Oregon's</i> unter dem 49 ^{ten} Breitengrad bis zum Hafen von <i>San Diego</i> an der südlichsten Grenze <i>Californiens</i>	1 600 Meilen

In Summa	5 100 Meilen
----------	--------------

Diese 5000 Meilen sind in 9 Sektionen von ziemlich gleicher Länge abgetheilt und in der Mitte jeder derselben hat die Commission ein untergeordnetes Bureau. In der Nähe jeder dieser Stationen wurde eine Basis von 8 bis 10 Meilen Länge und von hieraus ein trigonometrisches Netz über die ganze Sektion gezogen. Hierbei war das Verfahren ganz dasselbe, als wie bei den hierorts üblichen Landesvermessungen. Die Dreieck-Spitzen 3^{ter} Ordnung mußten den Meßtisch-Blättern, in welche die Details eingetragen [56] wurden, als Fixpunkte dienen. Bei den Meßtisch-Aufnahmen ging man von der Ansicht aus, daß alles aufgenommen werden muß, was von der See aus gesehen werden oder nur irgend Einfluß auf die Schifffahrt ausüben kann. Dahin gehören also alle Berge und Hügel, welche das Gebiet der Uferbegrenzungen und vor diesen liegenden hervorragenden Thürmen und Gebäude. Ferner die Flüsse soweit sie schiffbar sind, alle Sandbänke, Riffe, Seeströme und Meerestiefen bis zu 100 Klafter Tiefe. Alle diese Objekte wurden nicht nur genau in ihrer Horizontal-Projektion in die Meßtischblätter eingetragen, sondern auch deren Ansicht von der See aus, mit besonderer Berücksichtigung der Form und Umgebung der Leuchthürme unten auf den Rand gezeichnet.

Zur Messung der Meerestiefen giebt die Admiralität ein bemanntes Boot, das überall zu sondiren hat. Gewöhnlich wird, wenn keine abnormen Uferbildungen vorkommen auf einer möglichst geraden Linie segelnd (d. h. einen constanten Curs einhaltend) in gleichen Zeitabschnitten sondirt. Bei Aenderung des Curses, namentlich auch bei langen Linien in der Mitte derselben, wird [57] es dann auf ein gegebenes Zeichen hin von zwei am Ufer stehenden Theodoliten anvisirt und dadurch dessen Lage bestimmt, worauf die Sonden den Zeitabschnitten proportional eingetragen werden.

Die in ziemlich großem Maaßstab $\frac{1}{2000} - \frac{1}{5000}$ ^{tel} reducirt und dann in Kupfer gravirt. Die Reduction der Pläne geschieht nicht mittelst Storchenschnabel oder ähnlichen In-

strumenten, sondern frei von Hand aus durch aufgelegte Roßhaar-Quadrate. Die Roßhaare sind 1 bis 4 Millimeter weit auseinander, je nach der Feinheit, welche die zu zeichnenden Objekte erfordern und liegen ganz platt auf dem Papiere auf. Ueber der zu reducienden Zeichnung liegen ähnliche Quadrate mit entsprechend vergrößerten Seiten. Und nun können die Figuren jedes einzelnen Quadrates des Originals in das treffende Quadrat der herzustellenden Pläne eingezeichnet werden, wobei die Roßhaare nicht im mindesten hindern, weil sie vermöge ihrer Elastizität dem zeichnenden [58] Blei weit ausweichen.

Von den Original-Kupferplatten werden sofort keine Abdrücke genommen, sondern es werden erst auf elektrogalvanischem Wege eine oder zwei Form-Platten, diesen dann beliebig viele, den Original-Platten gleiche Platten nachgebildet und letztere erst abgeklastcht.

Wenn gleich eine Platte nicht mehr als 4 bis 6000 reine Abdrücke giebt, so kann bei der zweimal potenzierten Nachbildung der Platten die Zahl der Abdrücke doch ins unendliche vermehrt werden. Die bisher beschriebenen Arbeiten gehen in allen Sektionen zugleich vor sich; man ist jedoch noch nicht soweit gekommen, zwei Sektionen zusammenstoßen zu können, hoffte jedoch im Jahre 1853 oder 1854 im Stande zu sein, es zu thun.

Die geodätische Länge- und Breite-Bestimmung soll dann die Controle bei dem Zusammenhängen der Netze bilden und man hofft nach genauer Messung der Elektricitätsgeschwindigkeit in den Telegraphen-Drähten, mittelst dieser eine für den vorliegenden Zweck hinlängliche und viel größere Genauigkeit als bisher zu erzielen. [59] Der beste Graveur der Commission war ein Deutscher aus Hamburg, namens *Siebert*, der mir auf das freundlichste alle diese verschiedenen Manipulationen erklärte.

Die Längeneinheit, welche die Küstenvermessungs-Commission allen ihren Arbeiten zu Grunde gelegt hat, ist der Meter, die Bahnen wurden mit Metern gemessen, die Meßketten zur Detail-Aufnahme sind in Meter getheilt und nur die Wassertiefen, welche direkt eingetragen werden, sind in Fuß und Klaftern angegeben. Als ich hierüber meine Verwunderung ausdrückte, erging man sich im Lob dieses Systems und bedauerte zur Zeit der Unabhängigkeits-Erklärung die Einführung desselben vergessen zu haben; damals wäre es gewiß gegangen, indem der Haß gegen das Mutterland, das Seinige dazu beigetragen hätte, das englische Maaß zu verdrängen; jetzt aber sei es zu spät und es werde nie mehr möglich sein, dieses einzig harmonisch praktische Maaß, dem Lande aufzudrängen.

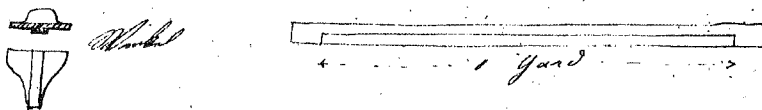
Man war nicht nur so gefällig, mir alle Einrichtungen auf das bereitwilligste zu zeigen, sondern beschenkte mich sogar mit zwei Sammlungen [60] von allen bisher gefertigten Karten.

Die eine übergab ich meiner vorgesetzten Behörde, die andere behielt ich als Andenken und kann nicht umhin, eine der kleineren Karten hier mitzutheilen; zwar ist es nicht möglich, aus der Copie die vollendete technische Ausführung derselben zu beurtheilen, immerhin aber wird daraus zu entnehmen sein, mit welcher Sorgfalt die Erhebungen gemacht, wie zweckmäßig sie aufgezeichnet und wie vollständig die Anweisungen gegeben werden, um sicher in den Hafen einzulaufen. Ich wählte hierzu den im Maaßstab von $\frac{1}{40\,000}$ herausgegebenen Hafen von *New-Bedford*, Fig. 20 [fehlt], weil derselbe zu gleicher Zeit den Plan eines Städtchens, zweier kleinerer Ortschaften und vieler Ansiedlungen zeigt. [...] [61]

Mit der Küstenvermessung ist auch die mechanische Werkstätte, in welcher die Normalmaaße für das ganze Land angefertigt und die Muttermaaße aufbewahrt wer-

den, verbunden.

Das Muttermaaß für die Längen ist eine 82 Zoll lange von *Froughton* in London angefertigte Platin-Stange, von der die Normal-Maaße für die einzelnen Staaten abgegriffen werden. Diese letztern sind von Kupfer und haben folgende Form:



[Fig. 20 a]

Der Yard ist doppelt; mit dem einen Theil können Licht-, mit dem andern Vollmaaße gemessen, resp. abgegriffen werden. Der beigezeichnete Winkel dient zum Uebertragen der Theilstriche auf einen parallel daneben liegenden Yard. [Siehe Fig. 20a] Das Muttergewicht ist ein Troy-Pfund¹¹¹⁶⁾ im Besitz der V. St. Münze; die für die Küstenmessung nachgebildeten Normalmaaße sind von Kupfer zum Vergleich mit andern Maaßen dünnen, feinen Waagen mit Gradbogen am Ende des Waagbalkens und Vorrichtungen zum Ausführen der [62] Waagschalen und des Waagbalkens. Die Normal Gallon, Pint, Bushel ... sind schwere kupferne, fleißig abgedrehte und oben abgeschliffene Cylinder mit glatten gläsernen Deckeln.

Direktor der mechanischen Werkstätte ist Herr *Saxton*. Bereits bei Beschreibung der Telegraphen-Apparate hatte ich Gelegenheit rühmend dieses Namens zu gedenken. Früher war er Gehilfe *Wheatstone's*, dem er die Apparate zur Messung der Geschwindigkeit der Reibungselektrizität anfertigte und jetzt steht sein Universal-Erfindungstalent im Dienste der Küstenvermessungs-Commission. Die mit den astronomischen Uhren zu verbindenden Apparate zur Unterbrechung des elektrischen Stromes nach jeder Sekunde, ebenso die auch schon beschriebenen cylindrischen Rotations-Register sind von ihm construirt und ausgeführt. Zur Zeit meines Dorteins war er gerade damit beschäftigt, Versuche mit einem Steigrad zu machen, das sich bei jeder Pendelbewegung nicht stoßweise, sondern stetig mit gleichmäßiger Geschwindigkeit herumdrehte. Zunächst sollte mit diesem Steigrad und dazugehörigen Pendel die Geschwindigkeit der Telegra-[63]phenregister geregelt werden, indem es einer der größten Uebelstände ist, daß nicht nur auf verschiedenen, sondern sogar auf einen und demselben Papierstreifen die Entfernungen der Sekundenzeichen ungleich sind. Ob die Erfindung ihrem Zweck entsprach, habe ich nicht mehr erfahren. Astronom der Küstenvermessung ist Herr *S. C. Walker*, Assistent, der mit so vielem Eifer, Geschick und Scharfsinn die Messungen des elektrogalvanischen Stromes in den Telegraphendrähten leitete und theoretisch behandelte.

Die topographischen Arbeiten werden vom Assistenten Major *Stephen* geleitet. Direktor (oder Superintendent) der Küstenvermessung ist Herr *Dr. Dallas Bache*, er ist ein würdiger Enkel *Franklin's* und hat erst die Küstenvermessung zu dem gemacht, was sie jetzt ist. Bei der außerordentlichen Ausdehnung des Geschäftes und der vielen Reisen in die einzelnen Sektionen findet er dennoch Zeit, sich mit wissenschaftlichen Arbeiten und sogar mit den Details der Vermessung zu beschäftigen. So hat er z. B. die Basen aller Sektionen selbst gemessen und während meines Aufenthaltes in [64] *Washington* hielt er einen Vortrag über Wellenbewegungen, aus dem hervorging, daß er alle Beobachtungen, welche längs der amerikanischen Kräfte über Ebbe und Fluth gemacht worden waren, auf das sorgfältigste zusammenge-

¹¹¹⁶⁾ 1 troy pond = 12 troy ounces = 5760 pennyweights = 5760 grains = 373,242 g. BM

stellt und daraus die Gesetze, nach welchen sich die Fluth fortpflanzt auf das klarste graphisch dargestellt hatte.

Die Kosten der Küstenvermessung betragen in den Jahren vom 30. Juni 1846 bis 30. Juni 1850 nach einander 1,11,000, 1,46,000, 1,65,000 und 2,44,000 \$.

Das Patent Office könnte auch zu den technischen Behörden *Washington's* gerechnet werden. Es ist aber wenig darüber zu sagen. In meinem Leben habe ich keine solche Rumpelkammer von alten Modellen gesehen, die so aufgestellt sind, als sollten sie die Modellsammlung einer Gewerbs-Schule bilden; und wer nach den hier aufgestellten den Standpunkt des Maschinenbaues in Amerika beurtheilen wollte, würde diesen gewiß unterschätzen. Viele mechanische Unmöglichkeiten bleiben stehen, während es doch Pflicht wäre, unausführbare oder solche Modelle, die sich nicht bewährt [65] haben, zu entfernen. Ich ging hin in der Absicht, Expansionsvorrichtungen an Lokomotiven und andern Dampfmaschinen /: gewiß ein sehr wichtiger Zweig des Maschinenbaus /: zu studiren und wurde, versehen mit einem Empfehlungsbrief des Herrn *Dr. Dallas Bache* auf das freundlichste empfangen. Allein finden konnte ich nicht viel; unter den Modellen war gar keine und in den vielen die Zeichnungen enthaltenden Mappen, lagen sie nicht beisammen und zwei, die mir zufälliger Weise in die Hände fielen, kannte ich schon.

Zu ebener Erde des schön ausgeführten, aber mit dem unausweichlichen griechischen Porticus versehenen Gebäudes, befinden sich die Modellkammer und Kanzleien, im obern Stock aber einige /: wahrscheinlich noch nicht patentirt /: ethnographische Sehenswürdigkeiten, zur Unterhaltung der Congreßmitglieder.

Dieser Anstalt fehlte bis jetzt der Mann, der im Stande gewesen wäre, etwas tüchtiges daraus zu machen.

Hier, wo alle Erfindungen durchgehen müssen, könnte eine der schönsten und lehrreichsten Sammlungen gebildet werden, wenn eine rationelle [66] Sichtung des Vorhandenen stattfände. In ihrem jetzigen Zustand aber sind die Sammlungen dieser Anstalt nicht viel werth.

Smithsonsches Institut

Das *Smithson'sche* Institut darf nicht übergangen werden, wenn von den Anstalten *Washington's* die Rede ist.

James Smithson vermachte sein Vermögen von über 500 000 \$ den vereinigten Staaten von *Amerika* mit der Bestimmung:

»zu *Washington* eine Anstalt zur Vermehrung und Verbreitung von Kenntnissen unter den Menschen zu gründen.«

Das Geld wurde von dem Finanz-Ministerium in Empfang genommen, aber erst nach Umfluß von 8 Jahren am 10. August 1846 wurde die Anstalt durch ein Gesetz des Congresses ins Leben gerufen. Ein Ausschuß wurde ernannt, bestehend aus dem Vicepräsidenten des obersten Gerichtshofes, 6 Congreßmitgliedern und 6 Bürgern, um einen Sekretär und andere Beamte zur Verbreitung von Kenntnissen zu wählen. Dieser Ausschuß war nun in der Wahl des Sekretairs /: eigentlich Vorstand der Anstalt /: sehr glücklich. [67] Dieselbe fiel auf Herrn Professor *Henry*, einen in der Wissenschaft berühmten Mann, er war unter andern der Erste, der den elektro-galvanischen Strom durch Drähte über eine Meile Länge trieb, während man früher geglaubt hatte, dieß sei unmöglich, weil in kurzen Drähten die Kraft des elektrischen Stromes mit der Länge so rasch abnimmt, während bei längeren Drähten es viel weniger der Fall ist. Weniger glücklich dagegen war der Ausschuß im Hausbau. Zur

Verbreitung von Kenntnissen wurde auch der Bau eines großen Hauses im alt normanischen Styl beschloßen, das seinen Zweck gewiß am allerwenigsten entspricht. Das Gebäude soll Säle für Sammlungen aller Art, Bibliotheken und Lehrsäle enthalten, wozu sich hohe gewölbte Hallen, die immer nur spärlich erleuchtet sein können, am wenigsten eignen, denn was läßt sich oberhalb der Kämpfer noch unterbringen? Was soll man aber dazu sagen, wenn man sieht, daß alle diese Gewölbe nur Blendwerk sind, hergestellt aus Bohlenbögen statt der Gurten und aus schweren verrohrten Gypsdecken statt der Kuppengewölbe. An und für sich schon ist [68] eine leichte Bauweise unpassend für Gebäude, die nicht nach 50 Jahren wieder eingerissen werden, sondern edlen Zwecken lange dienen sollen, aber um gar fingierte Gewölbe da anbringen, wo die Wahrheit erforscht werden soll, heißt nichts anderes als Lügen wölben. Während meines Dortseins fiel eines dieser Gewölbe ein. Die Rippen waren nicht stark genug für den frischen feuchten Gyps; glücklicher Weise wurde Niemand dabei beschädigt. Nach seiner Vollendung wird das Gebäude alle bisher angesammelten Zinsen, weit über 200 000 \$ kosten.

Abstrahirt man aber hievon, so lassen sich von diesem Institut segensreiche Wirkungen erwarten, wofür die tüchtigen Männer, die an dessen Spitze stehen und die Vorzüglichkeit des entworfenen Planes bürgen. Die jährliche Rente von 30 950 \$ soll in zwei gleiche Theile getheilt werden, und mit der einen Hälfte Originaluntersuchungen auf jedem Felde des Wissens unterstützt und veröffentlicht, mit der andern aber nach und nach eine Bibliothek, ein Museum :/ Sammlung von Merkwürdigkeiten aller Art :/ und eine Kunstsammlung gebildet werden. Originalabhandlungen über alle Zweige des Wissens [69] sollen mit Geld, Medaillen ... belohnt und als »Smithson'sche Beiträge zur Wissenschaft« veröffentlicht werden. Geeignete Personen sollen mit speziellen Untersuchungen betraut werden.

Endlich sollen eine Reihe Berichte über die jüngsten wissenschaftlichen Entdeckungen veröffentlicht werden. Diese Berichte sollen umfassen: Physik, Chemie, Naturgeschichte, Ackerbau, Ethnologie, Volkswirtschaft, Philosophie, Zeitgeschichte, Literatur, schöne Künste, Bibliographie und Nekrologie.

Man hofft, daß die naturgeschichtlichen Sammlungen schnell durch freiwillige Beiträge wachsen werden. Bezüglich der Kunstgegenstände sollen Räume den verschiedenen Kunstvereinen zur Ausstellungen geöffnet werden. Andere Merkwürdigkeiten sollen gekauft werden. Endlich sollen noch während der Sitzungen des Congresses vom Sekretair dessen Assistenten und andern ausgezeichneten Männern Vorträge über gemeinnützige Gegenstände gehalten werden.

Obiges wäre in kurzen Umrissen der Plan der [70] Anstalt. Zur Zeit meines Dorteins :/ 1849 und 1850 :/ war das Gebäude halb fertig, jedoch schon die Bibliothek, ein physikalisches Cabinet und ein Saal für Vorlesungen, deren ich mehrere mit anhörte, eingerichtet.

Die Bibliothek steht jedermann zur Benützung offen und es wurde mir auf das zuvorkommendste alles, was ich wünschte, mitgetheilt; besondere Freude machte es mir, unsere deutschen Classiker da zu treffen, die dem Programm zufolge nicht unbedingt da sein mußten. Man sieht hier, wie die Amerikaner hier der Freigebigkeit eines Engländers, eine Akademie der Wissenschaften verdanken, die sich von den diesseits des Oceans nur dadurch unterscheidet, daß sie keine ernennten Mitglieder besitzt, dagegen von allen ausgezeichneten Männern Amerikas unterstützt und getragen wird. Sie wurzelt daher jetzt schon tief im Volk und wird, wenn auch nicht gelehrteres, als die europäischen doch viel praktisches zu Tage fördern.

In *Washington* befindet sich die National-Sternwarte, wo auch der Laie in der Astro-
nomie viel interessantes findet. Dieselbe hat eine sehr schöne Lage auf einem Hü-
gel zwischen *Washington* und *Georgetown*, der diese beiden Städte be-[71]
herrscht. Sie wurde erst vor 5 oder 6 Jahren gegründet, so daß alles noch ganz neu
und blank ist; unter den Instrumenten, wovon mehrere von *Ertel & Sohn* aufgestellt,
was mich als Bayern natürlich sehr freuen mußte. Direktor ist Lieutenant *Maury*,
der sich sehr viel mit Meteorologie beschäftigt. Ein der Schifffahrt höchst nützlich-
es Werk ist dessen Zusammenstellung der auf dem atlantischen Ocean beobachteten Win-
de, und ich kam nicht umhin, diese ebenso schöne als umfangreiche Arbeit kurz zu
beschreiben.

Herr Direktor *Maury* hat sich vorgenommen, diejenigen Schifffahrtswege zwischen
den entfernten Häfen des atlantischen Oceans zu ermitteln, auf welche man die
wahrscheinlich günstigsten Winde zu erwarten hat, und auf denen man daher am
schnellsten das Ziel der Reise erreichen wird. Es wurden nun alle ordentlich geführ-
ten Schiffstagebücher, /: Log-books :/ die man auftreiben konnte excerptirt und deren
Inhalt auf die Fig. 21 gezeigte Weise den Lauf des Schiffes; derselbe ist im Winter d.
h. in den Monaten Dezember, Januar und Februar schwarz, im Frühjahr oder den
Mo-[72] naten März, April, Mai grün, im Sommer oder im Juni, Juli und August roth,
endlich im Spätjahr oder September, Oktober und November blau eingetragen; fer-
ner ist er im ersten Monat jeder Jahreszeit oder im Dezember, März, Juni und Sep-
tember voll, im zweiten Monat oder Januar, April, Juli und Oktober gestrichelt und im
dritten Monat jeder Jahreszeit also im Februar, Mai, August und November punktiert
ausgezogen.

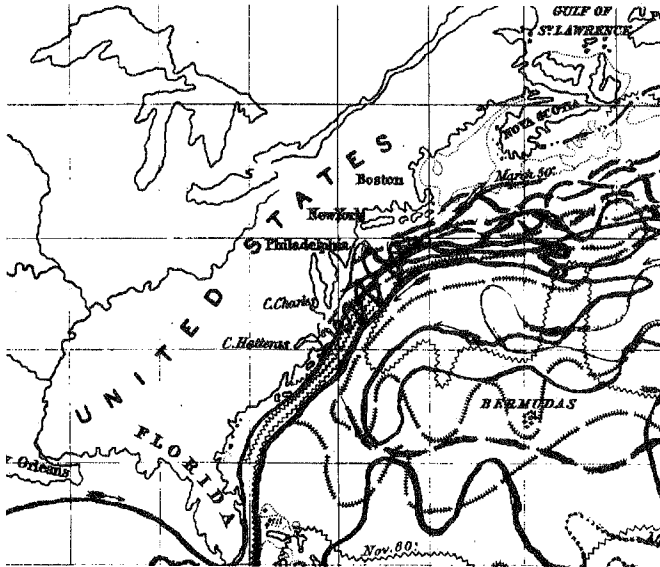


Fig. 21¹¹¹⁶⁾

¹¹¹⁶⁾Die Abbildungen 21 bis 23 stammen aus dem Erläuterungsband zu den »Wind and Current Charts« Maury [1852], und zwar der 4. Auflage. Der gedruckte Katalog der ETH-Bibliothek [1896] verzeichnet zwar auch die 1. Auflage aus dem Jahre 1840, auf die Culmann sich vermutlich

Die Winde sind durch Büschel verschiedener Größe und Stärke derselben Farbe angegeben, denen zur Bezeichnung von Windstößen kleine Striche angehängt sind. So bezeichnen:

Einen Sturmwind

Einen starken Wind

Einen mäßigen Wind

Einen schwachen Wind

Ein Lüftchen

Ein veränderliches Lüftchen

Windstille



denselben mit Stößen

denselben mit Stößen

denselben mit Stößen

denselben mit Stößen

denselben mit Stößen

denselben mit Stößen

Ringe mit doppelten Schweifen bedeuten Winde [73] von verschiedenen Richtungen an einem und demselben Tage und Schweife von größerem Winkel bezeichnen veränderlichen Wind innerhalb angelegten Segments. Als ein Wind wurde der während 8 Stunden herrschende Wind betrachtet, so daß von jedem auf der See befindlichen Schiffe täglich 3 Winde eingetragen wurden.

Durch Pfeile werden die beobachteten Meeres-Strömungen angedeutet, ihre Farben sind wie die der Windschweife der Jahreszeiten analog und die beim Pfeil stehenden Zahlen geben die Geschwindigkeit des Stromes in Knoten an.

Die Variation der Magnetnadel wird durch römische Zahlen auf dem Curs des Schiffes angegeben, das dieselbe beobachtet hat.

Auch die beobachteten Temperaturen des Wassers sind mit unterschiedlichen arabischen Ziffern eingetragen.

Die Namen auf den Schiffscursen sind die Namen der Schiffe, die ihn machten. Die Kriegsschiffe sind mit römischen, die Kauffahrtschiffe mit italienischen Buchstaben geschrieben.

Auf diese Weise wurden nun die Beobachtungen aller benutzten Logbücher registriert, so unterhaltend [74] und lehrreich nun auch an und für sich schon die auf diese Weise hergestellten Karten des ganzen Oceans sind, indem sie die bis jetzt befolgten Hauptschiffs-Linien des Verkehrs und auch die gemiedenen Stellen des Oceans angeben, so sind sie doch in dieser Form ohne allen Nutzen für die Schiffenden, weil aus dem Chaos der eingetragenen Notizen, die Richtung der herrschenden Winde nicht ersehen werden kann. Um nun dieß zu können, wurden Uebersichtskarten oder auch Lootsenkarten /: Pilot Chart Führer auf der hohen See /: genannt, in der Fig. 22 gezeichneten Weise hergestellt.

Sämtliche innerhalb eines Quadrates von 5° Länge und Breite gemachten Beobachtungen wurden auf einer dieses Quadrat ausfüllenden Windrose zusammengestellt. Aus dieser Windrose werden nur 16 Hauptrichtungen ausgeschieden, wovon jede in die Mitte eines Sektors trifft; in diesem Sektor stehen nun an der durch die Zeigerrose Fig. 22 angedeuteten Stelle die Zahl, der in der treffenden Richtung wehenden Winde, welche während eines Monats beobachtet wurden. Die Zahl aller vorhandenen Beobachtungen von einem Monat steht in den Ecken, ebenfalls an der durch die [75] Zeigerrose Fig. 22 bezeichneten Stelle. Im Centrum der Rose sind die Windstillen angegeben.

Betrachten wir z. B. das Quadrat zwischen 20° & 25° Länge und 5° & 10° nördlicher Breite, so finden wir im untern linken Eck zu oberst die Zahl 474, die bedeutet laut Fig. 22, daß im Ganzen 474 Beobachtungen gemacht wurden, welche in den Monat August treffen /: die aber von verschiedenen Jahrgängen herrühren /:. Von diesen

bezieht, dieser Band ist aber vermißt. Fig. 21 ist ein Ausschnitt von Tafel 7. Im Original sind die verschiedenen Schifffahrtsrouten von Hand coloriert. Die Windsymbole tauchen in keiner Abbildung der 4. Auflage auf. BM

474 Winden waren, wie die Zahlen erst im 3^{ten} Kreis eines jeden Sektors angeben 29 SW, 114 SSW, 141 S, 100 SSO und 16 SO Winde, also 400 waren eigentliche Südwinde, von den übrigen 74 waren, wie die oberste Zahl im SW lichen Quadranten des Centrums zeigt 15 Windstillen, so daß auf die übrigen Richtungen von WSW über Norden bis OSO nur 59 beobachtete Winde treffen. Hieraus geht klar hervor, daß jeder nach Süden Steuernde solche Quadrate meiden, dagegen jeder nach Norden Steuernde solche Quadrate im Monat August aufsuchen muß.

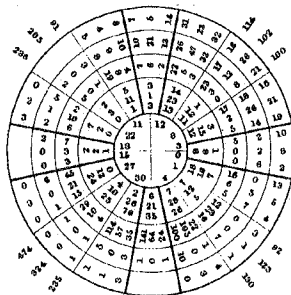
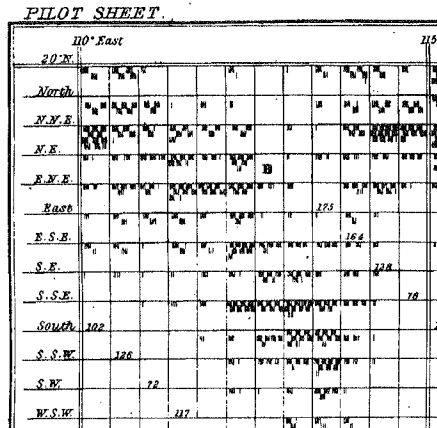


Fig. 22¹¹⁷⁾

Obgleich hier zur Erläuterung eines der auffallendsten \therefore noch in das Gebiet der Passatwinde fallende \therefore Quadrate gewählt wurde, so giebt es doch [76] kaum einige Stellen auf dem ganzen Ocean, welche nicht während den verschiedenen Jahreszeiten gewissen Richtungen günstiger oder ungünstiger wären. Lieutenant *Maury* hat sich nun die Mühe gegeben, die günstigeren Quadrate für diejenigen, welche von New-York nach Brasilien, nach dem Cap der guten Hoffnung und nach Europa segeln zusammenzuziehen und die hierauf sich angehenden Course in einer Flugschrift herauszugeben. Diese nebst den beschriebenen Wind- und Loostenkarten werden allen Kapitänen unentgeltlich überlassen, welche sich verpflichten wollen, nach den vorgezeichneten Cursen zu steuern und ein genau nach den in der Flugschrift vorgeschriebenen Formen geführtes Logbuch einzuliefern. Und jetzt schon zeigen sich die erfreulichsten Resultate. Auf dem allen südlich steuernden \therefore wegen des Golfstromes \therefore gemeinschaftlichen Wege von New-York nach dem Cap St. Roque werden jetzt schon auf durchschnittlich 37 Tage 5 erspart. Trotzdem, daß viele Capitäne den Geist der Segel-Regeln noch nicht richtig aufgefaßt haben und pedantisch im Zick-Zack den vorgeschriebenen Weg verfolgen, [77] statt einmal durch irgend einen Zufall verworfen, eine für ihre Lage kürzeste Bahn zu construiren. Wie aber schon bemerkt wurde, werden in der Nähe des Aequators Passatwinde angetroffen, deren obere und untere Grenzen auf der Windkarte Fig. 21 durch dicke Linien in der Farbe der Jahreszeit angegeben ist. Der leichtern Uebersicht wegen wurden jedoch diese Grenzen auf einer besondern Karte noch zusammengestellt. Fig. 23 ist der Streifen dieser Karte zwischen 20° und 30° Länge. Den Lootsenkarten analog wurden wieder die Beobachtungen innerhalb Streifen von 5° Länge zusammengefaßt und innerhalb dieser 5° Länge in 12 Spalten die Beobachtungen der einzelnen Monate in der Art eingetragen, daß die Zahl in den kleinen Quadraten die Zahl der Schiffe bezeichnet, welche unter dieser Breite die Passatwinde oder Windstille angetroffen oder verloren haben, je nachdem sie nördlich oder südlich steuer-

¹¹⁷⁾Maury [1852], Ausschnitt aus Taf. V. BM

Fig. 23⁽¹¹⁸⁾

Der blaue Grund bezieht sich auf die NO Passatwinde; im immer leeren Streifen weht immer NO Wind. Nehmen wir z. B. wieder den Monat August zwischen 20° & 25°, so finden wir, daß zwischen 24° und 17° immer NO Wind ange-[78]troffen wurde, mit Ausnahme eines einzigen als sporadisch zu betrachtenden Falles, wo ein Schiff diesen Wind erst unter 20° Breite traf. Südlich gehend lesen wir dann immer in der Spalte August, daß 2 Schiffe diesen Wind unter 16° Breite und 3 und 15°, 6 und 13°, 7 und 14° endlich 2 unter 13° Breite verloren.

Zwischen 20° & 25° Länge kann daher der Streifen zwischen 16° und 13° Breite als die südliche Grenze der NO Winde betrachtet werden, unterhalb deren man regelmäßig Windstillen zu erwarten hat.

Diese Grenze ist durch punktirte Linien eingefaßt. Auf dieselbe Weise ist auch die nördliche Grenze dieser Winde eingefaßt, nur daß dort die Beobachtungen mit römischen Zahlen eingetragen sind.

Südlich von den NO Winden herrscht immer Windstille, diese ist durch rothen Grund auf dieselbe Weise wie die NO Winde angegeben; die Zahlen sind römisch. Das diese Winde darstellende rothe Land muß man sich eigentlich auf dem Grenzstreifen der NO Winde liegend denken. Auf der Zeichnung mußte [79] es aber natürlich getrennt, d. h. weiter herabgesetzt werden, wie es aus der schriftlichen Gradscala zu ersehen ist.

Die braunen Flanken unterhalb den Windstillen bezeichnen die Monatswinde aus SW. Aus den Windstillen heraustretend findet man, aber nur während der Monate Mai bis Dezember regelmäßig SW Winde. Durch arabische Zahlen ist die nördliche, durch römische die südliche Grenze derselben angegeben.

Aus den Figuren geht hervor, daß die Region der von Windstillen begrenzten NO Winde sich vom September bis Februar südlich, von da bis September aber wieder nach Norden bewegt. Während des Februars reicht sie am weitesten nach Süden, während des Septembers am weitesten nach Norden. In der nördlichen Lage derselben bilden sich dann südlich die SW Monatswinde. Die bis jetzt beschriebene

⁽¹¹⁸⁾Maury [1852], Ausschnitt aus Taf. 1, allerdings handelt es sich nicht um die von Culmann beschriebene Abbildung. Die abgebildete Karte paßt nur zum ersten Teil der Beschreibung. BM

Arbeit kann wohl eine riesenhafte genannt werden. Welche Mühe verursachte nicht das Prüfen und Excerptiren aller Logbücher vom Jahre 1810 bis auf die jüngste Zeit herab? Dann das Auftragen aller Angaben, wodurch der ganze atlantische Ocean so über-[80]netzt wurde, wie es Fig. 21 zeigt, endlich das zweimalige Umarbeiten dieser Karte in verschiedene Formen! Es war, oder vielmehr es ist, weil noch fortgesammelt wird, eine sehr mühsame Arbeit, aber gewiß auch eine sehr verdienstliche. Sie ist nicht allein von unmittelbarem großen Nutzen für die Schifffahrt, sondern auch von großem wissenschaftlichen Werth. Sie zeigen eine ungeahnte Regelmäßigkeit der Luftströme auf der See und bringen die Frage über die Möglichkeit der Bestimmung, welcher Wind von einer gewissen Stelle des Oceans zu einer bestimmten Zeit wehen wird, ihrer Lösung viel näher. Und ist erst einmal die Wirthschaft in den höheren Regionen rings um das Festland genauer bekannt, so wird man auch auf diesem an Einsicht in den Witterungshaushalt gewinnen. Nur sollte auch hier etwas vorgearbeitet und ähnliche Karten entworfen werden. Mit den tiefsten und gelehrtesten Betrachtungen läßt sich aus meteorologischen Tabellen nicht so viel heraussehen, als ein einziger Blick auf solche Karten sagt. Würden dieselben von Jahr zu Jahr für das ganze Festland con-[81]struirt werden, so würde sich gewiß auch eine Ordnung in der Aufeinanderfolge der das Wetter mitbedingenden Winde zeigen, die man in einzelnen meteorologischen Tafeln vergebens sucht.

Erfassung der astronomischen Beobachtungsdaten auf der Sternwarte

Auf dieser Sternwarte spielt auch die elektromagnetische Telegraphie eine große Rolle. Die Zeit aller Beobachtungen wird elektromagnetisch auf einem Streifen Papier registriert. Der Apparat besteht aus 5 Elektromagneten mit 5 verschiedenen Batterien und Leitungen; die Stifte der 5 Elektromagneten schreiben alle nebeneinander auf einem einzigen Streifen Papier, der genau wie bei den Morse'schen Telegraphen vor den 5 Stiften abgewickelt wird. Die Leitung des mittelsten Stiftes steht mit der Sekunden-Uhr in Verbindung, welche jede Sekunde die Leitung unterhalb und dadurch ein Sekunden-Zeichen in der mittelsten Linie des Streifens macht. Die Drähte der vier andern Leitungen sind nach den Instrumenten geführt, in deren Nähe immer eine Taste angebracht ist durch welche die Leitung unterbrochen werden kann. Wenn nun bei irgend einer Beobachtung dieß geschieht, so giebt die Lage der Lücke auf dem Streifen neben der Sekunden- [82]Skala genau die Zeit der Beobachtung an. Die Beobachtungen der Magnetnadel werden hier mittelst photographischen Papiers registriert. An einer Seite der Magnetnadel ist ein kleiner Hohlspiegel mit großer Brennweite angebracht, der Lichtstrahlen von einer irgendwo stehenden Lampe erhält, welche mit einer Blende versehen ist, um allzudivergirende Lichtstrahlen aufzufangen. In dem der Entfernung der Lampe entsprechenden Sammelpunkte der Strahlen wird nun ein Streifen photographisches Papier abgerollt, und zwar vertikal wo die Variation, und horizontal, wo die Inklination der Nadel gemessen werden soll.

Auf diesem Papier hinterlassen die vom Hohlspiegel des Magneten zurückgeworfenen Strahlen eine deutliche schwarze Marke, deren Entfernung von einer ähnlichen, durch einen festen Hohlspiegel unter dem Magneten erzeugten Marke, eine Tangente des Winkels angiebt, um den sich die Nadel gedreht hat. Radius der Tangente ist die Entfernung des Papiers von den Hohlspiegeln.

Auf dieselbe Weise sollen auch die Beobachtungen [83] der Höhen des Barometers und Thermometers registriert werden, doch war die Einrichtung damals noch nicht durchgeführt.

Außerst freundlich war Herr Direktor *Maury* gegen mich: Er erklärte mir selbst sei-

ne Windkarten und überließ mir auch mehrere Exemplare zur Vertheilung in Europa, wofür ich ihm nicht besser danken zu können glaube, als dadurch, daß ich das Möglichste zur Verbreitung seiner Methode beitrage.

Maschinenfabriken: amerikanisch contra europäisch

Zwei Maschinen-Werkstätten bekam ich in *Washington* zu sehen; die eine sehr amerikanisch, die andere ganz europäisch. In der ersten wunderte man sich darüber, daß ich überhaupt so etwas ansehen möge, in der andern wurde ich herumgeführt von Leuten, die stolz auf die Werke zu sein schienen, die sie mir zeigten. Die erste war die *Foundry Rider's* mit dem Nothdürftigsten versehen, um seine Brücken zu bauen, die ich in den Abschnitten weitläufig beschrieben habe.

Ein Cupolofen¹¹¹⁹⁾, eine Schmiedeesse, eine Loch- und Nietmaschine und einige Schraubstöcke war Alles, was in dieser Werkstätte, aus der doch [84] so schöne Brücken hervorgehen, zu sehen war. Die andere Werkstätte war die der National-Schiffswerft : *Navy-Yard* :, in welcher kleine Schiffsdampfmaschinen, Kohlen- Wasserbehälter, Anker und Kanonen und alle zur Ausrüstung eines Schiffes nothwendigen Geräthschaften angefertigt werden.

Die Dreh- und Hobelbänke, dann die Zahnschneide-Maschinen, überhaupt die Werkzeugmaschinen sind hier schöner und vollständiger zu sehen, als in den Maschinenfabriken, die ich bisher zu sehen Gelegenheit hatte. Eine Streckmaschine für Ankerketten war hier aufgestellt; dieselben reißen durchschnittlich bei einer Belastung von 46 000 Pfund per □''.

Bemerkung zum Reiseplan. Neujahrsbesuch bei Präsident Taylor

Von großem Nutzen für mich war die Bekanntschaft des Ingenieurs Ellet, des Erbauers der *Wheelinger* Kettenbrücke; er war so freundlich, mir meinen Reiseplan durch die vereinigten Staaten zu entwerfen und mich auf alle wichtigeren technischen Gegenstände aufmerksam zu machen. Ihm vorzugsweise verdanke ich es, daß ich in so kurzer Zeit und mit so geringen Mitteln die merkwürdigsten Leute Amerikas [85] sehen konnte und im Voraus schon wußte, worauf ich hauptsächlich Augenmerk zu richten hatte. Jenen Winter 1849/50, den er in *Washington* zubrachte, war er gerade mit der Abfassung eines größern Werkes über die Entfernung der Schiffshindernisse im Mississippi und dessen Zweigflüssen für das *Smithson's*che Institut beschäftigt.

Die größte Merkwürdigkeit *Washington's* ist der Präsident der vereinigten Staaten und kein Fremder darf versäumen ihm seine Aufwartung zu machen, denn auf die Aussage, daß man in *Washington* war, folgt immer die Frage: »Haben sie den Präsidenten gesehen?«, worauf man mit der Antwort »no« beschämt dastehen würde. Obgleich ich nun dem Präsidenten keine technische Seite abgewinnen kann, so bitte ich doch, mir einige Worte über den originellen Besuch, den ich ihm machte, gestatten zu wollen.

Es ist zweimal die Woche Zutritt zum Präsidenten zu erhalten, entweder dadurch, daß man geradezu eine Audienz verlangt, die namentlich dann nie verweigert wird, wenn man nicht als Bittender erscheint, oder auch dadurch, daß man sich durch einen Bekannten bei Gelegenheit eines Levee's, deren [86] wöchentlich zwei gehalten werden, vorstellen läßt. Außerdem aber steht noch am Neujahrstag jedermann der Zutritt frei, und diesen Tag wählte auch ich in der Hoffnung etwas echt amerikanisches zu sehen, worin ich mich nicht täuschte. In der Nähe des Präsidenten-Hauses war die Straße so belebt, als ob eine Kirche ausginge; alles strömte dort hin, um

¹¹¹⁹⁾Kupolofen: Ofen zum Eisen schmelzen. Ursprünglich mit Kuppel. Feldhaus [1914], S. 235. BM

dem alten General *Taylor*¹¹²⁰⁾ ein glückliches neues Jahr zu wünschen, das er leider nicht mehr überlebte. Bei der Hausthür hinter dem unvermeidlichen griechischen Portikus war das Gedränge so stark, daß Ladies ohnmächtig wurden und es unmöglich gewesen wäre, da sich wieder herauszuwinden. Auf dem geräumigen Vorplatz war eine Musikbande postirt, welche zur Erhöhung der Feierlichkeit gerade nicht besonders viel beitrug. Von den auf den Vorplatz gehenden Thüren waren nur zwei geöffnet. Zu einer links ging man hinein und zur andern rechts kam man gerädert und gemahlen wieder heraus. Das erste Zimmer, das man betrat war ein großer Saal, ein erwünschter Ruheplatz, wo man sich von den durchgemachten Strapazen erholen und wo die gewalzten und gedrückten halb ohnmächtigen Ladies ihre Toilette wieder ein wenig in Ordnung bringen [87] konnten. Setzen konnte man sich nicht, sondern alles spazierte um die in der Mitte stehenden zwei Tische herum und suchte nach drei oder vier Umgängen, die nach den Gemächern des Präsidenten führende Seitenthüre zu gewinnen. Nun muß man durch mehrere kleine Zimmer und Thüren durch, die eigentlich dazu dienen sollen, den Menschenstrom zu verdünnen, aber ihren Zweck nicht erfüllen, denn in der Nähe des Präsidenten wird das Gedränge wieder so stark, als bei der Eingangsthür. Im letzten Zimmer befindet sich der Präsident; er stand zwischen den beiden gegenüberstehenden Thüren des schmalen Zimmers [drückte] jedem Vorbeiziehenden und »I wish you a very happy new year« /: ich wünsche Ihnen ein sehr glückliches neues Jahr /: Rufenden die Hand [...] mit den Worten »I am very happy, to see you, good by!« /: Bin sehr erfreut Sie zu sehen, behüt Sie Gott /:. Hinter dem Präsidenten stehen im Hintergrund seine Familie mit noch mehreren Herrn und Damen, alle still den Kopf hängend, wahrscheinlich das Glück mitfühlend, so viele Leute da zu sehen. Um zu verhindern, daß der Menschenstrom nicht das ganze Zimmer anfülle, haben die Herrn, die vorn stehen und unter denen auch [88] ich mich befand, aus Anstandsgefühl die Gefälligkeit, mit Schultern und Rücken möglichst stark zurückzudrängen, was manchmal einen scream auspreßt, aber nicht stört. Die Patschhanden werden immer fort über die Köpfe weg ausgetheilt; und sobald jemand die seine hat, hört er die allseitige freundliche Mahnung: »go along now, keep out«, /: Mach, daß du jetzt weiter kommst, raus /: und wird dann ohne sein Zuthun zur entgegengesetzten Thüre hinausgewälzt. Man kommt nun wieder in einen großen Saal, geht wieder einigemal um die Tische herum, bis man sich satt gesehen hat und begiebt sich dann auf den Vorplatz über den man hereinkam und wo die Musik spielt.

Dort hatten sie den alten *Henry Clay*¹¹²¹⁾ abgefangen, diesen edelsten und gerechtesten aller Amerikaner, der bei jeder Wahl als der würdigste Präsidentschafts-Candidat bezeichnet worden war, immer viele Stimmen bekam, aber nie genug, weil er sich nie zum Werkzeug einer Partei hergeben wollte, und weil es der einsichtsvollen feinen Menschen überall zu wenige giebt. Mit dem Rücken stand er an der Wand in einem engen Kreis eingeschlossen, aus dem er sich sobald [89] nicht wird herauswinden können und wurde auch bepatschhandet; dieser aus reiner Liebe und Achtung, der d'rin aus reiner Neugierde. Vom Vorplatz aus hätte der Weg eigentlich durch die Thüre ins Freie geführt, aber die war durchaus unzugänglich; immer quoll eine dichte Menschenmasse aus ihr herein, man mußte daher einen anderen Ausgang suchen und hatte ihn auch gefunden: Vor das Fenster neben der Thüre hatte man einen Tisch und einige Stühle gestellt, außen war mit einigen Böcken und Boh-

¹¹²⁰⁾Zachary Taylor (1784 -1850), 12. Präsident der USA (1849 - 1850). Held des Mexiko Krieges. Britannica. BM

¹¹²¹⁾Henry Clay (1777 - 1852), Amerikanischer Staatsmann, Kongress-Mitglied und US-Senator mit dem Beinamen: »The Great Pacificator« und »The Great Compromiser«. Britannica 1991. BM

len eine Pritsche gezimmert und da sprangen nun die edlen Gäste des Präsidenten zum Fenster hinaus.

Angenehm, lehrreich und lohnend war mein 3 monatlicher Aufenthalt in Washington, überall war man zuvorkommend und freundlich und während meines Aufenthaltes hier hatte ich Gelegenheit mehr vom Lande kennen zu lernen, als während meiner ganzen Reise, die mir jetzt nur das in Wirklichkeit zeigte, was ich durch Beschreibung schon kannte.

Richmond: Mühlen, Brücken und die unvermeidlichen griechischen Giebel

Mitte März machte ich mich auf nach *Neu Orleans*. In *Richmond* hielt ich mich zuerst wieder einige Tage auf. Es ist die Hauptstadt *Virginians* und liegt wunderschön an den Ufern des *James*-[90]Flusses, der eine unerschöpfliche Wasserkraft bietet, so daß die Fabriken, die sich hier niedergelassen haben, sich alle in blühendem Zustande befinden. Namentlich steht die Mehlfabrikation auf einer solchen Stufe; 21 Kunstmühlen befinden sich hier. Der Fluß sieht hier aus wie der Rhein unterhalb Schaffhausen und bildet die sogenannten Fälle oder Stromschnellen */: raids* *:/*. Um diese zu umgehen und auch um Wasserkraft zu schaffen, wurde ohngefähr 1 Stunde oberhalb *Richmond* ein Wehr angelegt und das durch dieses aufgefangene Wasser in einem schön ausgeführten Canal längs dem Hügel hin nach *Richmond* geführt, wo der Wasserspiegel derselben nicht viel weniger als 60´ über dem des ganz nahen *James*-Flusses liegt, und von diesen 60´ Gefäll benützen die bis jetzt hier erbauten Mühlen höchstens 1/3. Sie haben alle überschlächtige Wasserräder, denen das Wasser mittelst faßförmiger Röhren tief unter dem, den Rittweg bildenden Damme zugeführt wird; denn der Canal dient zugleich als Schiffahrts-Canal zur Umgehung der Fälle und wird oberhalb noch fortgesetzt bis *Lynchburg*. Turbinen wären unter diesen Verhältnissen wohl die zweckmäßigsten [91] Motoren.

Von den hier befindlichen 8 Eisenwerken besuchte ich zwei; das eine hatte 6 Puddelöfen und 3 Frisch-Oefen, das andere 3 Oefen weniger, im übrigen aber waren beide auf dieselbe Weise zum Schienenwalzen eingerichtet. Ein großes Wasserrad steht zwischen den beiden Walzwerken die ziemlich lotterig arbeiten. Zum Frischen wird nur der Squunzer [?] und kein Hammer angewendet. Auf der Seite des feinen Walzwerkes war noch die zum Abschneiden von Eisenbahnschienen übliche Vorrichtung angebracht, übrigens sehr unvollkommen, indem nur eine Säge vorhanden war, so daß die Schienen gedreht werden mußten, um auf zweimal abgeschnitten zu werden.

In Bezug auf Vollkommenheit der Einrichtung stehen diese Werke weit hinter den englischen, belgischen und preußischen Werken zurück; selbst die Arbeiter schienen mir ungeschickter zu sein, denn während meines Verweilens dort mißlang eine der drei Luppen¹¹²²⁾, die ich verarbeiten sah. Uebrigens könnte die Lage der Werke kaum eine günstigere sein; derselbe Canal, der die Räder treibt, bringt auch Kohlen und Roheisen um einen Spottpreis [92] aus dem Innern und nimmt die gefertigten Waren wieder mit sich fort.

Von *Richmond* führen mehrere Brücken über den *James*, unter diesen eine der am schönsten ausgeführten *Town*'schen Brücken */: beschrieben Seite 81 Försters-Bauzeitung*¹¹²³⁾ Jahrgang 1851 *:/*, die aber dem Einfallen nahe ist und durch eine neue *Howe*'sche ersetzt werden soll. Für die von *Richmond* nach dem Westen führende Bahn wurde gerade eine schöne *Howe*'sche Brücke genau nach dem System (Beil.

¹¹²²⁾Rohmaterial bei Eisenverhüttung. BM

¹¹²³⁾Culmann [1851], S. 81. BM

390¹¹²⁴⁾ Jahrgang 1851) erbaut. Die Strassenbrücken bieten nichts bemerkenswerthes dar.

Richmond gegenüber liegt jenseits des *James* an einen Hügel gelehnt *Manchester*, eigentlich eine Vorstadt *Richmond's*. Ich bestieg den Hügel und hatte mich von dort einer herrlichen Aussicht über die Stadt zu erfreuen. Sie breitet sich über den ganzen Abhang eines zwischen zwei Bächen der gegenüberliegenden Thalwand hervortretenden Hügels aus. Von den Ufern des *James* river bis zum Capitol hinauf, das den Hügel bekrönt, steht Haus an Haus und mitten aus den dichtesten Häusermassen heraus treten die Brücken verschiedener Höfe um den *James* zu über-[93]schreiten. Man denke sich *Regensburg* zwischen den Ufern der *Donau* und der *Walhalla* liegend und man hat ein Bild von *Richmond*, denn das Capitol /: Regierungsgebäude des Staates *Virginien* :/ ist wieder mit dem unvermeidlichen griechischen Portikus versehen, welcher verwundert auf den schwarzen Gesellen zu seinen Füßen herabschaut. Wahrer Unfug wird hier /: ich meine den ganzen Osten von Amerika :/ mit den griechischen Säulenordnungen getrieben; da ist noch in *Richmond* eine Kirche zu sehen; zu unterst Staffeln, dann unvermeidlicher griechischer Portikus. Die flache Giebelspitze ist mit einem schweren Würfel belastet, der einem spitzigen achteckigen gothischen Thurme als Sockel dient. Der Thurm ist nothwendig für die Glocken und für die Uhr und ein griechischer Giebel ist unvermeidlich; was will man dann anders machen: wie sehr sich aber auch die Amerikaner plagen, die griechische Kunst wird hier nimmer heimisch werden.

Binnenbesiedlung durch Eisenbahnbau

Auf meiner Weiterreise nach dem Süden hatte ich Gelegenheit die Eisenbahnen kennen zu lernen, die man in Europa gewöhnlich unter dem Namen amerikanische versteht, nämlich Eisenbahnen, auf [94] die möglichst leichteste Weise gebaut in ihrem unvollkommensten Zustand. Allein man hat Unvernunft, den Amerikanern diese Bauweise zum Vorwurf zu machen, denn sie entsprechen ihrem Zweck das Innere des Landes zu cultiviren, vollkommen. Ohne die Eisenbahnen müßte mancher Streif Landes noch lange unbewohnt bleiben, denn Feldwege genügen nicht, um das Getreide hunderte von Meilen weit auf den Markt zu bringen; es verträgt einen solchen Transport nicht und die Ansiedler können gegen Getreide ihre übrigen Lebensbedürfnisse nicht eintauschen. Straßen giebt es nicht, denn sie sind theurer als Eisenbahnen. Ehe es daher Eisenbahnen gab, bildeten sich die Ansiedlungen immer nur an den Ufern der Flüsse, auf denen sie ihre Erzeugnisse verschiffen konnten. Während sich die Gegenden in der Nähe der Flüsse schnell bevölkerten, blieb das Innere des Landes wild, und während man jetzt noch im Innern eines jeden Staates Land um 5/4 \$ bekommen kann, reichen in der Nähe der Verkehrsstraßen 10 und 15\$ nicht, und die Errichtung eines solchen genügt, um die Landpreise auf das 10fache hinauf zutreiben.

In diesen Wildnissen, mitten in cultivirten Ländern [95] drin ist der Bau einer chausirten Strasse eine Unmöglichkeit; chausüren, wo der Arbeitslohn nur zwischen ½ und 1 \$ schwankt und hierfür wegen des ungesunden Klimas nicht viel verlangt werden kann, wäre Unsinn. Eisenbahnen sind das billigste und einzige Mögliche hier. Sind nur einmal die Ländereien in fruchtbaren abgelegenen Gegenden in den Händen der Spekulanten /: Ansiedler können solche Gründe nicht kaufen, weil ihnen die Fähigkeit der Ansiedelung abgeht :/ so gründen diese alsbald eine Aktiengesellschaft zum Bau einer Bahn durch diese Gegend, und obgleich gar keine Hoffnung vorhanden ist, daß die Bahn in der ersten Zeit eine Rente abwerfen wird, so findet

¹¹²⁴⁾Culmann [1851], Tafel 390. BM

sie doch hinlängliche Unterstützung von Seiten aller benachbarter Grundbesitzer; bald sind die Aktien vergriffen und der Bau beginnt. Bei dem Mangel an Capitalien muß dieser auf die möglichst billigste Weise ausgeführt werden. Es handelt sich ja auch nicht darum eine Bahn zu bauen, welche wir in Europa große Massen-Güter und Personen schneller und billiger befördern, als es mit den bisherigen Hilfsmitteln möglich war, sondern nur darum, überhaupt einmal dem Verkehr einen Weg zu schaffen. [96] Auf solchen Bahnen wird daher kaum etwas gemauert, statt einen Durchlaß zu bauen, läßt man eine Lücke im Damm, rammt in der Mitte derselben zwei Pflöcke ein, bildet durch einen darauf gelegten Holm einen Bock, auf dem die Langschweller aufliegen, zu beiden Seiten über die Böschungen des Dammes wegreichend. Wegen des hohen Preises der Erdarbeiten meidet man dieselben möglichst und es werden die Langschweller großer Strecken fort und fort auf solche Blöcke gelegt, nur um Auftrag zu ersparen. Diese Bauart heißt Stützelwerk (trestle work) und ersetzt alle größeren Aufträge. Fig. 24 [die vorgesehene Abbildung fehlt.] zeigt im Grund und Aufriß eines der sorgfältigen ausgeführten Stützelwerke auf der Bahn von *Augusta* nach *Atlanta* in *Georgien* über das Thal des *Alkovy*, der gezeichnete Aufriß und Querschnitt bedarf keiner näheren Erläuterung.

Dieses Stützelwerk hat sechs Jahre gehalten und soll jetzt mit Erde ausgefüllt werden, welche auf der Bahn selbst beigefahren werden kann und deren Förderung und Transportkosten leicht mit den Erübrigungen des laufenden Betriebs gedeckt werden, nachdem jetzt die Bahn eine der lebhaftesten geworden ist. Durchaus werden Langschweller [97] angewendet, auf denen dann Reifschienen liegen.

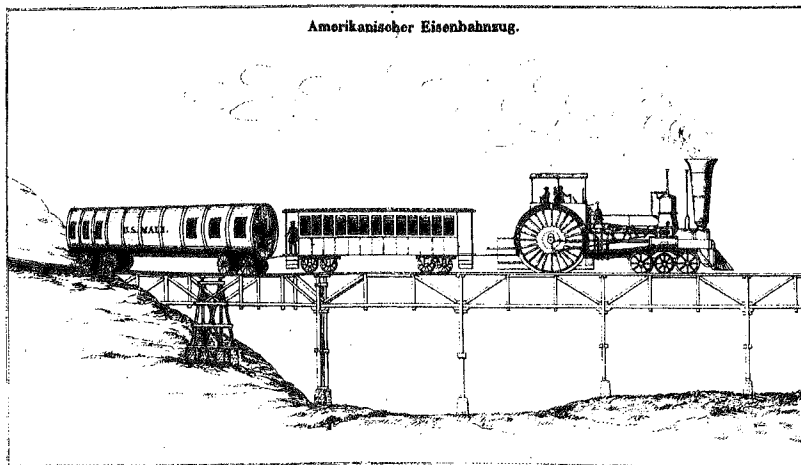


Fig. 24¹¹²⁵⁾

Die Schienen der bei *Charleston* ausmündenden atlantischen Westbahn, auf der auch das obenerwähnte Stützelwerk vorkam, hat die folgende Form. Derartig geformte Schienen wiegen 15 - 25 Pfund per Yard und werden durch Holzschrauben an ihrer Flantsche befestigt. Früher hatten sie keine Flantsche und waren noch leichter, aber auch sehr gefährlich, wenn die Enden dieser Schienen oder vielmehr

¹¹²⁵⁾Aus: Beilagen zu einem öffentlichen Vortrage über die Verkehrsmittel Amerika's von Prof. Culmann. ETH-Bibliothek 81810. BM

Reifen einmal los geworden waren, bogen sie sich in Folge der stark auf ihrer oberen Seite wegfahrenden Räder immer mehr auf, bis sie zuletzt manchmal von den Achsen der Räder gefangen wurden, an diesen hinaufgleiteten, in die Wagen drangen und gar Passagiere in denselben aufspießten. Auf solchen Bahnen sieht man aber dann auch die kleinsten Lokomotiven; schwerer als 15 bis 16 tonnige läßt man nicht gern darauf, allein auf der Zweigbahn von *Union Point* nach *Athen* sah ich allerliebste kleine Maschinen von nur [98] 3 Tonnen Gewicht. Solch' einem kleinen Kätzchen folgt gewöhnlich nur ein einziger Wagen in seinem Urzustand. Fig. 25

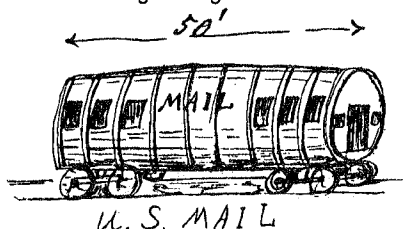


Fig. 25

Ein solches 8 rädriiges United-States-Mail-Faß hat eine Länge von 50' und circa 7' Durchmesser. Die der Länge nach laufenden Bänke sind etwas unter der Mitte angebracht und es muß sich in den seitlichen Höhlungen recht angenehm ruhen. Gefahren bin ich übrigens nie darin.

Der oben beschriebene Zustand dauert aber nicht lange; es ist ganz außerordentlich, wie schnell die Gegenden um die neuen Bahnen herum aufblühen. Kaum haben sich einige Farmer irgendwo angesiedelt, so wird alsbald ein Gasthof und ein Kaufladen (Store) errichtet, kommt dann noch ein Court-house (Friedensgerichtshof) und einige Handwerker dazu, so ist das Städtchen fertig und nimmt rasch an Bevölkerung und Wohlstand zu. Giebt dann die längs einer Eisenbahn schnell emporgeschossene Reihe Städtchen nach einigen Jahren dem Verkehr mehr Nahrung, so genügt die alte leichte Bahn nicht mehr und aus den Erübrigungen des Betriebs wird jetzt eine Bahn gebaut, die man bezüglich ihrer Solidität jeder europäischen [99] an die Seite stellen darf. Auf der im Betrieb stehenden Bahn werden jetzt leicht Materialien zum Bau neuer Brücken beigebracht; täglich laden Erdkarren ihren Inhalt über dem Stützelwerk aus, das nach und nach verschwindet, die alten *Long's*chen und *Town's*chen Brücken werden durch bessere *Burr's*che, *Howe's*che oder steinerne ersetzt; die leichten 15 pfündigen Schienen gegen schwere 50 bis 70 pfündige vertauscht und neue Lokomotiven schleppen so oft des Tages als in Neu-England mit Passagieren und Gütern ebenso angefüllte Züge wie dort herbei. -

Gewiß es gibt kaum einen natürlicheren Entwicklungsgang als diesen; die erste Bahnanlage ist nichts als was bei uns eine fortlaufende Hilfsbahn wäre, wie sie von den Unternehmen entweder zur Herstellung des Bahnkörpers oder zur Materialbefuhr bei uns aufgeschlagen werden. Diese Hilfsbahn wird dann während mehrerer Jahre, so lange sie dem Verkehr genügt, zur Personen- und Güterbeförderung benützt und wenn sie das Kapital zum Bau der Hauptbahn verdient hat, wird erst mit dieser begonnen. Hieraus erklärt sich auch, warum die [100] Anlagekosten der amerikanischen Bahnen trotz des hohen Arbeitslohnes gering sind, es erscheinen immer nur, und zwar mit Recht, als solche, die der ersten Bahn.

Von Richmond nach Wilmington: Eisenbahnfahrt durch die Wildnis

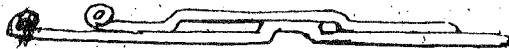
Die 250 Meilen lange Bahn von *Richmond* nach *Wilmington*, die ich jetzt befuhr, kann zwar gerade nicht unter die eben beschriebenen primitiven gezählt werden, indem sie ursprünglich schon in der Absicht, den Süden mit dem Norden zu verbinden, gebaut wurde, ist aber dennoch nicht viel besser und in so fern langweiliger, als sie auf dem geradesten, aber zugleich auch ebensten Wege durch die unfruchtbarsten Gegenden führt. Gar zu gering war die Zahl der Ansiedelungen. Stundenlang fuhr man zwischen Wäldern fort; wir brauchten über 20 Stunden um die 250 Meilen zurückzulegen, 12½ Meilen nur die Stunde machend, und nie noch hielt ich an einem wilderen Platz, als da wo wir frühstückten, nachdem wir die ganze Nacht gerädert worden waren. Mitten im Wald stand ein einzelnes kleines Häuschen, das Hotel. Vor dem Haus stand ein Pumpbrunnen mit einem langen Trog und 8 bis 10 Waschschüsseln drin, da [101] konnte man sich waschen. Das Handtuch war sehr lang mit seinen beiden Enden zu einem Ring zusammengenäht und hing über eine Stange, aus der es nicht herausgenommen, d. h. gestohlen werden konnte. An diesem Handtuch konnte sich die ganze Gesellschaft abtrocknen. Mehr als drei Bewohner konnte ich nicht entdecken, Wirth, Kellner und Köchin, doch war das Frühstück gut. Während der Zug hielt, ging es sehr lebhaft zu, aber als er, nachdem die Passagiere wieder eingestiegen waren, wieder weiter fuhr, schien er jede Spur des Lebens mit sich fortzuziehen. Neben dem auf einem hohen Gerüst stehenden Wasserkessel war die Holzschupfe erbaut und auf dieser las ich den Namen des Platzes *Warschau* mit Kohlen geschrieben. Ich hatte nicht gedacht, daß dieses Haus einen Namen haben könnte und fand ihn auch nicht auf meiner Karte. Dieß war 1850, 1853 ließ ich mir eine neue Eisenbahnkarte nachkommen und da war schon *Warsaw* groß gedruckt zu lesen, durch großen Druck ausgezeichnet gegen die seitwärts liegenden Ortschaften. Ganz anders mag es jetzt dort aussehen, und wie schnell wachsen die Städte in der Nähe der Eisenbahnen heran! [102]

1850 war die Bahn erst bis *Wilmington* im Süden *Nord-Carolinas* vollendet, dort mußte man zu Schiff gehen und wurde noch eine Nacht durchgeschaukelt, um nach *Charlston* der Hauptstadt *Süd-Carolinas* zu kommen; jetzt kann man schon ununterbrochen fort von *New-York* bis *Montgomery* im Staate *Alabama* fahren.

Charlston: Alte Eisenbahnen mit »schlotternden« Schieberstangen

In *Charlston* hatte ich mich einer sehr freundlichen Aufnahme zu erfreuen und verdanke namentlich der Güte des Obergeringieurs der *Süd-Carolinischen* Eisenbahnen Herrn *Mc Rae* viele mir werthvolle Notizen, Zeichnungen und weitere Empfehlungen. Wie bereits schon bemerkt wurde, ist die Bahn von hier aus nach dem Westen im Umbau begriffen, der sich auch auf die Bahnhöfe erstreckt. Eben wird eine neue Einsteighalle mit Güterschupfen in der Stadt erbaut. Die Dächer sind 60' weit gesprengt und einfach aus Holz construiert. Wie gewöhnlich befinden sich die Werkstätten mit Lokomotiven-Kamisen vor der Stadt draußen.

Unter den vielen alten Lokomotiven sah ich auch eine alte *Baldwin's* Patent-Lokomotive, bei der die Geradehalter der Kolbenstangen [103] zugleich als Pumpkörper dienen, er hatte den nebenverzeichneten Querschnitt, - die Schieberstangen konnten noch ausgehängt und mit Handhaben vom Maschinistenstand aus regiert werden und waren außerdem mit jedenfalls einer der



ältesten auch hier verzeichneten Expansionsvorrichtung versehen, die darauf beruhte, daß die obere Schieberstange des Expansionsschiebers mit einer Vertiefung versehen war, in der sich eine entsprechende Erhöhung der untern Schieberstange bewegen konnte und von der sie am Ende jedes Schieberlaufes mit fortgerißen wurde. Diese letzte Einrichtung lobte man nicht, wie könnte auch ein solches Geschlotter gut sein, dagegen war man sehr zufrieden mit dem Bau von *Baldwin's* Lokomotiven im Allgemeinen; sie brauchen zwar nicht wenig Kohlen, sind aber sehr einfach und dauerhaft gebaut; jeder Heizer kann sie führen und was das beste ist, man kann mit ihnen über den Damm hinab fahren, wobei sie einigemal um und um purzeln können ohne den geringsten Schaden zu leiden [104] (without taking the least harm). Die neueren Lokomotiven sind von *Norris* in *Philadelphia* und von *Winans* in *Baltimore* und wie alle von diesen Werkstätten nach den neuesten Mustern gebaut. Besonders ungewohnt kam es mir vor, daß die Gießerei und ein großer Theil der Werkstätte sich unter freiem Himmel befand. Das südliche warme Klima übt einen bedeutenderen Einfluß auf alle Einrichtungen aus, wie Nordländer es ahnen. Doch sollten die Arbeiter, wie mich dünkt, ebenso sehr des Schutzes gegen die Sonne als die im Norden derselben gegen die Kälte bedürfen und wenn hiefür im Süden weniger gut gesorgt ist, so dürfte hieran doch nur die größere Indolenz und die Verachtung der arbeitenden Sklaven schuld sein.

Unterwegs nach Atlanta: Zusammenbrechende Brücken

Auf der Bahn nach *Atlanta* sah ich mehrere alte hölzerne Brücken:

1. Eine Lattenbrücke von 120' Spannweite und nur 12' hohen Tragrippen (die übrigen Dimensionen unzugänglich). Die Brücke ist nah am Zusammenbrechen, mußte bereits in der Mitte einer jeden Oeffnung gestützt werden und soll jetzt durch eine Brücke nach *Thayer's* System /: vide die Beschrei-[105]bung¹¹²⁶⁾ im Jahrgang 1851 /: ersetzt werden.

2. Eine Fachwerkbrücke bei *Alcovy* mit hölzernen Hängsäulen. Diese geht zu Grunde, nachdem sie 6 Jahre gehalten hatte. Man ist hier der (wohl irrigen) Meinung, daß derartige Brücken-Bogen nicht halten können, der dem ganzen System mehr Steifigkeit verleiht und außerdem noch den oberen Streckbaum entlastet.

3. Eine *Burr'sche* Brücke über den *Yellow-Run* (Geißschlucht), die nicht hält, weil die steinernen Pfeiler durch den ungleichen Seitenschub der Bogen gespalten wurden. In der Folge dieses Unfalls neigt man sich jetzt sehr *Thayer's* System hin, der seinen Bogen in die Streckbäume versetzt.

Diese Brücken haben nur 6 Jahre gehalten; diese geringe Dauer darf übrigens nicht einem Mangel des Systems zugeschrieben werden, sondern vielmehr dem Umstand, daß sie einen viel bedeutenderen Verkehr mit schweren Zügen und Lokomotiven zu genügen hatten, als der für den sie berechnet waren, und daß im Süden überhaupt zu wenig für Erhaltung der Kunstbauten geschieht; selten wird eine Brücke gedeckt.

Aiken: Schiefe Ebene und »Präventivbad für Gesunde«

Gegen Westen wird die Bahn interessanter sowie [106] sie den *Alleghani*-Bergen naht. Die Tracirung derselben ist sehr schön, sie windet sich mit möglichster Umgehung der Hindernisse durch die Berge und macht den Ingenieuren, die sie projektirten alle Ehre.

Nachdem sie die Höhen zwischen der Küste und dem *Savannah* erstiegen hat, fällt sie auf der schiefen Ebene von *Aiken* in das Thal dieses Flusses hinab, um es bei-

¹¹²⁶⁾Culmann [1851]. BM

nahe senkrecht zu überschreiten.

Diese schiefe Ebene ist eine halbe Meile lang (2640') und hat auf diese kurze Strecke 180' Gefälle oder 1 auf 14,7 6,8 Prozent, die stärkste Neigung, die mir bis jetzt vorgekommen ist. Früher wurden die Züge mittelst einer stehenden Maschine auf- und abgewunden; diese arbeitete aber so schlecht, daß man es gerathen fand, sie zu entfernen, und es versieht jetzt eine *Norris'sche* Lokomotive von 22 Tonnen, welche die schiefe Ebene nie verläßt, den Dienst.

Die Einrichtung ist dieselbe, wie bei der Düsseldorfer schiefen Ebene: auf der Höhe derselben ist eine große Rolle angebracht, über die das Zugseil gespannt ist. Der Zug hängt nur auf [107] der einen Seite, die Hilfslokomotive auf der andern, auf einem eigenen Geleis fahrend und dient immer als Gegengewicht.

Geht ein Zug aufwärts, so hilft sie arbeiten, geht er abwärts, so hilft sie bremsen. Bis 1849 bediente man sich eines Hanfseils, das durchschnittlich alle Jahre ausgewechselt werden mußte, und eben jetzt erst steht das erste Drahtseil im Gebrauch.

Die Seilrolle am oberen Ende der schiefen Ebene ist kein sonderliches Meisterwerk, es lottert und schlottert und kracht alles, wenn ein Zug hinauf gezogen wird.

Diese schiefe Ebene wurde gebaut, um die Entwicklungslänge der Bahn zu ersparen; man ist aber nicht sehr zufrieden mit derselben und beabsichtigt sie bei dem jetzt erfolgenden Umbau der Bahn zu umgehen, was mit einem Umweg von 3 Meilen sehr leicht geschehen kann.

Aiken ist ein Vergnügungsplatz eigener Art, ich möchte es ein Präventivbad ohne Mineral-Quellen für Gesunde nennen. Er hat eine sehr hohe und gesunde Lage am Abhang der Gebirge, einige Meilen nur von dem *Stone mountain* [108] /: Steinberg circa 4500' hoch, wie mir versichert wurde :/ dem höchsten Berge der Umgegend entfernt. Hierher flüchten die Leute aus den südlichen niedern ungesunden Gegenden, um den Fiebern und dem gelben insbesondere zu entgehen; der ganze Ort besteht eigentlich nur aus zwei Gasthöfen (Boarding-houses), in denen wie in den kleineren deutschen Ländern ein gemüthlich geselliges Leben herrscht; nach den zwei Tagen, die ich hier zubrachte, war ich schon mit allen Gästen bekannt, als hätte ich den ganzen Winter hier zugebracht.

Georgia: Kanäle, Fabriken und ein Schlafwagen

Ein freundliches schönes Städtchen ist *Augusta*, malerisch an den Ufern des *Savannah*, der hier die Grenze *Süd-Carolinas* und *Georgiens* bildet. Er hat bedeutenden Handel, indem dieser Fluß bis hierher mittelst Dampfschiffen schiffbar ist und daher mit Eisenbahnen, die ihn hier kreuzen, einen nicht unbedeutenden Knotenpunkt bildet. Während meines Dortseins wurde an einer großen Spinnerei und andern Fabriken gebaut, indem die Capitalisten *Georgiens* nichts weniger beabsichtigen, als mit den Fabrikanten *Neu-Englands* in die Schranken zu treten. Wenn dieß irgendwo mit Erfolg geschehen kann, so ist es [109] hier in *Augusta*. Wie in *Richmond* ist die Wasserkraft unerschöpflich und hat vor jener noch das voraus, daß die anzulegenden Werke in ihrer Ausdehnung nicht beschränkt sind, während sie dort auf einem schmalen stark abschüssigen Landstreifen zwischen dem Canal und dem Fluß erbaut werden müssen. Wie dort wurde oberhalb *Augusta* ein Mühl- und zugleich Schifffahrts-Canal abgeleitet, der oberhalb des Städtchens an dem sehr flachen Abhang eines Hügels [sich] hinzieht.

Unterhalb dieses Canals sind dann in ziemlich großer Entfernung (vielleicht 1000', messen konnte ich nichts) zwei weitere Canäle parallel mit dem oberen gegraben. Zwischen diesen Canälen können nun die ausgedehntesten Werke erbaut und überall hin kann das Wasser zur Bewegung der Maschinen geleitet werden. Vom obern

Kanal empfängt der Motor das Wasser und giebt es nach benutztem Gefäll dem unterm wieder ab; der seinerseits wieder tiefer liegende Werke mit Wasser versorgen kann. Die untersten Kanäle sind noch nicht ganz fertig und zwischen den obern vollendeten sah ich bis jetzt nur eine Mühle im Gange. Mit der Zeit mag hier einmal eine bedeutende Fabrik-[110]Stadt entstehen.

Hier beginnen die Staatsbahnen *Georgiens*; dieselben sind sogleich von Anfang an solider und dauerhafter gebaut worden, als es in Amerika bei der ersten Anlage üblich ist. Der Bahnhof von *Augusta* schon ist sehr schön und geräumig angelegt. Bedeutende Werkstätten sind mit demselben verbunden, in denen Wagen gebaut und Lokomotiven reparirt werden. Die winzigen Lokomotiven von 3 Tonnen Gewicht nur, von denen ich weiter oben schon sprach, wurden sogar ganz hier gebaut. Unter den Wagen interessirte mich besonders ein Nachtwagen, in welchem den Passagieren eine Stätte zum Liegen bereitet ist.

Die Wagen sind etwas höher als die gewöhnlichen Wagen, die Sitzbänke laufen wie in einem Omnibus längs den Wänden hin und sind mit einer Rückwand versehen. Diese wird des Nachts mittelst zwei Schnüren über der Sitzbank aufgehängt und über dieser hängt noch an derselben Schnur ein drittes Brett, so daß es im Innern des Wagens zu beiden Seiten drei Reihen Fächer giebt, in die man sich gegen Bezahlung hinein legen kann. Diese Einrichtung zeigt sich jedoch nicht praktisch und [111] wird wieder aufgegeben.

Die *Georgischen* Eisenbahnen befuhr ich bis *Chattanooga* an der Grenze *Tennessee's* und wieder zurück bis *Griffin*. Es kommen auf diesen Bahnen viele schönen Kunstbauten vor, indem viele Flüsse der *Oconee*, der *Ockmugee*, der *Chattahoochee*, der *Etowah* und *Oostanaula* überschritten werden. Die neueren Brücken sind meistens *Howe'scher* Konstruktion; einige ältere *Long'sche* traf ich auch, die aber am Zusammenfallen sind und ausgewechselt werden sollten. Um hierin Geschäfte zu machen, bereiste gerade *Slate*, der Compagnon *Thayer's*, die Bahn. 27\$ verlangte er für den laufenden Fuß Ueberbrückung bis 150' Spannweite. Viele Mittheilungen verdanke ich seiner Bekanntschaft und wir waren beiderseitig sehr befriedigt, zuletzt wollte er mich noch durchaus mitnehmen, wo ich dann amerikanischer Brückenbaumeister hätte werden können.

Das bedeutendste Objekt auf dieser Bahn ist der 1477' lange Tunnel unter der Wasserscheide des *Tennessee* und *Oostanaula* : im weitern Sinn, denn die Namen der unmittelbar ablaufenden Bäche kenne ich nicht :/. Hätte man den Sattel durchgraben [112] wollen, so würde der Einschnitt 175' tief geworden sein. Fig. 26 zeigt den Querschnitt des Tunnels. Der Boden, durch welchen er getrieben wurde, war sehr schwerer Lehmboden, der beinahe von selbst stand. Häufig wurden Kalkstein-Nester in demselben angetroffen, wovon eines den ganzen Tunnelquerschnitt in der Art erfüllte, daß die Ausmauerung auf eine kurze Strecke erspart werden könnte. Das Zimmerwerk konnte sehr einfach gehalten werden, indem nur die oberste trapezförmige Abtheilung des Querschnitts förmlich ausgezimmert werden mußte, die senkrechten Wände der beiden untern Abtheilungen blieben frei stehen.

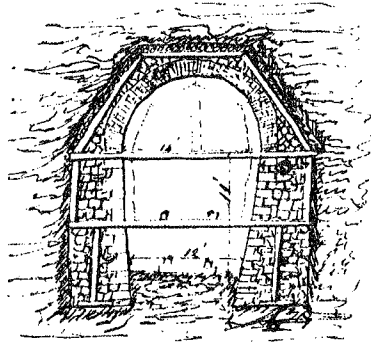


Fig. 26

Das 22'' starke Backsteingewölbe und die vorderste Schichte des Vorsatzmauerwerks der Widerlager sind in hydraulischem Mörtel versetzt, alle übrigen Räume des Querschnitts aber mit Trockenmauerwerk ausgefüllt. Ueber die Versicherung des Fundamentes hat man sich bis jetzt noch nicht entschieden. Es liegen zwei Pläne vor, der eine wäre ein Gegengewölbe zu bauen, der andere eine Bohlendecklage auf einen Grundbau kleingeschlagener Steine zu legen. Die Auszimmerung bleibt hinter dem Mauerwerk stecken. Zur Zeit meines Dortseins :/ April 1850 :/ [113] hatte man gerade in der Mitte zwischen den beiden entgegengesetzten Stollen durchgebrochen, man konnte noch nicht durchfahren und die Passagiere mußten zu Fuß über den Tunnel-hill :/ Tunnelberg :/ steigen. Jenseits ging die Bahn noch weiter bis zum *Tennessee*. Ich warf nur einen Blick auf diesen Fluß, auf dem ich einige kleine Dampfboote mit einem einzigen Rad am Hintertheil des Schiffes und zwei Steuerräder zu beiden Seiten derselben bemerkte, mit denen ich geradezu nach *St. Louis* hätte fahren können, ohne in technischer Beziehung viel zu versäumen, doch das Vermögen *Neu-Orleans* zu sehen und den ganzen Mississippi hinauf zu fahren, wollte ich mir nicht versagen.

Ich kehrte daher wieder um, um von *Griffin* querfeldein d. h. eisenbahnlos nach *Montgomery* zu reisen.

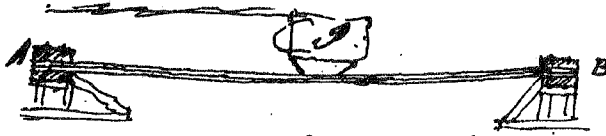
»Querfeldein«, sprich »eisenbahnlos« nach *Montgomery*

Von *Griffin* führt zwar eine Staatsstraße (a national road) nach *Opelica*, der ersten Station auf der Eisenbahn *Alabama*; wer sich aber unter einer amerikanischen Nationalstraße einen unsern Staatsstraßen ähnlichen Weg vorstellen würde, beginge einen groben Irrthum. In der Nähe von Ortschaften sind die Wege vielleicht so [114] gut, als die von Gemeinden unterhaltenen Verbindungen derselben; im Innern des Landes aber ist keine Spur mehr von menschlicher Thätigkeit zur Herstellung einer Bahn zu entdecken; wenn man hierher nicht allenfalls die Mühe machen will, die im Wege stehenden Bäume anzuzünden. In den Wäldern durchfurchen tief eingeschnittene Geleise den Boden soweit die Blicke reichen und im Zick-zack muß der Kutscher sich durch die brennenden Baumstumpen durchwinden, immer die besten Plätzchen aussuchend. Zur Beseitigung dieser Hindernisse geschah nichts mehr, denn in 2 Jahren sollte die Eisenbahn von *Atlanta* nach *Montgomery* gebaut sein. Zur Bekämpfung derselben waren aber die Anstalten vortrefflich. Die Wagen waren sehr solid gebaut mit breiten Spuren und Felgen versehen. Die Bespannung war ebenfalls sehr gut und wurde regelmäßig gewechselt, wozu eigene Ställe mitten im

Wald erbaut waren, wo man hinlänglich viele Pferde unterhielt. Trotzdem ist aber in Amerika die schlechteste Eisenbahn, der besten Nationalstraße vorzuziehen und ich war herzlich froh, als ich die circa [115] 80 Meilen lange Strecke auf der wir 24 Stunden lang herumgeschüttelt wurden, hinter dem Rücken hatte. Von *Opelica* nach *Montgomery* war die Bahn bereits eröffnet.

Remingtons Zimmer und seine »technische Poesie«

Montgomery war dadurch für mich einer der interessantesten Punkte, daß ich Gelegenheit hatte *Remington*¹¹²⁷⁾ kennen zu lernen: Von seinen Brücken habe ich früher schon erzählt; einige Notizen über die Erscheinungen dieses originellen Mannes dürften daher hier vielleicht nicht ganz unerwünscht sein. Bei dem Eintritt in *Remington's* Zimmer ist das erste, das einem in die Augen fällt, das Modell seiner Brücke¹¹²⁸⁾, deren Konstruktion seinen Namen so bekannt gemacht hat; es ist grob gearbeitet und durchaus nicht darauf berechnet, Effekt zu machen. Die beiden starken Widerlager stehen in den Ecken seines 22' langen Zimmers und auf diese sind die 4 Holzstreifen, welche die Träger der Brücke bilden, so befestigt, daß man leicht hinaufsteigen und sich schaukeln kann. Zwei dieser Streifen sind ziemlich zerrissen und zeigen, aus welchem schlechtem Holz sie bestehen.



[Prinzip der Remington-Brücke]

Kein Anstrich und kein Geländer ziert den Apparat, nichts ist angebracht, um Beschauer anzuziehen, [116] nackt liegt das Prinzip vor unsern Augen und wird von jedem bewundert.

Ueber dem Modell standen ohngefähr 40 alte Gewehre, mit denen *Remington* zu handeln schien; sie zeigen, auf welchem mühsamen Wege der Bewohner des Zimmers sein Leben fristen muß:

Diese Gegenstände füllen die eine Seite des Zimmers, die ich die technische nennen will, aus.

Die zweite der Eintrittsthüre gegenüberliegende Wand könnte dann die Familienwand heißen. Auf seinem uralten Tisch steht ein ganz neuer Spiegel umgeben von einer Waschschiüssel, Bürste, Kamm, Seife und Leimtopf. Das zum Trinken und Waschen notwendige Wasser wird aus einem Eimer neben dem Tische geschöpft. Dann folgt eine ungehobelte alte Kiste, die auf eine sehr einfache Weise mittelst eines Schlosses und zweier Bänder in einen Kleiderschrank verwandelt wurde; ein Kamin /: an welchem *Remington's* Verbesserungen nicht angebracht sind /: dessen Gesims ein selbstgemachter Leuchter in durchlöcherter Cubusform und mehrere Trinkgläser voll brauner, rother und gelber Substanzen und Kette, zieren und endlich ein Korb als Rumpelkammer füllen [117] den Raum der zweiten Seite aus.

Die dritte Wand scheint der Wissenschaft gewidmet zu sein. Es stehen an derselben 3 Schreibtische, die zu allem möglichen, nur zum Schreiben nicht benützt werden. An der letzten Wand steht eine Hobelbank, auf der in schönster Unordnung Modelle

¹¹²⁷⁾Eliphalet Remington (1793 - 1861), Waffenkonstrukteur und Erfinder, Ilion, NY. Britannica 1991.

BM

¹¹²⁸⁾Zur Remington-Brücke siehe Culmann [1851], S. 82 - 85. BM

von Dampfmaschinen, Dampfschiffen, Rudern ... aufgestellt sind; auch der zunächst stehende Schreibtisch ist noch mit derartigen Gegenständen belastet.

Die Mitte des Zimmers aber ist der Repräsentation vorbehalten. Auf einem schönen Teppich steht ein eingelegter runder Tisch, umgeben von einigen gepolsterten Stühlen und dem nie fehlenden amerikanischen rocking chair (Wiegenstuhl). Zwei auf die hohe Kante genagelte Bretter begrenzten den Salon gegen die schmutzigen Zimmerseiten hin. Das kostbarste aber im Zimmer ist ein kleines verschlossenes Kästchen, in welchem *Remington* die Zeichnungen seiner Erfindungen aufbewahrt. Viel Unterhaltung gewährt es, dieselben durchzublätern, obgleich sie keinen praktischen Werth haben; sie sind eine Art technischer Poesie, zeugen von einem erfinderischen Kopfe, dem die theoretischen [118] Kenntniße fehlen, um die Ausführbarkeit seiner Projekte zu beurtheilen und dem auch die Mittel fehlen, um direkte Versuche überall anstellen zu können. Hier einige Proben dieser technischen Poesie:

One wheel carriage. Einrädriger Wagen, eine Art Pferdeschubkarren. Das Rad hat einen großen Durchmesser mit seinem Sitz auf demselben. Das Gleichgewicht wird dadurch erhalten, daß die Gabel fest an den Gurt des Pferdes geschnallt ist. Dieser Wagen soll vorzugsweise zum Befahren ungebahnter Wege /: vielleicht auch der National-Strassen /: sich eignen.

Steam-Horse. Ein automatisches Dampfpferd zum Ziehen der Kanalschiffe.

Self driving horse power. Selbsttreibender Güpel¹¹²⁰⁾. Der Güpel ist mit einem Centrifugalpendel versehen, welches hinter den Pferden eine Peitsche in Bewegung setzt, wenn diese zu langsam laufen.

Anwendung der Kraft eines fallenden Baumes, denselben zu entwurzeln. Hier wird mittelst einer Kette der Stamm des Baumes so mit seinem Stumpf verbunden, daß die Kette plötzlich [119] angespannt wird, wenn der Baum in der Hälfte seines Falles ist. Vermöge der erlangten lebendigen Kraft soll er dann den Stumpf ausreißen. Wenn dieß ginge, so wäre es von großem Vortheil bei der Urbarmachung der Wälder, wo die Stumpen oft 6 - 10 Jahre lang fortbrennen. Dieselbe Kraft will *Remington* auch dazu benutzen, einen anderen daneben liegenden Baum zu Brettern zu schneiden!

Water light. Wenn er die Aufgabe, Wasser zu zersetzen und zu verbrennen praktisch gelöst hätte, so wäre die Kunde hiervon schon längst zu uns gedrungen.

Magieaerial bed laths. Diese magisch luftigen Lattengurten bestehen aus dünnen Holzstreifen, die am Bettrahmen so befestigt sind, wie die Traggurten seiner Brücken an den Widerlagern und sollen sehr viel Elastizität besitzen. Dieß dürfte vielleicht die beste, der hier aufgeführten Erfindungen sein.

Seine **Improved presses** sind nichts anderes als Dinglers Kniehebelpreßen und die **Self arranging windmill** habe ich bereits in *Dublin* vom Maschinisten Herrn *Houghton* [120] ausgeführt gesehen und Seite [Reisebericht England S. [29f]] beschrieben. Endlich ist sein

Pneumatic Engine unterdessen *Ericson's* geworden. Die rohen Elemente jener Maschine enthielt schon *Remingtons* Projekt.

Der erste Eindruck, den *Remington* auf mich machte, war kein besonders günstiger; er ist ein starker untersetzter Mann, sein Gesicht ist voll, rund und etwas röthlich gefärbt. Der Hut sitzt sehr weit hinten, so daß auf der Stirne noch einige Haarlocken heraus schauen, damit aber der Hut nicht hinten abfalle, läßt er den Kopf weit vorhängen. Wenn er aber dann mit Begeisterung in schöner poetischer Sprache von den laws of nature (den Gesetzen der Natur, worunter er aber nur ihre mechani-

¹¹²⁰⁾Pferdegöppel. BM

schen Kräfte versteht) zu sprechen beginnt und zeigt, welche unermesslichen Kräfte der Mensch unbenutzt sich erschöpfen läßt, so ist es unmöglich zu verkennen, daß man es mit einem genialen Mann zu thun habe, dem aber das Schicksal die nöthige Ausbildung und die für ihn passende Stelle in der Gesellschaft versagte. *Remington* ist der erste Amerikaner, bei dem ich die recht deutsche Neigung, sich und [121] andere bei einem Glas Bier gemüthlich zu unterhalten, vorfand. Leider konnte ich im Kneipen nicht gleichen Schritt mit ihm halten und ich konnte bemerken, daß meine Enthaltbarkeit nicht den besten Eindruck auf ihn machte, doch wurde mir nichts nachgetragen. Er und seine Gefährten begleiteten mich an Bord des Dampfers, wo sie mich an der Schiffsbahn (Schiffsrestauration) noch leben ließen, bis die Glocke das Zeichen der Abfahrt gab. Hierauf drückte er mir noch kräftigst die Hand zum Abschiede und versprach im nächsten Jahr nach Bayern zu kommen, um seine Erfindungen daselbst auszubreiten.

Ein merkwürdiges Gemisch nordischer Intelligenz und südlicher Phantasie und Güte! Noch etwas mehr englische Gediegenheit und der Mann würde Ausgezeichnetes geleistet haben. Herr *Remington* hat noch einen Theilhaber /: partner :/ Herr von *Cockerill* aus London. Er war Cavallerie *Offizier* im mexikanischen Kriege, heirathete dann eine Putzmacherin aus Schottland, welche in *Montgomery* ein einträgliches Geschäft besitzt und es ihrem Mann überläßt, nach Belieben viel oder wenig zu [122] arbeiten. Herr von *Cockerill* beschäftigt sich daher viel mit den Wissenschaften, mit Geologie, Physik, hauptsächlich aber mit Chemie und setzt *Remington* die Leime und Kitten zusammen, womit er seine Hölzer zusammenleimt. In seiner äußeren Erscheinung ist er gerade das Gegentheil *Remington*'s; er ist ein schöner, kleiner, sorgfältig nach der neuesten Mode feingekleideter Herr, der viel aber auch sehr schön englisch spricht und noch ganz Engländer ist. Alles Gute wird aus England importirt, Unternehmungsgeist, Geld und Verstand, alles kommt von dort; nichts destoweniger befindet er sich sehr wohl unter den Amerikanern, unter denen er auch viele Freunde besitzt.

Hätten die Deutschen in Amerika nur einen Funken dieses Patriotismus, sie könnten eine andere Rolle jenseits spielen. Sie wissen nichts Besseres zu thun, als über ihr Vaterland zu schimpfen, bereitwillig wird es nachgeplaudert und sie selbst mit dem Lande verachtet.

Im Süden: per Schiff nach New Orleans

Ogleich ich von meiner Reise von *Montgomery*, über *Mobile* nach *New-Orleans* nichts zu berichten weis, indem es nichts technisches als Baum-[123]wollpressen zu sehen giebt, so gehört dieselbe doch zu einer der anziehendsten Partien. Mit einem Male sah ich mich in den Süden versetzt; ein ganz anderes Leben herrscht schon hier als in dem ganz nahen Gebirge *Georgiens*, und andere Menschen treten einem entgegen.

In *Aiken*, das ich erst vor einigen Tagen verließ, wurde noch geheizt und hier war es schon unerträglich heiß; dort ging man nur mit Paletot oder Mantel aus, hier waren die Menschen halb nackt, und während dort der Frühling noch nicht begonnen hatte, stand hier schon alles im vollsten Flor. Dabei ging es an den Landungsplätzen lebhaft her, überall wurden voluminöse Baumwollballen eingenommen und mit denselben alle leeren Räume des Schiffes ausgestopft, wobei nur Neger als Arbeiter verwendet wurden. Und so wie die Natur hier freundlicher und heiterer war, so schienen es auch die Menschen zu sein, die schroff gegen die ersten Neu-Engländer abstachen. Zum Erstenmale sah ich es auf diesem Schiffe, daß die Tanzlust der Yankee's so groß wurde, daß sie auf dem Schiffe selbst zu einer Geige und [124]

einem Bonjo tanzten, und als die Weißen des Tanzes müde waren, ließen sie sich rings in der Cajüte herumsitzend von den Schwarzen vortanzen. Diese letztern schienen hiebei nicht die weniger glücklicheren zu sein und wenn der Ausdruck der Zufriedenheit in der Physiognomie des Menschen der wahre Maaßstab für dessen Glückseligkeit ist, so ist das Loos der Sklaven in den Freistaaten gewiß ein schöneres als das der Freien.

Die Ufer des *Alabama* sind im Allgemeinen sehr flach und langweilig und nur im oberen Theile seines Laufes sieht man einige schönere Partien. Unter diesen bot namentlich das Städtchen *Jelma*¹¹³⁰ einen besonders reizenden Anblick dar; derselbe bestand damals aus vielleicht 200 Häusern, zerstreut am Abhang eines Hügels liegend dessen Fuß vom *Alabama* bespült wird, jedes Häuschen hatte seine Veranda und stand mitten in einem blühenden Gärtchen. Da der *Alabama* hier gerade seinen Lauf vom Westen nach Süden ändert, so hatten wir lange das schöne Städtchen vor Augen, das beim Zu- und Abfahren quer über dem Fluß zu stehen schien. Als ich meinen Reisegefähr- [125] ten meine Freude über die schöne Natur bezeugte, meinten sie, jetzt sei es freilich recht schön, aber in einigen Monaten würde alles versengt sein. Schade, daß das Schönste am schnellsten verblüht.

In *Mobile* bei der Mündung des *Alabama* gab es nichts als Baumwollen-Pressen zu sehen, die mich nicht lange fesseln konnten. Ich schiffte mich wieder ein und befand mich nach einer kurzen aber angenehmen Fahrt auf dem mexikanischen Meerbusen, während der man nie die Ufer aus den Augen verlor, bald in *Neu-Orleans*.

New Orleans

Ogleich diese Stadt in einer ganz flachen Gegend liegt, so macht sie doch, von der Flußseite aus gesehen, im Schmuck der zahllosen Dampfschiffe, die hier landen einen großartigen Eindruck, der in seiner Art wieder ganz eigen ist.

Wenn *New-York* und *Liverpool* größere Handelsplätze sind, mehr Schiffe daselbst ankern als vor *Neu-Orleans*, so giebt es keinen Punkt, von dem aus man sie alle zählen könnte; in *Liverpool* liegen sie versteckt in den einzelnen Docks, hinter hohen Güterschuppen. In *New-York* liegen sie zerstreut längs den [126] Ufern des *Hudsons* und des Ostflusses vor *Neu-Jersey*, *New-York*, *Williamsburg* und *Brooklyn*. In *Neu-Orleans* liegen sie alle beisammen an den concaven Ufern der Stadt, in drei, vier Reihen hintereinander. Dabei ist das Aussehen der Schiffe durchaus abweichend von dem der Seeschiffe. Es liegen meistens nur hohe 2 stöckige Flußdampfboote, die nicht ein Wald von Masten, sondern von schwarzen Kaminen überragt. Ich konnte von einem einzigen Standpunkte aus deren weit über 500 zählen, was einer Zahl von 250 bis 300 Schiffen entspräche, allein während des Winters sollen manchmal 500 bis 600 hier liegen.

Die stattlichen längs dem Ufer hier stehenden Gebäude werden nur von einer hohen Kuppel überragt; es ist aber nicht die Kuppel eines Domes oder einer Kirche, es ist die eines Gasthofes! des *St. Charles* Hotels. Von weitem könnte man geneigt sein, diesen Gasthof für ein stattliches imposantes Denkmal der Kunst zu halten, allein die geneigte, von der Vertikalen bedeutend abweichende, Stellung der Kuppel weckt Zweifel über das spezifische Ge- [127] wicht des verwendeten Baumaterials, und bei näherer Untersuchung zeigt es sich auch, daß das ganze stattliche Gebäude aus Holz ausgeführt ist und daß die außen sichtbaren massigen Quader nur Blendwerk, bekleidende Stukaturen sind.

Einzelne Stadtviertel liegen 3 bis 9' unter dem mittleren Wasserspiegel des *Missis-*

¹¹³⁰gemeint: Selma. BM

missipi und sind nur durch einen Damm, der schon 43 Meilen oberhalb der Stadt beginnt und sich noch 120 Meilen von derselben abwärts erstreckt, gegen Ueberschwemmungen geschützt. Leider aber bricht dieser Damm manchmal durch und dann sind bei der Unerfahrenheit der Amerikaner in Wasserbauten, Monate oft nicht hinreichend, um den Durchbruch zu schließen und das Wasser wieder zu entfernen. Um das gewöhnliche Sickerwasser zu entfernen hat sich eine Aktiengesellschaft gebildet, welche mit zwei Dampfmaschinen die Polter hinter der Stadt trocken hält. Daß unter solchen Verhältnissen keine Keller unter die Oberfläche des Bodens getrieben werden können, versteht sich von selbst, aber daß sogar auch die [128] Todten in der Luft begraben werden müssen, hatte ich nicht erwartet. Die Kirchhöfe in Nordamerika gehören zu den schönsten Anlagen der größeren Städte und nie habe ich es versäumt, dieselben zu besuchen, wenn es die Jahreszeit erlaubte. Einer meiner ersten Gänge galt denn auch dem Kirchhof von *Neu-Orleans*. Was fand ich aber da? Hohe Mauern 8 oder 15' breit, eingerichtet wie Honig-Waben und in jeder Zelle Platz für einen Todten. Die leeren Zellen waren offen, die besetzten mit eisernen Thüren verschlossen. Hier werden dann die Cadaver bei einer tropischen Hitze in ihren Backöfen destillirt und mögen nicht wenig zur Vermehrung von Seuchen an diesem an und für sich schon so ungesunden Orte, beitragen.

Wasserwerk von New-Orleans, Muschelstraße

Wie jede große Stadt in Amerika muß *Neu-Orleans* auch ihre Wasserwerke haben; dieselben sind jedoch nicht bedeutend und der größte Theil der Bevölkerung bleibt auf Cisternenwasser beschränkt. Die Pumpen werden von Dampf getrieben und sind eigenthümlich construiert. An einem Balancier arbeitet auf der einen Seite der Dampf auf der andern Seite der Pumpen-[129]Kolben; hinter dem letztern ist eine Kurbelstange angebracht, welche ein Schwungrad treibt, von dem die Schieberventile des Dampfzylinders und die Ventile der Pumpen (!!) in Bewegung gesetzt werden. Solcher Pumpen sind nur zwei vorhanden, welche das Wasser aus dem *Mississippi* in einen nach meiner Schätzung vielleicht 50' hohen Behälter pumpen, in welchem die Unreinigkeiten absitzen können, bevor es in die Vertheilungsröhren gelangt.

Außer diesen Wasserwerken hat die Stadt noch ein kleineres Werk erbaut, um bei heißem Wetter Wasser in die Strassenrinnen zu pumpen. Noch etwas ganz neues sah ich hier; eine Muschel-Straße. Der träge Lauf des *Mississippi* reicht nicht hin Kieselsteine bis nach *Neu-Orleans* hinabzurollen und mehrere hundert Meilen weit aufwärts ist nichts als Schlamm, Moor und Lehm an seinen Ufern zu finden. Womit ist nun unter solchen Verhältnissen leichter eine Straße zu bauen als mit den in Unzahl vorhandenen Muscheln. Die Construction ist äußerst einfach: Man breitet die Muscheln aus, fährt einigemal darüber hin und die Straße ist fertig. Die Verbindung der Mu-[130]scheln ist sehr innig und sie bilden eine sehr elastische Oberfläche, die für Fußgänger äußerst angenehm und für leichtes Fuhrwerk auch noch hart genug ist. Unsere schweren Frachtfuhrwerke aber würde sie nicht tragen. Diese Straße erstreckt sich von *Neu-Orleans* bis ans Meer.

Auf dem Mississippi nach St. Louis: Beschreibung der Peytona und das Leben an Deck

Von *Neu-Orleans* fuhr ich auf dem *Mississippi* Dampfboot *Peytona* nach *St. Louis*. Die *Peytona* war damals eines der schönsten und größten jener Flußdampfboote, welche die westlichen Flüsse Amerikas befahren und deren ich schon öfters erwähnt habe. Eine kurze Beschreibung derselben wird daher hier nicht ganz über-

flüssig erscheinen.

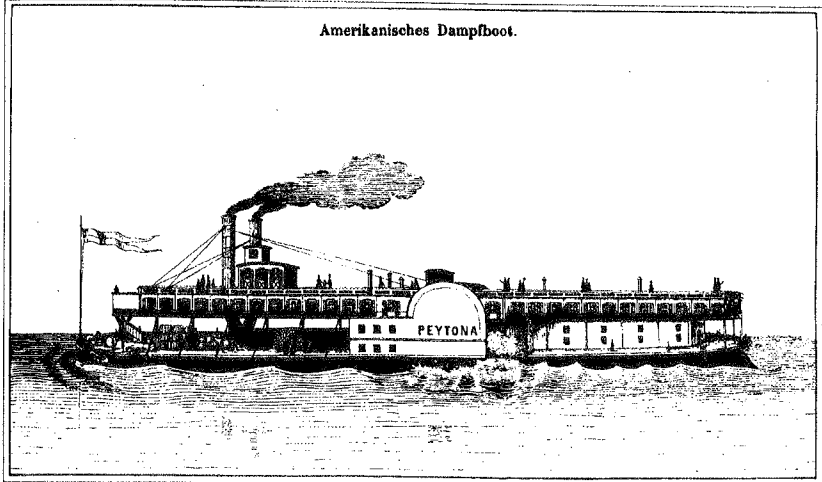


Fig. 27¹¹³¹⁾

Die nachträgliche, aus der Erinnerung skizzierte Ansicht und Querschnitt Fig. N° 27 werden zur größern Deutlichkeit etwas beitragen. Das eigentliche Boot ist 265' lang, 33' breit nur 8' hoch und zieht beladen 6 bis 7' Fässer.

In diesem Boot selbst werden selten Waren und nie Passagiere, sondern nur Kohlen, Eisen oder Steine untergebracht und häufig ist es ganz leer, alles wird über dem Deck abgelagert. Das Deck, welches zu beiden Seiten des Schiffes um die Radkastenbreite vorsteht und demnach [131] bei der Länge von 265' eine Breite von 72' hat, ist nur die Plattform, auf der ein sehr schönes geräumiges, mehrstöckiges Haus erbaut ist.

Im oberen Stocke wohnen Passagiere, der untere ist ein weiter Waarenschuppen und enthält auch zugleich die Maschinen und Kessel.

Die Maschinen und Kessel sind immer die im Westen üblichen und weiter oben schon beschriebenen Hochdruckmaschinen, welche auf einem schmalen Balkenrahmen befestigt sind und zum Treiben der Ruderräder sowohl als auch jeder anderen Maschine auf dem festen Lande benutzt werden. Jedes der 33' hohen und 16' breiten Räder hat seine eigene Maschine und es ist daher möglich das Schiff um eine vertikale Achse in der Mitte zwischen den Rädern zu drehen, indem man das eine Rad vor, das andere rückwärts schlagen läßt, was bei schlechtem engem Fahrwasser oft von großem Nutzen ist. Da die beiden Maschinen längs der Radkastenwände nur einen schmalen Raum einnehmen, so bleibt ein breiter Platz zwischen ihnen leer, der ganz mit Waaren-Ballen ausgefüllt wird. Vor dem Radkasten stehen immer ganz frei die allenfalls schon be-[132] schriebenen röhrenförmigen Kessel, um die herum das Brennmaterial aufgeschichtet wird. Bei der Peytona waren es 6, 32½' lange Kessel von 3½' Durchmesser, welche Dampfzylinder von 30½' Durchmesser und 10' Kolbenhub speisten. 125 Pfund war der normale 160 der höchst gestattete Dampfdruck. 23' lang war die Achse eines Rades und 200 □' der Flächeninhalt des

¹¹³¹⁾Aus: Beilagen zu einem öffentlichen Vortrage über die Verkehrsmittel Amerika's von Prof. Culmann. ETH-Bib. 81810. BM

eingetauchten Querschnittes. Unter diesen Verhältnissen wird die 1200 Meilen lange Strecke von *Neu-Orleans* nach *St. Louis* in durchschnittlich 4 bis 5 Tagen zurückgelegt (6 auf 4 abwärts).

Alle Räume über dem Deck, welche die Maschinen und Kessel nicht einnehmen, werden mit Waaren ganz ausgefüllt, auf und zwischen denen die Deckpassagiere sich ihr Lager selbst suchen und bereiten müssen. Der vordere Theil des Schiffes ist immer ganz frei und es wird hier der obere Stock nur von 14' hohen Säulen getragen, der hintere Theil ist manchmal wie bei der *Peytona* verschaalt, dann steht aber diese Verschaalung über dem untern Schiffsrand und auf dem vorstehenden Rand des Deckes wird dann gewöhnlich das zu transportierende Vieh angebunden. [133] Vor dem Radkasten haben die Zimmerleute und Maschinisten ihre Cabinette und Werkstätten und die Köche ihre Küche.

Der obere schöne Stock des Schiffes ist ein mit allen Bequemlichkeiten versehener Gasthof. Derselbe besteht aus einer langen durch das ganze Schiff ziehenden Kajüte, welche zu beiden Seiten 25 also im Ganzen 50 kleine Cabinette für die Passagiere hat. Jedes dieser Cabinette ist 6 bis 8' lang, 5 bis 6' breit und hat zwei einander gegenüberstehende Thüren, wovon die eine in die große Kajüte, die andere auf eine um den ganzen obern Stock, nur durch die Radkästen unterbrochene Galerie mündet. Die Thüren sind möglichst nahe bei der einen Scheidewand angebracht und lassen daher längs der andern Scheidewand Raum genug für zwei übereinander liegende Lagerstätten übrig. Die Cabinette sind 2' niedriger als die große Kajüte; in dem hierdurch entstehenden Absatz sind die Fenster für die letztere angebracht. Die Fenster für die Cabinette befinden sich in der obern Thürhälfte. Die große lange Kajüte besteht aus drei Abtheilungen, die vorderste ist die kürzeste und die auf dieselbe stoßenden [134] 4 oder 6 Cabinette sind als Kapitänszimmer, Schiffs-Bureau, Büffet und Baderstube, d. h. Toilette-Zimmer für die Herren, eingerichtet. Die Möbel bestehen aus einigen Spieltischen und Stühlen, dann einem consolatartigen Tischchen am vordern Ende, auf dem immer eine mit Eiswasser gefüllte und mit einem Hafe versehene Urne steht, hinter der ein großer Spiegel angebracht ist. Zu beiden Seiten dieses Tisches gehen Thüren auf die Galerie aus. Die mittlere Abtheilung ist für die Herren bestimmt, sie ist bei weitem die größte und bildet auch den Speisesaal. Mehrere lange Tafeln, welche für die Mahlzeiten verlängert werden können, 50 Rohr-Sessel, 2 Kamine und mehrere Spiegel sind die Möbel derselben. Die hintere oder die Damencajüte ist gerade so, wie die der Herren eingerichtet, von der sie sich nur durch gepolsterte Stühle und mehr Luxus in Ausstattung unterscheidet, am Ende derselben, über dem Steuerruder steht gewöhnlich ein Sofa, manchmal auch ein Klavier.

Ueber diesem zweiten Stock steht noch ein dritter, aus 6 oder 8 Cabinetten für die Schiffsmannschaft bestehend, und auf diesem hoch über alles erhaben steht das Steuermanns-Häuschen, von dem aus [135] mittelst eines Wellrades und Ketten, die auf Rollen laufen, das Steuerruder regiert wird. Da dieses Häuschen immer so weit vorn stehen muß, daß der Steuermann noch das Wasser unmittelbar vor dem Schiff sehen kann, so würde das Visiren sehr schwer sein, wenn nicht auf der Spitze des Schiffes eine vertikale lange, auch als Fahnenträger dienende Richtungsstange angebracht wäre, welche nie auf amerikanischen Schiffen fehlt.

Die Kost ist auf diesen Schiffen im Fahrgeld inbegriffen und immer fand ich sie sehr gut. Früh um 8 Uhr englisches Frühstück, nach Belieben Thee oder Kaffee mit Eiern und kaltem Fleisch, um 10 Uhr werden Butterbemmen mit eingelegtem Schinken, Früchte und andere Erfrischungen präsentirt und aus der Faust gegessen, um 2 Uhr ist große Tafel, halb englisch, halb französisch. Eine Suppe bildet immer den Ein-

gang, dann werden alle Gemüse, Braten und andere Fleischspeisen zugleich aufgetragen und untereinander verzehrt; Teller werden nur auf Verlangen gewechselt; hierauf folgen die Mehlspeisen auch alle miteinander; unter diesen spielen die Pud-[136]dings und Pyes /: Obstkuchen :/ die Hauptrolle. Den Beschluß bildet ein Dessert aus Käse und Obst. Um 7 Uhr Abends wird wieder Thee mit kaltem Fleisch und Gebäck aufgetragen.

Zu jedem Mahl werden die Damen eigens mit ihren Herrn eingeladen und wenn diese alle Platz genommen haben, wird erst die Glocke für die Herrn geläutet, welche die übrigen Plätze besetzen. Selten aber reichen diese aus; dann wird ein zweites und drittes aufgedeckt, wobei aber jede folgende Mahlzeit schlechter wird.

Das Leben ist auf diesen Schiffen rege und munter, und es fällt durchaus nicht schwer vorübergehende Bekanntschaften zu schließen. Im Buffet findet man stets Gesellschaft, an deren Unterhaltung jedermann Theil nimmt. Die Spieltische sind meistens besetzt, allein dort ist es gefährlich sich zu betheiligen. An jedem Landeplatz bringen Knaben, die mit Büchern handeln auch neue Zeitungen herein, so daß auch an Lectüre kein Mangel ist und Abends belästigen die Neger mit ihren Tänzen und Sprüngen bei dem schwimmenden und trommelnden Klange des Bonjo. Wenn Neger fehlen und es gerade nicht zu heiß ist, so bequemt [137] man sich wohl auch dazu selbst zu tanzen, worunter die allgemeine Heiterkeit wenig leidet.

Unstreitig sind die Reisen auf großen wohl ausgestatteten Flußdampfböten die schönsten und bequemsten, sie vereinigen die Annehmlichkeiten aller übrigen Reisearten. Man ist nicht eingekerkert wie im Post- oder Eisenbahnwagen, in welchen man nie mehr als die Hälfte der Umgebung überblicken kann, frei bewegt man sich wie auf Fußreisen und unbeschränkt schweifen die Blicke ins Weite. Die Langeweile und die Ueblichkeiten der Seereisen empfindet man nicht; am Körper sich vollkommen wohl und behaglich fühlend, genießt man fröhlich die Schönheiten der Natur, an denen man vorübergleitet.

Memphis

Die einzige Stadt, die ich zwischen *Neu-Orleans* und *St. Louis* besuchte, war *Memphis*, wo die Amerikaner ihr großes binnenländisches See-Arsenal angelegt haben. *Memphis* liegt 420 Meilen unterhalb *St. Louis* an der Grenze der Staaten *Mississippi* und *Tennessee*, in einer Gegend, wo Hanf, Flachs und die schönsten Bauhölzer um den billigsten Preis zu haben sind und wo der *Mississippi* noch tief genug ist, um die größten [138] Kriegsschiffe in den mexikanischen Meerbusen hinabzuflößen. Zur Zeit meines Dortseins waren die Arbeiten noch nicht vollendet. Mehrere Docks lagen halb ausgegraben da, die Werkstätten und Magazine waren wohl unter Dach, allein Zimmerleute und Schreiner arbeiteten noch darin, Werkzeuge und Maschinen waren daher noch nicht zu sehen. Das Gebäude, welches mich am meisten anzog, war der bedeckte Seilergang von 1470' Länge und 40' Breite mit zwei Gängen zum Drehen langer dicker Taue. [siehe Fig. 28a]

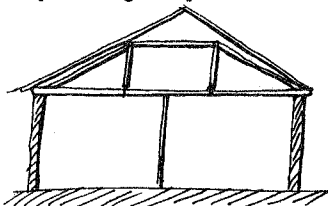


Fig. 28 a

Leider war auch dieses Gebäude noch nicht ganz vollendet und noch keine Rechen und Maschinen zum Drehen aufgestellt.

Der große geräumige Hof liegt halb im Auftrag, halb im Abtrag und ist gegen die Bergseite mit einer 40' hohen Futtermauer begrenzt, die man mittelst mehreren sehr elegant construirten eisernen Treppen ersteigen kann. Die aus Brettern bestehenden Stufen sind einerseits an der Wand befestigt und ruhen auf der andern Seite auf den Latten einer eisernen Gitter-Rippe. /: siehe Fig. 28 /: Die Latten, Streckbalken, sind Kesselblechstreifen. Die Rippe, welche zu [139] gleicher Zeit das Geländer bildet, hat keine andern Unterstützungspunkte, als den Boden unten und oben gußeiserne Consols, welche die Bekrönung der Mauer bilden, so daß die ganze Konstruktion aus der Wand gewachsen zu sein scheint.

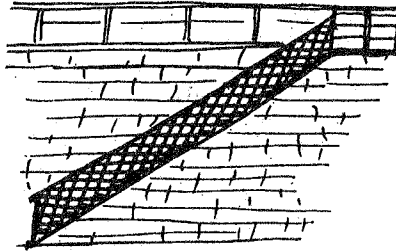


Fig. 28

Als man dieses Arsenal beinahe 800 Meilen weit landeinwärts anlegte, geschah es nicht allein, um alle zum Schiffsbau nothwendigen Materialien billiger kaufen zu können, sondern auch, um das Arsenal im Herzen Amerikas vor feindlichen Flotten sicher zu wissen.

Memphis ist eine schön gelegene freundliche Stadt auf dem sanftablaufenden Hochufer des *Mississippi*, etwas südlich von der Einmündung des *Wolfbaches*. Als ich dort war, war eine alte Plankenstraße, wie ich sie schon weiter oben beschrieben habe, die Hauptverbindung mit dem Westen, und die war sehr schlecht; eine heruntergekommene Plankenstraße sieht gräulicher aus als die ärgst zerfahrene Schotterstraße. Viele Planken waren faul und durchgefahren, daß man den breiigen Humus herausquellen sah. Die nachgelegten Planken waren nicht mehr angenagelt und ihre Enden standen bald vor bald zurück gegen die ur-[140]sprünglich gelegten Bohlen. Endlich hatte die Straße stellenweise eine so starke Neigung, daß auf neuen glatten Planken jeder Wagen abgleiten mußte. Jetzt führt schon eine Eisenbahn nach dem Westen bis *La-Grange*, später soll dieselbe durch den ganzen Norden von *Alabama* durch bis nach *Rom* an der Georgischen Staats-Eisenbahn verlängert werden.

245 Meilen oberhalb *Memphis* und 1026 Meilen oberhalb *Neu-Orleans* mündet der *Ohio*, der schöne Fluß, in den *Mississippi* ein. Der Handel auf demselben läßt dem Handel auf dem oberen Theil des *Mississippi* nicht viel nach, man sollte daher glauben, es müsse in diesem Lande, wo neue Städte wie Pilze aufschießen, eine bedeutende Handelsstadt bei dem Zusammenfluß zweier so bedeutender Ströme entstehen; bis jetzt sieht man aber nur einige Häuser mit ethlichen 200 Einwohnern hier. Kapitalisten aus Europa, namentlich die *Rothschild*, haben hier Dämme und Ländel gebaut, allein sie werden nicht benutzt und *Cairo*, so heißt der Ort, will nicht aufblühen. Es ist seine niedrige und ungesunde Lage daran Schuld und die Unmöglichkeit, es vor [141] Ueberschwemmungen zu schützen. 60' hohe Hochwasser sind

hier beobachtet worden und weit und breit ist keine Erhöhung des Geländes zu beobachten. Vielleicht kann auch wegen der Nähe von *St. Louis*, welches allen Handel an sich gerissen hat, hier keine zweite Handelsstadt aufkommen.

St. Louis liegt 175 Meilen oberhalb der Einmündung des *Ohio*, 18 Meilen unter der des *Missouri*, 43 unter der des *Illinois* und ist nach *Neu-Orleans* weit aus die bedeutendste Handelsstadt am *Mississippi*. Ein großer Vorzug dieser Stadt gegen *Cincinnati* am *Ohio* ist der, daß der *Mississippi* bei *St. Louis* auch während des kleinsten Wasserstandes der trockensten Jahre noch für die größten Schiffe schiffbar ist, während dann mit 3' Tiefgang es schon schwer ist den *Ohio* hinaufzukommen. Der Waaren-Verkehr stockt dann gänzlich und die nach dem Süden reisenden Personen schlagen den Landweg nach *St. Louis* ein, um dort zu Schiff zu gehen.

Industrie ist sehr viel hier, allein trotzdem wenig Merkwürdiges zu sehen, da hier in dem fernen Westen eigentlich noch Mangel an Maschinen [142] herrscht, so rentirt die einfachste rohe Anlage so gut als die feinst construirte und mit allen Verbesserungen versehene Maschine und man hütet sich deßhalb in irgend eine Unternehmung mehr Geld zu stecken, als unumgänglich nöthig ist, und ist daher auch sehr geneigt, so schlecht als möglich alles auszuführen. Merkwürdig sind daher Maschinen, die überall rinnen, bei denen der Dampf zu allen Seiten herausspritzt, dann Pumpen, an denen kein Geradhalter mehr gerade geht, deren Kolbenstangen in den Stopfbüchsen schlottern und die dennoch gehen.

Eine Anzahl Sägemühlen sieht man hier; sie sind alle auf dieselbe Weise construiert. Es sind Dampf-Sägemühlen mit einem Kessel von 15 bis 25' Länge, 3 bis 4' Durchmesser und zwei im Kessel zurücklaufender Feuerröhren. Der Dampfzylinder hat 3' Kolbenhub, 12'' bis 18'' Durchmesser mit der die Kurbelwelle der Säge mittelst eines Riemens ohne Ende verbunden ist. Nie habe ich an einer derartigen Sägemühle ein gezahntes Rad getroffen; es werden immer nur Riemen zur Transmission in Anwendung gebraucht. Meistens [143] sind diese Mühlen noch mit einer Cirkularsäge und einem Hackmesser versehen, welches von Brettern die Lättchen abhackt, deren man sich zur Belattung der zu weißenden Zimmerdecken, statt der Rohre bei uns bedient. Das Hackmesser ist an einem hammerartig aufgestellten Klotz befestigt, dessen Breite gleich der Länge des Messers und der Latten ist. Dieser Klotz wird aber nicht gewöhnlich wie Hämmer mittelst Däumlings gehoben, sondern mittelst einer Curbel und Stange schnell auf und nieder bewegt. In der Mitte des Laufes werden dann die vorher schon passend zugeschnittenen dünnen Bretter angerückt, von denen das Messer Latten abhaut, deren Breite dem Verrücken des Brettes entspricht. Der übliche Zug zum Aufziehen der Sägeklötze auf den Schlitten, fehlt auch nie an den amerikanischen Sägemühlen. - Mit diesen Mühlen werden sehr gute Geschäfte gemacht. Viele Maschinenbau-Werkstätten giebt es auch hier, aber sie sind alle auf das einfachste eingerichtet. Umsonst sucht man die prächtigen Modellkammern unserer continentalen Werkstätten und jene Werkzeugmaschinen, die der ungeschickte Arbeiter nur gehen zu lassen braucht, um [144] zu fabriciren. Der Arbeitslohn ist zwar theuer, allein das Kapital ist noch theurer und deßhalb wird hier dennoch so viel als möglich von Hand aus gearbeitet.

Die unvermeidlichen Wasserwerke fehlen natürlich auch in *St. Louis* nicht, aber sie sind entsetzlich schlecht construiert. An den beiden Enden der Achse eines Schwungrades befinden sich zwei Curbeln, welche einen Winkel von 180° mit einander bilden und von der einen dieser Curbeln läuft eine Stange nach der Kolbenstange des treibenden Dampfzylinders von der andern nach der hebenden Pumpe. Warum wurde der Pumpen-Cylinder nicht in die Verlängerung des Dampf-Cylinders ge-

legt?

Die Engländer halten so viel auf die direkte Wirkungsweise aller Maschinentheile, daß sie die Schieb-Ventile einer Lokomotive nicht gern und ohne Noth aus der Ebene der Excentriks verrücken; und die Amerikaner vernachlässigen dieses Prinzip, da wo die größten Kräfte der Motoren zu übertragen sind. Welch´ einen ungleichen Druck haben die Zapfenlager zu beiden Seiten des Schwungrades auszuhalten! Und wie viel Kraft muß nicht [145] durch Reibung verloren gehen, die ganz benützt werden könnte!

Diese Pumpwerke stehen hart an den Ufern des *Mississippi* und treiben das Wasser in den 3 Meilen weit entfernten Behälter, der höher als die Höchsten Punkte *St. Louis* liegt. Obgleich das *Mississippi*-Wasser immer sehr trüb ist, so wird es dennoch nicht filtrirt, man läßt es ruhig stehen, bis sich die gröbern Theile abgesetzt haben und gegen den feineren Unrath ist man nicht sehr empfindlich.

Der Schiffsbau wird hier sehr lebhaft betrieben. Den Bau und die Einrichtung der den *Mississippi* befahrenden Schiffe habe ich weiter oben schon beschrieben, hier daher nur noch einige Worte über die Werften.

Werften

Man sieht hier alle möglichen Vorrichtungen um Schiffe behufs der Reparatur trocken zu legen, ohne die kostspieligen dry-docks /: Trockenkammern :/ erbauen zu müssen. Man hat da kurze Schiffe mit doppeltem Boden und Seitenwänden, aber ohne Vorder- und Hinterwand, so daß, wenn es versenkt ist, was durch Einlaßen von Wasser zwischen die Doppelböden geschieht, das zu he-[146]bende Schiff in das versenkte hineinfahren kann; ja nach Bedürfniß werden nun 6 bis 10 solcher Schiffe unter das zu hebende gebracht, dann das Wasser ausgepumpt und das auszubessernde Schiff steigt in die Höhe. Eine andere Vorrichtung zur Erreichung desselben Zweckes ist eine schiefe Ebene, deren untere Hälfte unter dem Wasserspiegel des Flusses liegt, von circa 1/5 Gefäll und etwas über 200´ Breite. Auf dieser schiefen Ebene befinden sich 6 Eisenbahngeleise auf denen Wagen laufen, deren Vorderräder so viel kleiner als die Hinterräder sind, daß die Oberfläche des Wagens immer horizontal liegt. Diese Wagen werden nun so weit in den Fluß hinabgelassen, daß die Schiffe auf dieselben hinauf fahren können. Ist dieß geschehen, so werden alle Wagen zugleich in die Höhe gezogen, bis das Schiff im Trockenen ist. Das Aufziehen geschieht mittelst einer von einer Dampfmaschine in Bewegung gesetzten Welle, welche oben quer an allen Geleisen vorbeiläuft; bei jedem Geleis sitzt eine Schraube ohne Ende auf der Welle, welche eine Trommel dreht, auf der sich die Zugkette der Wagen aufwindet. [147]

Das harte Farmerleben und Lob der Sklaverei

Von *St. Louis* fuhr ich noch 120 Meilen den *Missouri* hinauf um Verwandte bei *Hermann* zu besuchen. Sie bebauen ihre Farm und führen ein trauriges Leben voller Entbehungen und Sorgen. Als Gegensatz zu den prächtigen schwimmenden Palästen, von denen ich weiter oben sprach, sei mir hier auch die Beschreibung einer amerikanischen Farm im Westen gestattet, der ich noch die folgende Skizze Fig. 29 [fehlt] beifüge.

Wenn ich auch nicht schön zeichnen kann, so steht hier meine Kunst wenigstens im Einklang mit dem darzustellenden Haus und dem Loos derer, die es bewohnen.

Das Haus ist nur ein Blockhaus, hergestellt mit eigenen Händen, mit Hilfe freundlicher Nachbarn und eines Zimmermanns.

Im Innern ist nur ein einziger Raum, der als Schlaf- und Wohnzimmer zu gleicher

Zeit dient. Die Wände sind nur theilweise vertäfelt /: mitunter in andern Häusern auch verrohrt /: und die Fugen zwischen den Balken sind mit Moos verstopft. Eine kleine Stiege führt auf den Boden, der Fremdenzimmer, Salon und Vorraths-Kammer zu gleicher Zeit ist. Den Möbeln [148] sieht man es an, daß sie zum Haus gehören, sie sind jedenfalls sehr solide und gerade nicht unbequem. Die Küche befindet sich im Freien; unter dem Vordach hinter dem Hause, das in der Zeichnung noch zu bemerken ist, steht ein gußeiserner Kochofen, in welchem Jahr aus Jahr ein gekocht, gebraten und gebacken wird. Auch das Toilette-Zimmer ist im Freien; einer der untern Balken des Blockhauses ist über das Eck hinaus verlängert und bildet eine Art Tischchen, auf dem eine blecherne Schüssel jederzeit jedem zu Diensten steht, der sich selbst bedienen will. Hinten an das Haus reicht sich eine offene Schupfe, welche eigenthlich die Stelle der Scheune bei uns vertritt und die Stallungen.

Links vom Hauptgebäude sieht man noch ein niederes Hüttchen, unter welchem der Keller sich befindet. Das Wohnhaus, der Stall, der Garten und das Feld sind nirgends umzäunt; nach Art aller amerikanischen Zäune sind nur Stangen übereinandergelegt und zwar so, daß immer eine Stangenlänge 1' über die andere greift.

Um dem Zaun mehr Stabilität zu geben, liegen die Stangen nicht in einer geraden Linie, sondern [149] im Zickzack, wodurch er eine Basis erhält, die deren Breite gleich der Entfernung der die Zangen-Spitzen verbindenden Linien ist. In dem Eck links, wo der Zaun des Gartens sich an den des Hofes anschließt, ist noch ein kleines Viereck besonders eingezäunt; es ist der Familien-Kirchhof, der schon viele Gräber zählt, denn äußerst ungesund ist das Klima wohl in dem größten Theile der amerikanischen Staaten. Man versichert, daß die Einwanderer durchschnittlich 10 Jahre nach ihrer Ankunft starben und ein einziger Sommer reicht hin, um die blühendste Gesichtsfarbe des Europäers zu bleichen. Am meisten aber sind die Gebildeten zu bedauern, welche mit ihrer Hände Arbeit (!) ihr Land sich verdienen wollen, hier in diesem Lande, das so fruchtbar ist, daß Verstand und Kunst die Fruchtbarkeit nicht mehr erhöhen können und nur der Fäuste rohe Kraft den Wohlstand bedingt. Dem geht es am besten, der mit eigner Hand jährlich am meisten Feld bebauen kann; durchschnittlich sind dieß zwischen 25 und 40 acres. In dem Feld, das immer möglichst nahe am Haus sich befindet, sieht man noch viele angebrann-[150]te alte Baumstumpen aus dem Boden stehen, allein diese stören durchaus nicht; sie auszurotten wäre ein ungeheurer Zeitverlust, während dessen man ja ein halbes Tagewerk umpflügen könnte. Mit einem Pflug, der dem in *Campe's Robinson* beschriebenen sehr ähnlich ist, /: er hat nämlich weder Vodergestell noch Räder, sondern nur Eisen-Schaar und Streichblech /: fährt man so gut es geht zwischen denselben herum; möglichst viel, auf weiteres kommt es nicht an, denn so fruchtbar ist der Boden, daß nach dem klar machen desselben 8 bis 10 mal Mais gebaut werden muß, weil er für Weizen noch zu matt ist. Gedroschen wird nicht, es gibt gar keine Tenen; in den meisten Gegenden wird das Getreide auf dem Felde ausgebreitet und dann von dem Vieh ausgetreten, an vielen Orten aber haben sich 8 bis 10 Nachbarn mit einander eine Dreschmaschine gekauft, welche bei allen die Runde macht und offenbar das zweckmäßigste ist. Das Stroh wird gewöhnlich sogleich verbrannt, das Getreide aber in die Stadt zum Kaufmann gefahren. Dieser stellt dann nur einen Schein aus, so und so viel Getreide empfangen zu haben, [151] und der Schein kann dann zur beliebigen Zeit als Getreide verkauft werden. Auf diese Weise wird der Getreideboden gegen ein geringes Lagergeld erspart. Und so wie mit dem Getreide verfährt es sich mit allen übrigen Vorräthen; sie werden zum Kaufmann gebracht und gut geschrieben und alles, was man braucht, holt man wieder bei dem-

selben Kaufmann, der mit allen möglichen Bedürfnissen: Schuhen, Kleidern, Eisenwaaren und Lebensmitteln handelt. Am Ende der Jahres wird abgerechnet, aber selten bleibt was übrig, indem jeder trachten muß, das Uebrige zur Verbesserung des Gutes zu verwenden. Auf diese Weise kommt jahraus jahrein kein Geld in die Familie; muß der Mann einmal eine Reise in Geschäften machen, so holt er sich Geld bei seinem Kaufmann. Traurig sieht es auch hier mit der Erziehung aus. In Missouri erhalten die Kinder an vielen Orten keinen weiteren Unterricht, als den die Eltern selbst ertheilen können, an andern wo einige Nachbarn es zum Bau eines Schulhauses gebracht haben, wird ein Mädchen gedungen (we hire a lady), das für das Schulhalten wöchentlich 1 bis 2 Dollar bekommt [152] und abwechselnd mit ihren Schülern zu Kost und Logie geht. Ein Mann wäre viel zu theuer zum Schulhalten!

So sind die Verhältnisse derjenigen ohne Kapital im fernen Westen, die sich mit ihrer Hände Arbeit ernähren wollen. Mir scheinen sie unerträglich sein zu müßen für solche, welche die Vorzüge eines gesitteten Lebens kennen. Ein herrliches Land ist es für Bauern, welche so viel gesunden Menschenverstand haben, um einzusehen, daß hier die Landwirtschaft in anderer Art als zu Hause betrieben werden muß und sich darnach einzurichten wissen. Für solche muß es eine außerordentliche Befriedigung gewähren, zu beobachten, wie von Jahr zu Jahr das Gut besser wird und durch der eigenen Hände Fleiß rasch im Werthe steigt. Aber wie mögen sich Gebildete in seinen Arbeitswettkampf einlassen, in einem Lande, wo Arbeit tödtlich ist, und wo man den Eifer mit Fleiß und Ausdauer auch das zu erringen, was andere, die stärkere physische Constitution ohne allzugroße Anstrengung verleiht, mit dem Leben bezahlt werden muß.

Anders verhält es sich freilich, wenn [153] man Kapitalien mit sich bringt; nirgends läßt sich mit Klugheit und Geld mehr machen, als in diesem Land. Nichts ist sicherer als hier mit Ländern zu spekuliren. Man kauft im Westen Länder um billigen Preis und kann mit Sicherheit darauf rechnen, daß in wenig Jahren die nach dem Westen fortschreitende Cultur, ohne irgend eignes Zuthun den Werth derselben so sehr erhöhen wird, daß aus deren Verkauf Kapital und reiche Zinsen wiedererlöst werden können; ist man aber sogar so glücklich Ländereien zu besitzen, in deren Nähe eine Eisenbahn projektirt werden soll, so steigt ihr Werth außerordentlich schnell. Auch mit wenig Kapital läßt sich etwas machen; man kaufe sich dann eine Farm in den Sklaven-Staaten mit einigen Negern und man wird ein behagliches Leben führen können. Freilich muß man dann den Widerwillen gegen Sklaverei überwinden, den alle Deutsche mit sich bringen; man muß die Verhältnisse nehmen wie sie sind und einsehen, daß in den südlichen Staaten nur durch Neger der Boden bebaut werden könne, daß diese nur gezwungen eine Hand nähren, daß die Sklavenfrage in den vereinigten Staaten eine reine politische Parteisache sei, daß die Engländer nur im Interesse ihrer Colonien die Sklaverei bekämpfen und es für nützlich erachten in Deutschland gegen dieselbe zu agitiren. Denn daß hier nur nachgeplaudert wird, geht am klarsten daraus hervor, daß sich selten Stimmen gegen die Sklaverei in der Türkei erheben, wo sie doch einen viel unsittlicheren und verwerflicheren Charakter als jenseits des Oceans trägt; allein im Westen wird das Sklavenhalten von England verdammt, im Osten geduldet und darnach richtet man sich. In dieser Frage mögen aber wir immer recht haben, so ist es jedenfalls sehr unpraktisch, wenn Leute, die nicht mehr dem Bauern- oder Handwerkerstand angehören, sich aus Ueberdruß an europäischen Zuständen zur Sklavenarbeit verdammt, unter der sie körperlich und geistig unsäglich mehr als Neger leiden.

Hier habe ich mich auch darnach erkundigt, wie viel Geld man mitnehmen müsse,

um sich als Farmer zu etabliren, und Folgendes wurde mir für einen arbeitenden und nicht arbeitenden [155] Einwanderer in den Staat *Missouri* angegeben:

	Arbeitender Einwanderer	Nichtarbeitender Einwanderer
	Dollar	Dollar
Ueberfahrt /: 1 Person :/	150	150
Schon angebautes Land, je mehr desto besser	600	1500
Haus mit Einrichtung	270	1700
Vieh (4 Stück Rindvieh, 1 Pferd, einige Schweine, Hühner ... für den Arbeitenden)	160	400
Oekonomiegeräthschaften	40	200
Zwei Neger		1400
Unvorhergesehene Fälle	20	400
in Summe	1300	6000

oder circa 3300 und 15 000 rh Fl.

Ohne diese Summen und entsprechender Mehrung für zahlreichere Familien, sollte man es nicht wagen, sich im Westen anzusiedeln.

Hermann, in dessen Nähe die beschriebene Farm lag, ist ein sehr schön, 120 Meilen oberhalb *St. Louis* am *Missouri* gelegenes und [156] größtentheils von Deutschen bewohntes Städtchen. Die Bewohner bauen mit glücklichem Erfolg Wein und machen nicht nur gute einträgliche Geschäfte, sondern haben auch schon 2 mal den Preis gewonnen, der in *St. Louis* jährlich zur Aufmunterung des Weinbaues ausgetheilt wird.

Außer dieser Farm /: dem westlichsten Punkt bis zu dem ich kam :/ besuchte ich noch eine andere im Staate *Illinois*, nicht weit von *Henry* einem Städtchen am *Illinois*. Der Besitzer derselben konnte auch das Klima nicht vertragen und zog sich noch rechtzeitig nach *New-York* zurück. Hier sieht man schon viel mehr cultivirtes Land, als im Staate *Missouri* und von mehreren Nachbarn wurde mir versichert, daß mit der fortschreitenden Cultur auch die Gegend viel gesünder werde. In *Henry* hielten sich viele Landhändler auf, die mir oft Farmen anboten. Das Vorhandensein dieser Händler bezeichnet sehr scharf eine Art Culturgrenze. Man kann mit Bestimmtheit annehmen, daß östlich von dem Streife, wo sie sich herumtreiben das Land ziemlich besetzt und angebaut sei, während westlich noch ungebautes Land überall zu haben ist. Dort stehn die [157] Landpreise schon sehr hoch, hier noch niedrig. Durch das Fortschreiten dieser Grenze gewinnen die überschrittenen Ländereien außerordentlich an Werth. Im südlichen *Tennessee* bei *Chattanooga* hatte ich dann auch viele getroffen. Dieser Ort liegt viel östlicher als *Henry*.

Die Annahme, daß diese Culturgrenze hier südöstlich streiche, dürfte daher nicht sehr viel gefehlt sein. Im Uebrigen schienen mir hier die Verhältnisse ziemlich dieselben zu sein, wie in *Missouri*. Die obigen beiden Ausflüge waren die einzigen, welche ich mir erlaubte, ohne gerade einen speziellen technischen Zweck zu verfolgen, in der Folge werde ich nicht mehr mit derartigen Abschweifungen stören.

Von *Henry* fuhr ich noch auf dem *Illinois* bis nach *Peru* und dort auf dem *Illinois*- und *Michigan*-Canal nach *Chicago* am *Michigan*-See. Diese Reise wird in schönen kleinen Kanalbooten von eigenthümlicher und sehr zweckmäßiger innerer Einrichtung gemacht.

Auf dem Kanalboot nach Chicago

Die Boote sind circa 100' lang und 12' breit und haben eine lange geduckte Cajüte

von circa $6\frac{1}{2}$ Höhe. Durch einen Vorhang wird nachts die [158] Damen- von der Herren-Cajüte getrennt. Zu beiden Seiten der Cajüte laufen gut gepolsterte Bänke hin, die so herausgezogen werden können, daß auch die Lehne horizontal liegt und dann ein bequemes Lager abgeben; außerdem werden aber noch über jeder Bank zwei Bretter an der Decke mittelst Schnüren aufgehängt, die mit einer Matraze belegt ebenfalls ein Nachtlager abgeben; es können also auf die Manneslänge der Cajüte zu beiden Seiten derselben 6 Personen und im Ganzen 80 Personen untergebracht werden. Das Schiffspersonal besteht aus 4 Personen: dem Kapitän, dem Koch und zwei Steuerleuten, welche am hintern Ende des Schiffes eine kleine, nur mannslange Cajüte und ebenso große Küche haben, die aber gegen die große Cajüte in der Breite noch so weit zurücktreten, daß die zu derselben führende Stiege noch davor angebracht werden kann. Das Boot wird von drei Pferden gezogen, welche immer im starken Trapp laufen und alle 10 Meilen abgelöst werden, so daß wir die 105 Meilen lange Strecke von *Peru* nach *Chicago* in 24 Stunden zurücklegten. [159] Dieser Kanal wurde zwar schon im Jahre 1836 begonnen, aber erst 1847 vollendet. Alle Werke an demselben sind meisterhaft ausgeführt, von der nachlässigen amerikanischen Bauweise ist nirgends auch eine Spur zu finden.

Das Profil hat 36' Sohlen- und 60' obere Breite bei 6' Tiefe. Die Leinpfade sind meistens regelmäßig abgebösch und oft sogar gepflastert, ein in Amerika seltener Luxus.

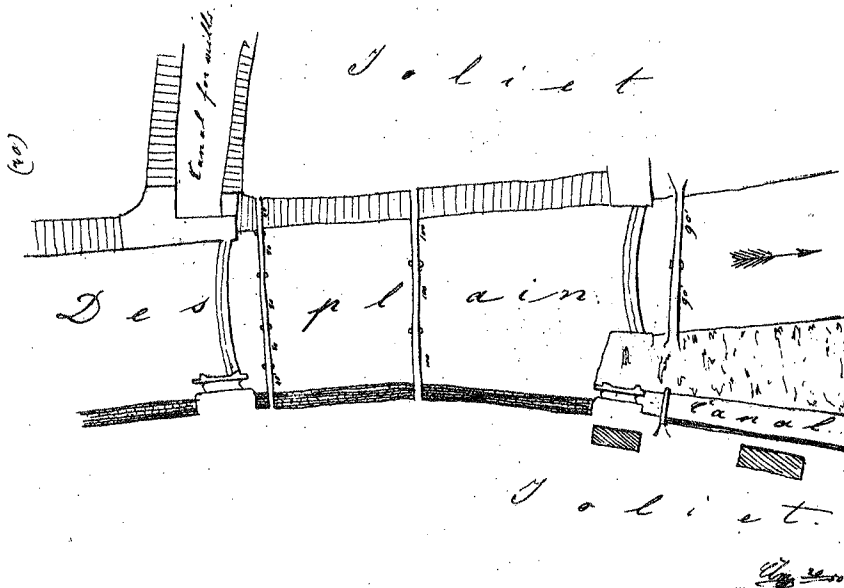
Die 17', 110' langen und 18' breiten Schleußen sind alle aus Hausteinen und zwar aus großen schönen ausgeführt; die Thore sind wohl von der einfachsten Konstruktion, aber doch gut und solid gearbeitet.

Beinahe alle Brücken über den Kanal bestehen aus einer leichten Howe'schen Konstruktion von 75' Spannweite. Die obern und untern Streckbäume sind aus zwei 6' / 12" starken mit $\frac{1}{2}$ " Zwischenraum nebeneinanderliegenden Balken zusammengesetzt. Die Hauptstreben sind doppelt und 6' / 4" stark, die Gegenstreben ebenso stark, aber nur einfach.

Am meisten Kunstbauten sind bei *Joliet*, 39 Meilen vor *Chicago* zusammengedrängt, wo der [160] Canal in den *Desplain*, einen Fluße, der weiter unten mit dem *Kankakee* den *Illinois* bildet, mündet und noch mehrere Meilen aufwärts mit ihm zusammenfällt. Während des Durchschleußens skizzirte ich den kleinen Situationsplan Fig. 30.

Durch zwei Wehre, deren Grundriße aufwärts stehende Bogen bilden, wird mitten im Ort *Joliet* ein Hafen gebildet, der circa 300' breit und vielleicht doppelt so lang ist, mittelst Schleußen unten aus dem Canal in denselben und oben über das Wehr in den schiffbaren Theil des Flusses führt. Unmittelbar oberhalb des oberen Wehres wird ein Mühlencanal abgeleitet, an dem Mühlen mit bedeutendem Gefäll arbeiten können, denn das obere Wehr ist circa 10' und das untere 6' hoch. Drei Brücken dienen zur Verbindung der zu beiden Seiten liegenden Stadttheile, die beiden obern sind von der weiter oben beschriebenen niedrigen Howe'schen Konstruktion. Die unterste mit zwei 90' weiten Oeffnungen ist offenbar älter als der Canal und wurde schon früher im Capitel über hölzerne Brücken beschrieben. /: Bauzeitung Jahrgang 1851¹¹³²⁾ Seite 71 /: [161] Die bisher angegebenen Dimensionen konnte ich während der kurzen Zeit des Durchschleußens nur abschreiten und schätzen.

¹¹³²⁾Culmann [1851], S. 71. BM



Die höchste Haltung des Canals liegt 10 bis 15' über dem *Michigan*-See, so daß nur eine Schleusse nothwendig ist, um von letzterem aus die höchste Haltung zu erreichen. Zwischen dieser und dem *Illinois* befinden sich 16 Schleussen, so daß dieser über 100 Meilen lange Canal im Ganzen nur 17 Schleussen hat. Die oberste Haltung wird künstlich aus einem kleinen schiffbar gemachten Fluß gespeist, welcher die letzte Schleusse mit dem See verbindet. Die Wasserwerke bestehen aus zwei landesüblichen Dampf-Maschinen mit liegendem Cylinder. Die eine derselben treibt eine horizontale Welle, auf der zwei Schwungräder und die Curbeln von vier Pumpen sitzen. Die andere Dampfmaschine treibt ein großes Schaufelrad. In der Mitte zwischen den beiden Dampfmaschinen liegen 6 landesübliche Schiffskessel. Bei großer Niveau-Differenz werden die Pumpen, bei kleiner das Schaufelrad benützt.

Chicago ist eine herrlich aufblühende junge neue [162] Stadt. Sie ist schön gebaut und hat mehr steinerne Häuser als die meisten amerikanischen Städte, die ich bis jetzt zu sehen Gelegenheit hatte. Die Lage am äußersten Ende des *Michigan*-Sees ist für Handel und Schifffahrt äußerst günstig. Der *Chicago*-Fluß, der seine 180 bis 200' breite ist, bildet den Hafen der Stadt und ist im eigentlichen Sinne des Wortes mit Schiffen ganz bedeckt, so daß ausfahrende Schiffe nur mit der größten Mühe sich durchwinden können. Die Schiffe sind im Allgemeinen gebaut wie die Seeschiffe und unterscheiden sich von diesen nur dadurch, daß sie viel höher und tiefer gebaut sind, weil einerseits das süße Wasser der obern Seen viel leichter als das salzige Meerwasser ist und andererseits die Stürme doch bei weitem nicht so heftig und gefährlich, als die auf der hohen See sind.

Die Dreimaster und Lorigs [?], die man hier sieht, sind schon stattliche Fahrzeuge und die Dampfboote übertreffen an Eleganz und Bequemlichkeit alles, was ich bisher gesehen habe.

Zur Verbindung der Stadttheile zu beiden Seiten [163] des Flusses dienen Schiffsbrücken [Fig. 30 a] eigenthümlicher Construction. Auf der Seite des Flusses, wo er

am tiefsten ist, ist auf einem Pfahlwerk 10' bis 15' hoch über dem höchsten Wasser eine Drehscheibe angebracht, die einer Brücken-Construction von 70' - 90' Weite als Auflager dient, auf der andern Seite ruht die Brücke auf dem Gerüst eines Bootes, welches beim Oeffnen der Brücke einen Kreis um die Drehscheibe beschreibt. Wie überall bewegt sich das Boot beim Oeffnen stromabwärts und wird beim Schließen mittelst einer Kette oder eines Seiles aufgezogen, das sich um einen Haspel dreht, der unter der Fahrbahn des der Drehscheibe gegenüberliegenden festen Brückentheiles liegt und mittelst eines göpelartigen Schlüssels umgedreht wird.

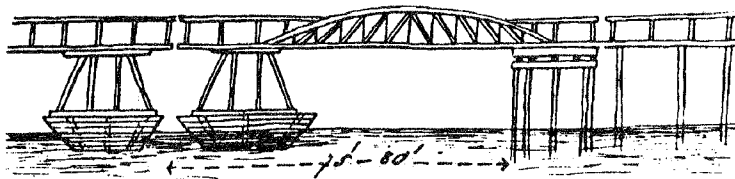


Fig. 30 a

An einigen dieser Brücken ist die Fahrbahn über der Drehbrücke charnierartig gebrochen, damit dieselbe bei dem Fallen oder Steigen des beweglichen Bootes, in Folge höheren oder niederen Wasser-Standes keinen Schaden leide, an andern und zwar den neuern ist kein Charnier vorhanden, wodurch folgt, daß die Höhendifferenz des höchsten und des niedrigsten Wasserstandes des Sees nur sehr [164] gering sein kann. Die Fahrbahn wird meistens von zwei Howe'schen Rippen getragen, bei einigen Brücken aber auch von versteiften Bogenhängewerken. Das Unerklärliche bei dieser Konstruktion ist, wie zwischen das, keine Reibung verursachende Wasser und die zu drehende Brücke, eine Drehscheibe eingeschoben werden konnte. Ein leichtes Boot statt des Pfahlwerkes und eine Kette statt der Drehscheibe würden den Dienst viel besser als dieses komplizierte Holzwerk versehen. Ferner wozu hohe Gerüste auf den Schiffen, wo sie nicht durch die Höhe der Ufer bedingt sind? Ueberhaupt habe ich weder in England noch in Amerika eine zweckmäßig konstruirte Schiffbrücke gesehen; ihr Vaterland ist am *Rhein*. Die dortigen auf zwei Schiffen beweglichen Joche sind bei weitem einfacher und entsprechen vollkommen dem Zwecke.

Die Mündung des *Chicago*¹¹³³⁾-Flusses ist hier dem Versanden so sehr ausgesetzt, daß wie in Ostende ein langer Canal aus zwei Reihen eingerammter Pfähle gebildet werden mußte, zwischen denen Sand und Kies regelmäßig ausgebaggert [165] wird.

Landmaschinenfabriken in Chicago und die großen Seen

In *Chicago*¹¹³⁴⁾ sind mehrere Maschinenfabriken, welche durch ihre Ackerbaugeräthschaften, Dresch-, Schneid- und Sämaschinen im Westen sehr bekannt sind. In diesen Maschinenfabriken sieht man übrigens wenig Werkzeugmaschinen, sie gleichen mehr einer Wagnerwerkstätte, in der möglichst viel von Hand aus gearbeitet wird. Die Maschinen, die gefertigt werden, sind dieselben, die man auch bei uns auf landwirtschaftlichen Festen, Industrieausstellungen ... sehen kann, die aber in Amerika weit mehr als in Europa benutzt werden. Der Grund hievon scheint mir nicht sowohl

¹¹³³⁾Im Manuskript *Chinago*. BM

¹¹³⁴⁾Im Manuskript *Chinago*. BM

in der Abneigung gegen Maschinen oder in der geringeren Geschicklichkeit unserer Bauern, als vielmehr darin zu liegen, daß die Ackerbau-Maschinen /: mit Ausnahme der Sämaschinen :/ doch weniger rein als die Hände arbeiten; es wird wohl Arbeit und Zeit erspart, allein es geschieht auf Kosten des Materials. Wo daher das letztere, wie in Amerika sehr billig, die Arbeit dagegen sehr theuer ist, müssen Maschinen sehr schnell Eingang finden. Wo aber, wie bei uns das umgekehrte Verhältniß besteht, da bezahlt häufig bei der Schnei-[166]demaschine die zu Grunde gehenden Aehren und bei der Dreschmaschine das geknickte Stroh, den Lohn der reinen Handarbeit.

Von *Chicago* aus beabsichtigte ich nach *Detroit* und *Sandusky* am *Erie-See* zu reisen. Der nächste Weg dahin wäre die Eisenbahn von *Neu-Buffalo* nach *Detroit* gewesen, allein um die Seen zu sehen, zog ich die Wasserstrasse vor und durchfuhr die *Michigan-* und *Huron-*Seen ihrer ganzen Länge nach.

Die Schiffe auf diesen Seen übertreffen an Bequemlichkeit und Eleganz alles, was ich bisher gesehen habe. Sie sind eigentlich ein Mittelding zwischen den Flußbooten des *Mississippi*, die ich weiter oben schon beschrieben habe und zwischen den Seedampfern. Der eigentliche Schiffskörper ist schon bedeutend in die Tiefe erweitert, hat 12 bis 15' lichte Höhe, so daß hier immer die Dampfkessel untergebracht werden können und vor und hinter denselben noch viel Raum für Waaren übrig bleibt. Viele werden aber auch, wie bei den *Mississippi*-Booten zwischen dem Verdeck und dem Salon für die Passagiere 1^{ter} Klasse untergebracht, jedoch ist die lichte Höhe [167] zwischen denselben bei weitem nicht so groß, als auf den Flüssen nur 7 bis 9'.

Da nun auch das Deck nicht über die Seitenwände des Schiffes hervorragt, sondern im Gegentheil die letztern 4' hoch über das Deck, so scheint von Außen die Cajüte beinahe unmittelbar auf dem Schiff zu ruhen und nicht wie bei den Flußbooten wie haus hoch oben in der Luft zu schweben. Die Maschinen sind von der verschiedenartigsten Construction; man sieht sowohl die im Westen allgemein üblichen Hochdruckdampfmaschinen, als auch die Niederdruckmaschinen aus dem Osten mit ihren frei in der Luft spielenden Balancier. Doch scheinen die letzteren die häufigeren zu sein. Die Einrichtung des Salons ist im Wesentlichen dieselbe wie sie schon weiter oben beschrieben wurde, nur ist alles geräumiger und prächtiger.

Als ich nach *Detroit* kam wurden gerade Probefahrten mit dem ganz neu gebauten Schiffe »*Ocean*« das zwischen *Detroit* und *Buffalo* fahren soll, gemacht; vielleicht wird es nicht uninteressant sein, hier einige Bruchstücke aus dem *daily advertiser*¹¹³⁵⁾ zu lesen, durch welchen es gleichsam [168] eingeführt wird und aus welchem ersehen werden kann, wie stolz die Amerikaner auf ihre Schiffe sind und wie sie es verstehen, sie herauszustreichen.

Als Motto stehen oben an die ersten Verse von *Sargent's* berühmtem Matrosenliede:

»Ein Leben auf des Oceans Wellen
Eine Heimat über der rollenden See.«

»Bei dem Barte des alten Neptun! Der bald seinen Dreizack über ihrem Bug schwingen wird, er ist ein gaffendes Kopfstück für dieses neue Seeweibchen; denn sie ist ein guter Segler und solch' ein Muster! seht sie sitzt auf dem Wasser wie ein schneeweißer während am Deck ein Haufen wetterbrauner Theerjacken nach ihr schauen, wie Verliebte nach einem stolzen Liebchen, das sie aller ihrer Sinne be-

¹¹³⁵⁾Detroit, Montag, 27. Mai 1850. Technische Reisenotizen. ETH-Bib 2997 : 3 (Ms)

Da hier dieses Schiff immer mit einer Jungfrau verglichen wird, so wird es gestattet sein, es wie im Englischen weiblichen Geschlechts sein zu lassen. Die Uebersetzung macht sich besser.

raubte. Aber wenn auch schon ihre liebliche, schön proportionirte Gestalt entzückt, so geht an Bord, wenn ihr Pracht des Styles und künstlerische Vollendung, verbunden mit Harmonie der Farben, Reinheit des Geschmacks und eine Vereinigung von Luxus und Bequemlichkeit sehen wollt, welche sie wörtlich [169] sowohl, als auch in Wirklichkeit zu einer Heimath auf der rollenden See machen.

Sie wurde eigens vom Kapitän Ward für die Michigan-Central-Eisenbahn gebaut, der Beschluß, sie solle ein Edelstein werden, werth in demselben Kranz zu glänzen mit der noch unerreichten Maiblume und der Atlantik. Und ohne gerade den jungfräulichen Stolz der Fräulein Flora verwunden zu wollen, welche so unfreundlich vor jedem Bewohner dahineilte, der ihr bis jetzt nachjagte, müssen wir sie jetzt doch daran erinnern, daß sie bald im Stande sei, schnell wie sie ist, zu fangen und als seine Braut zu behaupten.«¹¹³⁷⁾

¹¹³⁷⁾ Übersetzung eines Teils eines Artikels aus dem »Daily Advertiser. Detroit« vom Montag, 27. Mai 1850 mit dem Titel »The New Steamer Ocean«.

Mit diesem Zitat endet die Abschrift der Reise-Beschreibung. Im Culmann-Original folgt der Rest der Übersetzung des Zeitungsartikels, auf den ich wie der Abschreiber ebenfalls verzichte. Damit endet die ausgearbeitete Reisebeschreibung. Zum restlichen Reiseabschnitt von Detroit nach Boston finden sich in den Technischen Notizen weitere Anmerkungen, die aber zu bruchstückhaft sind, um sie hier abzdrukken. BM

B Graphische Statik an deutschsprachigen Technischen Hochschulen und Universitäten

In diesem Anhang befindet sich die Untersuchung der graphischen Statik an den deutschsprachigen Technischen Hochschulen. Hier wird ausführlich dargestellt, seit wann, in welchem Umfang, an welchen Abteilungen und unter welchem Titel sich die graphische Statik an den Hochschulen im deutschsprachigen Raum ausbreitete. Interessant ist insbesondere, ob sie im Culmannschen projektiven Sinne oder als »elementare« Disziplin behandelt wurde. Der untersuchte Zeitraum reicht mindestens bis zur Jahrhundertwende, bei den meisten Hochschulen aber darüber hinaus, aber nicht weiter als 1920. In einigen Fällen wird das Einmünden der graphischen Verfahren in die angewandte bzw. numerische Mathematik gezeigt.¹¹³⁸⁾

B.1 TH Aachen

1870 Königliche Rheinisch-Westfälische Polytechnische Schule zu Aachen

1880 Technische Hochschule zu Aachen

Die graphische Statik an der Polytechnischen Schule Aachen wurde stark von Zürich aus geprägt. Bei der Gründung wurde Theodor Reye vom eidgenössischen Polytechnikum für eine Professur für *Darstellende Geometrie und Geometrie der Lage* abgeworben. Reye war in Zürich von 1863 bis 1870 für die Geometrie der Lage zuständig gewesen, zunächst als Privatdozent, später als Titular-Professor. Die Geometrie der Lage wurde auf Betreiben von Culmann eingeführt. Reye war nicht nur durch Culmann, sondern auch durch Familienbande nach Zürich gezogen worden: er war Schwager des ETH-Professors für Chemie, Wislicenus.

Reye arbeitete in Zürich eng mit Culmann zusammen, da seine Vorlesung die Grundlagen für die graphische Statik legen sollte.

Seine Vorlesung *Geometrie der Lage und Graphostatik*, WS¹¹³⁹⁾ 4, SS 6, die er

¹¹³⁸⁾Die Genauigkeit der Untersuchung schwankt von Hochschule zu Hochschule, weil ich in den Bibliotheken des süddeutschen Raumes und Zürich, auf die ich mich beschränkt habe, nicht alle Programme bzw. Vorlesungsverzeichnisse finden konnte. Die meisten Programme erhielt ich in der Universitätsbibliothek Tübingen und in der ETH-Bibliothek in Zürich. Die benutzten Programme sind im Literaturverzeichnis aufgeführt. In Tübingen wurde ich auch auf einige Periodika aufmerksam, die die Vorlesungen von mehreren Hochschulen veröffentlichten. Der »Deutsche Universitäts- und Schul-Kalender« erschien 1870/71 bereits im 20. Jahrgang. Er enthielt u.a. die Titel der Vorlesungen, die an den deutschen Universitäten und Technischen Hochschulen angekündigt waren. Allerdings konnte ich nur zwei Hefte davon auftreiben. Der »Deutsche Universitäts-Kalender« hatte im SS 1878 seine 13. Ausgabe, er beschränkte sich, wie der Titel schon befürchten läßt, auf Universitäten, führte aber auch die Universitäten »in der Schweiz, in den russischen Ostseeprovinzen und in Oesterreich« auf. Ab dem WS 1892/93 erschienen die »Vorlesungsverzeichnisse der Universitäten, Technischen ... Hochschulen« Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Hier wird im Unterschied zu den Kalendern außer dem Titel der Vorlesung auch ihre Wochenstundenzahl angegeben, allerdings sind die Hefte vor allem in den ersten Jahren sehr unvollständig. Im übrigen gilt für alle diese Quellen, daß sie Programme sind, ob die angekündigten Vorlesungen tatsächlich gehalten wurden, kann man nicht erkennen. In manchen Fällen, z. B. bei Hochschulwechsel, Beurlaubung oder Tod, kann man der Chronik, die die meisten Hochschul-Programme enthalten, Änderungen entnehmen.

¹¹³⁹⁾Ich spreche von WS und SS auch in dem Zeitraum, in dem es noch keine Semestereinteilung gab.

vom WS 1870/71 bis SS 1872 las, entsprach genau dem in Zürich praktizierten Verständnis von graphischer Statik. Das Vorlesungsverzeichnis enthält eine Inhaltsangabe:

»A. *Geometrie der Lage*. Die sechs Grundgebilde. Harmonische Punkte. Strahlen und Ebenen. Projectivische Verwandtschaft. Die Curven, Bündel und Kegelflächen zweiter Ordnung. Theorie der reciproken Polaren. Regelflächen. Involution. Brennpunkteigenschaften der Kegelschnitte. Colli-
neation und Reciprocität. Flächen zweiter Ordnung. Affinität.

B. *Graphostatik*. Graphisches Rechnen. Massennivellement. Kräfte- und Seilpolygon. Momente eines Kräftesystemes. Kräfteplan des Fachwerks. Axen und Wellen. Construction der Schwerpunkte und Trägheitsmomente ebener Figuren. Trägheitsellipsen. Centralellipse und Kern. Der Balken. Zug- und Druckspannung; scheerende Kräfte.«¹¹⁴⁰⁾

Als Reye zwei Jahre später, 1872, nach Straßburg wechselte, wurde Wilhelm **Stahl** sein Nachfolger. Stahl hatte in den Jahren 1863 bis 1867 bei Culmann in Zürich Ingenieurwissenschaften studiert und in dieser Zeit sicherlich auch Reyes Vorlesung über Geometrie der Lage gehört. Nach dem Züricher Studium hatte er an den Universitäten in Gießen und Berlin Mathematik studiert und schließlich in Heidelberg promoviert.

Stahl führte die Vorlesung *Geometrie der Lage und Graphostatik*, WS 4, SS 6 im Sinne von Reye weiter. Er las sie von WS 1872/73 bis SS 1887 im Wesentlichen unverändert. Der Inhaltsbeschreibung nach zu urteilen handelte es sich bei Stahl um die wichtigste Veranstaltung der Hochschule. Seine Inhaltsübersicht umfaßte zwei ganze Textseiten.¹¹⁴¹⁾ Die Beschreibung ist allerdings nur deshalb so umfangreich, weil er jedes Teilgebiet auflistet, insgesamt bewegt sich seine Vorlesung im selben Stoffgebiet wie die von Reye.

Für den Teil der Geometrie der Lage gab Stahl das Lehrbuch von Reye an. Der graphostatische¹¹⁴²⁾ Teil bewegte sich im Umkreis von Culmanns Buch. Ab dem WS 1887/88 präsentierte Stahl den Stoff dieser Vorlesung in neuer Anordnung. Der Teil A, die *Geometrie der Lage*, wurde in die *Darstellende Geometrie* hineingezogen. Stahl paßte sich an die Fiedlersche Konzeption an, nach der die projektive Geometrie die Basis der darstellenden Geometrie sein muß, allerdings etwas halbherzig, weil er zunächst die Geometrie der Lage nicht an den Anfang, sondern ans Ende seines Kurses stellte. Der Teil B der alten Vorlesung, die *Graphostatik*, wurde unter neuem Namen zu einer eigenständigen Veranstaltung. Stahl las die neue Vorlesung *Graphische Statik*, WS 3 + 2, vom WS 1887/88 bis zum WS 1891/92, ihr Inhalt entsprach dem der Graphostatik, dies zeigt die jetzt allerdings sehr knappe Inhaltsangabe:

»Graphisches Rechnen. Kräfte- und Seilpolygone. Das Fachwerk. Schwerpunkte. Trägheitsmomente. Centralellipse und Kern. Der Balken.«¹¹⁴³⁾

Wie bisher blieb die Geometrie der Lage und die Elementarmechanik Voraussetzung.

¹¹⁴⁰⁾Programm TH Aachen, z. B. 1870/71, S. 17

¹¹⁴¹⁾Programm TH Aachen, z. B. 1875/76, S. 25f

¹¹⁴²⁾Wenn auch Culmann die Bezeichnung »Graphostatik« überhaupt nicht geschätzt hat.

¹¹⁴³⁾Programm TH Aachen 1887/88, S. 78

In den zwanzig Jahren seiner Lehrtätigkeit wurde die Bezeichnung von Stahls Professur zweimal geändert: Zunächst war er *Professor für darstellende Geometrie und Geometrie der Lage*. Von 1881 bis 1890 war er *Professor für darstellende Geometrie, Geometrie der Lage und Graphostatik*. Der Status der graphischen Statik wurde durch Aufnahme in den Namen erhöht. Bei einigen Hochschulen wurde die Graphische Statik vorübergehend in den Namen einer Professur aufgenommen, es gab aber zu keinem Zeitpunkt an einer der untersuchten Hochschulen eine reine Professur für Graphische Statik.

Ab 1890 wurde Stahl im Programm als *Professor für Geometrie und graphische Statik* bezeichnet. Den Grund für die Umbenennung in *Graphische Statik* kenne ich nicht, auch in Berlin verwendete man lange Jahre den Begriff Graphostatik und ersetzte ihn später - aber erst 1896 - durch graphische Statik. Neben der Stahlschen Vorlesung gab es noch weitere Lehrangebote zur graphischen Statik.

Vom SS 1876 bis zum SS 1881 trug **Krohn** die *Elemente der Graphostatik*, SS 2 + 2 vor und bewegte sich dabei im selben Stoffbereich wie Stahl. Danach, bis 1885, las er über dieselben Inhalte unter dem Vorlesungstitel *Elemente der graphischen Statik*, ebenfalls SS 2 + 2. Die Vorlesung wurde bis zum Jahre 1885 im Programm angekündigt, nach der Kurzbiographie in der Danziger Festschrift¹¹⁴⁴⁾ reiste er aber bereits 1884 in die USA. Dort war er zwei Jahre als Ingenieur tätig. Krohn war Assistent bei Stahl und ab 1879 a. ord. Professor. Nach der Rückkehr aus den USA ging er zur Gutehoffnungshütte nach Oberhausen. Zunächst war er Oberingenieur in der Brückenbau-Abteilung, später wurde er Direktor dieser Abteilung. 1904 wurde er *Professor für Statik der Baukonstruktionen und Brückenbau* in der neugegründeten TH Danzig.

Seit 1885 wurde Stahl vom *Assistenten für darstellende Geometrie und graphische Statik* Stanislaus **Jolles** unterstützt, 1886 wurde Jolles zudem Privatdozent. Er las jedoch zunächst nur *Projektive Geometrie*.

Die TH Aachen hatte von 1870 bis 1899 mit August **Ritter** einen der führenden Ingenieurwissenschaftler. Ritter war *Professor für Ingenieurmechanik*, er hatte die analytische Fachwerktheorie von Culmann u. a. ausgebaut und ist insbesondere mit dem Ritterschen Schnittverfahren bis heute in der Lehrbuchliteratur präsent. Er behandelte in seiner *Mechanik*-Vorlesung im Kapitel Statik auch »Seilpolygone und Kräftepolygone. Parabolische Kettenlinie. Parabolische Träger. ...«¹¹⁴⁵⁾ und hat somit möglicherweise ebenfalls graphische Verfahren verwendet.

In der Ingenieurabteilung las der Professor für Brückenbau und höhere Baukonstruktionen Friedrich **Heinzerling** von 1870 bis 1905 unter dem Titel *Höhere Baukonstruktionen mit mathematischer Begründung* und ab 1877/78 *Brückenbau I und II*, Vorlesungen, in denen Methoden der graphischen Statik angewandt wurden. In den Programmen wird regelmäßig auf graphische Verfahren verwiesen, viele Jahre z. B. mit der Formulierung:

»Die Übungen im Berechnen erstrecken sich auf die genannten Bauwer-

¹¹⁴⁴⁾Beiträge ... TH Danzig [1979], S. 145

¹¹⁴⁵⁾Programm TH Aachen 1875/76, S. 27

ke (Brücken und Hochbauten) unter Benutzung des analytischen und des graphischen Weges.«¹¹⁴⁶⁾

Bekannt ist Heinzerling vor allem durch sein Kompendium *Die Brücken der Gegenwart*, in dem er in vier Bänden und zwei Auflagen die verschiedenen Brückensysteme darstellte: Eiserne, steinerne, hölzerne Brücken und bewegliche Brücken.

Einen einzigartigen Fall unter den betrachteten Hochschulen stellt die Vorlesung *Graphische Maschinengetriebe*, SS 1 + 0, von dem Professor für mechanische Technologie, Baumaschinen und Fabrikanlagen Gustav **Herrmann** dar. Er las diese Vorlesung vom SS 1881 bis zum SS 1886 und behandelte dabei die »Ermittlung der Nebenhindernisse und des Wirkungsgrades der Maschinengetriebe auf graphischem Wege.«

Was Herrmann darunter verstand, kann man genauer seinen Büchern zum Thema entnehmen. 1879 erschien seine Schrift *Zur graphischen Statik der Maschinengetriebe* und 1887 sein Buch *Die graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen*. Er bezieht sich dabei ausdrücklich auf Culmann und versucht, die graphischen Methoden im Maschinenwesen heimisch zu machen. In gewissem Sinn knüpft er an Reuleaux an, der ebenfalls graphische Verfahren im Maschinenwesen verwendet hat.¹¹⁴⁷⁾

Die Anregungen von Herrmann stießen in den mechanischen Abteilungen auf keine nennenswerte Resonanz.

Herrmann interessierte sich im übrigen für die graphischen Verfahren in der vollen Breite, in der sie Culmann propagiert hatte. So bemühte er sich auch Rechenhilfsmittel zu entwickeln und zu verbreiten. Von ihm stammt *Herrmann's Rechenknecht*¹¹⁴⁸⁾ und eine graphische Rechentafel zur Erleichterung des elementaren Rechnens, vorgestellt in der Schrift: *Das graphische Einmaleins oder die Rechentafel, ein Ersatz für den Rechenschieber*¹¹⁴⁹⁾. (Siehe Abschnitt 4.1)

Stahl wurde 1892 an die TH Berlin auf die *Professur für analytische Geometrie* berufen, dort wirkte er allerdings nur zwei Jahre, 1894 starb er. Seine Nachfolge in Aachen trat Friedrich **Schur** an. Er kam von der Universität Dorpat, an der er reine Mathematik gelehrt hatte. In Aachen wurde er unter der Bezeichnung *Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik* geführt. Schur führte die Vorlesung *Graphische Statik*, WS 3 + 2, und auch die *Darstellende Geometrie* mit dem selben Stundenumfang und mit derselben Inhaltsangabe im Programm wie Stahl weiter. Insbesondere kündigte er die darstellende Geometrie unverändert in Verbindung mit der Geometrie der Lage und die graphische Statik mit dem Hinweis auf die nötigen Vorkenntnisse eben in der Geometrie der Lage an.

In dieser Form erschien die Vorlesung vom WS 1892/93 bis zum WS 1894/95 im Vorlesungsverzeichnis.

Ab dem WS 1895/96 bis zum WS 1896/97 bot er die darstellende Geometrie

¹¹⁴⁶⁾Programm TH Aachen 1906/07 Vorlesung Nr. 24

¹¹⁴⁷⁾Reuleaux [1864]

¹¹⁴⁸⁾Herrmann [1877]

¹¹⁴⁹⁾Herrmann [1875]

ohne Geometrie der Lage an und die Inhaltsangabe zur Graphischen Statik lautete jetzt:

» *Graphische Statik*, WS 3 + 2 (Die Kenntnisse der darstellenden Geometrie und der Elemente der Mechanik wird vorausgesetzt.)

Kräfte- und Seilpolygone. Das Fachwerk. Der Balken. Schwerpunkte. Trägheitsmomente. Centralellipse und Kern.«

Schur hat also die graphische Statik und auch die darstellende Geometrie von der projektiven Geometrie abgekoppelt. Er hat aus seiner graphischen Statik alle projektiven Begriffe entfernt und dort, wo projektive Methoden als Beweismittel erforderlich schienen, elementargeometrische Mittel gesucht. Zu seiner Vorlesung lassen sich trotz der kargen Inhaltsangabe im Programm solch präzise Angaben machen, weil er seine Vorlesungen über graphische Statik, die er in Aachen und später in Karlsruhe gehalten hat, 1915 in einem Buch veröffentlicht hat.¹¹⁵⁰ Darin versuchte er die eigentliche Intention Culmanns, die rein geometrische Behandlung der graphischen Statik, einfacher aber dennoch in voller Strenge zu realisieren. Eine Schlüsselstelle ist der Satz, daß die Resultierende eines Kräftesystems von der Wahl des Pols und von der Reihenfolge der Kräfte unabhängig ist. In der projektiv orientierten graphischen Statik ergibt sich dieser Satz nahezu von selbst aus der Dualität von Kraffteck und Seileck. In vielen Büchern, die auf die projektive Grundlegung verzichten, fehlt ein Beweis dieses Satzes. Föppl gibt in seiner *Graphischen Statik*¹¹⁵¹, die als zweiter Band seiner *Technischen Mechanik* erschien, einen projektiven Beweis an, obwohl er ansonsten auf projektive Geometrie verzichtete. Dieses projektive Einsprengsel überlebte bis in die 7. Auflage 1926, die von seinen Söhnen herausgegeben wurde. Schur gib zu diesem Satz einen elementargeometrischen Beweis an. Allerdings hätte er damit Culmann sicherlich nicht überzeugen können, da sein Beweis den Sachverhalt und den dafür verantwortlichen inneren Zusammenhang nicht sichtbar macht.

In diesem Sinne lehrte Schur nur bis zum SS 1897 in Aachen, dann wechselte er an die TH Karlsruhe, wo die graphische Statik ebenfalls zu seinen Lehrverpflichtungen gehörte.

Sein Nachfolger in Aachen wurde Ernst **Kötter**, nicht zu verwechseln mit seinem Bruder Fritz Kötter. Er kam von Berlin, dort war er an der Universität Privatdozent und an der TH *Assistent für darstellende Geometrie und graphische Statik*. In Berlin hatte er auch studiert und promoviert. Dem sinkenden Status der graphischen Statik entsprach, daß sie aus der Lehrstuhlbezeichnung gestrichen wurde. Kötter wurde nach Vorlesungsverzeichnis *Professor für darstellende Geometrie*.

Dennoch las Kötter vom WS 1897/98 bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1920 *graphische Statik*, WS 3 + 2, ab 1906/07 WS 2 + 2. Kötter behielt stets die Schursche Inhaltsangabe bei. Ab dem WS 1906/07 wurde eine Stunde von der Vorlesung abgespalten und unter dem Titel *Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik*, Weihnachten bis Ostern 1, als Ergänzungsvorlesung zur graphischen Statik für Bauingenieure angeboten. Darin wurden behandelt:

¹¹⁵⁰Schur [1915]

¹¹⁵¹Föppl [1900]

»Cremona'sche Kräftepläne in genauerer Behandlung. Drei-Gelenk-Träger. Balken mit beweglicher Belastung«¹¹⁵²⁾.

Kötter vertrat allem Anschein nach die graphische Statik in der von der projektiven Geometrie gereinigten Form, wie sie Schur in Aachen eingeführt hatte. Mit der Emeritierung von Kötter im Jahre 1920 verschwand die graphische Statik aus den Vorlesungstiteln.

Das Ende der graphischen Statik als eigenständiger Disziplin, wird auch sehr deutlich in der Auffassung von technischer Mechanik, wie sie Arnold Sommerfeld vertrat. Sommerfeld war von 1900 bis 1906 als Nachfolger von August Ritter in Aachen. In einem Vortrag bei einer Versammlung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung nannte er die »Sicherstellung der experimentellen Grundlagen« und die »Heranziehung schärferer theoretischer Methoden«¹¹⁵³⁾ als Kennzeichen der neuen Entwicklung der technisch-mechanischen Wissenschaft. Einerseits betonte er die Rolle der Ingenieurlaboratorien, plädierte für Experimentalunterricht und forderte andererseits zur Abkehr von Theorien auf, die auf groben, ungeprüften Annahmen beruhen. Er kritisierte die älteren Lehrbüchern der Mechanik, denen er »einen deduktiven, fast dogmatischen Charakter«¹¹⁵⁴⁾ vorwarf. Seine besondere Kritik galt den Theorien des Erddrucks, die er für reine Spekulationen hielt. Die graphische Statik, die ja einiges beitrug zur Verbreitung dieser Theorien, wurde ebenfalls unter die Disziplinen gezählt, die sich mehr mit der Stringenz der Theorie als mit ihrer Übereinstimmung mit der Wirklichkeit befaßten. Der ganzen Richtung der angewandten Mathematik, wie sie vor allem von Felix Klein angeregt wurde, erschien die graphische Statik nur im Sinne von Müller-Breslau vertretbar.

Anfang des 20. Jahrhunderts begann sich allmählich die numerische bzw. angewandte Mathematik zu verselbständigen. Hier spielte die graphische Statik oder genauer das graphische Rechnen eine gewisse Rolle als Geburtshelferin. Heinrich Brandt, der Nachfolger Kötters, hatte in seiner Zeit als *Privatdozent für Geometrie* in Karlsruhe, 1918 - 1921, *Graphisches und numerisches Rechnen* bzw. *Numerisches Differenzieren* gelesen. In Aachen beschränkte er sich allerdings auf darstellende Geometrie, hier zählte Karl **Wieghardt** zu den Vorläufern der numerischen bzw. angewandten Mathematik. Er trug als Privatdozent Gebiete aus dem graphischen und numerischen Bereich vor: 1905/06 *Graphische Dynamik*, WS 1, *Mathematische Apparate*, WS 1, *Räumliche Fachwerke*, SS 2.

Besonders gepflegt wurden die graphischen Methoden durch die drei Mathematiker, die nacheinander den zweiten mathematischen Lehrstuhl in Aachen inne hatten: Wilhelm Kutta, 1910 - 1912, er las über Kartenprojektion, Photogrammetrie, Georg Hamel, 1912 - 1919, der über *Graphische und numerische Methoden der Analysis*, WS 2 + 3 vortrug, und Erich Trefftz, 1919 - 1922.

¹¹⁵²⁾Programm TH Aachen 1906/07 Vorlesung Nr. 196

¹¹⁵³⁾Sommerfeld [1904], S. 157

¹¹⁵⁴⁾Sommerfeld [1904], S. 158

B.2 Berlin

B.2.a Bauakademie (1799 - 1879)

Guido **Hauck** wurde zum WS 1877/78 »als Nachfolger von Pohlke für das Fach der darstellenden Geometrie und der graphischen Statik«¹¹⁵⁵⁾ an die Bauakademie berufen. Vorher, zumindest seit 1870/71, hat Professor Dr. **Grossmann** von der Gewerbeakademie auch an der Bauakademie *Graphostatik* gelesen.¹¹⁵⁶⁾ Hauck war von 1872 bis 1877 Professor der Realanstalt in Tübingen und hatte daneben einen Lehrauftrag für deskriptive Geometrie und Elementarmathematik an der Universität Tübingen, graphische Statik hatte er dort nicht gelesen.

Ebenfalls 1877 kam mit Emil **Winkler** einer der führenden Ingenieurwissenschaftler nach Berlin. Winkler hatte bereits an der TH Wien (siehe unten) graphische Methoden herangezogen und weiterentwickelt, aber immer in enger Verbindung mit analytischen Verfahren.

B.2.b Gewerbeakademie (1821 - 1879)

Grossmann war seit 1863 Professor für Mechanik an der Gewerbeakademie. Im SS 1879 las er dort *Analytische und graphische Statik*¹¹⁵⁷⁾, SS 2 + 2¹¹⁵⁸⁾ mit dem Inhalt: »Kräfte an einem festen System. Schwerpunkt. Graphostatik.« Seit wann er diese Vorlesung gehalten hat, konnte ich nicht feststellen¹¹⁵⁹⁾, er wird aber wohl mindestens seit 1870/71 *Graphostatik* gelesen haben, möglicherweise ging die Anregung dazu von Reuleaux aus, der am 1.10.1864 *Professor für Maschinenbau* an der Gewerbeakademie war und noch in Zürich selbst graphostatische Methoden verwendet hatte.

Reuleaux selbst führte als neues Fach die Kinematik in den Lehrplan ein. Eine eigenständige Vorlesung zur graphischen Statik hat er sicherlich nicht gehalten.

B.2.c TH Berlin

1879 Königliche Technische Hochschule zu Berlin

Da an beiden Vorgängerinstituten graphische Statik gelehrt wurde, haben wir an der TH Berlin den nicht allzu häufigen Fall, daß die graphische Statik von zwei Professoren gelesen wurde: Grossmann und Hauck.

Beide waren ord. Professoren an der *Abteilung für allgemeine Wissenschaften*, insbesondere für Mathematik und Naturwissenschaften. Grossmann las von der Gründung der TH im Jahre 1879 bis zu seinem Tod im Sommer 1884 jeweils im SS seine Vorlesung *Analytische und graphische Statik*, SS 2 + 2.

Die Programme der TH Berlin geben leider keine Inhaltsskizzen der Vorlesungen an. Für Grossmann haben wir immerhin die zitierten Stichworte zum Gegenstand seiner Vorlesung, denen man entnehmen kann, daß die projektive

¹¹⁵⁵⁾Knobloch [1998] S. 14, Programm TH Berlin 1905/06, Chronik, S. 131

¹¹⁵⁶⁾Deutscher Universitäts- und Schul-Kalender [1871], S. 101

¹¹⁵⁷⁾Programm der Königlichen Gewerbeakademie zu Berlin für das Studienjahr 1878/79, S. 8

¹¹⁵⁸⁾2 Stunden Vortrag und 2 Stunden Übungen

¹¹⁵⁹⁾Das Archiv der TH Berlin besitzt nur das Programm der Gewerbe-Akademie Berlin 1878/79.

Geometrie keine Rolle gespielt hat. Grossmann las auch theoretische Maschinenlehre und stammte aus der Reuleauxschen Gewerbeakademie, daher kann man vermuten, daß seine Vorlesung sich im Umkreis der Reuleauxschen Graphostatik bewegte, so wie sie in der dritten Auflage des *Constructeurs* dargestellt ist.¹¹⁶⁰⁾

Der Nachfolger von Grossmann auf dem Lehrstuhl für Mechanik, Privat-Dozent Dr. **Dziobek**, führte die Vorlesung *Analytische und graphische Statik* nicht weiter.

Guido Hauck las vom WS 1879 bis zum WS 1895/96 *Graphostatik mit Übungen*, WS 2 + 2, vom WS 1896/97 bis 1899/1900 nannte sich die Veranstaltung *Graphische Statik*, ebenfalls WS 2 + 2. Dann ließ er sich von dieser Vorlesung entbinden, da ihm bei der zunehmenden Zuhörerzahl die Durchsicht der Zeichnungen zu viel wurde, zumal ihm in seiner anderen Vorlesung, der darstellenden Geometrie, genug davon übrig blieben.¹¹⁶¹⁾

Die Umbenennung der Vorlesung fiel zusammen mit der Bewilligung einer Lehrstelle für *Graphische Statik* durch das Ministerium, die Privatdozent Dr. **Jolles** erhielt, der allerdings bereits seit dem WS 1893/94 *Graphische Statik* bzw. *Graphostatik* las.

Für die Haucksche Vorlesung habe ich keine Hinweise zum Inhalt. Er äußerte sich jedoch 1877 im *Correspondenz-Blatt für die Gelehrten- und Realschulen in Württemberg* zu seiner Auffassung von graphischer Statik. In einem Artikel über die neuere Geometrie in der Schule schrieb er:

»Die Mechanik ist durch die neuere Geometrie um eine Reihe der fruchtbarsten Methoden bereichert worden. Auf ihrer Grundlage hat Cullmann seine graphische Statik aufgebaut und damit eine Methode geschaffen, die an Einfachheit, Uebersichtlichkeit und Sicherheit der Resultate alle seitherigen analytischen Methoden weit hinter sich läßt. Dadurch ist die neuere Geometrie für den Techniker geradezu unentbehrlich geworden.«¹¹⁶²⁾

Er war auf jeden Fall ein Mann der neueren - sprich projektiven - Geometrie. Das zeigt schon seine Vorlesung über darstellende Geometrie, die er im Sinne von Fiedler auf der Basis der projektiven Geometrie abhielt. Seit 1879 bis 1901 wurde sie unter dem Titel *Projektionslehre (Darstellende Geometrie und synthetische Geometrie)* angekündigt.

Außerdem befaßte sich seine einzige Veröffentlichung zur graphischen Statik mit ihren projektiven Teilen. In seinem Aufsatz *Über die reziproken Figuren der graphischen Statik. Teil 1 und Teil 2*¹¹⁶³⁾ versuchte er mit den Mitteln der projektiven Geometrie, den Zusammenhang zwischen Kraffteck und Seileck deutlicher und einfacher herauszuarbeiten. Scholz sieht in dieser Arbeit eine gelungene Generalisierung der reziproken Diagramme, allerdings ohne weitere fruchtbare theoretische Fragestellungen oder neue Aspekte bei den Konstruktionsverfahren zu bringen.¹¹⁶⁴⁾

¹¹⁶⁰⁾Reuleaux [1872]

¹¹⁶¹⁾Programm TH Berlin 1905/06, Chronik, S. 132

¹¹⁶²⁾Hauck [1877], S. 22

¹¹⁶³⁾Hauck [1887 u. 1889]

¹¹⁶⁴⁾Scholz [1989], S. 199

Es ist daher anzunehmen, daß Hauck die graphische Statik im Culmannschen Sinne behandelte, zumal er bei verschiedenen Gelegenheiten seine Bewunderung für Culmann ausdrückte. In einem Artikel aus dem Jahre 1881 über das graphische Rechnen geriet er geradezu ins Schwärmen:

»Nur einem Geiste von so reicher universeller Bildung wie Culmann, bei dem sich technisches und mathematisches Denken und Wissen so innig durchdrangen, konnte es gelingen, mit Benutzung der vorhandenen Samenkörner einen so prächtigen Garten zu pflanzen, wie uns in der graphischen Statik erblüht ist.«¹¹⁶⁵⁾

Zwischen 1885 und 1893 wurde die graphische Statik von Hauck in der allgemeinen Abteilung alleine vertreten.

Ab dem WS 1893/94 bot Privatdozent Stanislaus Jolles, ab April 1896 Dozent mit dem Professoren-Titel, bis über das WS 1918/19¹¹⁶⁶⁾ hinaus die Vorlesung *Graphische Statik*, WS 2 + 2 an, beim ersten Mal mit dem Titel *Graphostatik*. Welchen Charakter diese Vorlesung hatte, ist mir nicht bekannt, immerhin vertrat er auch darstellende Geometrie, allerdings ohne den ausdrücklichen Hinweis auf projektive Geometrie. Ab 1900, nach dem Rückzug von Hauck, gab es nur noch seine Vorlesung über graphische Statik. Immerhin ergänzten verschiedene Privatdozenten von Zeit zu Zeit das Angebot:

Privatdozent Fritz **Kötter**, der Bruder des Aachener Professors für *darstellende Geometrie* Ernst Kötter, las im SS 1889, im SS 1890 und im SS 1891 *Theorie des Erddrucks*, SS 2 + 0 und im SS 1895 und im SS 1896 *Die Lehre vom Erddruck und ihre historische Entwicklung*, SS 2 + 0. Der Erddruck ist das klassische Anwendungsgebiet der graphischen Methoden und aus einem Artikel Kötters¹¹⁶⁷⁾, der wohl aus diesen Vorlesungen hervorgegangen ist, sieht man, daß er tatsächlich graphische Methoden behandelt hat.

Ab 1900 wurde Fritz Kötter *Professor für technische Mechanik* an der Abteilung für Bauingenieurwesen und las dort vom WS 1901/02 vermutlich bis zum WS 1911/12 ebenfalls *Graphische Statik*, WS 2+2 (zeitweilig 2+4).

Im WS 1903/04 las Privatdozent Karl **Cranz** *Graphische Statik*, WS 2 + 4. Er hat in seiner Stuttgarter Zeit eine Graphoballistik¹¹⁶⁸⁾ begründet. Von 1903 bis 1920 war er Leiter des *Laboratoriums der militärtechnischen Akademie* in Berlin.

In der Spätphase wurden von verschiedenen Dozenten immer wieder Vorlesungen zum graphischen Rechnen und zur graphischen Statik gehalten. Z. B. trug der Privatdozent **Pirani** im WS 1916/17 *Elemente der graphischen Darstellung und des graphischen Rechnens*, 4+2, vor, Hans **Reißner**, Professor für Mechanik ab 1912, *Mechanik und graphische Statik I*, SS 4 + 2, und *II*, SS 6 + 2¹¹⁶⁹⁾.

In der Abteilung für Bauingenieurwesen behandelte Emil **Winkler** von 1879 bis 1888 wie schon an der Bauakademie in seinen Vorlesungen zur Baustatik auch graphische Verfahren. Sein Nachfolger wurde Heinrich **Müller-Breslau**,

¹¹⁶⁵⁾Hauck [1881], S. 334

¹¹⁶⁶⁾Weiter habe ich die Vorlesungsverzeichnisse nicht gesichtet.

¹¹⁶⁷⁾Kötter [1891/92]

¹¹⁶⁸⁾Cranz [1897]

¹¹⁶⁹⁾Überprüft für die Studienjahre 1816/17, 1817/18 und 1818/19

er führte die Integration der graphischen Methoden in die Baustatik im Sinne Winklers weiter. Von ihm stammt das bestimmende Werk für die graphische Statik nach Culmann: *Die graphische Statik der Baukonstruktionen*. Die erste Auflage erschien 1881 unter etwas anderem Titel, die 2. Auflage 1887 - 1908, sie umfaßte ein Mehrfaches der ersten und gilt als die definitive Präsentation der graphischen Methoden in der Baustatik¹¹⁷⁰⁾. Der II. Teil erschien 1903 in einer 3. Auflage. Die graphischen Methoden haben hier immer einen dienenden Charakter, Versuche zu einer umfassenden Vereinheitlichung fehlen gänzlich.

In diesem Sinne wurden sicherlich die graphischen Methoden in der Vorlesung *Statik der Baukonstruktionen*, SS und WS 4 + 2, behandelt, die Müller-Breslau von 1888 bis 1925 las.

B.3 TH Braunschweig

1745 Gründung des Collegium Carolinum

1835 Einrichtung einer technischen Abteilung im Collegium Carolinum

1862 Herzogliche Polytechnische Schule zu Braunschweig

1877 Technische Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Nach Pump-Uhlmann wurde *Graphische Statik* in Braunschweig bereits seit 1867/68 gelehrt.¹¹⁷¹⁾ Allerdings konnte ich dies an Hand der mir zugänglichen Vorlesungsverzeichnisse nicht verifizieren, die Programme zwischen 1865 und 1872 lagen mir nicht vor.

Professor August **Scheffler**¹¹⁷²⁾ las mindestens seit 1872/73 *Technische Mechanik*, SS 8, im I. Teil behandelte er die Statik der festen Körper. Im Programm stand diese Vorlesung unter der Überschrift *Mathematische Wissenschaften*, während Scheffler selbst beim Maschinenbau angesiedelt war. In der Inhaltsskizze finden sich u. a. die Stichworte: »Zusammensetzung der Kräfte« und »Seilpolygone und Seilcurven«¹¹⁷³⁾, was aber alleine mit graphischer Statik wenig zu tun hat. Diese Vorlesung wurde in ähnlicher Form vermutlich bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1885 gelesen.

Die graphische Statik kam nicht über die technische Mechanik, sondern über die Baukonstruktionslehre nach Braunschweig und zwar durch Karl **Körner**, ein Braunschweiger Eigengewächs. Er war 1862 als *Professor für Bauconstructionszeichnen und Baumaterialienkunde* berufen worden und wurde nach Albrecht und nach Pump-Uhlmann 1871 *Professor für Baukonstruktionslehre und graphische Statik*.¹¹⁷⁴⁾ Im Programm des Studienjahrs 1872/73 wurde er allerdings als *Professor für Ingenieurbaukunde*¹¹⁷⁵⁾ und ab 1876/77 als *Professor für Bauconstructionslehre*¹¹⁷⁶⁾ geführt.

Im Studienjahr 1872/73 kündigte er im Programm - und zwar im Abschnitt *Ma-*

¹¹⁷⁰⁾DSB, Bd. 9, S. 578

¹¹⁷¹⁾Fußnote 93 in Pump-Uhlmann [1995], S. 253

¹¹⁷²⁾Nach Kötter [1891/92] (S. 110) veröffentlicht er 1851 als erster für einen Spezialfall die Methode mit Differentialgleichungen an die Erddruckbestimmung heranzugehen.

¹¹⁷³⁾Programm TH Braunschweig 1872/73, S. 11

¹¹⁷⁴⁾Albrecht [1886], S. 44, Pump-Uhlmann [1995], S. 241

¹¹⁷⁵⁾Programm TH Braunschweig 1872/73, S. 8

¹¹⁷⁶⁾Programm TH Braunschweig 1876/77, S. 10

thematische Wissenschaften - die Vorlesung *Mechanik der Bauconstructionen*, WS und SS 2 + 0, an. In der Kurzbeschreibung taucht das Stichwort graphische Statik zwar nicht auf, die aufgelisteten Themen machen aber durchaus eine graphische Behandlung denkbar:

- »Theorie der Holzconstructionen: Untersuchungen über einfache Träger, Hänge- und Sprengwerke, Bogensprengwerke und Fachwerksträger.
- Theorie der Eisenconstructionen: Berechnung parabolischer Träger [...] Dachconstructionen.«¹¹⁷⁷⁾

Explizit genannt wurde die graphische Statik in der Kurzbeschreibung erstmals 1876/77¹¹⁷⁸⁾. In diesem Jahr las Körner *Statik der Bauconstructionen*, SS, 5 + 0, Übungen zusammen mit der Vorlesung *Bauconstructionenlehre* mit folgendem Inhalt:

- »Graphische Statik. Methoden derselben. Kräfte- und Seilpolygon. Gegenseitige Beziehungen dieser Gebilde und Anwendungen derselben bei statischen Untersuchungen. Die Zusammensetzung der Kräfte in der Ebene und im Raume. Schwerpunkt. Trägheitsmomente. Kräftepläne. Theorie der Bauconstructions. - Gewölbe [...]. Theorie des Erddrucks [...]. Einfache Träger. Continuirliche Träger. Widerstände der Stützpunkte. Biegemomente [...] - Berechnung der Dachconstructions [...]«¹¹⁷⁹⁾

Diese Vorlesung wurde bis 1879/80 gelesen. Erst ab dem WS 1880/81 mindestens bis zum WS 1894/95 gab es eine Vorlesung unter dem Titel *Graphische Statik*, WS 2 + 0, ebenfalls von Körner. Hier behandelte er:

- »Das graphische Rechnen. Wesen der graphischen Statik. Kräfte- und Seilpolygon. Gegenseitige Beziehungen der Gebilde. Zerlegung und Zusammensetzung von Kräften. Schwerpunkt. Drehungsmomente der Kräfte. Trägheitsmomente. Kräftepläne. Anwendung der Lehren der graphischen Statik auf zahlreiche Beispiele.«

Vermutlich hielt er seine Vorlesung in diesem Stil bis 1906/07, dies trug ihm den Vorwurf ein, daß »neue Impulse und die notwendige Anpassung an moderne Techniken« ausblieben und:

- »Der Schwerpunkt des Interesses des Geheimrats Körner lag auf dem theoretisch-mathematischen Gebiete (Gewölbetheorie). [...] Die praktischen Teile dagegen sind weniger eingehend behandelt und der innere Ausbau ist fast ganz vernachlässigt.«¹¹⁸⁰⁾

Interessanterweise spielten auch in Braunschweig bei der Einführung der graphischen Statik in das Vorlesungsprogramm Beziehungen zu Zürich eine Rolle. Richard Dedekind war 1862 von Zürich als Rektor nach Braunschweig gekommen. Auf Empfehlung von Culmann hatte er Anfang der 70er Jahren versucht den Culmann-Schüler und späteren Nachfolger von Culmann, Wilhelm Ritter, nach Braunschweig zu holen. Das Braunschweiger Angebot war allerdings nicht sonderlich attraktiv.¹¹⁸¹⁾ Ritter blieb zunächst in Zürich und ging

¹¹⁷⁷⁾Programm TH Braunschweig 1872/73, S. 14

¹¹⁷⁸⁾möglicherweise auch schon 1875/76. Das Programm dieses Jahres hatte ich ebenfalls nicht.

¹¹⁷⁹⁾Programm TH Braunschweig 1876/77, S. 18

¹¹⁸⁰⁾zitiert in Pump-Uhlmann [1995], S. 248

¹¹⁸¹⁾Pump-Uhlmann [1995], S. 241

dann 1873 nach Riga.

Als Nachfolger für Körner wurde der Darmstädter Privatdozent Wilhelm **Schlink** berufen, der sich durch sein Lehrbuch *Statik der Raumbauwerke* einen Namen gemacht hatte.¹¹⁸²⁾

Schlink wurde *Professor für technische Mechanik und Statik der Baukonstruktion*. Er las bis zu seiner Rückkehr nach Darmstadt im Jahre 1921 *Graphische Statik*, WS 2 + 2 mit dem Inhalt:

»Wesen der graphischen Statik [...]. Kräfte- und Seileck, gegenseitige Beziehung dieser Gebilde. - Grundzüge der Theorie des ebenen Fachwerks, Spannungsermittlung, Kräftepläne. - das Raumbauwerk in seinen wichtigsten Anwendungsformen. - Trägheitsmomente. - Behandlung steinerer Stützen.«¹¹⁸³⁾

In seiner Vorlesung *Statik der Baukonstruktionen I*, WS 3 + 4, wurde die graphische Statik vorausgesetzt und »graphische und analytische Berechnungen von Dachstühlen [...und] weiteren Trägersystemen des Hochbaues« durchgeführt. Außerdem wurden »statisch bestimmte und unbestimmte Konstruktionen und Einflußlinien.«¹¹⁸⁴⁾ behandelt. Ob er auch in seinen Vorlesungen *Technische Mechanik I bis III* graphische Methoden benutzte, ist dem Programm nicht zu entnehmen.

Projektive Geometrie bzw. synthetische Geometrie wird erst wieder gelehrt, nachdem Heinrich **Timerding** die Professur für darstellende Geometrie übernommen hat. Er versuchte 1910 unter dem Titel *Die Theorie der Kräftepläne. Eine Einführung in die graphische Statik*

»die Theorie der Kräftepläne, so wie sie aus dem festen Boden der Technik heraus in die luftigen Regionen der geometrischen Spekulation hineinwächst, im Zusammenhang darzustellen.«¹¹⁸⁵⁾

Sein Buch soll kein Lehrbuch der graphischen Statik sein, es befaßt sich hauptsächlich mit den theoretischen Hintergründen der Kräftepläne: Reziprozität, Nullsysteme und Polarensysteme. Seine Herleitungen sind durchgehend analytisch. Er wendet sich sowohl an Techniker, um ihnen zu zeigen, daß scheinbar abstrakte Theorien sehr hilfreich sein können, als auch an die Mathematiker, damit sie »nicht ohne Wohlgefallen sehen, wie dicht am Wege der Praxis die schönsten Blumen der Theorie blühen.«¹¹⁸⁶⁾

B.4 TH Breslau

1910 Königlich Preußische Technische Hochschule

Gerhard **Hessenberg** hatte von 1910 - 1918 den Lehrstuhl für darstellende Geometrie inne und las zumindest in den ersten Jahren auch *Graphische Statik*, SS 2 + 2. Ludwig **Mann** war von 1910 bis 1936 Leiter des *Instituts für Mechanik und Statik* und führte den Lehrstuhl vertretungsweise bis 1939 weiter. Er las hauptsächlich Statik der Baukonstruktionen, und zumindest zeitweilig auch *Graphische Statik I*, WS 3 + 2, II, SS 4 + 2¹¹⁸⁷⁾.

¹¹⁸²⁾Pump-Uhlmann [1995], S. 248

¹¹⁸³⁾Programm TH Braunschweig 1908/09

¹¹⁸⁴⁾Programm TH Braunschweig 1908/09

¹¹⁸⁵⁾Timerding [1910], S. III

¹¹⁸⁶⁾Timerding [1910], S. IV

¹¹⁸⁷⁾Belege nur für die Studienjahre 1916/17 bis 1918/19. Kalender der THen

B.5 TH Brunn

1850 Technische Lehranstalt

1867 K. k. technisches Institut

1873 Deutsche Technische Hochschule

Seit wann an der TH Brunn graphische Statik gelehrt wurde, weiß ich nicht. Professor Karl **Hellmer** las zumindest seit 1870¹¹⁸⁸⁾ Statik und Mechanik, wobei er u.a. Seilpolygon und Kettenlinie behandelte, aber wohl keine graphische Statik. Von 1871 bis 1873 war Edmund **Autenrieth** *Professor für Baumechanik* in Brunn, er war vorher Assistent bei Otto Mohr in Stuttgart und wurde nachher dessen Nachfolger. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß er graphische Methoden verwendete, und zwar im Mohrschen Sinne.

In Brunn wurde also sicherlich graphische Statik gelesen, lange bevor im Jahre 1886 Joseph **Melan** als a. ord. *Professor für Baumechanik, graphische Statik und Baukonstruktionslehre* kam. Melan las von 1886 bis 1894 *Graphische Statik und graphostatische Übungen*, WS 2 und SS 1½ + 2. Obwohl der Lehrstuhl zur allgemeinen Abteilung gehörte, war die Vorlesung stark anwendungsorientiert. In der ausführlichen Inhaltsangabe¹¹⁸⁹⁾ gibt es keine Anzeichen für die Verwendung von projektiven Methoden. Inhaltlich umfaßte sie die üblichen Themen: von der graphischen Zusammensetzung der Kräfte, über das Seilpolygon, die inneren Kräfte in massiven Trägern, über Einflußlinien bis zum ebenen und räumlichen Fachwerk, der Biegelinie und dem kontinuierlichen Träger.

Als Melan 1894 die ordentliche *Professur für Brückenbau* übernahm, erhielt Paul **Neumann** die *Professur für Baumechanik, graphische Statik und Baukonstruktionslehre*, die dabei in eine ordentliche österreichische Professur umgewandelt wurde. Neumann las von 1894 bis mindestens 1904 unter verschiedenen Titeln über graphische Methoden: *Grundzüge der graphischen Statik, Elasticitäts- und Festigkeitslehre*, WS und SS 2 + 1, später wurde die Vorlesung geteilt *Grundzüge der graphischen Statik*, SS 2 + 1. Spätestens 1909 wurde keine eigene Vorlesung in graphischer Statik mehr angeboten.¹¹⁹⁰⁾

B.6 TH Danzig

1904 Königlich Preußische Technische Hochschule

Friedrich **Schilling** war von 1904 bis 1936 *Professor für darstellende Geometrie* in Danzig, er las vermutlich von 1904 bis mindestens 1919¹¹⁹¹⁾ *Graphische Statik*, SS 2 + 3. Schilling war an der Universität Göttingen Direktor der Sammlung mathematischer Modelle gewesen. Er hatte bereits in Göttingen, im SS 1903, eine Vorlesung *Graphische Statik mit Übungen* gehalten. In Göttingen stand unter dem Einfluß Felix Kleins die angewandte Mathematik hoch im Kurs, wobei aber die graphische Statik neben der Kinematik eher zu den Randgebieten zählte. Immerhin hatte Schilling bei Ferienkursen für Oberlehrer in Göttingen, Ostern 1904, in seinen Vorträgen *Über die Anwendungen der*

¹¹⁸⁸⁾Deutscher Universitäts- und Schulkalender Studienjahr 1870/71

¹¹⁸⁹⁾Programm TH Brunn 1889/90, S. 32

¹¹⁹⁰⁾Kalender der THen 1909/10

¹¹⁹¹⁾Belege nur für die Studienjahre 1909/10, 1916/17 bis 1918/19. Kalender der THen

Darstellenden Geometrie insbesondere über die Photogrammetrie auch über graphische Statik berichtet.¹¹⁹²⁾

Schilling spielte für die Verbreitung des graphischen Rechnens neben Rudolf Mehmke eine wichtige Rolle. Insbesondere veröffentlichte Schilling eine kleine Broschüre *Über die Nomographie von d'Ocagne*. Nach seinen Angaben stammt die Bezeichnung Nomographie von ihm.¹¹⁹³⁾

Reinhard **Krohn** war von 1904 bis 1932 *Professor für Statik der Baukonstruktionen und Brückenbau*. Er hatte bereits in seiner Aachener Zeit graphische Statik gelesen, also vermutlich auch in Danzig.

B.7 TH Darmstadt

1868 Polytechnische Schule

1877 Technische Hochschule

Die graphische Statik hielt mit Rudolf **Sturm** in Darmstadt Einzug. Er war von 1872 - 1878 ord. *Professor für darstellende und synthetische Geometrie und graphische Statik*¹¹⁹⁴⁾. Diese Formulierung zeigt bereits, daß er ein Mann der projektiven Geometrie war. Er gehörte zu den Mathematikern, die angeregt durch Fiedler und Culmann die projektive Geometrie als eine Grundlagendisziplin betrachteten, in der die anwendungsnäheren Disziplinen ihre natürliche Grundlage finden. Er benannte daher die Vorlesung *Darstellende Geometrie* um in *Synthetische und darstellende Geometrie I*, SS und WS 4 + 6. 1874 veröffentlichte er ein Lehrbuch über darstellende Geometrie, das seine Konzeption zeigt. Er sah die darstellende Geometrie als Lebensnerv der neueren Geometrie und behandelte sie daher in enger Verbindung mit der projektiven Geometrie. In der *Graphischen Statik*, SS 2 + 2, die er jedes Jahr las, betonte er noch stärker die geometrischen Aspekte. In der Inhaltsübersicht im Programm heißt es:

»Kräfte an einem Punkte: Kräftepolygon. Kräfte in einer Ebene: Seilpolygon, reciproke Figuren. Kräftepaare. Moment in Bezug auf einen Punkt. Kräfte im Raum: Momentenpolygon, Moment in Bezug auf eine Axe. Parallele Kräfte mit festen Angriffspunkten: Mittelpunkt, erstes und zweites Moment eines ebenen Systems in bezug auf eine Gerade, Trägheitscurven.«¹¹⁹⁵⁾

Die Vorlesung hatte sowohl das Ziel, Grundlagen für die graphischen Methoden der Baustatik zu legen, als umgekehrt, die Wirksamkeit der projektiven Methoden zu zeigen. Die graphische Statik, die weit in die ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen hineinreichte, unterstützte den Anspruch der projektiven Geometrie als Basisdisziplin. Sturm gehörte zu den Mathematikern an technischen Hochschulen, denen an Anerkennung ihrer Disziplin durch die Mathematiker-Gemeinde mehr gelegen war als am Nutzen für die Adressaten, die technischen Disziplinen.

¹¹⁹²⁾Schilling [1904], *Reine graphische Statik* S. 40-48 und *Ingenieurwissenschaft oder angewandte graphische Statik* S. 79-86

¹¹⁹³⁾Schilling [1904], S. 53

¹¹⁹⁴⁾Titel zitiert nach Programm Darmstadt 1874/75, S. 14. Möglicherweise galt dieser Lehrstuhl-Titel nicht von Anfang an.

¹¹⁹⁵⁾Programm TH Darmstadt 1874/75, S. 34

Die darstellende Geometrie wurde in der Prüfungsordnung des Jahres 1899 für Lehramtskandidaten zur angewandten Mathematik gerechnet. Sturm kommentierte dies in der zweiten Auflage seiner *Elemente der darstellenden Geometrie* mit dem Satz: »sie ist nicht bloß angewandte Mathematik«. Der Status der Anwendungen war auch um die Jahrhundertwende in den mathematischen Fakultäten nicht sehr hoch.

Dennoch paßte Sturm sein Buch über darstellende Geometrie an die neue Prüfungsordnung an, nachdem an der Universität Breslau die darstellende Geometrie übernommen hatte. Dualität hatte er beispielsweise vorher nicht behandelt, zeichnerische Gesichtspunkte hatte er an der TH höher bewertet.

Sturms Vorlesung über graphische Statik atmete den Geist der Methodenreinheit. Die baustatischen Fragen selbst tauchten in seiner Vorlesung überhaupt nicht auf, weder Fachwerk, noch Erddruck, noch Gewölbe, noch kontinuierlicher Träger, auch nicht das graphische Rechnen werden erwähnt. Insofern entspricht sein Ansatz zwar den Intentionen Culmanns aber nicht der Culmannschen Praxis.

Für die Anwendung der graphischen Methoden war der Professor für Ingenieurwissenschaften, Theodor **Schäffer**, zuständig. Er behandelte in seiner Vorlesung *Theorie der Constructionen*, WS und SS, 3 bis 4 + 3 bis 6., u. a. »Anwendung analytischer und graphostatischer Methoden«¹¹⁹⁶⁾, er setzte die Vorlesung *Graphostatik* voraus, die es gar nicht gab. Ob diese Begriffsunterschiede ein Zeichen mangelnder Abstimmung der beiden Vorlesungen aufeinander sind, weiß ich nicht, es ist jedenfalls denkbar, daß Schäffer aus der Sturmschen Vorlesung für die Baufragen wenig profitierte.

Sturm wechselte 1878 an die Universität Münster und von dort 1892 an die Universität Breslau, an der er studiert hatte. Es zog ihn offensichtlich nicht an eine technische Hochschule zurück.

Mit dem Professor für Maschinenbau, Felix **Lincke**, war in diesen Jahren ein Mann in Darmstadt, der Erfahrungen mit graphischer Statik aus Zürich mitbrachte. Lincke war in den Jahren 1869 - 1872, Privatdozent für Maschinenbau an der ETH Zürich und las damals u. a. *Elemente der Graphostatik*, allerdings knüpfte er dabei sicherlich eher an Reuleaux als an Culmann an.

Sturms Nachfolger in Darmstadt kam ebenfalls aus Zürich. Lebrecht **Henneberg** wurde zunächst außerordentlicher *Professor für darstellende und synthetische Geometrie und graphische Statik*. Henneberg hatte sich 1876 an der ETH für Mathematik und mathematische Physik habilitiert und war dann zwei Jahre Privatdozent für Mathematik an der ETH gewesen. Seine Vorlesungen behandelten damals Gebiete aus der mathematischen Physik, er las über *Theorie der Attraction, Elastizitätstheorie, Besselsche Funktionen, Kugelfunktionen* und *Minimalflächen*¹¹⁹⁷⁾. Von seinem Arbeitsgebiet her hatte er also wenig unmittelbare Berührungspunkte mit Culmann. In Darmstadt las er in den ersten Jahren dieselben Vorlesungen wie Sturm. Im Programm wurden die Sturmschen Inhaltsübersichten unverändert abgedruckt. Im Studienjahr 1880/81 gab es eine kleinere Umstrukturierung. Die Mechanik-Vorlesung, die

¹¹⁹⁶⁾Programm TH Darmstadt 1874/75, S. 43

¹¹⁹⁷⁾Programm ETH 1876/77, 1877/78

bisher von Professor Nell zusammen mit der Geodäsie vertreten wurde, übernahm Henneberg. Nell war nun Professor für Geodäsie und Henneberg Professor für Mathematik¹¹⁹⁹⁾. Hennebergs Vorlesung hieß nun *Mechanik I (einschließlich der graphischen Statik)*, WS 4 + 2, SS 6 + 2. Den Inhaltsübersichten nach zu urteilen, hatte dies keine Auswirkung auf den Inhalt der Vorlesungen. Henneberg hielt bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1820 eine Mechanik-Vorlesung, die eine Einführung in die graphische Statik umfaßte.¹¹⁹⁹⁾

Die wirkliche Bedeutung Hennebergs für die graphische Statik wird aus dem Vorlesungsverzeichnis nicht sichtbar. Henneberg verfaßte eine ganze Reihe Artikel über graphische Statik und Fachwerktheorie. Insbesondere das viel zitierte Lehrbuch *Die graphische Statik der starren Systeme* aus dem Jahre 1911. Er veröffentlichte außerdem einige Übersichtsartikel, insbesondere schrieb er 1903 für die *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften* den Artikel *Die graphische Statik der starren Körper*.

Neben Henneberg las der Privatdozent für Ingenieurwissenschaften Leo **Willmann** über graphische Statik. Im WS 1879/80, WS 1880/81, WS 1883/84, 1884/85 wurde von ihm *Die Anwendungen der graphischen Statik auf statisch bestimmte Systeme*, WS 2, angeboten. Er baute dabei auf Hennebergs Vorlesung auf.

In der Ingenieurabteilung las der *Professor für Ingenieurwissenschaften* Theodor **Landsberg** ab 1881 *Statik der Baukonstruktionslehre*, wobei er graphische Statik voraussetzte.

1884 bis 1894 war Rudolf **Mehmke** *Professor für Mathematik*, er wurde später zusammen mit Runge einer der führenden Förderer der graphischen Methoden in der Mathematik, von Ihm stammte auch der Artikel in der *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften* über das numerische Rechnen¹²⁰⁰⁾, in dem auch die graphischen Methoden behandelt werden. Mehmke las vom WS 1892/93 bis zum WS 1894/95 *Graphisches Rechnen*, 1 + 0.

B.8 TH Dresden

1851 Königliche Polytechnische Schule

1871 Königlich sächsisches Polytechnikum

1878 Erlaß einer Habilitationsordnung

1890 Königlich sächsische Technische Hochschule

In Dresden lehrten lange Jahre zwei der bedeutendsten Bauingenieure des 19. Jahrhunderts. Emil **Winkler** wurde 1860 Assistent in Dresden, habilitierte sich hier 1863 und lehrte Ingenieurwissenschaften bis er 1865 eine a. ord. Professur für *Wasser- und Straßenbau* in Prag erhielt. Möglicherweise behandelte er schon in Dresden graphische Verfahren, allerdings hielt er keine Vorlesungen mit der graphischen Statik im Titel, außerdem behandelte er in seinen Veröffentlichungen aus dieser Zeit keine graphischen Methoden, dort ging es um ein experimentelles Verfahren zur Untersuchung des Erddrucks und

¹¹⁹⁹⁾ Programm Darmstadt 1884/85, S. 5

¹¹⁹⁹⁾ Belegt bis 1909/10. Kalender THs [1909/1910]

¹²⁰⁰⁾ Mehmke [1902]

Reisenotizen über Rheinbrücken¹²⁰¹⁾. Während Winklers Karriere erst richtig begann als er Dresden verlassen hatte, kam Otto **Mohr** 1873 als international anerkannter Ingenieurwissenschaftler von Stuttgart nach Dresden und blieb hier 27 Jahre. Obwohl Winkler keine graphische Statik gelesen hatte, fand sie Mohr 1873 schon vor. Wilhelm **Fränkel** hatte bereits seit 1866, damals noch Assistent¹²⁰²⁾, die graphische Statik in das Lehrprogramm eingefügt. Er las seine *Graphostatik* von 1866 bis zum SS 1893. Fränkel war Ingenieurwissenschaftler, seine wichtigsten Leistungen erbrachte er auf dem Gebiet der Brückenmeßtechnik, er entwickelte einen Dehnungsmesser.¹²⁰³⁾ Auch seine Arbeiten zur graphischen Statik zeigen sein ingenieurwissenschaftliches Interesse. Zur Erinnerung: von ihm stammt das Bonmont, Culmanns graphische Statik sei ein versenkter Nibelungenschatz¹²⁰⁴⁾. Mit Mohr hatte er einen Kollegen, der von der ersten Stunde an gegen die Verwendung der Geometrie der Lage polemisiert hatte. Dennoch schien es 1880 nötig, »zur Unterstützung der Graphostatik [...] für die Ingenieur-Abteilung eine regelmäßige Vorlesung über *Geometrie der Lage* (durchschnittlich 4 Wochenstunden in einem Semester)«¹²⁰⁵⁾ einzuführen.

Die *Technische Mechanik* nahm 1876 die Elemente der Graphostatik auf.¹²⁰⁶⁾ 1894 übernahm Mohr als Nachfolger von Zeuner die *Technische Mechanik und Festigkeitslehre* und führte gleichzeitig die *Graphostatik* von Fränkel weiter, die er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1900 jeweils im SS vortrug. Sein Nachfolger wurde Martin **Grübler**, er war 1925 ord. *Professor für technische Mechanik* und gehörte im Unterschied zu Mohr zur allgemeinen Abteilung. Grübler hatte in Leipzig und Dresden studiert und war dann von 1880 bis 1885 *Privatdozent für technische Mechanik* am Züricher Polytechnikum, 1886 bis 1896 war er ord. *Professor für Mechanik* in Riga, er veröffentlichte hauptsächlich zur Kinematik, aber auch über Fachwerktheorie und über technische Mechanik. Er gilt neben Reuleaux und Burmester als einer der Begründer der Getriebelehre. Burmester war im übrigen von 1872 bis 1887 *Professor für darstellende Geometrie und synthetische Geometrie* in Dresden, ehe er an die TH München wechselte. Er gehörte zu den Kinematikern, die die projektive Geometrie in der Kinematik nutzten. Grübler las dagegen seine *Graphostatischen Übungen*, SS 0+2 im Mohrschen Sinne.

In der Ingenieurabteilung war Georg **Mehrtens** von 1895 bis 1913 ord. *Professor für Baukonstruktionen, Brückenbau und Festigkeitslehre*¹²⁰⁷⁾, er las keine eigenständige Vorlesung zur graphischen Statik, benutzte aber in seinen Vorlesungen und Büchern graphische Methoden. Er war um die Jahrhundertwende einer der führenden Brückenexperten, seine Denkschrift über den deut-

¹²⁰¹⁾Winkler [1865 Boden], Winkler [1865 Reise]

¹²⁰²⁾Jahrhundert TH Dresden [1928], S. 153

¹²⁰³⁾Jahrhundert TH Dresden [1928], S. 61

¹²⁰⁴⁾Abschnitt 3.10

¹²⁰⁵⁾Jahrhundert TH Dresden [1928], S. 153

¹²⁰⁶⁾Jahrhundert TH Dresden [1928], S. 153

¹²⁰⁷⁾Personalverzeichnisse der TH Dresden 1905 bis 1913

schen Brückenbau¹²⁰⁸⁾ wird noch heute häufig zitiert.

Erich **Treffz** war von 1922 bis 1937 ord. *Professor für technische Mechanik* in der mechanischen Abteilung, er las bis 1926 *Graphostatik*, SS 3 + 2, danach wurde die Vorlesung von Prof. Weber weitergeführt.

Noch zu Mohrs Zeiten, SS 1897 bis WS 1899 wurde vom Privatdozenten Harry **Gravelius** an der allgemeinen Abteilung *Graphische und numerische Integration in ihrer Anwendung auf Mechanik und Physik*, 1 + 1 gelesen, Gravelius wurde später Professor für Wasserwirtschaft in Dresden.

B.9 TH Graz

1811 als Museum gegründet

1830-1850 naturwissenschaftliche Lehranstalt an das Grazer Lyceum angeschlossen, Aufnahme technischer Fächer

1861 reorganisiert

1864 Technische Hochschule in Verwaltung des Landes Steiermark

1874 k. k. Technische Hochschule

Nach Antonio Favaro wurde in Graz schon vor 1873 graphische Statik gelehrt¹²⁰⁹⁾, dazu konnte ich allerdings keine Belege finden.

Ab 1874 las Franz **Stark**, *Professor für Mechanik und theoretische Maschinenlehre, Elemente der Mechanik mit Rücksicht auf die graphischen Methoden*, WS und SS 2+0. Aufgeführt wurde diese Vorlesung im Programm unter den *Mathematischen Fächern* unmittelbar nach der Vorlesung *Elemente der Geometrie der Lage*, die von einem Privatdozenten gelesen wurde. Dennoch spricht nichts für eine Beziehung zur projektiven Geometrie, eine Inhaltsübersicht gibt es nicht im Programm.

Ab 1880/81 firmierte die Vorlesung unter dem Namen *technische Mechanik* und enthielt nach der jetzt vorhandenen Inhaltsübersicht keine graphischen Methoden. Dafür gab es in der Bauingenieurabteilung zunächst einen a. ord. - ab 1889 ord. - *Professor für Baumechanik und graphische Statik*. Carl **Stelzel** las eine Vorlesung *Baumechanik: Grundzüge der graphischen Statik*, WS und SS 6. Die Inhaltsübersicht beginnt mit dem Stichwort *Elemente der neueren Geometrie* und orientiert sich eng an der Culmannschen *Graphischen Statik* von 1875. In einem zweiten Teil der Vorlesung wurden verschiedenen Fragen, wie Erddruck und Gewölbestatik, analytisch und graphisch behandelt. Später übernahm Ferdinand **Wittenbauer**, seit 1891 ord. *Professor für technische Mechanik, die graphische Statik* in seine Vorlesung *Allgemeine Mechanik I (einschließlich der Elemente der graphischen Statik)*, WS 4 + 3. Man kann unterstellen, daß die projektiven Teile dabei verschwanden. Seine Mechanik-Vorlesung wurde bis mindestens 1919 in dieser Form gehalten. Wittenbauer führte die graphische Dynamik von Pröll weiter!!

B.10 TH Hannover

1831 Höhere Gewerbeschule zu Hannover

1847 Königliche Polytechnische Schule zu Hannover

¹²⁰⁸⁾Mehrtens [1900]

¹²⁰⁹⁾Favaro [1873 Grafica], S. 2

1879 Königliche Technische Hochschule zu Hannover

August Ritter führte 1859 unter dem Namen höhere Mechanik die technische Mechanik ein. Graphische Methoden spielten bei Ritter eine untergeordnete Rolle. Die graphische Statik hielt erst im Jahre 1870 mit seinem Nachfolger, dem Maschineningenieur Wilhelm **Keck**, Einzug in Hannover. Keck war vorher als Ingenieur bei einer Bahngesellschaft tätig. Er war für die graphische Statik zuständig bis zu seinem Tod im Jahre 1900. Im Unterschied zu den meisten anderen Hochschulen war die graphische Statik für alle Abteilungen in der Maschinenbauabteilung angesiedelt und er las wohl auch bis 1900 *Graphische Statik*, 1+0¹²¹⁰). Keck veröffentlichte bereits 1870 in der *Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins Hannover*, deren Redakteur und Herausgeber er später lange Jahre war, *Ueber die Ermittlung der Spannungen in Fachwerkträgern mit Hilfe der graphischen Statik*¹²¹¹). Er publizierte auch später über graphische Statik¹²¹²), dagegen enthalten seine *Vorträge über Mechanik*¹²¹³) keine graphischen Lösungen.

Keck hatte seiner Veröffentlichung nach zu urteilen, seine Vorlesung ganz praktisch ausgerichtet. Als Ludwig **Kiepert** 1879 als Nachfolger von Friedrich Grelle von Darmstadt nach Hannover kam, wurde die Vorlesung *Geometrie der Lage* eingerichtet und von Kiepert als Vorbereitung für die *Graphische Statik* gelesen.

»Als später in der Anschauung über die Zweckmäßigkeit einer derartigen geometrischen Einführung ein Wandel eintrat, gab Kiepert die Vorlesung nicht auf, sondern gestaltete sie aus zu einer *Sondervorlesung* für besonders mathematisch interessierte Studierende.«¹²¹⁴)

Kiepert las die Vorlesung bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1921.

Nach Kecks Tod wurde die *technische Mechanik* neu geordnet,¹²¹⁵) die graphische Statik erschien damit nicht mehr in den Vorlesungsverzeichnissen. Sie war aber vor 1900 zweifellos auch in der Ingenieurabteilung präsent und blieb es auch danach, dort lehrten u. a. von 1883 bis 1886 Heinrich Müller-Breslau und von 1880 bis 1910 Georg Barkhausen.

1907 bis 1911 hatte Karl **Wieghardt** die neu eingerichtete a. ord. *Professur für angewandte Mathematik und Mechanik* inne. Wieghardt war danach in Wien für graphische Statik zuständig.

Von 1908 bis 1931 hatte Robert **Otzen** einen *Lehrstuhl für Eisenbau und Statik* inne, von ihm stammt das beliebte Buch *Praktische Winke zum Studium der Statik und zur Anwendung ihrer Gesetze. Ein Handbuch für Studierende und praktisch tätige Ingenieure*¹²¹⁶). Auch er hat vermutlich in seinen Vorlesungen von den graphischen Verfahren Gebrauch gemacht.

¹²¹⁰) Nachweis für WS 1893/94, WS 1894/95, WS 1897/98

¹²¹¹) Seperatabdruck. Hannover 1872

¹²¹²) Keck [1894]

¹²¹³) Keck [1896], Keck [1897]

¹²¹⁴) 100 Jahre [1931], S. 25

¹²¹⁵) 100 Jahre [1931], S. 240

¹²¹⁶) Otzen [1911]

B.11 TH Karlsruhe

1825 Polytechnische Schule Karlsruhe

1832 Neuorganisation durch Nebenius. Hochschulcharakter

1885 Technische Hochschule Karlsruhe

Christian **Wiener** las von 1873 bis 1896 jeweils im Sommersemester 2 Stunden *Graphische Statik und konstruktive Übungen*, WS 2 + 2, im ersten Jahr WS 1873/74 sogar 3 + 4.

Christian Wiener war *Professor für darstellende Geometrie* und gehörte damit zur Allgemeinen Abteilung. Von 1880 bis 1896 wurde die graphische Statik in die Lehrstuhlbezeichnung aufgenommen, er wurde im Personalverzeichnis als *Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik* geführt. Das Karlsruher Programm gab keine Inhaltsangaben der Vorlesungen an, aber an den Fragen zur Diplomprüfung läßt sich sehen, daß Wiener baustatischen Problemen große Bedeutung beimaß. Im Studienjahr 1876/77 stellte er zwei Aufgaben zur graphischen Statik. In einer davon waren die Spannungen der Stäbe eines »parabolischen Fachwerkträgers« bei gegebener Eigenlast und einer ebenfalls gegebenen beweglichen Last zu bestimmen.¹²¹⁷⁾ 1877/78 waren die Spannungen der Stäbe eines »französischen Dachstuhles« bei gegebenem Eigengewicht, Schneedruck und Winddruck zu bestimmen. Außerdem war die Drucklinie eines Gewölbes mit 25m-Spannweite zu konstruieren.¹²¹⁸⁾ Weitere Prüfungsthemen waren Continuierlicher Balken (1877/78), Seilpolygon für 7 Kräfte (1880/81), Schwerpunkt-Konstruktion und Zentralellipse (1884/86). Von projektiver Geometrie ist in all diesen Aufgaben nie die Rede. Wiener schloß sich auch nicht der Fiedlerschen Richtung in der darstellenden Geometrie an.

Seine Nachfolge trat im WS 1896/97 Friedrich **Schur** an. Schur kam von der TH Aachen, an der er Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik war. In Karlsruhe wurde der Wienersche Lehrstuhl mit der Umbesetzung in eine Professur für Geometrie umbenannt.

Er führte die Vorlesung *Graphische Statik* weiter, aber mit 2 + 2 Stunden und jeweils im Winter bis zum WS 1908/09.

Schur hatte bereits an der TH Aachen graphische Statik gelehrt. Über den Inhalt seiner Vorlesung kann man sich ein gutes Bild machen, da »aus Vorlesungen [...] an den technischen Hochschulen zu Aachen und zu Karlsruhe von 1892 bis 1900« im Jahre 1915 ein Buch mit dem Titel *Vorlesungen über graphische Statik* entstand. Darin wird deutlich, daß er sich mit besonderer Akribie bemühte, die projektive Geometrie aus dieser Vorlesung herauszuhalten. Er bot um seinen Exaktheitsansprüchen zu genügen für die Schlüsselstellen der Reziprozität, die Unabhängigkeit der Resultierenden vom Pol beim Seileckverfahren, einen elementargeometrischen Beweis.

Schur brachte Friedrich **Schilling** aus Aachen mit. Schilling hatte bei Felix Klein in Göttingen promoviert und sich 1896 in Aachen habilitiert. Schilling ging aber bereits 1899 nach Göttingen zurück, dort konzentrierte er sich auf

¹²¹⁷⁾Programm Karlsruhe 1876/77, Teil D, Abschnitt F Aufgabe 4

¹²¹⁸⁾Programm Karlsruhe 1877/78, Teil D, Abschnitt F Aufgabe 5 und 6

angewandte Mathematik und Mathematik-Didaktik, befaßte sich mit Photogrammetrie, Nomographie und baute eine umfangreiche Modellsammlung auf. Schur verließ 1909 Karlsruhe und folgte einem Ruf an die Universität Straßburg. Damit endete seine Vorlesungstätigkeit in Sachen graphischer Statik. Vom WS 1909/10 bis WS 1916/17 führte Martin **Distel** die Vorlesung weiter. Er war 1900 bis 1902 a. ord. Professor in Karlsruhe gewesen und hatte dann nach zwei Jahren in Straßburg von 1904 bis 1909 eine *Professur für darstellende Geometrie* in Dresden.

Im WS 1918/19 wurde die graphische Statik von Hans **Mohrmann** gelesen. Danach wurde immer wieder graphische Statik angeboten, z. B. von Schachenmeier und von Sanden. Regelmäßig wurde in den 20er Jahren graphisches Rechnen gelesen von Brandt (graphisches und numerisches Rechnen) bzw. von Sanden (Angewandte Mathematik).

B.12 TH München

1827 Polytechnische Zentralschule in München

1833 Auflösung der Zentralschule und Neugründung der Polytechnischen Schulen in München, Nürnberg und Augsburg

1868 Reorganisation: Königlich Polytechnische Schule zu München

1877 Technische Hochschule

Bei der Reorganisation des Münchner Polytechnikums im Jahre 1868 unter der Leitung von Carl von Bauernfeind spielte die graphische Statik eine prominente Rolle. Wie im biographischen Kapitel (Abschnitt 1.9.5) erläutert, war die erste der drei geplanten Ingenieurprofessuren auf Culmann zugeschnitten: *Graphische Statik. Erdbau-, Strassen-, Eisenbahn-, Brücken- u. Tunnelbau*. Als Culmann das Angebot nicht annahm, erhielt Johann **Bauschinger** die Zuständigkeit für die graphische Statik. Er wurde *Professor für technische Mechanik, graphische Statik und Elementar-Mechanik*. Sein Lehrstuhl gehörte nicht zur *Ingenieur-Abtheilung*, sondern zur *mechanisch-technischen Abtheilung*. Bauschinger hatte den Lehrstuhl nur unter der Bedingung angenommen, daß »eine Versuchsanstalt zur Ermittlung der physikalischen und vornehmlich der Festigkeitseigenschaften der Baustoffe errichtet würde«¹²¹⁹⁾. Sein Lehrstuhl wurde daher wie das *mechanisch-technische Laboratorium der mechanisch-technischen Abtheilung* zugeordnet.

Johann Bauschinger las vom Studienjahr 1868/69 an *Graphische Statik*, zunächst SS 2 + 2, später SS und WS 2. Inhaltlich befaßte er sich dabei mit der »Zusammensetzung der Kräfte mittelst des Kräfte-, Seil- und Momentenpolygons. Spezielle Behandlung paralleler Kräfte in einer Ebene. Der Schwerpunkt. Das Trägheitsmoment. Das Central-Ellipsoid und der Centrakern. Anwendungen.«¹²²⁰⁾

Der Status der Vorlesung war nicht besonders hoch, sie stand lediglich im Studienplan der Maschinen-Ingenieure und gehörte dort nicht einmal zu den obligatorischen Veranstaltungen.

Dies ist umso erstaunlicher als Bauschinger durch sein vielgelobtes und nur

¹²¹⁹⁾NDB, Bd. 1; S. 674

¹²²⁰⁾Programm TH München, 1872/73, S. 17

von Culmann kritisiertes Lehrbuch (siehe Abschnitt 3.10.3), das auf die projektive Geometrie verzichtete, zur Verbreitung der graphischen Statik wesentlich beitrug. Sein Buch wurde in mehrere Sprachen übersetzt und noch häufiger zitiert bzw. abgeschrieben.

Möglicherweise behandelte er damals schon in seiner Vorlesung *Technische Mechanik* graphische Verfahren. Ab dem Studienjahr 1876/77 wurde jedenfalls die graphische Statik in die technische Mechanik integriert. Bauschinger las nun bis zu seinem Tod im Jahre 1893 *Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik*, SS 7 + 2 und WS 7 + 5. 1891/92 wurde bei unverändertem Titel die Inhaltsangabe im Programm neu formuliert. Die technische Mechanik wurde nun in vier Teilen präsentiert:

- »Ia: Statik des materiellen Punktes und des starren Körpers in rechnerischer Behandlung«, SS 4
- »Ib: Graphische Statik«, WS 3.
- »IIa: Theorie der Elastizität und Festigkeit«, WS 4
- »IIb: Dynamik¹²²¹⁾«, SS 3.

Die Vorlesungen von Bauschinger wurden im Programm im Abschnitt »A. Mathematische Wissenschaften« aufgeführt. Im Abschnitt mit den ingenieurwissenschaftlichen Vorlesungen fand sich lange Jahre eine weitere Vorlesung zur graphischen Statik. Der Privatdozent Wilhelm **Wittmann** las von 1875/76 - 1881/82 mit Variationen im Titel *Graphische Statik der wichtigsten Constructionen aus den Ingenieur- und Hochbaufache*, 2 + 2. Danach hielt Wittmann die Vorlesungen *Theorie der elastischen Bogenträger*, WS 1 und *Statik der Hochbaukonstruktionen*, SS 3 + 2. Vermutlich nutzte er auch dabei graphische Verfahren. In seinen Veröffentlichungen beschäftigte er sich zunächst nur mit graphischen Verfahren, sowohl zur Erddruck- und Gewölbestatik als auch zu Maximalmomenten beweglicher Lastsysteme. 1879 begann er mit der Vorlesung über Statik der Hochbaukonstruktionen. Wittmann wurde 1889 a. ord. und 1891 ord. *Professor der Hochbau-Konstruktionslehre und der Baumateriallehre*.

Bauschingers Nachfolger wurde 1894 August **Föppl**. Die ersten beiden Studienjahre wurde er im Programm als *Professor für elementare und technische Mechanik, einschließlich analytischer Mechanik sowie für graphische Statik* aufgeführt. 1895/96 verschwand die graphische Statik aus der Lehrstuhlbeschreibung, er wurde jetzt kurz *Professor für Mechanik* genannt. Der Lehrstuhl gehörte unverändert zur mechanisch-technischen Abteilung. Der Inhaltsangabe im Programm nach zu urteilen, übernahm Föppl die Vorlesung von Bauschinger ungeändert. Begleitend zu seiner Vorlesung veröffentlichte er ein vielbändiges Lehrbuch über technische Mechanik, dessen 2. Band den Titel *Graphische Statik* trug.

Föppl hatte sich bereits in seiner ersten Veröffentlichung aus dem Jahre 1877 mit graphischen Verfahren befaßt¹²²²⁾. In den 80er Jahren machte er durch etliche Arbeiten zur Fachwerktheorie, vor allem über räumliche Fachwerke

¹²²¹⁾Programm TH München 1891/92

¹²²²⁾Föppl: Die graphische Lösung technischer Aufgaben. Leipzig 1877

und über Gewölbe¹²²³⁾ auf sich aufmerksam. Der Katalog der ETH-Bibliothek aus dem Jahre 1896 führt seine *Theorie des Fachwerks*¹²²⁴⁾ mit dem Hinweis auf: »Angehängt der betreffende Briefwechsel mit Culmann.«¹²²⁵⁾ Leider konnte ich diesen Briefwechsel nicht auffinden, angehängt ist er jedenfalls nicht mehr.

Föppl führte als erster die Vektorrechnung in der Elektrodynamik ein. Seit dem SS 1896 trug er in seiner dreistündigen Vorlesung *Maxwell'sche Theorie der Elektrizität* darüber vor. Bereits 1878 benutzte er die Bezeichnung statisch bestimmt / unbestimmt¹²²⁶⁾. Ich kenne keine frühere Verwendung dieses Begriffs.

Erwähnenswert ist außerdem, daß in München bereits ab 1880/81 eine Vorlesung *Über mechanisches und graphisches Rechnen* gehalten wurde mit dem Inhalt: Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter etc.

Sie war aus der Vermessungskunde hervorgegangen, in deren Rahmen z. B. im WS 1877/78 eine Vorlesung *Genauigkeit geo. Messungs- und Rechnungs-methoden*, WS 2 + 2, gehalten wurde.

B.13 TH Prag

1806 Polytechnisches Institut

1864 reorganisiert

1869 Teilung in 2 Schulen, eine deutsches und ein böhmisches technisches Landespolytechnikum des Königreiches Böhmen¹²²⁷⁾.

1879 Deutsche Technische Hochschule Prag

Bis zur Aufteilung waren die meisten Lehrstühle doppelt besetzt, die Vorlesungen fanden teils in tschechischer, teils in deutscher Sprache statt.

B.13.a Das deutsche technische Polytechnikum

Die Hochschule konnte einige renommierte Männer gewinnen. 1864 bis 1867 lehrte Wilhelm **Fiedler** *Darstellende Geometrie* und - allerdings nicht als obligatorisches Fach - *Geometrie der Lage*. Fiedler hatte 1859 bei Möbius in Leipzig promoviert. 1867 wechselte er nach Zürich als Nachfolger von Deschwanen, um die darstellende Geometrie in Culmanns Sinne umzugestalten. Sein Nachfolger wurde Karl Josef **Küpper** als Professor für Geometrie, er befaßte sich intensiv mit projektiver Geometrie und hatte schon als Lehrer in Trier eine *Einleitung in die Mechanik durch rein geometrische Betrachtungen* verfaßt.

1865 kam Emil Winkler aus Dresden als a. ord. Professor für *Wasser- und Straßenbau* nach Prag. In seine Prager Zeit fällt seine Einführung der »Einflußlinie« für die Bestimmung der »gefährlichsten Belastungsweise«. Unabhängig von ihm hat sie auch Mohr verwendet.¹²²⁸⁾ Die Bezeichnung Einflußlinie geht auf Jacob J. Weyrauch zurück. Winkler hat sie im Dezember 1867 beim böhmischen Architekten- und Ingenieurverein als ein »einfaches, halbgraphi-

¹²²³⁾Föppl [1880], Föppl [1881], Föppl [1883], Föppl [1887], Föppl [1892]

¹²²⁴⁾Föppl [1880]

¹²²⁵⁾Katalog [1896], S. 226

¹²²⁶⁾Föppl [1878]

¹²²⁷⁾Deutsche TH Prag [1906], S. 68-71

¹²²⁸⁾Mohr [1868], Mohr [1928], S. 381

sches Verfahren«¹²²⁹⁾ der Öffentlichkeit vorgestellt und dabei auch mitgeteilt, daß er das Verfahren seit »etwa drei Jahren« in seinen Vorträgen über Brückenbau benutzte. 1872 erschien seine *Vorträge über Brückenbau* als Buch. Zu diesem Zeitpunkt war er zwar nicht mehr in Prag - er hatte 1868 einen Ruf nach Wien erhalten -, aber die im Vorwort dargestellte Konzeption seiner Vorträge galt sicherlich auch schon in Prag:

»Dem Verfasser erschien es rathsam, der analytischen und graphischen Behandlung in möglichst gleichem Maasse gerecht zu werden, da jede dieser Methoden ihre Berechtigung hat. Die graphische Darstellung der Resultate ist schon längst üblich, da sie den wesentlichen Nutzen einer grösseren Uebersichtlichkeit gegenüber den Formeln und tabellarischen Zusammenstellungen bietet und weil man sich hierdurch vor Rechnungsfehlern schützen kann, da jede Unregelmäßigkeit sofort bemerklich wird.«

Bei seiner knappen Charakterisierung der graphischen Statik orientiert er sich eng an den Intentionen Culmanns.

»Während man früher entweder nur die Rechnungsergebnisse graphisch darstellte oder geometrische Constructionen aus den auf analytischem Wege gewonnenen Resultaten ableitete, ist in neuerer Zeit eine besondere Behandlungsweise der Statik, die sogenannte *graphische Statik* entstanden, welche die Gesetze auf rein geometrischem Wege entwickelt; hierdurch ist die Auffindung geometrischer Constructionen mehr dem Zufalle entrückt und für dieselbe eine wissenschaftliche Basis geschaffen. Immerhin aber wird hierdurch die analytische Behandlung nicht überflüssig, einestheils weil die graphische Statik noch nicht so weit ausgebildet ist, dass sie in allen Fällen ausreicht, andernteils, weil in einzelnen Fällen die analytische Methode einfacher und bequemer zum Ziele führt.«¹²³⁰⁾

Durch Winkler sind also die Inhalte der graphischen Methoden in Prag eingeführt worden, wenn auch nicht durch eine eigene Vorlesung und auch nicht auf der Grundlage der projektiven Geometrie. Winklers Nachfolger auf dem Lehrstuhl für *Straßen- und Wasserbau* wurde 1869 Andreas Rudolf **Harlacher**¹²³¹⁾. Mit ihm erreichte der direkte Einfluß Culmanns Prag. Harlacher hatte von 1860 bis 1863 bei Culmann Ingenieurwissenschaften studiert und war nach drei Jahren praktischer Ingenieurstätigkeit von 1866 bis 1869 Assistent bei Culmann. Vermutlich¹²³²⁾ führte er in Prag bald eine eigene Vorlesung über graphische Statik ein. Jedenfalls ließ er nicht viel Zeit verstreichen, um für die graphische Statik zu werben. Im WS 1869/70 kam er nach Prag und bereits im Dezember 1869 trug er in der Versammlung des *Deutschen Ingenieur- und Architektenvereines* in Böhmen über *Die Stützlinie im Gewölbe*¹²³³⁾ vor, um zu zeigen, daß die graphische Ermittlung weit zweckmäßiger ist, als die analytische Methode, die ein anderes Vereinsmitglied vorgetragen hatte:

»Selbst auf die Gefahr hin, dass uns als früherem Schüler Culmanns, nicht die nötige Unbefangenheit in der Beurteilung der analytischen gegenüber der graphischen Methode zugeschrieben werden möchte, erlau-

¹²²⁹⁾gedruckt in Winkler [1868], Zitat auf S. 1. Fortsetzung Winkler [1869]

¹²³⁰⁾Winkler [1875], Vorwort zur 1. Auflage S. II f

¹²³¹⁾Stark [1906], S. 79, S. 372

¹²³²⁾Die entsprechenden Vorlesungsprogramme lagen mir nicht vor.

¹²³³⁾Harlacher [1870]

ben wir uns zu bemerken, dass die geometrische Behandlung der Aufgaben aus der Statik der Bauconstructionen in viel *kürzerer* Zeit und mit einer viel *grösseren Übersichtlichkeit* die gewünschten Resultate liefert, als wie die rechnerische Lösung, nicht allein deswegen, weil die Operationen an und für sich rasch gehen, sondern wesentlich noch aus dem Grunde, weil das *Gegebene* meistens auf dem Zeichnungsbrett, wo wir doch unsere Constructionen entwerfen, also gleichsam geometrisch gegeben ist und das Resultat ebenfalls dort gewünscht wird.«¹²³⁴⁾

Spätestens seit 1874 war die graphische Statik (IV. Jahrgang der Ingenieurschule) und im übrigen auch die Geometrie der Lage (III. Jahrgang der Ingenieurschule) obligatorisch.¹²³⁵⁾ Küppers las *Geometrie der Lage*, WS u. SS, 1 + 2, Harlacher *Graphische Statik*, WS u. SS, 5 + 10 (!) und stützte sich dabei auf die Küppers-Vorlesung¹²³⁶⁾.

Harlacher entwickelte sich in Prag zum führenden Wasserbauer und Hydrographen in Österreich.¹²³⁷⁾ Er benutzte graphische Methoden auch zur Bestimmung von Wassermengen in Flußläufen. Außerdem konstruierte er ein Gerät zur Messung der Fließgeschwindigkeit von Flüssen, das »elektrischer Integrator« genannt wurde und eine Weiterentwicklung des Woltmannschen Flügels war.¹²³⁸⁾ Harlacher blieb Prag bis zu seinem Tode im Jahre 1890 treu.

Friedrich **Steiner** war Assistent bei Emil Winkler und 1876 *Privatdozent für graphische Statik und graphisches Rechnen* in Wien ehe er 1878 *Professor für Straßen-, Eisenbahn- und Brückenbau* an der TH Prag wurde.

Karl von Ott, der weit verbreitete Bücher über graphische Statik verfaßt hatte (Abschnitt 3.10.2), las von 1864 bis 1904 *Baumechanik* an der TH Prag¹²³⁹⁾. In dieser Vorlesung verwendete er aber kaum graphische Verfahren. Eine Vorlesung über graphische Statik hat er an der TH Prag nie gehalten.

1905/06 wurde in *Mechanik I. Kurs*, 6 + 1, im WS Statik und Dynamik gelesen und *Graphische Statik*, SS. 2 + 2, *Allgemeine graphische Behandlung statischer Probleme*, außerdem *Graphische Statik der Maschinengetriebe und graphische Lösung von Problemen der Festigkeitslehre mit konstruktiven Übungen*, 2 Stunden ganzjährig¹²⁴⁰⁾. Auch *Geometrie der Lage* wurde gelesen, aber nicht obligatorisch für Studenten der Bauingenieurschule.

B.13.b Die tschechische technische Hochschule¹²⁴¹⁾

Auch an der tschechischen TH war die graphische Statik präsent. 1876 bis 1906 war Josef **Šolín** Professor für Baumechanik und las während der ganzen Zeit *Baumechanik* (Stavebná mechanika), zu deren Themengebiete stets die

¹²³⁴⁾Harlacher [1870], S. 1

¹²³⁵⁾Stark [1906], S. 85, 86

¹²³⁶⁾Programm Prag 1876/77 S. 5

¹²³⁷⁾Stark [1906], 372f

¹²³⁸⁾Mit dem Woltmannschen Flügel hatte sich auch Culmann befaßt. Bei einer Sitzung der naturforschenden Gesellschaft Zürich hatte er im Jahre 1868 den Woltmannschen Flügel von Amsler vorgestellt, der zur »Messung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen bei großer Geschwindigkeit konstruiert worden war.«

¹²³⁹⁾Deu TH [1906], S. 157

¹²⁴⁰⁾Deu TH [1906], S. 316, S. 396

¹²⁴¹⁾České vysoké školy technické. Sie gehört natürlich eigentlich nicht in das Kapitel der deutschsprachigen THen!

graphische Statik (grafické statiky) gehörte. Anfangs gab es eine eigene Vorlesung *Graphische Statik* (Grafická statika), 2 + 2, von ihm. Auch *Geometrie der Lage* (Geometrie polohy) wurde in Prag unterrichtet. Nach Šolíns Tod gab es zeitweilig von dem Privatdozent Dr. Zdeněk **Bažant** eine eigene Vorlesung *Grundlagen der graphischen Statik* (Základy grafické statiky), 1 + 2. Šolín veröffentlichte auch mehrere Arbeiten zum graphischen Rechnen und zur graphischen Integration, wobei er sich z. T. auf die projektive Geometrie stützte.¹²⁴²⁾

B.14 TH Riga

1862 Baltische Polytechnische Schule

1919 in die neugegründete lettische Universität überführt

Von Riga lagen mir keine Programme vor, wegen der engen Beziehungen dieser Hochschule zum Züricher Polytechnikum läßt sich aber dennoch einiges über die Aufnahme der graphischen Statik in Riga sagen, denn von 1866 bis 1882 wurden die Ingenieurwissenschaften von Culmann-Schülern vertreten.

Von 1866 bis 1872 war Henri F. **Bessard** *Professor für Ingenieurwissenschaften* und vermutlich auch Vorstand der Ingenieurabteilung¹²⁴³⁾. Nach Bessards frühem Tod folgte ihm 1873 - 1882 Wilhelm **Ritter** auf diese Professur.

Bessard war 1863 bis 1864 Assistent bei Culmann gewesen, und dann bis 1866 Privatdozent an der Züricher Ingenieurabteilung, einige Tafeln in Culmanns *Graphischer Statik* stammen von ihm, außerdem hat er die Culmannsche Wildbach-Untersuchung ins Französische übersetzt. Ritter war von 1870 bis 1873 Privatdozent an der Ingenieurabteilung des Züricher Polytechnikums, er kehrte 1882 nach dem Tod von Culmann nach Zürich zurück und führte insbesondere die Vorlesungen zur graphischen Statik von Culmann weiter.

Es ist anzunehmen, daß beide in Riga auch über graphische Statik vortrugen, die Liste der Professoren der Jahre 1870 und 1871, die der *Deutsche Universitäts- und Schulkalender* enthält gibt allerdings keinen Hinweis darauf, daß projektive Geometrie gelesen wurde. Die darstellende bzw. deskriptive Geometrie wurde von dem Vorstand der »Feldmesser-Abtheilung« Anton **Schell** vertreten. In der ETH-Bibliothek befinden sich sechs Veröffentlichungen von Schell, die sich mit Polarplanimeter, Vermessungs- und geodätischen Fragen befaßten.

B.15 TH Stuttgart

1829 Königliche Real- und Gewerbe-Schule

1840 Polytechnische Schule

1876 Polytechnikum

1890 Technische Hochschule

Stuttgart ist für die Entwicklung der graphischen Statik von besonderem Interesse, weil hier wie in Zürich die graphische Statik zu keinem Zeitpunkt in der allgemeinen Abteilung angeboten wurde.

¹²⁴²⁾FdM 6 (1874), S. 542

¹²⁴³⁾Deutscher Universitäts- und Schulkalender 20 (1871), S. 122, 21 (1872), S. 122

Mit **Otto Mohr** hatte die Hochschule einen der Mitbegründer der graphischen Statik. Er hat 1851 bis 1854 an der Polytechnische Schule in Hannover studiert und war dann bis 1867 Eisenbahningenieur im Königreich Hannover. Danach kam er als ordentlicher *Professor für technische Mechanik, Eisenbahntrassieren und Erdbau* an die TH Stuttgart. Er las hier ab dem WS 1867/68 *Ingenieur-Mechanik*, WS und SS, 5 + 4 bis 6. Darin behandelte er im Winter die

»Statik der Baukonstruktionen, Elastizität und Festigkeit der Baumechanik, Balkenträger, Gewölbe, Stütz- und Futtermauern. Auflösung praktischer Aufgaben durch Rechnung und graphische Statik.«¹²⁴⁴⁾

Die projektive Geometrie wurde in seiner Vorlesung nicht zu Grunde gelegt. Er hielt die neuere Geometrie zwar für Studenten mit »Fähigkeit und Neigung zur Mathematik« für nützlich, es erschien ihm,

»aber nicht allein unnützlich, sondern sogar schädlich, die grosse Mehrzahl der Minderbefähigten zu einer unnötigen Erweiterung ihrer theoretischen Studien zu zwingen.«¹²⁴⁵⁾

Mohr hat eine Fülle wichtiger Beiträge zur graphischen Statik geliefert. Herausragend ist seine graphische Konstruktion der elastischen Linie, die er 1868 veröffentlichte¹²⁴⁶⁾. Dabei faßte er die elastische Linie als Seilpolygon auf und ergänzte damit die Culmannsche Methode des kontinuierlichen Trägers, indem er die Stützmomente ebenfalls graphisch bestimmte. Culmann hatte in der ersten Auflage seiner *Graphischen Statik* die Pfeilmomente noch berechnet. Außerdem führte Mohr 1868 etwa gleichzeitig mit Emil Winkler aber unabhängig von ihm die Einflußlinie¹²⁴⁷⁾ ein. Weiterhin ermittelte er 1870 die Trägheitsmomente mit Hilfe der Seillinie, führte den Trägheitskreis ein und konstruierte die Spannungsverteilung im Querschnitt.¹²⁴⁸⁾

August Föppl, der später in München im Rahmen seiner technischen Mechanik ebenfalls graphische Statik las, hatte bei Mohr studiert und betrachtete ihn als seinen eigentlichen Lehrmeister:

»In Stuttgart habe ich viel und fleißig gearbeitet. Ich habe das Glück gehabt, dort einen Mann zum Lehrer zu bekommen der wesentlich bestimmend auf meine geistige Entwicklung eingewirkt hat. [...] Später wurde er in Fachkreisen sehr bekannt und sehr geschätzt, aber damals stand er noch am Anfang seiner Laufbahn. Ich meine Otto Mohr, den geistvollen Vertreter der technischen Mechanik. [...] Mohr hatte nicht nur in mir einen begeisterten Schüler. Alle seine Hörer haben vielmehr in seltener Einmütigkeit darin übereingestimmt, daß er ein Lehrer von Gottes Gnaden war. [...] Der wohlgedachte Inhalt seines Vortrages wirkte häufig wie eine Offenbarung auf uns, und immer wußte er etwas zu sagen, was unsere lebhafteste Aufmerksamkeit erregte.«

»Später bin ich freilich zu der Meinung gekommen, daß sich Mohr in seinen Vorlesungen die Ziele nicht hoch genug gesteckt hatte. Gar manches übergang er, offenbar, weil er es für zu schwierig hielt, was aber für uns

¹²⁴⁴⁾ Programm Stuttgart Studienjahr 1867/68

¹²⁴⁵⁾ Mohr [1975], S. 233

¹²⁴⁶⁾ Mohr [1975], S. 233

¹²⁴⁷⁾ Mohr [1868], Winkler [1868], Mohr [1928], S. 381

¹²⁴⁸⁾ Mohr [1870]

ganz passend und recht nützlich gewesen wäre. Überhaupt war es unter unseren Lehrern in Stuttgart damals allg. Brauch, unseren Fähigkeiten zu mißtrauen.«¹²⁴⁹⁾

Föppl kommentierte in seinen Lebenserinnerungen auch die schwere Lesbarkeit der mathematisch-technischen Fachliteratur:

»Selbst ein so ausgezeichnete Lehrer wie Mohr hat es nicht verstanden und wahrscheinlich auch gar nicht versucht, seine Veröffentlichungen derart abzufassen, daß sie leicht zu lesen wären.«¹²⁵⁰⁾

Von 1866 bis 1871 war der Privatdozent Edmund **Autenrieth** Assistent der Ingenieurabteilung. Zu seinen Aufgaben gehörte im SS das *Repetitorium der technischen Mechanik*. Von 1871 bis 1873 war Autenrieth *Professor für Bau-mechanik* in Brünn. 1873 verließ Mohr Stuttgart und wurde *Professor für Eisenbahnbau, Wasserbau und Graphostatik* in Dresden. Autenrieth kam als sein Nachfolger nach Stuttgart zurück und übernahm die Vorlesung *Technische Mechanik*. Im WS 1873/74, 5 + 4, behandelte er nun

»Grundzüge der graphischen Statik. Festigkeitslehre mit Einschluß der Theorie des kontinuierlichen Balkens und des elastischen Bogenträgers. Statik der Baukonstruktionen.«¹²⁵¹⁾

Im Studienjahre 1876/77 begann Autenrieth die Vorlesung *Technische Mechanik*, WS und SS, 4 + 4 umzugestalten. Das Programm enthält nun eine ausführlichere Inhaltsbeschreibung seiner Vorlesung *Technische Mechanik*. Der Teil A, Statik, enthält im 2. Abschnitt, Statik fester Körper, im Wesentlichen graphische Statik, darin behandelt er u.a.

»Kräfte in einer Ebene. Seilpolygon. Zusammensetzung der Kräfte. ... Gleichgewichtsbedingungen.«, »Die Fachwerkkonstruktion. [...] Die gebräuchlichsten Dachbinderconstructionen. Gerader einfacher Fachwerkträger. Parabelträger. Schwedler'scher Träger. Pauli'scher Träger. Zusammengesetzte Fachwerke.

Sprengwerkkonstruktionen. Hängwerkkonstruktionen«

Im 6. Abschnitt behandelte er Gewölbetheorie, wobei auch graphische Methoden zur Stützlinienbestimmung verwendet wurden. Im Teil B wurde ab 1877/78 Hydraulik behandelt.

Vom Studienjahr 1878/79 an ergänzte er die Vorlesung noch durch einen Teil C, *graphische Statik der Brückenkonstruktion*, SS 1 Std. Vorlesung, WS 4 Std. Übungen.

Ab dem WS 1881/82 wurde dieser Teil C als eigene Vorlesung ausgelagert: *Graphische Statik der Brückenkonstruktion*, WS 2 + 2. Dieses Programm behielt er mit wenigen Unterbrechungen (1897 - 1899, 1904/05) bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1907 bei. Sein Nachfolger **Kriemler** führte beide Vorlesungen weiter.

Den Vorlesungsmanskripten und seinem Buch *Technische Mechanik. Ein Lehrbuch der Statik und Dynamik* kann man entnehmen, daß auch Autenrieth der projektiven Geometrie keine große Rolle in der graphischen Statik einräumte.

¹²⁴⁹⁾Föppl [1925], S. 79f

¹²⁵⁰⁾Föppl [1925], S. 117

¹²⁵¹⁾Programm Stuttgart 1873/74

Zuweilen wurde immerhin von dem *Professor für neuere Geometrie C. W. Baur* die Beziehung zwischen graphischer Statik und projektiver Geometrie in seinen Vorlesungen behandelt. Ab 1875/76 las er *Neuere Geometrie Gang nach Staudt* und 1876/77 vermerkt das Programm zu dieser Vorlesung auch:

»Beziehungen zur Statik. Kräftepolygon. Seilpolygon.«¹²⁵²⁾

Besonders erwähnt werden muß noch ein Mann, der in den 30 Jahren seiner Stuttgarter Tätigkeit nur einmal eine Vorlesung über graphische Statik gehalten hat. Jacob J. **Weyrauch** kam 1874 nach Stuttgart. Er hat sich vor allem durch seinen Zwischenbericht über die graphische Statik, *Die graphische Statik. Historisches und Kritisches*, aus demselben Jahr einen bleibenden Platz in der Geschichte der graphischen Statik gesichert.

Weyrauch hatte von 1864 bis 1867 am Züricher Polytechnikum bei Culmann Ingenieurwissenschaften studiert und 1868 an der Universität Zürich über den Escher-Linth-Kanal promoviert. 1869 bis 1874 war er Ingenieur beim Bau der Berliner Verbindungsbahn, 1874 bis 1876 Privatdozent in Stuttgart und dann bis 1880 a. ord. Professor und schließlich bis 1915 ord. *Professor für Ingenieurmechanik, Elastizität, Wärmetheorie und Aëromechnik*.

In seinem Übersichtsartikel trat er entschieden für die projektive Geometrie als Basiswissenschaft der graphischen Statik ein. Er selbst bevorzugte aber in fast allen seinen Veröffentlichungen die analytische Methode. Lediglich in einem Aufsatz über die Theorie des Erddrucks¹²⁵³⁾ benutzte er auch graphische Methoden. Erstaunlich für einen Culmann-Schüler ist es, daß er in seinem Buch *Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuierlichen und einfachen Träger*¹²⁵⁴⁾ sich gänzlich auf die analytische Methode beschränkte. Culmann hatte es umgekehrt als Mangel empfunden, daß es ihm in der 1. Auflage seiner *Graphischen Statik* nicht gelungen war, den kontinuierlichen Träger rein graphisch zu behandeln. Sein Schüler und späterer Nachfolger, der Privatdozent Wilhelm Ritter, veröffentlichte daher 1871 kurz nach der Mohrschen Arbeit über die elastische Linie einen Anhang zur *Graphischen Statik*, in dem die Methode von Mohr »auf den kontinuierlichen Balken« angewandt wurde.

In Stuttgart las Weyrauch nur einmal 1875/76 *Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik*, dagegen von 1875 bis 1914 *Analytische Theorie der Ingenieurmechanik*¹²⁵⁵⁾, WS und SS 4 + 4.

B.16 TH Wien

1815 K. k. polytechnisches Institut

1866 Reorganisation

1872 Technische Hochschule

Der Mathematikprofessor Josef Kolbe wandte sich bei seiner Inauguration im Jahre 1871 als Rektor mit den Worten an die Studenten:

»Gerade Sie, meine Herren, führen die Mathematik als eine doppelt wirk-same Waffe, denn Sie sind und werden ja systematisch geübt nicht nur in

¹²⁵²⁾ Programm Stuttgart Studienjahr 1876/77

¹²⁵³⁾ Weyrauch [1874 Erddruck]

¹²⁵⁴⁾ Weyrauch [1873]

¹²⁵⁵⁾ 1875/76 und 1876/77 unter dem Titel *Ausgewählte Kapitel aus der Ingenieurmechanik*. 1877/78 *Spezielle Kapitel aus der Ingenieurmechanik*, 2+2

der Handhabung des Calcüls, sondern auch in der Führung des Zirkels und der Reissfeder; Ihnen muss ja vor Anderen leicht und sicher das mathematische Wissen in Fleisch und Blut übergehen, leicht und sicher den Weg vom Hirn zur Hand finden.«¹²⁵⁶⁾

Dennoch gab es zu diesem Zeitpunkt keine eigene Vorlesung zur graphischen Statik in Wien, wo doch gerade sie - nach Vorstellung Culmanns - die ideale Verbindung von Theorie und Zeichnen gewährleistet. Es ist hier nicht leicht anzugeben, seit wann die graphischen Verfahren in Wien in das Vorlesungsprogramm aufgenommen wurden. Ende der 1860er Jahren begründeten Emil **Winkler** und Georg **Rebhann** die Wiener Schule des Brückenbaus. Winkler war von 1868 bis 1877 Professor für *Eisenbahnbau und konstruktiven Brückenbau*. Er hatte sich 1863 in Dresden habilitiert und war 1865 a. ord. *Professor für Wasser- und Straßenbau* an der TH Prag geworden, Rebhann von 1866 bis 1892 *Professor für Baumechanik und Theorie des Brückenbaues*. Beide veröffentlichten vielbeachtete Bücher über Brückenbau, Eisenkonstruktionen und Erddruck. Winkler nutzte die Vorteile der graphischen Verfahren, seinen *Vorträgen über den Brückenbau* aus dem Jahre 1872 kann man entnehmen, daß er alle von Culmann eingeführten Methoden benutzte, aber immer in enger Verbindung mit analytischen Wegen.

In den Jahren 1866 bis 1870 wurde von dem *Privatdozent für graphische Statik und graphisches Rechnen*, Josef **Schlesinger**, dreistündig, nicht obligatorisch, eine Vorlesung über *Geometrie der Lage und graphisches Rechnen*, WS und *Graphische Statik*, SS, gehalten. Bei dieser Vorlesungs-Ankündigung vermutet man eine Behandlung der graphischen Statik ganz im Culmannschen Sinne. Eine Niederschrift seiner Vorlesung aus dem Jahre 1868/69¹²⁵⁷⁾ zeigt aber, daß auch er in der graphischen Statik gänzlich auf die projektive Geometrie verzichtete.¹²⁵⁸⁾

Jedenfalls ist die Bemerkung in Starkes Geschichte der TH Prag, daß Friedrich **Steiner** 1874/75 die graphische Statik als neue Disziplin in Wien einführt¹²⁵⁹⁾, bestenfalls so zu verstehen, daß er als erster regelmäßige Vorlesungen unter diesem Titel gehalten hat. Steiner erhielt 1871 als erster an der TH Wien ein Bauingenieur-Diplom¹²⁶⁰⁾, er arbeitete mehrere Jahre bei Winkler und wurde dann 1874/75 Privatdozent für *Graphische Statik und graphisches Rechnen*. Als Winkler an die TH Berlin wechselte, übernahm Steiner für ein Jahr den Lehrstuhl für Eisenbahnbau in Wien, bevor er 1878 an die TH Prag berufen wurde.

Er veröffentlichte verschiedene Arbeiten zur graphischen Statik, insbesondere im Jahre 1876 eine Broschüre mit dem Titel *Die graphische Zusammensetzung der Kräfte*. Dieser Schrift kann man die Konzeption seiner Vorlesung entnehmen, denn im Vorwort schreibt er:

¹²⁵⁶⁾Kolbe [1871], S. 27

¹²⁵⁷⁾Schlesinger [1868/69]

¹²⁵⁸⁾Siehe Abschnitt 3.10.1

¹²⁵⁹⁾Stark [1906], S. 374

¹²⁶⁰⁾Lechner [1942], S. 103. Das Programm der TH Wien 1892/93 enthält ein »Verzeichnis über die abgeschlossenen strengen Prüfungen (Diplomprüfungen) seit ihrem Bestande«. Danach ist Steiner der zweite Absolvent nach Franz Klein 1875. Josef Melan ist 1877 der fünfte Absolvent.

»Die vorliegende Arbeit soll zugleich als Grundlage für die einleitenden Vorlesungen über graphische Statik, welche der Verfasser an der Wiener technischen Hochschule hält, dienen.«¹²⁶¹⁾

Da an der TH Wien damals keine Geometrie der Lage gelehrt wurde, hielt er es für »unthunlich, auf die interessanten Folgerungen, welche die Anwendungen dieser Wissenschaft gerade im vorliegenden Capitel gestattet, näher einzugehen.« Was ihn allerdings später nicht hinderte, im WS und SS 1877/78¹²⁶²⁾ eine einstündige Vorlesung *Ausgewählte Kapitel aus der graphische Statik im Sinne der neueren Geometrie* zu halten. Seine Schrift bezieht sich allerdings wohl auf die Vorlesung *Graphisches Rechnen und graphische Statik*, SS und WS 2, die er bis zum SS 1878 gehalten hat.

Steiner knüpfte an die Linienrechnung von Möbius an¹²⁶³⁾, seine Arbeit ist insgesamt ausgesprochen theoretisch und behandelt keine Anwendungen. Bemerkenswerterweise behandelte er die Gleichgewichtsbedingungen für Kräftesysteme nicht in der Ebene, sondern sofort im Raum. Es ist dann nicht die Rede von Kräfte- und Seilpolygon, sondern von Kräftepolygon und Seilpyramide.¹²⁶⁴⁾ Auch die Pole etc. werden im räumlichen System behandelt.

Nach Steiners Weggang im Jahre 1878 wurde eine a. ord. *Professur für reine Mechanik und graphische Statik* in der allgemeinen Abteilung eingerichtet. Josef **Finger** erhielt diese Stelle, die 1884 in eine ord. Professur umgewandelt wurde. Er zählte zu den beliebtesten Lehrkräften der Hochschule, sein Vortrag war äußerst lebendig.¹²⁶⁵⁾ Finger wurde 1910¹²⁶⁶⁾ emeritiert. Auch unter seinem Nachfolger Karl **Wiegardt** von der TH Hannover wurde die Lehrstuhlbezeichnung beibehalten. Er beschäftigte sich auf Anregung von Klein und Prandtl mit der Theorie statisch unbestimmter Fachwerke und mit Problemen der Elastizitätstheorie.¹²⁶⁷⁾ Rudolf F. **Mayer** übernahm 1892 einen Teil des Rebhann-Lehrstuhls und wurde a. ord. Professor für *Baumechanik und graphische Statik*. Auch Mayers Nachfolger Anton **Zschetzsche** lehrte unter diesem Titel und zwar von 1901 bis 1920. Es gab also von 1892 bis 1920 zwei Lehrstühle, die die graphische Statik im Titel trugen. Die graphische Statik behielt somit in Wien ihren hohen Status länger als an vielen anderen Hochschulen. Hinzu kam noch, daß die TH Wien 1901 den Culmann-Schüler Tetmajer für eine *Professur für technische Mechanik I und Baumaterialienkunde* gewinnen konnte. Tetmajer starb bereits 1905.

In diesem Zeitraum wurden an der allgemeinen Abteilung zunächst von Finger, ab 1911 von Wiegardt *Elemente der reinen Mechanik in Verbindung mit graphischer Statik*, SS und WS 4 + 1, gelesen, darin behandelte er unter anderem auch »Elemente der graphischen Statik«¹²⁶⁸⁾. Finger verwies zudem auf

¹²⁶¹⁾Steiner [1876], S.

¹²⁶²⁾Möglicherweise schon früher, die Programme zwischen 1872 und 1877 lagen mir nicht vor.

¹²⁶³⁾Möbius [1837]

¹²⁶⁴⁾Steiner [1876], S. 10ff

¹²⁶⁵⁾Lechner [1942], S. 122f

¹²⁶⁶⁾Lechner [1942], Taf. II

¹²⁶⁷⁾Lechner [1942], S. 123

¹²⁶⁸⁾Programm TH Wien 1898/99, S. 118

sein Buch *Elemente der reinen Mechanik*¹²⁶⁹. Die Vorlesung wurde bis 1911 von Finger mit derselben Inhaltsangabe gelesen, allerdings ab 1907/08 unter dem Titel *Mechanik I. Teil (Mechanik der starren und flüssigen Körper)*.

Mechanik II. Teil (Elastizitäts- und Festigkeitslehre) wurde von Bernhard **Kirsch**, Tetmajers Nachfolger, vertreten.

Auch in Wien hatte das graphische Rechnen eine gewisse bescheidene Renaissance. August **Adler** las ab SS 1910 *Graphisches Rechnen, SS 2*, bzw. *Graphische Auflösung der Gleichungen, Nomographie, graphische Integration*¹²⁷⁰.

B.17 ETH Zürich

1855 Eidgenössische Polytechnische Schule

1911 Eidgenössische Technische Hochschule

In der Ingenieurschule des Züricher Polytechnikums wurde die erste Vorlesung mit dem Titel *Graphische Statik* gehalten, im Jahre 1860. Culmann las diese Vorlesung bis zu seinem Tode im Jahre 1881 in jedem Semester zweistündig (einigemale auch dreistündig). Im Anhang¹²⁷¹ befindet sich eine Liste aller Vorlesungen, die Culmann - nach Vorlesungsverzeichnis - in Zürich gehalten hat. Dort ist auch zu sehen, daß Culmann bei den Repetitorien und Konstruktionsübungen immer Unterstützung von Assistenten oder Professorenkollegen (Pestalozzi, Bessard, Harlacher, Ritter, Tetmajer, Valat, Berl) hatte. Die wissenschaftshistorischen Sammlungen der ETH-Bibliothek besitzen einige Schülerarbeiten¹²⁷², die unter Culmanns Leitung angefertigt wurden. Dabei zeigt sich auch, daß Culmann die Konstruktionsübungen häufig nicht selbst testiert hatte. Die Testate stammen bei diesen Arbeiten aus dem Zeitraum 1874 - 1877 neben Culmann von dem Professor Pestalozzi und den beiden Privatdozenten Tetmajer und Valat.

¹²⁶⁹Finger [1886] bzw. Finger [1900]

¹²⁷⁰Programm TH Wien 1909/10, S. 15

¹²⁷¹Anhang C.4.a

¹²⁷²Die Zeichnungen stammen von Georg Szávits und Christoph Matthäus (Mathieu) Merian aus dem Zeitraum 1874 bis 1877. Anhang C.2

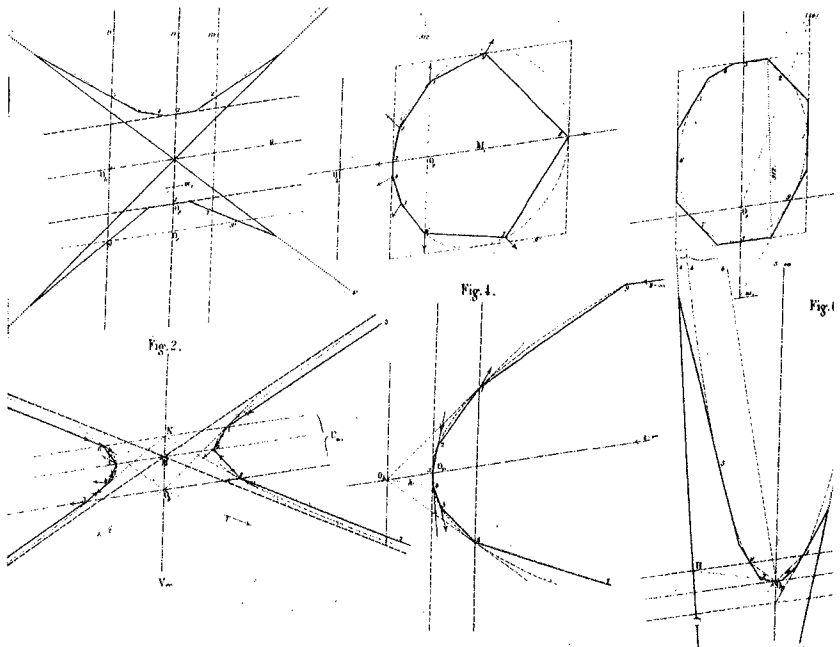


Abb. 139 Reziproke Figuren, wie sie in den Übungen der Culmann-Vorlesung über graphische Statik von den Studenten angefertigt werden mußten¹²⁷³⁾.

Im Vorwort zur ersten Auflage der *Graphischen Statik* berichtet Culmann, daß ab 1864 ein obligatorischer Kurs über Geometrie der Lage gelesen wurde.¹²⁷⁴⁾ Diese Behauptung läßt sich durch das Programm des Polytechnikums nicht bestätigen, Reye las zwar vom SS 1864 bis zum SS 1868 *Geometrie der Lage*, 3+2, die Vorlesung ist aber im Lehrplan der Ingenieure nicht als obligatorische Veranstaltung vermerkt.¹²⁷⁵⁾ Als Fiedler 1867 die darstellende Geometrie übernahm, erhielten die Ingenieurstudenten in diesem Pflichtfach eine Einführung in die projektive Geometrie.

Die Vorlesungsmitschriften zeigen allerdings, daß Culmann in seiner Vorlesung der Geometrie der Lage eine weit geringere Bedeutung beimaß als es seine Bücher erwarten lassen. Selbst in den sorgfältigsten Mitschriften¹²⁷⁶⁾ finden sich nur 3 bis 4 Seiten, die sich unmittelbar auf projektive Geometrie beziehen, und von den großen Zeichnungen, die die Studenten üblicherweise anzufertigen hatten, ging es nur bei einer um projektive Sachverhalte, sie zeigt reziproke Polygone (siehe Abb. 139)

Nach Culmanns Tod wurde die graphische Statik durch seinen Schüler Wilhelm Ritter weitergeführt. Er behielt wohl zunächst den Stil der Culmannschen

¹²⁷³⁾Culmann [1875], Taf. 8

¹²⁷⁴⁾Culmann [1864-66], S. VIII

¹²⁷⁵⁾Siehe Anhang C.5

¹²⁷⁶⁾z. B. Kussevich aus dem WS 1869/70. ETH-Bib. Hs 488:9

Vorlesungen bei, schwenkte dann aber im Laufe der Jahre auf die pragmatischere Richtung ein. Von 1888 bis 1906 veröffentlichte er nach und nach als Weiterführung der zweiten Auflage von Culmanns *Graphischer Statik* in vier Bänden die Anwendungen.¹²⁷⁷⁾ (Siehe Abschnitt 3.15)

Schon Ritter befaßte sich mit armiertem Beton, das zeigt z. B. sein *Gutachten über Betoneisenkonstruktionen* aus dem Jahre 1902.

Ritters Nachfolger wurde Emil **Mörsch**. Bei ihm wurde die graphische Statik aus der Lehrstuhlbezeichnung entfernt, er war von 1904 bis 1908 *Professor für Baustatik, Brücken- und Hochbau in Eisen*. Dennoch interessierte sich Mörsch lebhaft für graphische Statik und erschloß ihr neue Anwendungsmöglichkeiten. Er berechnete die Armierung des Eisenbetons mit Hilfe der graphischen Statik, wie sein Buch *Der Betoneisenbau, seine Theorie und Anwendung* aus dem Jahre 1904 bzw. die zweite Auflage, *Der Eisenbetonbau*, 1906, zeigen. In diesem Buch dominieren die rechnerischen Verfahren, aber bei der Bestimmung der Biegung eines Trägers gibt er eine graphische Methode an, die auf Autenrieth zurückgeht.

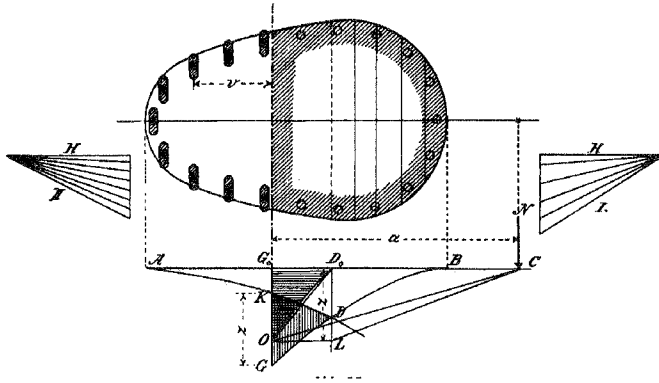


Abb. 140 Graphische Berechnung der Biegung von Mörsch¹²⁷⁸⁾

In der Abb. 140 sieht man die Kräftepolygone und Seilpolygone, mit denen die Momente und die Schwerlinie konstruiert werden. Die Biegung selbst wird nach der Navierschen Biegungsformel

$$\sigma = \frac{vM}{J}$$

berechnet. Das Trägheitsmoment J wird beim abgebildeten Beispiel berechnet, aber Mörsch weist darauf hin, daß es bei unregelmäßiger Form des Querschnitts zweckmäßigerweise konstruktiv bestimmt wird.¹²⁷⁹⁾ Die Abb. 141 zeigt das Erdgeschoß eines Motorenwerkes der Firma Daimler in Stuttgart-Untertürkheim mit Pfeilern und Eiseneinlagerung.

¹²⁷⁷⁾Siehe Abschnitt 3.15

¹²⁷⁸⁾Mörsch [1906], S. 117

¹²⁷⁹⁾Mörsch [1906], S. 118

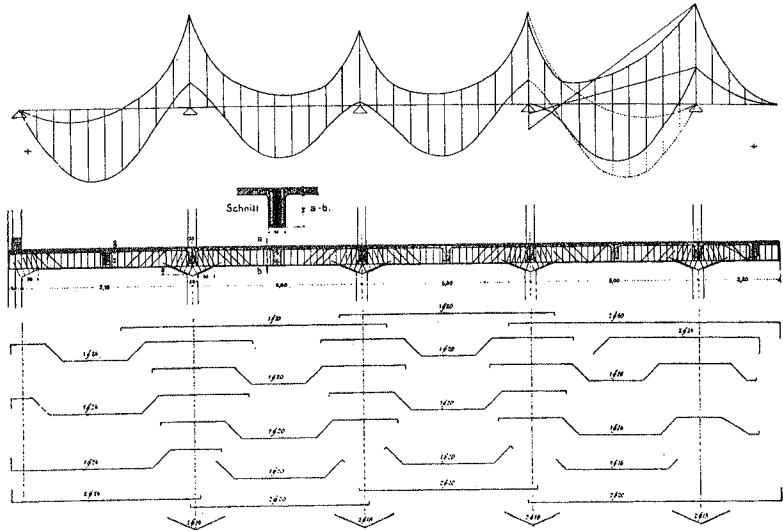


Abb. 141 Armierung von Beton: Maximalmomentenlinie und Eiseneinlage (oben) der Hauptträger¹²⁸⁰⁾

Die Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich im Abschnitt 6.2.

B.18 Deutschsprachige Universitäten

An den deutschen Universitäten war die graphische Statik so gut wie überhaupt nicht vertreten. Lediglich nach der neuen preußischen Prüfungsordnung von 1903 gab es einige Jahre lang vereinzelt Vorlesungen über graphische Statik an Universitäten. Diese Prüfungsordnung führte die angewandte Mathematik als Prüfungsfach in der Lehrerausbildung ein und nannte die graphische Statik als eines der Gebiete der angewandten Mathematik.

Universität Breslau

1903 Professor Rudolf Sturm, *Darstellende Geometrie und graphische Statik*

Universität Gießen

WS 1903/04 Josef Wellstein, *Graphische Statik mit Übungen*

Universität Göttingen

1903 Friedrich Schilling, *Graphische Statik mit Übungen*

Universität Halle

SS 1901 und WS 1903/04 Privatdozent Herrmann Grassmann, *Graphische Statik mit Übungen*

Universität Jena

WS 1902/03 Rau *Technische Mechanik I einschließlich graphische Statik*

Universität Kiel

SS 1903 Privatdozent Ernst Weinholdt *Graphische Statik mit Übungen*

Universität Königsberg

¹²⁸⁰⁾Mörsch [1906], S. 163

SS 1897 Astronom Cohn las *Interpolation und mechanische Quadratur*.

SS 1900 Privatdozent Müller *Graphische Statik*

Universität Leipzig

SS 1900 Privatdozent Liebmann *Graphische Statik*

Universität Marburg

WS 1902/03 Privatdozent Dalwigk *Analytische und graphische Statik*.

Dalwigk bemerkte zu seiner Vorlesung: »In Marburg gebe ich der technischen Mechanik die engste Fassung. Die graphische Statik steht im Mittelpunkt.« Später fährt er fort: »In der historischen Entwicklung der graphischen Statik hat die synthetische Geometrie eine große Rolle gespielt. Vieles hat man heute anders herzuleiten gelernt. [...] Die moderne Darstellungsweise ist für die technische Hochschule unbedingt vorzuziehen. Der Mathematiker an der Universität hat das Recht, vieles aus dem mathematisch Schönen der älteren Behandlung herauszuholen.«¹²⁸¹⁾

Allerdings scheint Dalwigk alleine zu stehen mit dieser Auffassung, daß die Universität der natürliche Ort der graphischen Statik Culmannscher Prägung sei.

Universität München

SS 1897 Karl Doehlemann, Sohn von Adolf Doehlemann, *Graphische Statik (geometrische Mechanik) und Übungen*

Universität Münster

WS 1900/01 ord. Professor Wilhelm Killing: *Graphische Statik*

SS 1902 Privatdozent Max Dehn: *Graphische Statik*

Universität Rostock

SS 1903 ord. Professor L. Matthiesen *Graphische Dioptrik sphärischer Flächen*

Universität Straßburg

SS 1899 a.ord. Professor Adolf Kratzer *Graphische Statik mit Übungen*, SS2+1

WS 1903/04 Martin Disteli *Graphische Statik mit Übungen*

Universität Tübingen

In Tübingen wurde im Zeitraum von 1868 bis 1918 genau einmal Graphische Statik gelesen. Im WS 1911/12 las Professor Hans Happel *Graphische Statik + Übungen*. Happel deckte mit Vorlesungen ein besonders weites Spektrum ab. Von SS 1907 bis 1918 hielt er Vorlesungen zu folgenden Themen: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Ausgleichsrechnung, Festigkeitslehre, politische Arithmetik mit besonderer Berücksichtigung der Versicherungsmathematik, sphärische Trigonometrie, einfache Vermessung, Probleme der theoretischen Physik, Partielle Differentialgleichungen der mathematischen Physik, kinetische Theorie der Gase, Flüssigkeiten und Metalle, Mathematische Behandlung des Problems der drei Körper, Geometrische Optik, Einführung in die Thermodynamik, Prinzipien und Differentialgleichungen der Mechanik, Darstellende Geometrie, Synthetische Geometrie.

¹²⁸¹⁾Dalwigk [1906], S. 358f

C Kurzbiographien von Akteuren der graphischen Statik und des graphischen Rechnens

In diesem Teil des Anhangs sind biographische Daten von Ingenieuren, Ingenieurwissenschaftlern und Mathematikern zusammengestellt, die sich mit graphischer Statik oder graphischem Rechnen befaßt haben. Größtenteils handelt es sich um Professoren, die graphische Statik gelehrt haben und Lehrbücher über graphische Statik oder Spezialarbeiten veröffentlicht haben. Die Auswahl der aufgeführten Männer - ich habe keine einzige Frau gefunden, die sich mit graphischer Statik befaßt hat - ist natürlich stark subjektiv und hängt nicht zuletzt von den verfügbaren Quellen ab. Die biographischen Angaben sind je nach Quellenlage unterschiedlich genau. Insbesondere fehlt bei etlichen Personen das Todesdatum. Viele Lücken ließen sich über diverse Archive sicherlich schließen, in einigen Fällen habe ich dies auch getan, z.B. bei den Culmann-Lehrern und bei seinem Freund Schnürlein. Bei der Vielzahl der Lücken mußte ich aber darauf verzichten, dies in allen Fällen zu tun. Ich habe sogar einige Autoren aufgenommen, zu denen ich die einzigen biographischen Angaben von den Titelblättern ihrer Arbeiten habe. In diesen Fällen fehlen die Quellenangaben.

Die späteren Technischen Hochschulen werden hier von ihrer Gründung an als THs bezeichnet, die verschiedenen Namensänderungen sind von vielen Technischen Hochschulen in Anhang B angegeben.

Abdank-Abakanowicz, Bruno¹²⁸²⁾

Arbeiten zu Planimeter und zur graphischen Integration
 *06.10.1852 Wilkomierz (Polen)
 1876 *Zarysy statyki wykreslonej* (Grundriß der graphischen Statik)
 1886 *Les intégraphes* (1889 deutsch)
 †29.08.1900 Parc St. Maur

Almquist, Pehr Wilhelm¹²⁸³⁾

*30.06.1836
 1855 Studium in Uppsala (Schweden)
 1863-1877 Eisenbahningenieur
 1877-1903 Professor für Straßen- und Wasserbau. TH Stokholm
 1882 *Lärobok i grafostatik*
 †18.05.1911

Amsler, Alfred¹²⁸⁴⁾

Fabrikant von Präzisionsinstrumenten in Schaffhausen
 *03.07.1857 in Schaffhausen
 1876-1880 Studium in Basel, Berlin und Dresden
 danach Maschinen- und Schiffsbauingenieur in Frankreich und England

1880 Promotion. Universität Berlin
 ab 1888 Teilhaber an der väterlichen Fabrik für Präzisionsinstrumente
 1919 Ehrendoktor der ETH Zürich
 1920-1940 Inhaber der Firma Alfred J. Amsler & Co. Schaffhausen
 †02.04.1940 Schaffhausen

Amsler (später Amsler-Laffon), Jakob¹²⁸⁵⁾

Mathematiker und Instrumentenkonstrukteur
 *03.11.1823 in Stalden bei Brugg (Schweiz)
 1843-1844 Studium. Universität Jena
 1844-1848 Studium der Mathematik und Physik. Universität Königsberg
 1848 Tätigkeit an der Sternwarte Genf unter Plantamour
 1849 Habilitation für Mathematik. Universität Zürich
 1849-1851 Privatdozent für Mathematik. Universität Zürich
 1851-1857 Lehrer am Gymnasium. Schaffhausen
 1854 Erfindung seines Polarplanimeters

¹²⁸²⁾ Polski bio [1935], S.1f

¹²⁸³⁾ Svens. bio. [1918], Bd. 1 S. 530-533

¹²⁸⁴⁾ Bib. Lex. d. Schw. Bd 1, Pogg. IV-VI, Schw. Bio. [1965], Bd. 1 S. 147

¹²⁸⁵⁾ Matschoß [1925], S. 4f, Pogg. III - V, DSB Bd. 1, S. 147f, Bib. Lex. d. Schw. Bd. 1, Frei. Stammbach [1994], S. 11, 39, Schaffhauser Biographien [1957], 2. Teil, S. 96 - 104

1854 Eröffnung einer eigenen Werkstatt
(Entwicklung von Planimetern, Integri-
toren, harmonischen Analysatoren)
1857-1912 Selbständiger Mechaniker.
Schaffhausen
† 03.01.1912 Schaffhausen

Arnoux, Gabriel¹²⁸⁶⁾

Mathematiker, Arbeiten zum graphischen
Rechnen
*1831 geboren in Mées (Basses-Alpes)
1894 *Arithmétique Graphique*

Autenrieth, Edmund¹²⁸⁷⁾

Vorlesungen und Arbeiten zur graphi-
schen Statik
*21.02.1842 Tübingen
ab 1857 Studium TH Stuttgart. Universi-
tät Tübingen, École des Ponts et
Chaussées und Sorbonne in Paris
1866-1871 Assistent und Privatdozent.
TH Stuttgart
1871-1873 ord. Professor für Baumecha-
nik. TH Brünn
1873-1907 ord. Professor für technische
Mechanik. TH Stuttgart
† 15.12.1910 Stuttgart

Autran, Georg¹²⁸⁸⁾

Culmann-Schüler
* Genf
1876-1880 Studium der Ingenieurwissen-
schaften an der ETH Zürich
1880-1881 Assistent an der Ingenieur-
schule. ETH Zürich
1881-1883 Ingenieur beim Büro für Brük-
ken-Konstruktionen von Ch. Schmiedt
in Genf
1884 Eidgen. Genie-Bureau, Bern
1884 Études de canalisation pour la
société des eaux de Thoiry
1885 Études de chemin de fer électrique
du Grand Salève. Genf
1886-1887 Inspection des Repères du
Nivellement de précision de la Suisse
1888 Travaux de routes. Genf
1889 Bureau technique. Genf
1891-1892 Ing. Dir. de la société anony-
me de chemin de fer électriques du

Salève

Bardelli, Giuseppe¹²⁸⁹⁾

Arbeiten zur graphischen Statik
*08.04.1837 Sedriano (Provinz Mailand)
Promotion (math)
Professor für analytische Mechanik. TH
Mailand
1907-1908 Sekretär des Istituto Lombar-
do. Mailand
†01.03.1908 Mailand

Barkhausen, Georg¹²⁹⁰⁾

Bauingenieur
*28.06.1849 Bückeburg
1866-1872 Studium der Ingenieurwissen-
schaften. TH Hannover
1872-1877 Ausbildung als Bauführer bei
den Eisenbahndirektionen in Hannover
und Saarbrücken
1877-1880 Tätigkeit beim Betriebsamt
der Berliner Stadt und Ringbahn
1880-1910 Professor für Statik, Brücken-
bau etc. TH Hannover
†01.04.1923 Hannover

Bauernfeind, Carl Max von¹²⁹¹⁾

Ingenieur, Geodät, Freund Culmanns
*18.11.1818 Arzberg (Oberfranken)
1836-1841 Studium in Nürnberg und
München
1841-1846 Beschäftigt bei Bauleitungsar-
beiten der Fichtelgebirgsseisenbahn
1846-1851 a. ord. Professor. Ingenieur-
schule München
1851-1868 ord. Professor für Geodäsie
und Ingenieurwissenschaften. Inge-
nieurschule München
1858-1868 zugleich Baurat und Referent
bei der Baubehörde im bayrischen
Ministerium des Inneren
1868-1874 Rektor. TH München
1868-1890 ord. Professor. TH München
1880-1883 Rektor. TH München
†02.08.1894 München

¹²⁸⁶⁾DB française Bd. 3

¹²⁸⁷⁾NDB Bd. 1, S. 459f, Zweckbronner [1987], S. 145, 149, 249, Pogg. IV, V, Archiv der UB Stuttgart

¹²⁸⁸⁾Programme ETH, Adressverzeichnis der GEP 23 (1892), S. 6

¹²⁸⁹⁾Pogg IV, V

¹²⁹⁰⁾NDB Bd.1, S. 590f, Pogg IV, Matschoß [1925], S. 13

¹²⁹¹⁾Pogg. III, IV, NDB Bd.1, S 647-648

Baumeister, Reinhard¹²⁹²⁾

Bauingenieur, Stadtplaner und Ästhetiker
 * 19.03.1833 Hamburg
 1853 Staatsprüfung
 von 1853 Studium. TH Hannover und TH
 Karlsruhe
 1856-1861 Assistent für Wasser- und
 Straßenbau. TH Karlsruhe
 1862-1917 ord. Professor für Bauinge-
 nieurwesen. TH Karlsruhe
 1866 *Architektonische Formenlehre für
 Bauingenieure*
 1874 *Denkschrift über die Reinigung und
 Entwässerung der Städte*
 1910 *Bauordnung und Wohnungsfrage*
 †11.12.1917 Karlsruhe

Bauschinger, Johann¹²⁹³⁾

Arbeiten zur graphischen Statik
 *11.06.1834 Nürnberg
 1857-1866 Gewerbeschullehrer für Ma-
 thematik und Physik in Fürth
 Studium. TH München
 1866-1868 Professor am Realgymnasium
 in München
 1868-1893 ord. Professor für technische
 Mechanik und graphische Statik. TH
 München
 1870 Einrichtung eines mechanisch-tech-
 nischen Laboratoriums in München
 1871 *Elemente der graphischen Statik*
 1892 Mitglied der Kgl. Bayerischen Aka-
 demie der Wissenschaften
 †25.11.1893 München

Berl, Hugo¹²⁹⁴⁾

Culmann-Schüler
 * Freudenthal (Österreichisch Schlesien)
 1871-75 Studium der Ingenieurwissen-
 schaften an der ETH Zürich
 1875 Habilitation für spezielle Ingenieur-
 fächer. ETH Zürich
 1875-76 Assistent an Ingenieurschule
 (Stellvertreter von Tetmajer). ETH Zü-
 rich

Bessard, Henri Friedrich¹²⁹⁵⁾

Culmann-Schüler
 *1837 Bellerive (Schweiz)
 1863-1864 Assistent an der Ingenieur-
 schule. ETH Zürich
 1864-1866 Privatdozent für Ingenieurwis-
 senschaften, darstellende Geometrie
 und angewandte mathematische Fä-
 cher. ETH Zürich
 1866-1872 Professor. TH Riga
 †1872 Riga

Bischoff, Ignaz¹²⁹⁶⁾

Geodät. Vorlesungen über graphisches
 Rechnen
 *09.02.1856 Frankfurt a. M.
 1883-1900 Privatdozent für Geodäsie
 und Ingenieurwissenschaften. TH Mün-
 chen
 1889 Promotion. Universität München
 ab 1891 Vorlesung über numerisches
 und graphisches Rechnen. TH Mün-
 chen
 1893 Privatdozent. TH München
 1900 Steuerassessor und Referent des
 Königlichen Kataster-Bureaus
 †März 1917 München

Bow, Robert H.¹²⁹⁷⁾

Ingenieur in Edinburgh, Arbeiten zur gra-
 phischen Statik, Fachwerktheorie
 * 27.01.1827 Aynwick (Northumberland)
 † 17.02.1907 Edinburgh

Brandt, Heinrich¹²⁹⁸⁾

Vorlesung über graphische Statik
 *08.11.1886 in Feudinggen (Westfalen)
 1909-1910 Studium. Straßburg und Göt-
 tingen
 1912 Promotion. Universität Straßburg
 1918 Habilitation. TH Karlsruhe
 1918-1921 Privatdozent für Geometrie.
 TH Karlsruhe
 1921-1930 ord. Professor für darstellende
 Geometrie. TH Aachen
 1930-1954 ord. Professor für Mathema-

¹²⁹²⁾NDB Bd.1, S. 656, Ricken [1994], 210f

¹²⁹³⁾Pogg. III, IV, NDB Bd. 1, S. 674, Matschoß [1925], S. 14, Ricken [1994], S. 211, NUC Bd. 40, S. 198

¹²⁹⁴⁾Programme ETH

¹²⁹⁵⁾Programme der ETH, Bio. Lex. Schw. Bd. 2

¹²⁹⁶⁾Pogg. IV, V, Programme München

¹²⁹⁷⁾Pogg. III, VI

¹²⁹⁸⁾Pogg. VI, VII, Scharlau [1989], S. 11, 139, 181, Programme Karlsruhe und Aachen, Klinkenberg [1970], S. 237

- tik. Universität Halle
 †09.10.1954 Halle
- Bremiker, Carl**¹²⁹⁹⁾
 Geodät und Astronom, befaßte sich auch
 mit Planimeter und Logarithmentafeln
 *23. 02.1804 Hagen
 Promotion (phil.)
 vor 1845 Geometer bei der rheinisch-
 westphälischen Landesvermessung,
 dann Mitarbeiter am Berliner astrono-
 mischen Jahrbuch
 ab 1868 Sektionschef im geodätischen
 Institut
 †26.03.1877 Berlin
- Brisse, Charles-Michel**¹³⁰⁰⁾
 Arbeiten zur graphischen Statik
 *08.09.1843 Paris
 ab 1863 Studium. École Polytechnique
 ab 1872 Professor für Mathematik. École
 centrale des arts et manufactures
 ab 1874 Repetitor für darstellende Geo-
 metrie École Polytechnique
 1877 Artikel zur graphischen Bestim-
 mung des Biegemoments (französisch)
 Gründer der *Société mathématique de
 France* und des *Journal de physique
 théorique et appliquée*
 †17.10.1898 Paris
- Bubendey, Johann Friedrich**¹³⁰¹⁾
 Culmann-Schüler
 *04.07.1848 Hamburg
 1867-1871 Studium u. a. bei Culmann
 und Zeuner ETH Zürich
 1871-72 Studium. TH Aachen
 1872-1895 Ingenieur in der Hamburger
 Hafenvverwaltung
 1895-1903 ord. Professor für Wasserbau.
 TH Berlin
 1901-1902 Rektor. TH Berlin
 1903 Wasserbaudirektor in Hamburg
 † 10.05.1919 Hamburg
- Burmester, Ludwig**¹³⁰²⁾
 Kinematik
 *05.05.1840 Othmarschen (Holstein)
 von 1841 Studium in Dresden, Göttingen
 und Heidelberg
 1865 Promotion. Universität Göttingen
 1866-1870 Lehrer in Lodz
 1870 Assistent. TH Dresden
 1871-1872 Privatdozent. TH Dresden
 1872-1887 ord. Professor für darstellende
 Geometrie und synthetische Geo-
 metrie. TH Dresden
 1887-1912 ord. Professor für darstellende
 Geometrie und Kinematik. TH Mün-
 chen
 † 20.04.1927 München
- Clapeyron, Benoit Paul Émile**¹³⁰³⁾
 Ingenieur und Theoretiker der Ingenieur-
 mechanik
 *26.02.1799 Paris
 1816-1818 Studium. École Polytechnique
 1818-1820 Studium. École des Mines
 1820-1830 Ingenieur und Lehrer an der
 École des Travaux Publics in St. Pe-
 tersburg (zusammen mit Lamé)
 1820-1864 Ingenieur beim Eisenbahn-
 bau, insbesondere bei der Lokomotiv-
 konstruktion
 1826 Benutzte zusammen mit Lamé erst-
 mals Kraft- und Seileck zur Bestim-
 mung einer Stützlinie
 1844-1858 Professor École des Ponts et
 Chaussées
 †28.01.1864 Paris
- Clarke, George Sydenham**¹³⁰⁴⁾
 *1848
 um 1875 Instructor in Geometrical Dra-
 wing am Rooyal Indian Engineering
 College, Coopers Hill
 1879 Lieutenant Royal Engineers
 1880 *The Principles of Graphic Statics*
 †1933
- Clericetti, Celeste**¹³⁰⁵⁾
 Arbeiten zur graphischen Statik
 Promotion (ing.)
 Professor für analytische und graphische
 Mechanik. TH Turin

¹²⁹⁹⁾Pogg. I-IV¹³⁰⁰⁾Pogg. III, IV, DB française Bd. 7, S. 359¹³⁰¹⁾Matschoß [1925], S. 33, Programme ETH¹³⁰²⁾Pogg. III-VI, NDB Bd. 3, S. 55, JDMV 39(1940), S. 1-21¹³⁰³⁾Pogg. I, Matschoß [1925], S. 42, DSB Bd. 3, S. 286-288, DB française Bd. 8, S. 1352f¹³⁰⁴⁾NUC Bd. 111, Titelblätter siehe Literaturverzeichnis.¹³⁰⁵⁾Pogg. V, VI

Collignon, Edouard¹³⁰⁶⁾

Arbeiten zur graphischen Statik
 * 28.03.1831 Laval (Mayenne)
 1849 -1851 École Polytechnique
 ab 1851 École des Ponts et Chaussées
 1857-1862 Eisenbahnkonstrukteur in
 Rußland
 1863-1866 Répétiteur. École Poly-
 technique
 ab 1866 Professor für angewandte Me-
 chanik. École des Ponts et Chaussées
 1875-1877 Artikel zur graphischen Statik
 ab 1879 Inspecteur. École des Ponts et
 Chaussées
 † 11.08.1913

Colonnelli, Gustavo¹³⁰⁷⁾

Arbeiten und Vorlesungen über graphi-
 sche Statik
 *1886 Turin
 bis 1915 ord. Professor für Ingenieurwis-
 senschaften und analytische und gra-
 phische Mechanik. TH Turin
 1915-1928 ord. Professor für Konstruktio-
 onswissenschaften. TH Pisa
 ab 1928 Professor für Elastizitätstheorie
 und außerdem Direktor. TH Turin

Cousinery, Barthélemy Édouard¹³⁰⁸⁾

Begründer des graphischen Rechnens
 *29.10.1790 Marseille
 1808 Eintritt in École Polytechnique
 danach École des Ponts et Chaussées
 1839 *Le calcul par le trait*
 †1851 Paris

Cranz, Carl¹³⁰⁹⁾

Graphische Dynamik
 *02.01.1858 Hohebach (Württemberg)
 1879-1883 Studium der Mathematik und
 Physik. Berlin und Tübingen
 1883 Promotion über Ballistik. Universität
 Tübingen
 ab 1884 Lehrer an der Oberrealschule
 und Versicherungsmathematiker
 1884-1903 Privatdozent für Mathematik
 und Mechanik. TH Stuttgart
 1903-1920 ord. Professor und Leiter des
 ballistischen Laboratoriums der Militär-

technischen Akademie in Berlin
 1920-1935 ord. Professor für technische
 Physik. TH Berlin
 1935-1937 wissenschaftlicher Berater der
 chinesischen Regierung in Nanking
 †11.12.1945 Esslingen-Kennenburg
 (Württemberg)

Cremona, Luigi¹³¹⁰⁾

Reziprozität zwischen Kräfte- und Seilpo-
 lygon, Vorlesungen und Arbeiten zum
 graphischen Rechnen und zur graphi-
 schen Statik
 *07.12.1830 Pavia
 1860-1866 ord. Professor für Graphische
 Statik und höhere Geometrie. Universi-
 tät Bologna
 1866-1873 Höhere Geometrie. TH Mai-
 land
 1867-68 *Corso di statica grafica*
 1872 *Le figure reciproche nella statica*
grafica
 1873-1877 Rektor und Professor für gra-
 phische Statik. TH Rom
 1879-1903 Mitglied des Senats (vor allem
 Bildungs- und Kulturpolitik)
 1897 Vizepräsident des Senats
 1898 Unterrichtsminister
 †10.06.1903 Rom

Crugnolo, Gaetano¹³¹¹⁾

Ingenieur, Culmann-Schüler
 *05.03.1850 Induno Olona (Lombardei)
 Studium in Mailand
 1868-1873 Studium der Ingenieurwissen-
 schaften an der ETH Zürich
 1873-1881 Ingenieur bei verschiedenen
 Schweizer Eisenbahngesellschaften
 1881-1882 Ingenieur in Frankreich
 1882-1910 Ingenieur in Italien
 †06.09.1910 Induno Olona (Lombardei)

Culmann, Karl

Begründer der graphischen Statik
 *10.07.1821 Bergzabern
 1835 u. 1836 Collège in Wissembourg
 1837 Aufenthalt in Metz bei seinem On-
 kel Friedrich, Professor an der École
 d'application in Metz

¹³⁰⁶⁾Pogg. III-V, DB française Bd. 9, S. 283¹³⁰⁷⁾Dizionario italiano [1970], Bd. 3¹³⁰⁸⁾DB française Bd. 9, NUC Bd. 125, S. 276¹³⁰⁹⁾NDB Bd. 3, S. 401, Pogg. III-VI¹³¹⁰⁾DSB Bd. 3, S. 467-469, Pogg. III-V, Matschoß [1925], S. 48f, Scenziati [1975], Bd. I, S. 346¹³¹¹⁾Enciclop. ital., Programme ETH, Adressverzeichnis der GEP 41 (1910), S. 60

1838 Absolutorium in Kaiserslautern
 1838-1841 Studium. TH Karlsruhe
 1841-1847 Praktikant bei der Eisenbahn-
 sektion Hof
 1847-1855 Eisenbahningenieur im
 bayerischen Staatsdienst
 1849-1851 Reise nach England, Irland
 und in die Vereinigten Staaten
 1855-1881 ord. Professor für Ingenieur-
 wissenschaften ETH Zürich
 ab 1860 Vorlesung über graphische Sta-
 tik. ETH Zürich
 1866 *Die Graphische Statik*
 1868 Ehrenbürger von Zürich
 1872-1875 Rektor. ETH Zürich
 1880 Dr. Phil. h.c. Universität Zürich
 †09.12.1881 Zürich

Dalwigk, Friedrich von¹³¹²⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 * 02.10.1864 Kassel
 1885-1897 Studium in Marburg, Mün-
 chen, Berlin
 1895-1897 Assistent. TH München
 1897 Habilitation. Universität Marburg
 1897 Privatdozent. Universität Marburg
 1901 Promotion. Universität Marburg
 1907 a. ord. Professor. Universität Mar-
 burg
 1907-1922 Vorlesung über angewandte
 Mathematik. Universität Marburg
 ab 1922 Professor am geodätischen In-
 stitut Potsdam
 †1943

Dehn, Max¹³¹³⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 *13.11.1878 Hamburg
 1900 Promotion bei Hilbert. Universität
 Göttingen
 1901 Habilitation. Universität Münster
 1901-1911 Privatdozent und apl. Profes-
 sor. Universität Münster
 1911-1913 a. ord. Professor Mathematik.
 Universität Kiel
 1913-1921 ord. Professor für Höhere
 Mathematik. TH Breslau
 1921-1935 ord. Professor für Mathema-
 tik. Universität Frankfurt

1935 Lehrstuhl wurde gestrichen
 1939 Flucht nach Dänemark, Norwegen
 und schließlich in die USA
 1940 University of Idaho, Illinois Institute
 of Technology, St. Johns College
 1945-1952 Black Mountain College
 (North Carolina)
 †27.06.1952 Black Mountain (North Ca-
 rolina)

Deschwanden, Joseph Wolfgang von¹³¹⁴⁾

Kollege Culmanns in Zürich
 *21.07.1819 Stanz in Unterwalden
 um 1830 Schüler am katholischen Gym-
 nasium in St. Gallen
 1838-1840 Studium an der Industrieschu-
 le in Zürich u. a. bei Redtenbacher
 1840-1842 Studium. Universität Zürich
 1841-1847 technische Reisen nach Süd-
 deutschland, Elsaß und Belgien, Besu-
 che bei den Polytechnika in Karlsruhe
 und Stuttgart
 1842-1847 Professor für Maschinenlehre
 und praktische Geometrie. Industrie-
 schule Zürich
 1847-1855 Rektor. Industrieschule Zürich
 1855-1866 Gründungsrektor und Profes-
 sor für darstellende Geometrie. ETH
 Zürich
 †11.04.1866 Zürich

Disteli, Martin¹³¹⁵⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 *05.08.1862 Olten (Solothurn)
 1881-1885 Studium. ETH Zürich
 1886 Studium in Berlin
 1887-1891 Assistent. ETH Zürich
 1891 Privatdozent der Mathematik. ETH
 Zürich
 1893-1898 Professor. Technikum in Win-
 terthur
 1899 Habilitation für Mathematik. TH
 Karlsruhe
 1900-1902 a. ord. Professor. TH Karlsru-
 he
 1901 Habilitation. ETH Zürich
 1902-1904 a. ord. Professor. Universität
 Straßburg
 1904-1909 ord. Professor für darstellende

¹³¹²⁾Pogg. IV, V, Scharlau [1989], S. 214

¹³¹³⁾Pogg. V, VI, DSB, Scharlau [1989], S. 63, 99, 186, 236

¹³¹⁴⁾VNGZü 11 (1866), S. 195f, Gyr [1981]

¹³¹⁵⁾Pogg. IV-VI, Scharlau [1989], 87, 178, 180, 243, JDMV 36(1927), S. 170-173, Programme
 Karlsruhe

- de Geometrie. TH Dresden
1909-1917 ord. Professor für Geometrie.
TH Karlsruhe
†1923
- Dobbs, William John**
um 1897 St. John's College. Cambridge
1897 *Elementary Graphical Statics*
- Doehlemann, Adolf**¹³¹⁶⁾
Arbeiten zum graphischen Rechnen
*07.04.1832 Schwabach
Besuch der Ingenieurschulen in München
und Nürnberg
Studium an der Akademie der bildenden
Künste in München
1855-1858 bei der k. Baubehörde Mün-
chen
1858-1861 Assistent an der Ingenieur-
schule München
1861-1868 Professor für angewandte
Mathematik und Baukunde landwirt-
schaftliche Zentralschule in Weihenstep-
han
1868-(etwa)1874 ord. Professor für Inge-
nieurwissenschaften. TH München
- Dreyer, Georg**
Lehrbuch zur graphischen Statik
1901 *Elemente der Graphostatik*
- Du Bois, Augustus Jay**¹³¹⁷⁾
Lehrbücher und Vorlesungen zur graphi-
schen Statik
* 25.08.1849 Newton Falls (Ohio)
um 1865 Studium in Deutschland
1870 und 1873 Promotion (PCE u. PhD).
New Haven
1873-1875 Studium in Freiberg
1875 *The elements of graphical statics
and their application to framed structur-
es*
1875-1877 Professor für Ingenieurwis-
enschaften. Lehigh University
1877-1915 Professor für Mechanik bzw.
Ingenieurwissenschaft. Yale College in
New Haven
†19.10.1915
- Eddy, Henry T.**¹³¹⁸⁾
Arbeiten zur graphischen Statik
- *09.06.1844 Stoughton (Massachusetts)
1863-1868 Studium Yale College, New
Haven
1868-1869 Instructor an der University of
Tennessee in Nashville
1869-1873 Assistent-Professor Mathe-
matik und Ingenieurwissenschaft. Cor-
nell University of Ithaca
1872 Promotion. Cornell Universität
1873-1874 Adjunct-Professor der Mathe-
matik. College in Princeton
1874-1890 Professor der Astronomie,
Mathematik und Ingenieurwissenschaft
University of Cincinnati
1879 Studium in Berlin
1880 Studium in Paris
1890-1894 President. Rose Polyte. Instit.
Terre Haute in Indianapolis
1894-1896 Professor für Ingenieurwis-
schaften und Mechanik University
Minneapolis, Minnesota
1894-1912 Professor für Ingenieurwis-
schaften und Mechanik University
of Minnesota
†11.12.1921 Minnesota
- Eiffel, Alexandre Gustave**¹³¹⁹⁾
Läbt in seiner Firma graphische Statik bei
statischen Untersuchungen verwenden
*15.12.1832 Dijon
1855 Beginn der praktischen Tätigkeit im
Eisenbau
um 1855 Studium an der École centrale
des arts et manufactures
1858 große Brücke bei Bordeaux
1867 Gründung einer Eisenbau-Anstalt in
Levallois Perret (Später: Société de
Constructions de Levallois-Perret)
1889 Bau des Eiffel-Turms auf dem
Marsfeld in Paris
1890 Rückzug aus seinem Unternehmen
und Konzentration auf aerodynamische
Untersuchungen
† 28.12.1923 Paris
- Engel, Friedrich**¹³²⁰⁾
Mathematiker
*26.12.1861 Lugau (bei Chemnitz)
1879-1885 Studium in Leipzig und Berlin

¹³¹⁶⁾BayHStA. MK 19554¹³¹⁷⁾Pogg. III, NUC Bd. 149 S. 628, DB American Bd. 3 Teil 1, S. 470¹³¹⁸⁾Pogg. III, IV, VI, DB American Bd. 3 Teil 2, S. 7¹³¹⁹⁾Pogg. V, Schw. Bau. 83 (1924), S. 25, Matschoß [1925], S. 65¹³²⁰⁾Lex. Math. [1990], S. 135, Scharlau [1989], S.114, 131, 206f

u. a. bei Klein und Lie
 1885 Habilitation. Universität Leipzig
 1885-1890 Privatdozent. Universität Leipzig
 1890-1904 a. ord. Professor. Universität Leipzig
 1904-1913 ord. Professor für Mathematik. Universität Greifswald
 1913-1931 ord. Professor für Mathematik. Universität Gießen
 †29.09.1941 Gießen

Etzel, Carl von¹³²¹⁾

Eisenbahnbauingenieur
 Konstruktion der Brennerbahn (1864-67),
 Fertigstellung hat er nicht mehr erlebt.
 *06.01.1812 Heilbronn
 Gymnasium und TH Stuttgart
 1835 Zeichner in Paris
 1836-37 Studienaufenthalt in England
 1839-1843 Hochbauten in Wien zusammen mit Förster von der Allg. Bau.
 1843-1852 Eisenbahnnetz für Württemberg
 1852-1865 Bauleitung der schweizerischen Centralbahn
 1854 schlägt Culmann für ETH-Profeßur vor
 †02.05.1865 Kimmelbach (Niederösterreich)

Fais, Antonio¹³²²⁾

Vorlesungen zur graphischen Statik
 *25.04.1841 Ploaghe (Sardinien)
 bis 1880 ord. Professor für Infinitesimalrechnung und graphische Statik. Universität Bologna
 ab 1880 ord. Professor für Infinitesimalrechnung. Universität Caligari

Favaro, Antonio¹³²³⁾

Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik, auch historische Beiträge
 *21.05.1847 Padua
 Studium in Padua und Turin
 1869-1870 Ingenieur in Turin, Scuola

d'Applicazione
 1870 -1872 Assistent für angewandte Mathematik. Universität Padua
 1872-1875 ord. Professor für graphische Statik. Universität Padua
 1873 *La statica grafica*
 1914-1917 Direktor der Scuola d'Applicazione. Universität Padua
 †30.09.1922 Padua

Favero, Giovanni Battista¹³²⁴⁾

Ingenieur, zahlreiche Arbeiten zur graphischen Statik
 *27.06.1832 Crespano Veneto
 1850-1853 Studium. Universität Padua
 1854 Promotion. Universität Padua
 1878-1902 Professor für Brücken- und Straßenbau. Ingenieurschule in Rom
 †29.12.1906 Rom

Fiedler, Wilhelm¹³²⁵⁾

Vorlesungen zur Geometrie der Lage, projektive Grundlegung der darstellenden Geometrie
 *03.04.1832 Chemnitz
 1852-1853 Studium an der Bergakademie Freiberg
 1853-1864 Lehrer an der höheren Gewerbeschule. Chemnitz 1859 Promotion bei Möbius. Universität Leipzig
 1864-1867 ord. Professor für darstellende Geometrie. TH Prag
 1867-1907 ord. Professor für darstellende Geometrie und Geometrie der Lage. ETH Zürich
 †19.11.1912 Zürich

Finger, Josef¹³²⁶⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 *01.01.1841 Pilsen (Böhmen)
 1875-1878 Privatdozent. Universität Wien
 1878-1884 a. ord. Professor für reine Mechanik und graphische Statik. TH Wien
 1884-1910 ord. Professor für reine Mechanik und graphische Statik. TH Wien

¹³²¹⁾NDB Bd. 4 S. 1959, S. 668, zum Geburtsort siehe Stuttgarter Zeitung 12.11.1963 zitiert nach Claudia Peter: Der Stuttgarter Bahnhof im 19. Jahrhundert. Magisterarbeit am Kunsthistorischen Institut. Stuttgart 1986

¹³²²⁾Pogg. III

¹³²³⁾Pogg. III - VI, Enciclop. ital. [1932], Bd. 14, S. 909f, H. Bosmans in *Revue des questions scientifiques*, 1923

¹³²⁴⁾Pogg. IV, V, Enciclop. ital. [1932], Bd. 14, S. 910

¹³²⁵⁾Pogg. III - V, Frei. Stammbacher [1994], S. 39, JDMV 22 (1913), S. 97-113

¹³²⁶⁾Pogg. IV - VI

1888-1898 Mitglied des k. k. niederösterreich. Landeschulrathes, Mitglied des österr. Patentamtes
1890-91 Rektor. TH Wien
†06.05.1925 St. Georgen (Oberösterreich)

Föppl, August¹³²⁷⁾

Vorlesungen und Arbeiten über graphische Statik
*25.01.1854 Groß-Umstadt (Hessen)
1869-1872 Studium unter anderem bei Otto Mohr. TH Stuttgart
1873-74 Studium unter anderem bei Grashof. TH Karlsruhe
1874 Diplomprüfung. TH Karlsruhe
1877-1892 Lehrer Gewerbeschule in Leipzig
1880 *Theorie des Fachwerks*
1886 Promotion. Universität Leipzig
1892 a. ord. Professor Landwirtschaftliche Maschinenlehre und Kulturtechnik. Universität Leipzig
1894 ord. Professor für technische Mechanik. TH München
1897-1900 *Vorlesungen über technische Mechanik* 15. Aufl. 1951
1922 emeritiert
†12.08.1924 Ammerland am Starnberger See

Francke, Adolf

Arbeiten zur graphischen Statik
1901 Baurat Herzberg (Harz)

Fränkel, Wilhelm¹³²⁸⁾

Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
*1841 Odessa
1857-1861 Studium an TH Dresden
1862-1867 Assistent. TH Dresden.
Ingenieur-Assistent bei der sächsischen Staatseisenbahn
1867 Promotion. Universität Jena
1868-1869 ord. Lehrer für Brücken-, Straßen- und Eisenbahnbau. TH Dresden
1869-1895 ord. Professor für Brückenbau. TH Dresden
†13.04.1895 Dresden

Gebbia, Michele¹³²⁹⁾

Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
*07.02.1854 Palermo
Professor für mathematische Physik und Mechanik. Universität Palermo
Professor für graphische Statik. TH Palermo
†27.12.1929 Palermo

Gerber, Heinrich¹³³⁰⁾

Brückenkonstrukteur
*18.11.1832 Hof (Fichtelgebirge)
1849-1852 Studium an der TH München
1856 Staatsprüfung München
1857-1861 Bau von 53 Brücken, überwiegend Pauli-Träger
1866 Bayrisches Patent auf Auslegekonstruktionen («Gerber-Träger»)
1873-1884 Direktor der Süddeutschen Brückenbau AG, Tochterunternehmen der Nürnberger Maschinenfabrik
1878 Einführung systematischer Bezeichnung von Größen nach einem Vorschlag von Culmann
1902 Ehrenpromotion. TH München
†03.01.1912 München

Grassmann, Hermann (d.J.)¹³³¹⁾

Graphisches Rechnen
*1857
1899 Habilitation. Universität Halle
1899-1902 Privatdozent. Universität Halle
1902-1904 a. ord. Professor. Universität Halle
1904-1922 ord. Professor für Geometrie und angewandte Mathematik. Universität Gießen
†1922

Gray, John Y.

1888 *The elements of graphical arithmetic and graphical statics*

Greene, Charles Ezra¹³³²⁾

Arbeiten zur graphischen Statik
*1842
1876 *Graphical analysis of roof trusses*
†1903

¹³²⁷⁾Pogg. IV-VI, NDB Bd. 5, S. 269, Matschoß [1925], S. 76

¹³²⁸⁾Jahrhundert TH Dresden [1928], 61, 153, o. N. [1895]

¹³²⁹⁾Pogg. III - V

¹³³⁰⁾Hilz [1993], Ricken [1994]

¹³³¹⁾Scharlau [1989], S. 115, 140, 142

¹³³²⁾NUC Bd. 216, S. 664 - 666

Grossmann¹³³³⁾

Vorlesung über graphische Statik
 *11.06.1823
 1848-1855 Lehrer am Köllnischen Gymnasium in Berlin
 1855-1863 Direktor der Provinzial-Gewerbeschule in Schweidnitz
 1863-1879 Lehrer der Mechanik an der Gewerbeakademie Berlin
 1879-1884 ord. Professor für Mechanik. TH Berlin
 †04.06.1884 Berlin

Grübler, Martin¹³³⁴⁾

Kinematik, Vorlesungen über graphische Statik
 *19.12.1851 Merrane (Sachsen)
 Höhere Gewerbeschule in Chemnitz.
 1870-1880 Studium in Leipzig und Dresden
 1873 Diplomprüfung. TH Dresden
 1873-1875 Praktische Tätigkeit als Ingenieur
 1880 Habilitation. ETH Zürich
 1880-1885 Privatdozent für technische Mechanik. ETH Zürich
 1885-1886 Lehrer für Mechanik und Festigkeitslehre an der Baugewerkeschule Dresden
 1886-1896 ord. Professor für Mechanik. TH Riga
 1896-1900 Privatdozent. TH Berlin
 1900-1925 ord. Professor für technische Mechanik. TH Dresden
 †20.04.1935 Dresden

Happel, Hans¹³³⁵⁾

Vorlesung über graphische Statik
 *1876
 1906 Habilitation. Universität Tübingen
 1910-1912 Privatdozent. Universität Tübingen
 1912-1920 a. ord. Professor. Universität Tübingen
 †1946

Harlacher, Andreas Rudolf¹³³⁶⁾

Culmann-Schüler
 *21.09.1842 Schöffliisdorf (Schweiz)
 1860-1863 Studium der Ingenieurwissenschaften bei Culmann an der ETH Zürich
 1863-1866 Ingenieur bei der Nordostbahn
 1866-1869 Privatdozent und Assistent bei Culmann. ETH Zürich
 1869-1877 Erster Präsident der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker
 1869-1890 ord. Professor der Ingenieurwissenschaften TH Prag
 †28.10.1890 Lugano

Hauck, Guido¹³³⁷⁾

Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
 *26.12.1845 Heilbronn
 1865 technische Reifeprüfung Stuttgart
 1865-1870 Studium an der Universität Tübingen
 1872-1877 Professor an der Oberrealschule in Tübingen
 1872-1877 Lehrauftrag für darstellende Geometrie und Elementarmathematik. Universität Tübingen
 1876 Promotion. Universität Tübingen
 1877-1879 ord. Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik. Bauakademie Berlin
 1879-1905 ord. Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik. TH Berlin
 †25.01.1905 Berlin

Hausser, A. E.

Lehrbuch zur graphischen Statik
 1886 *Statique graphique appliquée*
 um 1886 französischer Chefingenieur für Brücken- und Straßen

Heinzerling, Friedrich¹³³⁸⁾

*15.12.1824 Groß-Buseck
 1842-1845 Student. TH Darmstadt
 1846-1848 Studium. Universität Gießen
 1848 Promotion. Universität Gießen

¹³³³⁾Programm TH Berlin 1884/85, Chronik, S. 96f

¹³³⁴⁾Pogg. IV-VI, NDB Bd. 7, S. 184f, ETH [1980], S. 627

¹³³⁵⁾Pogg. V, VI, Scharlau [1989], S. 64, 257, Programme Tübingen, Conrad [1960], S. 60, 104

¹³³⁶⁾Festschrift GEP [1894], S. 86, Bio. Lex. Schw. Bd. 4, S. 77

¹³³⁷⁾Pogg. III-V, Programm TH Berlin 1905/06, Chronik, S. 131-135, Knobloch [1998], NDB 8, S. 77, Scharlau [1989], S. 20, 256

¹³³⁸⁾Klinkenberg [1970], S. 242

1860-1864 Lehrer an der Höheren Gewerbeschule in Darmstadt
 1864-1869 a. ord. Professor für Ingenieurwissenschaften. Universität Gießen
 1869 Professor für Ingenieurwissenschaften. Universität Gießen
 1870-1905 Professor für Brückenbau und höhere Baukonstruktionen. TH Aachen
 1892-1895 Rektor. TH Aachen
 †10.01.1906 Aachen

Hellmer, Karl¹³³⁹⁾

*25.09.1834 Wien
 Professor für Mechanik. TH Brünn

Henkel, Otto

Lehrbuch zur graphischen Statik
 Studium. TH Karlsruhe
 um 1918 Oberlehrer Königliche Tiefbau-
 schule in Rendsburg

Henneberg, Lebrecht¹³⁴⁰⁾

Vorlesungen und Arbeiten über graphische Statik
 *27.09.1850 Wolfenbüttel
 1870-1876 Studium in Zürich, Heidelberg, Berlin
 1875 Promotion. Universität Heidelberg
 1876 Habilitation für Mathematik und mathematische Physik. ETH Zürich
 1876-1878 Privatdozent. ETH Zürich
 1878 a. ord. Professor. ETH Zürich
 1878-1920 Mathematik und Mechanik. TH Darmstadt
 1903 *Die graphische Statik der starren Körper* (Enzyklopädie-Artikel)
 †29.04.1933 Darmstadt

Henrici, Olaus¹³⁴¹⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 *09.03.1840 Meldorf (Holstein)
 1859-1862 Studium. TH Karlsruhe. Schüler von Clebsch
 1863 Promotion. Universität Heidelberg
 1865 Privatdozent. Universität Kiel
 1865 Übersiedlung nach London
 1870-1880 Professor für reine Mathematik. University College London
 1880-1884 Professor für angewandte

Mathematik und Mechanik. University College London
 1884-1911 Professor für Mathematik und Mechanik. City and Guilds Central Technical College
 †10.08.1918 Chandler's Ford (Hampshire)

Hermann, Johann Martin

Planimeter-Erfinder
 *1785 Pfronten bei Füssen
 1814 Idee eines Planimeters
 †1841 München

Herrmann, Gustav¹³⁴²⁾

Graphische Methoden im Maschinenbau
 *19.12.1836 Halle
 1855-1859 Studium. Gewerbeakademie Berlin
 1870-1906 Professor für mechanische Technologie und Fabrikanlagen. TH Aachen
 1889-1892 Rektor. TH Aachen
 †13.06.1907 Aachen

Hertwig, August¹³⁴³⁾

U.a. Arbeiten zur Geschichte des Ingenieurwesens
 *20.03.1872 Mühlhausen/Thüringen
 1890-1894 Studium an der TH Berlin
 1902 ord. Professor für Statik der Baukonstruktionen. TH Aachen
 1909 -1911 Rektor. TH Aachen
 1915-1917 Rektor. TH Aachen
 1924-1937 ord. Professor für Statik der Baukonstruktionen. TH Berlin
 1946-1950 ord. Professor. Universität Berlin
 †14.04.1955 Berlin

Hilgard, Karl Emil¹³⁴⁴⁾

Culmann-Schüler
 *21.02.1858 Zürich
 1881-1882 Assistent an der Ingenieurschule der ETH Zürich
 1882-1883 Studienreise durch England, Frankreich und Nordamerika
 1884-898 Ingenieur bei verschiedenen Eisenbahn- und Brückenbau-Gesellschaften in Nordamerika

¹³³⁹⁾ Deutscher Universitäts- und Schulkalender 1870/71¹³⁴⁰⁾ Pogg. III-VI, Scharlau [1989], S. 81, ETH Zürich [1980], S. 628¹³⁴¹⁾ Pogg. III, IV, VI, JDMV 36 (1927), S. 157-162¹³⁴²⁾ Klingenberg [1970], S. 243¹³⁴³⁾ Pogg. VII, Klingenberg [1970], S. 243¹³⁴⁴⁾ ETH Zürich [1980], Programme ETH Zürich, Adreßverzeichnis GEP

1899-1906 Professor für Wasserbau
ab 1907 Experte für Fundierungen und
Wasserbau-Projekte
†21.06.1938 Zürich

Holzmüller, Gustav

Verfechter der Elementarisierung
*1844
1870 Hilfslehrer in Salzwedel und Merse-
burg
1870 Promotion. Universität Halle
1871 Lehrer am Domgymnasium Magde-
burg
1872 Lehrer am Gymnasium Elberfeld
1874-1897 Direktor der königlichen Pro-
vinzialgewerbeschule in Hagen
†1914

Hunäus, Georg Christian Konrad¹³⁴⁵⁾

Geometrische Instrumente, auch Plani-
meter
*24.03.1802 Goslar
1830-1835 Markscheider in Clausthal .
Lehrer der reinen und praktischen Ma-
thematik an der Berg- und Forstschule
und ab 1831 auch am Gymnasium
1835-1843 Oberlehrer für Mathematik
und Naturwiss. am Gymnasium Celle
1843 Promotion. Universität Jena
1843-1857 Lehrer der praktischen und
darstellenden Geometrie und Geogno-
sie. TH Hannover
1857-1881 ord. Professor für praktische
und darstellende Geometrie und Geo-
gnosie. TH Hannover
†29.03.1882 Hannover

Jenkin, Fleming¹³⁴⁶⁾

Einer der ersten, der graphische Metho-
den zur statischen Berechnung von
Fachwerken nutzt
*25.03.1833 Kent, England
1850 Magister artium in Genua
1867-1868 Professor der Ingenieurwis-
senschaften am University College
London
1868-1885 Professor der Ingenieurwis-
senschaften. University of Edinburgh
†12.06.1885 Edinburgh

Jolles, Stanislaus¹³⁴⁷⁾

Vorlesungen zur graphischen Statik
*25.07.1857 Berlin
1875-78 Studium. TH Dresden
1878-1880 Studium. TH Breslau
1880-1882 Studium. Universität Straß-
burg
1882 Promotion. Universität Straßburg
1885-1893 Assistent
ab 1886 Privatdozent darstellende Geo-
metrie und graphische Statik. TH Aa-
chen
1892-93 Professoren-Titel. TH Aachen
1893 Habilitation für reine Mathematik.
TH Berlin
1893-1896 Privatdozent. TH Berlin
1896-1907 Dozent. TH Berlin
1907-1925 ord. Professor für darstellende
Geometrie. TH Berlin
†14.02.1942 Berlin

Jung, Giuseppe¹³⁴⁸⁾

Vorlesungen und Arbeiten zur graphi-
schen Statik
*16.03.1845 Mailand
1867 Promotion. Universität Neapel
1874-1912 ord. Professor für graphische
Statik. TH Mailand
1876-1912 Lehrbeauftragter für Geome-
trie der Lage. TH Mailand
†05.01.1926 Mailand

Kayser, Carl Heinrich Albert¹³⁴⁹⁾

Lehrer Culmanns in Karlsruhe
*22.04.1798 Ottweiler
1819-1822 Lehrer für Mathematik, deut-
sche Sprache, Geographie und Tech-
nologie Lyceum Karlsruhe
1822-1832 Professor für angewandte
Mathematik Ingenieurschule Karlsruhe
1832-1858 Professor für Elementarma-
thematik und Mechanik. TH Karlsruhe
†28.12.1870 Heidelberg

Keck, Wilhelm¹³⁵⁰⁾

Vorlesungen zur graphischen Statik
*07.07.1841 Kniestedt (Kreis Goslar)
1865-1868 Maschineningenieur bei der
Eisenbahnmaschinen-Inspektion in

¹³⁴⁵⁾Pogg. I, III, Catalogus Hannover [1956], S. 146

¹³⁴⁶⁾Pogg. III

¹³⁴⁷⁾Pogg. IV-VII, Programme TH Aachen und TH Berlin, Scharlau [1989], S. 13, 21

¹³⁴⁸⁾Pogg. III-VI, Dizionario Italiano [1970], Bd. 6, Centenario TH Milano [1963], S. 314

¹³⁴⁹⁾GLA Karlsruhe GLA 235/4219, GLA 206/875, Rühlmann [1885], S. 414

¹³⁵⁰⁾Catalogus Hannover [1956], S. 159

- Göttingen
1868-1870 im Zentralbüro der Venlo-Hamburger Bahn in Osnabrück
1870-1873 Lehrer für Mechanik und höhere Mechanik. TH Hannover
1873-1900 ord. Professor für Mechanik, einschließlich graphischer Statik. TH Hannover
†25.11.1900 Hannover
- Kiepert, Ludwig**¹³⁵¹⁾
Vorlesung über Geometrie der Lage als Vorbereitung für graphische Statik
*06.10.1846 Breslau
1870 Promotion. Universität Berlin
1871 -1872 Privatdozent. Universität Freiburg
1872-1877 a. ord. Professor. Universität Freiburg
1877-1879 ord. Professor für Mathematik. TH Darmstadt
1879-1921 ord. Professor für Mathematik. TH Hannover
1901-1904 Rektor. TH Hannover
†05.09.1934 Hannover
- Killing, Wilhelm**¹³⁵²⁾
Vorlesungen über graphische Statik
*1847
1892-1919 ord. Professor für Mathematik Universität Münster
†1923
- Kirsch, Ernst Gustav**¹³⁵³⁾
Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
*13.09.1841 Sagan in Schlesien
1859-1862 Student der technischen Wissenschaften an der Gewerbeakademie Berlin
1863 Studium an Sorbonne und École des Mines in Paris
1864 Studium. ETH Zürich
1864-1866 Studium. Universität Berlin
1866 Staatsprüfung. Universität Berlin
1866-1874 Professor für Mathematik und Mechanik an der Provinzialgewerbeschule in Görlitz
1869 Promotion. Universität Leipzig
1874-1901 Professor für Mechanik. Gewerbeakademie in Chemnitz
†08.01.1901 Chemnitz
- Koechlin, Maurice**¹³⁵⁴⁾
Culmann-Schüler, Konstrukteur des Eiffel-Turms, Arbeiten zur graphischen Statik
*08.03.1856 Bühl (Elsaß)
1873-1877 Studium der Ingenieurwissenschaften. ETH Zürich
1877-1879 Ingenieur bei der Compagnie du chemin de fer de l'Est
ab 1879 Oberingenieur bei Eiffels Konstruktionsbüro in Levallois-Perret bei Paris
1889 *Applications de la statique graphique*
†12.06.1946 Veytaux am Genfersee
- Körner, Karl**¹³⁵⁵⁾
Vorlesungen zur graphischen Statik
*09.04.1838 Velpke
Gymnasium in Braunschweig
von 1854 Studium der Architektur. TH Braunschweig
1862-1871 Lehrer für Bauconstructionszeichnen und Baumaterialienkunde. TH Braunschweig
1871-1907 ord. Professor für Baukonstruktionslehre und graphische Statik. TH Braunschweig
1881-1888 Direktor. TH Braunschweig
1894-1896 Rektor. TH Braunschweig
†09.10.1907 Braunschweig
- Kötter, Ernst**¹³⁵⁶⁾
Vorlesungen zur graphischen Statik
*07.08.1859 Berlin
1879-1884 Studium in Berlin
1884 Promotion. Universität Berlin
1884-1887 Assistent für darstellende Geometrie und graphische Statik. TH Berlin
1887-1897 Privatdozent. Universität Berlin
1897-1920 ord. Professor für darstellende

¹³⁵¹⁾Catalogus Hannover [1956], S. 6, Scharlau [1989], S. 80, 109, 153

¹³⁵²⁾Scharlau [1989], S. 235

¹³⁵³⁾JDMV 11 (1902), S. 188f

¹³⁵⁴⁾Adressverzeichnis der GEP 23 (1892), S. 76, Claus [1990], S. 16

¹³⁵⁵⁾Programme TH Braunschweig, Pump-Uhlmann [1995], S. 241, 244, 248, Deutscher Universitäts- und Schulkalender [1871], S. 108, Albrecht [1886], S. 44

¹³⁵⁶⁾Pogg. IV-VI, Programme Aachen, Hensel [1989], S. 254

de Geometrie. TH Aachen
 †26.01.1922 Aachen

Kötter, Fritz¹³⁵⁷⁾

Vorlesungen zur graphischen Statik
 *03.11.1857 Berlin
 1878-1882 Studium in Berlin
 1883 Promotion. Universität Halle
 1887 Habilitation für angewandte
 Mathematik. TH Berlin
 1887-1896 Privatdozent. TH Berlin
 1889-1896 Dozent. Bergakademie Berlin
 1896-1900 ord. Professor für Geometrie.
 Bergakademie Berlin
 1900-1912 ord. Professor für technische
 Mechanik. TH Berlin
 †17.08.1912 Schopfloch

Kratzer, Adolf¹³⁵⁸⁾

Graphische Darstellungen
 *15.04.1858 Zusmarshausen (Bayern)
 1876-1883 Studium in Straßburg, Würz-
 burg, Berlin und Leipzig
 1881 Promotion. Universität Würzburg
 1883 Habilitation. Universität Würzburg
 1889-1902 a. ord. Professor. Universität
 Straßburg
 1902-1926 ord. Professor für Mathema-
 tik. TH Karlsruhe
 †1926

Krohn, Reinhard¹³⁵⁹⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 *25.11.1852 Hamburg
 1869-1873 Studium des Bauingenieurwe-
 sens. TH Karlsruhe
 1876-1878 Assistent für darstellende
 Geometrie. TH Aachen
 1878-1884 a. ord. Professor. TH Aachen
 1884-1886 Ingenieur in den USA
 1887-1904 Oberingenieur, später Direk-
 tor der Brückenbau-Abteilung der Gu-
 tehoffnungshütte in Oberhausen
 1904-1932 ord. Professor für Statik der
 Baukonstruktionen und Brückenbau.
 TH Danzig
 1907-1909 Rektor. TH Danzig
 †29.06.1932 Danzig

Küppers, Karl Josef¹³⁶⁰⁾

Vorlesung über Geometrie der Lage als
 Grundlage für graphische
 Statik*10.03.1828 Düsseldorf
 1848-1851 Studium in Berlin (TH u. Uni.)
 1852-1867 Lehrer an der Gewerbeschule
 in Trier
 1867-1898 ord. Professor für darstellende
 Geometrie. TH Prag
 †15.09.1900 Bonn

Kürsteiner, Emil¹³⁶¹⁾

Culmann-Schüler
 *Cincinnati (USA)
 1874-1879 Studium der Ingenieurwissen-
 schaften an der ETH Zürich
 1879-1880 Assistent an der Ingenieur-
 schule. ETH Zürich
 1880-1881 Rückkehr nach Amerika und
 dolce far niente
 1881-1906 Ingenieur bei verschiedenen
 amerikanischen Ingenieurbüros
 ab 1906 Brückeningenieur bei der Louis-
 ville und Nashville Railroad, Louisville

Kusevich, Marcel¹³⁶²⁾

Culmann-Schüler, Mitschrift von Cul-
 mann-Vorlesungen
 *Samobor (Kroatien)
 1867-1870 Studium der Ingenieurwissen-
 schaften an der ETH Zürich

Kutta, Martin Wilhelm¹³⁶³⁾

Angewandte Mathematik
 *03.11.1867 Pitschen (Oberschlesien)
 1885-1890 Studium an TH Breslau, Mün-
 chen, Cambridge
 1900 Promotion. Universität München
 1902 Habilitation für reine und ange-
 wandte Mathematik. TH München
 1902-1907 Privatdozent. TH München
 1907-1909 a. ord. Professor angewandte
 Mathematik. Universität München
 1909-1910 ord. Professor Mathematik.
 Universität Jena
 1910-1912 ord. Professor für Mathema-
 tik. TH Aachen
 1912-1935 ord. Professor für Mathema-

¹³⁵⁷⁾Pogg. IV, V, Scharlau [1989], S. 20, 22, Programme TH Berlin

¹³⁵⁸⁾Pogg. III-V, Scharlau [1989], 179, 143, 262

¹³⁵⁹⁾Pogg. V, Beiträge TH Danzig [1979], S. 145, Kalender der THen 1909/10, 1916-1918

¹³⁶⁰⁾Deu TH [1906], S. 358f

¹³⁶¹⁾Adressverzeichnis der GEP 23 (1892), S. 94; 43 (1912), S. 163

¹³⁶²⁾Programme ETH

¹³⁶³⁾Pogg. IV-VII, NDB Bd. 7, S. 348f, Klinkenberg [1970], S.247

- tik. TH Stuttgart
 †25.12.1944 Fürstenfeldbruck
- Ladomus, Johann Friedrich**¹³⁶⁴⁾
 Lehrer von Culmann in Karlsruhe
 *01.11.1783 Bretten
 ab 1800 Privatunterricht bei Tulla
 Vorsteher einer von ihm gegründeten
 Lehranstalt in Stettin
 1807-1850 Professor für Mathematik.
 Ingenieur-Schule bzw. TH Karlsruhe
 †03.12.1854 Karlsruhe
- Lalanne, Léon Louis Chrétien**¹³⁶⁵⁾
 Graphisches Rechnen, Recheninstru-
 mente
 *03.05.1811 Paris
 Studium. École Polytechnique
 1839 Graphische Rechentafeln
 1848-1852 Direktor der Nationalwerkstät-
 ten
 ab 1856 Leiter des Eisenbahnbaus in der
 Westschweiz
 †12.03.1892 Paris
- Lamé, Gabriel**¹³⁶⁶⁾
 Mitbegründer graphischer Methoden in
 der Statik
 *22.07.1795 Tours
 1813-1817 Studium. École Polytechnique
 1817-1820 Studium. École des Mines
 1820-1832 Ingenieur und Lehrer an der
 »École des Travaux Publics« in St.
 Petersburg (zusammen mit Lamé)
 1826 Zusammen mit Clapeyron erstmals
 Kraft- und Seileck zur Bestimmung
 einer Stützlinie benutzt.
 1844-1851 Graduierter Prüfer für mathe-
 matische Physik und Wahrscheinlich-
 keitsrechnung. Universität Paris
 1851-1862 Professor für mathematische
 Physik und Wahrscheinlichkeitsrech-
 nung. Universität Paris
 †01.05.1870 Paris
- Landsberg, Theodor**^{*1367)}
 Vorlesungen über graphische Statik
 *1847
- ab 1881 ord. Professor für Ingenieurwis-
 senschaften. TH Darmstadt
 †1915
- Lévy, Maurice**¹³⁶⁸⁾
 Arbeiten über graphische Statik
 *28.02.1838 Ribeauville (Elsaß)
 1856-1861 Studium an der École Poly-
 technique und der École des Ponts et
 Chaussées
 1862-1883 Repetitor für Mechanik. École
 Polytechnique
 1867 Promotion. Paris
 1874 *La statique graphique et ses appli-
 cations*
 1875-1885 Professor für angewandte
 Mechanik. École centrale des arts et
 manufactures
 1880 Chefingenieur für Brücken und
 Straßen
 1883 Mitglied der Académie des Scien-
 ces
 ab 1885 Professor für analytische und
 Himmelsmechanik. Collège de France
 †30.09.1910 Paris
- Liebmann, Karl Otto Heinrich**¹³⁶⁹⁾
 Vorlesungen über graphische Statik
 *1874
 1899 Habilitation. Universität Leipzig
 1899-1904 Privatdozent. Universität Leip-
 zig
 1904-1910 a. ord. Professor. Universität
 Leipzig
 1910-1920 a. ord. Professor Angewandte
 Mathematik. TH München
 1920-1935 ord. Professor. Universität
 Heidelberg
 †1939
- Lincke, Felix**¹³⁷⁰⁾
 Vorlesungen über graphische Statik
 *14.11.1840
 1869-1872 Privatdozent für Maschinen-
 bau. ETH Zürich
 danach Professor für Maschinenbau. TH
 Darmstadt

¹³⁶⁴⁾Pogg. I, Schnabel [1925], S. 24, Vorworte seiner Bücher, Weech [1875], S. 5, ADB Bd. 17, S. 507f

¹³⁶⁵⁾Pogg. I, III, IV

¹³⁶⁶⁾Pogg. I, DSB Bd. 7, S. 601f

¹³⁶⁷⁾NUC Bd. 314, S. 266-268, Programme TH Darmstadt

¹³⁶⁸⁾Pogg. III-V, DSB, Bd. 8, S. 287

¹³⁶⁹⁾Pogg. IV - VI, Scharlau [1989], S. 162, 206, 208, 221

¹³⁷⁰⁾ETH Zürich [1980], S. 631, Kukula [1892-1893], S. 554

Ludwig, Walter

*1876

1898 Promotion. Universität Breslau
 1904-1906 Assistent darstellende Geometrie. TH Karlsruhe
 1906-1907 Privatdozent. TH Karlsruhe
 1907-1909 ord. Professor für darstellende Geometrie. TH Braunschweig
 ab 1909 ord. Professor für darstellende Geometrie. TH Dresden
 †1946

Mann, Ludwig^[371]

Vorlesungen zur graphischen Statik
 *01.09.1871
 1910-1936 ord. Professor für Mechanik und Statik. TH Breslau
 1920-1924 Rektor. TH Breslau
 1936-1939 Lehrstuhlvertreter nach Emeritierung. TH Breslau

Mansion, Paul^[372]

Arbeiten zur graphischen Integration
 *03.06.1844 Marchin les-Huy.
 1870-1874 a.o. Professor. Universität Gent
 1874-1911 ord. Professor für Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Geschichte der Mathematik. Universität Gent
 †1919

Mascheroni, Lorenzo^[373]

Poet, Denker und Mathematiker. Konstruktionen mit dem Zirkel alleine
 *14.05.1750 Castagneta bei Bergamo
 ab 1786 Professor für Mathematik. Universität Pavia
 †14.07.1800 Pavia

Massau, Junius^[374]

Mitbegründer der graphischen Integration
 *09.04.1852 Gosselies (Belgien)
 Professor für Mechanik. Universität Gent
 †10.02.1909 Gent

Matthiesen, H. F. Ludwig

Vorlesungen zur graphischen Dioptrik
 *22.09.1830 Fissau bei Eutin

1857 Promotion. Universität Kiel
 1874-1906 ord. Professor für Physik. Universität Rostock
 1883 Dr. med. h. c. Universität Zürich
 †15.10.1906 Rostock

Maurer, Mór^[375]

(Vorname französisch: Maurice)
 Lehrbuch zur graphischen Statik
 *20.10.1875 Munkács, Ungarn
 1873-1875 Assistent TH Budapest
 1875 Privatdozent
 1877 Studium der »angewandten Mechanik« »im Ausland«
 1879 Übersetzung der Technischen Mechanik von A. Ritter ins Ungarische
 ab 1880 Ungarischer Staatsdienst, zunächst beim Eisenbahnbau
 1882 *Statique graphique appliquée*
 1899 a.o. Professor. TH Budapest

Maxwell, James Clerk^[376]

Reziprozität zwischen Kräfte- und Seilpolygon
 * 13.06.1831 Edinburgh
 1856-1857 Professor für Naturphilosophie. Marishal College in Aberdeen
 1860-1865 ord. Professor für Physik und Astronomie. King's College London
 1864 *On reciprocal figures and diagrams of forces*
 1871-1879 ord. Professor für Experimentalphysik. University of Cambridge
 † 05.11.1879 Cambridge

Mayer, Rudolf F.^[377]

Vorlesungen über graphische Statik
 *15.03.1861 Wien
 1892-1896 a. ord. Professor für Baumechanik und graphische Statik. TH Wien
 1896-1900 ord. Professor für Baumechanik und graphische Statik. TH Wien
 †30.11.1900 Wien

Mayor, Benjamin^[378]

Vorlesungen über graphische Statik
 *12.02.1866 Echallens (Schweiz)
 ord. Professor für Mechanik und mathe-

^[371]TH Breslau [1985], S. 209, 215, 218^[372]Pogg. III - V, Dictionnaire Belges [1992], S. 487^[373]Benvenuto [1991], Bd. II, S. 412, Mascheroni [1825], S. 3, Lex. Math. [1990], S. 310f^[374]Pogg. V, Dictionnaire Belges [1992], S. 496^[375]Krücken[1918] Bd. 2, S. 230, Szinyei [1891-1914], Bd. 8, S. 902f^[376]Pogg. III-VI; DSB Bd. 9, S. 198-230^[377]Programme TH Wien, Lechner [1942], S. 99, 223, 226^[378]Pogg. V, VI

matische Physik
 ab 1893 Vorlesungen über graphische
 Statik. Universität Lausanne (Université
 Lausanne)
 † 9.10.1936 Lausanne

Mehmke, Rudolf^[1379]

Angewandte Mathematik. Arbeiten zum
 graphischen Rechnen. Mitherausgeber
 der *Zeitschrift für Mathematik und Physik*
 *28.08.1857 Bad Lauterberg, Harz
 1875-1880 Studium der Architektur in
 Stuttgart, dann Mathematik in Tübingen
 und Berlin
 1880 Promotion. Universität Tübingen
 1884-1894 ord. Professor für Mathematik.
 TH Darmstadt
 1894-1922 ord. Professor für darstellende
 und projektive Geometrie. TH Stuttgart
 1917 *Leitfaden zum graphischen Rechnen*
 †16.11.1944 Stuttgart

Mehrtens, Georg Christoph^[1380]

Brückenkonstrukteur
 *31.05.1843 Bremerhaven
 1861-1866 Studium. TH Hannover
 1866-1894 Bei verschiedenen Gesellschaften
 im Eisenbahnbau tätig
 1894-1895 ord. Professor für Ingenieurwissenschaften.
 TH Aachen
 1895-1913 ord. Professor für Statik der
 Baukonstruktionen und Brückenbau.
 TH Dresden
 1901-1902 Rektor. TH Dresden
 † 09.01.1917 Dresden

Melan, Joseph^[1381]

Vorlesungen über graphische Statik
 * 18.11.1853 Wien
 1869 -1874 Studium. TH Wien
 1874-1878 Assistent bei Winkler. TH
 Wien
 1878-1880 Assistent bei Ržiha (Eisenbahnbau).
 TH Wien
 1880 Habilitation. TH Wien
 1886-1894 a. ord. Professor Baumechanik

und graphische Statik. TH Brünn
 1894-1902 ord. Professor für Brückenbau.
 TH Brünn
 1895-96 Rektor. TH Brünn
 1900-1917 *Der Brückenbau* 3 Bände
 1902-1923 ord. Professor für Brückenbau.
 TH Prag
 †06.02.1941 Prag

Mérian, Mathieu^[1382]

Culmann-Schüler, Mitschrift von Culmann-
 Vorlesungen
 *1856 Basel
 1873-1877 Studium der Ingenieurwissenschaften
 an der ETH Zürich
 ab 1877 Brückenbauingenieur in Basel
 † 1908 Basel

Merriman, Mansfield

um 1875 Instructor in Civil Engineering.
 Sheffield Scientific School. New Haven

Meyer, Jean^[1383]

Culmann-Schüler
 * 1840 Fribourg (Schweiz)
 1856-1859 Studium der Ingenieurwissenschaften
 an der ETH Zürich
 1859-1860 Studium. École centrale des
 arts et manufactures
 1860-1891 Ingenieur bei der Westbahn-
 Gesellschaft
 1871-1891 Chef-Ingenieur der Westbahn-
 Gesellschaft
 1877-1881 Präsident der Gesellschaft
 ehemaliger Polytechniker
 †20.06.1891 Lausanne

Möbius, August Ferdinand^[1384]

Projektive Koordinatengeometrie
 *17.11.1790 Schulpforta
 1815 Habilitation. Universität Leipzig
 1816-1844 a. ord. Professor und Observator
 der Sternwarte Mathematik Universität
 Leipzig
 1820 Direktor der Sternwarte
 1827 *Der barycentrische Calcul*
 1837 *Lehrbuch der Statik*
 1844-1868 ord. Professor für Astronomie
 und Mechanik. Universität Leipzig
 †26.09.1868 Leipzig

^[1379]Pogg. III - VI, NDB, Bd. 16, S. 621f^[1380]NDB Bd. 16, S. 628f^[1381]Pogg. VI, VII, NDB Bd. 16, S. 738-740^[1382]Adressverzeichnis der GEP 23 (1892), Handschriften und Autographen der ETH-Bib. Nr. 171^[1383]Bib. Lex. Schw. Bd. 5, S. 101, Festschrift GEP [1894], S. 87^[1384]Pogg. II, III, DSB Bd. 17, S. 429f

Modigliano, Cesare

Arbeiten zur graphischen Statik
um 1877 Assistent für graphische Statik.
Universität Padua

Mohr, Otto¹³⁸⁵⁾

Mitbegründer der graphischen Statik
*18.10.1835 Wesselburen (Holstein)
1851-1854 Studium. TH Hannover
1855-1867 Eisenbahnbauingenieur im
Königreich Hannover
1867-1873 ord. Professor für technische
Mechanik, Trassieren und Erdbau. TH
Stuttgart
1868 Graphische Bestimmung der elasti-
schen Linie. Einführung der Einflußlinie
(zeitgleich mit Emil Winkler)
1873-1900 ord. Professor für Eisenbahn-
bau, Wasserbau und Graphostatik. TH
Dresden
1900 emeritiert
† 02.10.1918 Dresden

Monge, Gaspard¹³⁸⁶⁾

Begründer der darstellenden Geometrie
*09.05.1746 Beaune (Frankreich)
1768-1780 Professor für Mathematik.
École Royale du Génie Mézières
1788 *Traité élémentaire de statique*
1789 nach der Revolution erhielt er ver-
schiedene hohe Staatsämter, u.a. Di-
rektor der Gewehrfabriken,
1794 Mitbegründer der École poly-
technique
1794 *Leçons de géométrie descriptive*
1794-1816 ord. Professor für Mathema-
tik. École Polytechnique
1816 bei der Restauration aus allen Äm-
tern entlassen
†28.07.1818 Paris

Montesano, Domenico¹³⁸⁷⁾

*22.12.1863 Potenza, Basilicata
1880-1884 Studium Universität Rom
1884 Promotion. Universität Rom
1886 -1888 Assistent und Dozent. Uni-
versität Rom
1888-1893 a. ord. Professor. Universität
Bologna
1893-1895 a. ord. Professor. Universität

Neapel

ab 1895 ord. Professor für Projektive
Geometrie und geometrisches Zeich-
nen Universität Neapel
ab 1905 ord. Professor für Höhere Geo-
metrie Universität Neapel
† 01.10.1930 Neapel

Mörsch, Emil¹³⁸⁸⁾

* 30.04.1872 Reutlingen
1904-1908 ord. Professor für Baustatik,
Brücken- und Hochbau in Eisen ETH
Zürich
1916-1939 ord. Professor für Statik und
Eisenbeton. TH Stuttgart
† 29.12.1950 Stuttgart

Müller, Emil

*22.04.1861 Landskron (Böhmen)
1892-1898 Lehrer an der Höheren
Staatsgewerbeschule in Königsberg
1898 Habilitation. Universität Königsberg
1898-1902 Privatdozent. Universität Kö-
nigsberg
1902-1927 ord. Professor für darstellende
Geometrie. TH Wien
†01.10.1927 Wien

Müller-Breslau, Heinrich¹³⁸⁹⁾

Arbeiten und Vorlesungen zur graphi-
schen Statik
*13.05.1851 Breslau
1871-1875 Studium an der Gewerbeaka-
demie in Berlin
1875-1883 Ingenieur
1881 *Elemente der graphischen Statik
der Baukonstruktionen*
1883-1888 ord. Professor für Brücken-
bau. TH Hannover
1887-1908 *Graphische Statik* drei Bände.
Nach Otto Mayer »die endgültige Prä-
sentation der graphischen Methoden
der Baukonstruktion« DSB
ab 1888 ord. Professor für Statik der
Baukonstruktionen. TH Berlin
1895-1896 Rektor. TH Berlin
1910-1911 Rektor. TH Berlin
†23.04.1925 Berlin

¹³⁸⁵⁾Pogg. IV-VI, DSB Bd. 17, S. 446, Matschoß [1925], S. 178¹³⁸⁶⁾DSB Bd. 9, S. 469-478¹³⁸⁷⁾Pogg. IV - VI¹³⁸⁸⁾NDB Bd. 17, S. 682f, ETH Zürich [1980]¹³⁸⁹⁾Pogg. VI, DSB Bd. 9, S. 577f, Ricken [1994]

Nehls, Christian¹³⁹⁰⁾

Arbeiten zur graphischen Integration mit
statischen Anwendungen

*1841

um 1875 Wasserbau-Inspector in Ham-
burg

später Wasserbaudirektor

†August 1897 Hannover

Neuendorff, Richard¹³⁹¹⁾

Arbeiten zum graphischen Rechnen

*23.01.1877 Berlin

1895-1899 Studium. Universität Berlin

1900 Wiss. Lehrer an der Kgl. höh. Ma-
schinenbauschule Einbeck

1903 -1910 Studienrat an der höheren
technischen Staatslehranstalt für Ma-
schinenwesen und Schiffsbau in Kiel

1908 Promotion. Universität Kiel

1910-1921 Privatdozent für reine und
angewandte Mathematik. Universität
Kiel

1921-1928 a. ord. Professor. Universität
Kiel

1928 a. ord. Professor. Universität Frank-
furt

†24.04.1935 Berlin

Neumann, Paul¹³⁹²⁾

Vorlesungen zur graphischen Statik

*25.05.1858

ab 1894 ord. Professor für Baumechanik,
graphische Statik und Baukonstruktio-
nslehre. TH Brünn

Ocagne, Maurice d'¹³⁹³⁾

Graphisches Rechnen, insbes. Nomogra-
phie

*25.03.1862 Paris

1882 Ingénieur, Ponts et d. Chaussées

1894-1912 Professor. École des Ponts et
Chaussées

1903 Prix Poncelet für seine Arbeiten
über Nomographie

1912 ord. Professor für Geometrie. École
Polytechnique

†23.09.1938 Le Havre (Frankreich)

Ostenfeld, Asger Skovgaard¹³⁹⁴⁾

Vorlesungen über graphische Statik

*13.10.1866

ab 1894 Dozent für technische Mechanik

ab 1900 Professor der TH Kopenhagen

†23.09.1931 Kopenhagen

Ott, Karl von¹³⁹⁵⁾

Erster Popularisierer der graphischen
Statik

*18.04.1835 Kiritein bei Brünn (Mähren)

1856 Studienabschluß. TH Wien

1856-1858 Supplement an der Oberreal-
schule in Olmütz

1858-1862 Oberrealschullehrer an der
Oberrealschule in Olmütz

1862-1873 Oberrealschullehrer an der
deutschen Oberrealschule in Prag

1864-1881 Dozent für Baumechanik an
der TH Prag

1873-1900 Direktor an der deutschen
Oberrealschule in Prag

1881-1904 a. ord. Professor. TH Prag

† 23.08.1904 Kiritein bei Brünn (Mähren)

Otzen, Robert¹³⁹⁶⁾

Arbeiten und Vorlesungen zur graphi-
schen Statik

* 09.05.1872 Giesendorf (Kreis Teltow)

1905-1907 Assistent für Bauingenieurwe-
sen. TH Hannover

1907 Habilitation. TH Hannover

1908-1919 ord. Professor für Eisenbau
und Statik. TH Hannover

1919-1931 Vorstand des Bauingenieur-
laboratoriums. TH Hannover

† 03.10.1934 Hannover

Padeletti, Dino¹³⁹⁷⁾

Arbeiten zu reziproken Figuren

*18.01.1852 Florenz

1872 Promotion

1877-1879 ord. Professor für Mechanik.
Universität Palermo

1879-1892 ord. Professor für analytische
Mechanik: Universität Neapel

† 10.03.1892 Neapel

¹³⁹⁰⁾ Pogg. IV, NUC Bd. 409, S. 588

¹³⁹¹⁾ Pogg. VI

¹³⁹²⁾ Kalender THs, Programme Brünn

¹³⁹³⁾ Pogg. III-VI u. V Nachtr., DSB Bd. 10, S. 170

¹³⁹⁴⁾ Pogg. III-V, Dansk Biografisk [1979-1884], Bd. 11, S. 70-72

¹³⁹⁵⁾ Pogg. III, IV, IV Nach, V, Böhm. Lex. Bd. 3, S. 114, TH Prag [1906], S. 375f

¹³⁹⁶⁾ Catalogus.. Hannover [1981], S. 225

¹³⁹⁷⁾ Pogg. III, IV

Pauli, Friedrich August von¹³⁹⁸⁾

- Vorgesetzter Culmanns bei der Bayerischen Bahn, Eisenbahningenieur, Brückenkonstrukteur
 *06.05.1802 Osthofen bei Worms
 1814-1816 Gymnasium Kaiserslautern
 1817-1822 Mechaniker-Lehre in England
 1822-23 Studium der Mathematik an der Universität Göttingen
 1824-25 Besuch von Vorlesungen an Akademie in München
 1825 Mitarbeit u. a. bei Kanal von Speyer zur französischen Grenze
 1825 Staatsprüfung bei der Königlichen obersten Baubehörde in München
 1825-1826 Schüler von Fraunhofer in München
 1827 -1832 Hilfsingenieur an der Ministerialbausection in München. Kanalbau
 1832-33 Kreisingenieur in Reichenhall
 1833 Oberingenieur der Obersten Baubehörde, Prof. für höhere Mechanik. Universität München, Rektor der Kreisgewerbeschule für Oberbayern
 1841-1860 Technischer Leiter der Eisenbahnbau-Kommission
 1842-1855 Vorgesetzter von Culmann
 1843-44 Englandreise
 1846 Schweizreise
 1854 Regierungsdirektor
 1856 Vorstand des allgemeinen Staatsbauwesens
 1857 Patent für ein Balkenfachwerk (Pauli-Träger). Erste Realisierung durch Gerber (Brücke bei Großhesselohe)
 † 26.06.1883 München

Pestalozzi, Karl¹³⁹⁹⁾

- Mitarbeiter und Kollege Culmanns
 * 04.05.1825 Neuhof bei Wildegg (Schweiz)
 1840-1845 Studium der Ingenieurwissenschaft. TH Karlsruhe und TH Wien
 1845-1856 Praktische Tätigkeit (topographische Karte des Kantons Zürich,

- Quaibauten an der Limmat)
 1856-1864 Hilfslehrer für Ingenieurwissenschaften. ETH Zürich
 1864-1891 Professor für Ingenieurwissenschaften. ETH Zürich
 †14.01.1891 Zürich

Petersen, Julius¹⁴⁰⁰⁾

- Arbeiten zur graphischen Statik
 * 16.06.1839 Sorø (Dänemark)
 1871-1886 Privatdozent. Universität Kopenhagen
 1886-1910 ord. Professor für Mathematik. Universität Kopenhagen
 †05.08.1910 Kopenhagen

Pirani, Marcello¹⁴⁰¹⁾

- Vorlesung über graphisches Rechnen
 * 01.07.1880
 1916 Privatdozent. TH Berlin

Pohlke, Karl-Wilhelm

- * 28.01.1810 Berlin
 1860-1876 Professor für darstellende Geometrie. Bauakademie Berlin
 † 27.11.1876 Berlin

Polonceau, Barthélémy Camille¹⁴⁰²⁾

- Ingenieur
 *29.10.1813 Chambéry
 1848 Direktor der Eisenbahnlinien in Orléans. Erfindung eines Hallenbinders (Polonceau-Binder, von deutschen Autoren Wiegmann-Binder genannt)
 †21.09.1859 Viry-Chatillon

Poncelet, Jean Victor¹⁴⁰³⁾

- Begründer der projektiven Geometrie, graphische Methoden in Baustatik durchgesetzt
 *01.07.1788 Metz
 1808-1810 Schüler von Monge. École Polytechnique
 1812-1814 Teilnahme am Rußlandfeldzug Napoleons und russische Kriegsgefangenschaft
 1815-1825 Genie-Hauptmann am Arsenal von Metz
 1822 *Traité des propriétés projectives des figures*
 1825-1835 Professor. École d'application

¹³⁹⁸⁾Pogg. VI, Marggraff [1982], Ricken [1994]¹³⁹⁹⁾ETH Zürich [1980], Festschrift GEP [1894]¹⁴⁰⁰⁾Pogg. IV, V, Dansk Biografisk [1979-1884], S. 30¹⁴⁰¹⁾Pogg. V, VI¹⁴⁰²⁾Ricken [1994]¹⁴⁰³⁾Pogg. II, Lex. Math. [1990], S. 377

- in Metz
 1835-1848 Mitglied der Kommission zur Befestigung von Paris
 1838-1848 Professor für Mathematik. Sorbonne in Paris
 1848-1850 Commandant (Direktor). École Polytechnique
 † 22.12.1867 Paris
- Pöschl, Theodor**¹⁴⁰⁴⁾
 Arbeiten zur graphischen Dynamik
 * 06.09.1882 Graz
 1899-1906 Studium. TH Graz
 1907 Promotion. TH Graz
 1912-1916 a. ord. Professor. TH Prag
 1916-1928 ord. Professor. TH Prag
 1928-1953 ord. Professor für Analytische und technische Mechanik. TH Karlsruhe
 † 01.10.1955 Rimini
- Pröll, Reinhold**
 Arbeiten zur graphischen Dynamik
 Assistent für Kinematik und Maschinenlehre. TH Aachen
 vor 1874 Maschinenbau-Ingenieur in Görllitz
 um 1901 TH Dresden
- Rankine, William John Macquorn**¹⁴⁰⁵⁾
 Ingenieurwissenschaftler
 * 05.07.1820 Edinburgh
 1836-38 Studium in Edinburgh
 1838-1843 Lehrjahre unter Sir J. M'Neil in "Grenze, sächsische
 1843-1855 Civilingenieur in Edinburgh
 1855-1872 Professor für Mechanik und Konstruktionslehre. Universität Glasgow
 † 24.12.1872 Glasgow
- Rebhann, Georg**¹⁴⁰⁶⁾
 Zusammen mit Emil Winkler Begründer der Wiener Schule des Brückenbaus
 * 07.04.1824 Wien
 bis 1842 Studium an TH und Universität Wien
 1843-1868 Staatsbaudienst. Wien
 1850 Graphische Bestimmung des Erd-drucks an Futtermauern und deren Widerstandsfähigkeit
- 1852 Privatdozent Baumechanik und Brückenbau. TH Wien
 1855 Promotion. Universität Gießen
 1868-1892 ord. Professor für Baumechanik und Brückenbau. TH Wien
 182-83 Rektor. TH Wien
 † 29.08.1892 Altaussee (Steiermark)
- Reißner, Hans**¹⁴⁰⁷⁾
 Vorlesungen über graphische Statik
 * 12.01.1874 Berlin
 Studium. TH und Universität Berlin
 1897 Eisenkonstrukteur in den Vereinigten Staaten
 1900 Promotion (Ing.). TH Berlin
 1900-1904 Praktische Ingenieur-tätigkeit
 1904-06 Privatdozent für Mechanik. TH Berlin
 1906-1912 ord. Professor für Mechanik. TH Aachen
 1912-1938 ord. Professor für Mechanik. TH Berlin
 1938-1943 Research Professor. Illinois Institute of Technology Chicago
 1943-1955 Professor. Polytechnisches Institut Brooklyn
 † 02.10.1967 Berlin
- Reuleaux, Franz**¹⁴⁰⁸⁾
 Begründer des kinematischen Maschinenwesens
 * 30.09.1829 Eschweiler bei Aachen
 1846-1850 Volontär in der Eisengießerei seines Vaters
 1850-1852 Maschinenbau-Studium. TH Karlsruhe
 1852-1854 Studium an den Universitäten Berlin und Bonn
 1854 *Konstruktionslehre für den Maschinenbau*
 1854-1856 Praktische Tätigkeit als Ingenieur in Köln
 1856-1864 Professor für Maschinenbau. ETH Zürich
 1864-79 Professor für Maschinenbau. Gewerbeakademie Berlin
 1867-1879 Direktor der Gewerbeakademie. Berlin
 1879-1896 Professor für Maschinenbau.

¹⁴⁰⁴⁾Pogg. V - VII¹⁴⁰⁵⁾Pogg. II, III, FdM 6 (1874), S. 36¹⁴⁰⁶⁾Osterr. Bio. Lexikon Bd. 9, S. 2f¹⁴⁰⁷⁾Pogg. V-VII, Klinkenberg [1970], S. 252¹⁴⁰⁸⁾Pogg. V, VI, Festschrift GEP [1894], S. 38, DSB Bd. 11, S. 383 - 385, Braun [1983]

- TH Berlin
zwischen 1879-1896 mehrmals Rektor.
TH Berlin
†20.08.1905 Berlin
- Reye, Theodor**¹⁴⁰⁹⁾
Vorlesungen und Arbeiten über Geometrie der Lage und graphische Statik
* 20.06.1838 Ritzebüttel bei Cuxhaven
Maschinenbau-Studium. TH Hannover
Mathematik-Studium. Universität Göttingen
1861 Promotion. Universität Göttingen
1863-1867 Privatdozent für Mathematik und Physik. ETH Zürich
1866-1868 *Geometrie der Lage*
1867-1870 a. ord. Professor für Mathematik. ETH Zürich
1870-1872 ord. Professor für darstellende Geometrie und Geometrie der Lage. TH Aachen
1872-1909 ord. Professor für Geometrie. Universität Straßburg
†07.02.1919 Würzburg
- Ritter, August**¹⁴¹⁰⁾
Baustatiker
* 11.12.1826 Lüneburg
1842-1843 Reise nach Amerika
1843-1846 Maschinenbau-Studium. TH Hannover
1846-1850 Ingenieur in verschiedenen Fabriken
1850-1853 Universität Göttingen
1853 Promotion. Universität Göttingen
1853-1854 Lehrer für darstellende Geometrie an der Baugewerkschule zu Nienburg a. W.
1854-1855 Ingenieur in Neapel und Rom
1856-1870 ord. Professor für Mechanik. TH Hannover
1863 *Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen*
1870-1899 ord. Professor für Ingenieurmechanik. TH Aachen
- † 26.02.1908 Lüneburg
- Ritter, Wilhelm**¹⁴¹¹⁾
Culmann-Schüler und Nachfolger
* 14.04.1847 Liestal (Schweiz)
1865-68 Studium bei Culmann. ETH Zürich
1868-1869 Eisenbahningenieur in Ungarn
1870-1873 Privatdozent. ETH Zürich
1873-1882 ord. Professor für Ingenieurwissenschaften. TH Riga
1882-1905 ord. Professor für graphische Statik, Brücken- und Eisenbahnbau. ETH Zürich
1887-1891 Direktor. ETH Zürich
† 18.10.1906 Rämismühle-Zell (Schweiz)
- Runge, Carl**¹⁴¹²⁾
Arbeiten zum graphischen Rechnen
* 30.08.1856 Bremen
1876 -1877 Studium in München
1877-1883 Studium in Berlin u. a. bei Weierstraß
1883 Promotion. Universität Berlin
1886-1904 ord. Professor für Mathematik. TH Hannover
1904-1924 ord. Professor für angewandte Mathematik. Universität Göttingen
† 03.01.1927 Göttingen
- Ržiha, Franz Ritter von**¹⁴¹³⁾
Tunnelkonstrukteur
* 28.03.1831 Hainsbach (Böhmen)
1878 ord. Professor für Eisenbahn- und Tunnelbau. TH Wien
†22.06.1897 Semmering (Österreich)
- Saviotti, Carlo**¹⁴¹⁴⁾
Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
um 1878 Professor für graphische Statik. TH Rom
- Scheffler, Hermann**¹⁴¹⁵⁾
Technische Mechanik
* 10.10.1820 Braunschweig
1849-1851 Lehrer der Elementarmathematik. TH Braunschweig

¹⁴⁰⁹⁾Pogg. III, VI, ETH [1980], S. 634, Lex. Math. [1990], 392, JDMV 31 (1922), 185-203

¹⁴¹⁰⁾Catalogus Hannover [1956], S. 158, Matschoß [1925], S. 227f

¹⁴¹¹⁾Pogg. VI, Hist.-Bio. Lex. d. Schweiz Bd. 5, S. 647, Festschrift GEP [1894], S. 13f, JDMV 16 (1907), S. 44-48?

¹⁴¹²⁾Pogg. IV - VII, Lex. Math. [1990], S. 406

¹⁴¹³⁾Österr. Bio. Lexikon Bd. 9, S. 357, Ricken [1994]

¹⁴¹⁴⁾Enciclop. ital. [1929-1939], Bd. 18, S. 958b

¹⁴¹⁵⁾Pogg. II - IV

1862-1885 ord. Professor für Mechanik und Maschinenlehre. TH Braunschweig
1870 Oberbaurat in Braunschweig
† 13.08.1903

Schilling, Friedrich¹⁴¹⁶⁾

Angewandte Mathematik, auch graphische Statik
*09.04.1868 Hildesheim
1887-1892 Studium in Göttingen und Freiburg
1891-1893 Assistent an der Sammlung mathematischer Instrumente und Modelle. Universität Göttingen
1893 Promotion. Universität Göttingen
1894-1897 Assistent für darstellende Geometrie und graphische Statik. TH Aachen
19.08.1896 Habilitation. Reine und angewandte Mathematik. TH Aachen
1897-1899 a. ord. Professor für Geometrie. TH Karlsruhe
1899 -1904 a. ord. Professor für konstruktive Geometrie. Universität Göttingen
1903 Direktor der Sammlung mathematischer Modelle. Universität Göttingen
1904-1936 ord. Professor für darstellende Geometrie TH Danzig
†25.05.1950 Gladbeck

Schleiermacher, Ludwig¹⁴¹⁷⁾

Arbeiten über Planimeter
*1855
1890-1910 Professor. Forsthochschule Aschaffenburg
1911 Habilitation. TH Darmstadt
†1927

Schlesinger, Josef¹⁴¹⁸⁾

Arbeiten über graphische Statik und Planimeter
* 31.12.1831 Mährisch Schönberg
1850 Webergeselle
1850-1859 Studium an TH Wien
1860-1865 Assistent für darstellende Geometrie. TH Wien
1865 Lehrereexamen für darstellende Geometrie, Mathematik und Maschi-

nenlehre für Oberrealschulen. TH Wien
1866 Habilitation. Graphisches Rechnen und graphische Statik. TH Wien
1866-1870 Privatdozent. Geometrie der Lage, graphische Statik und (ab 1869) darstellende Geometrie. TH Wien
1866-70 Professor an verschiedenen Realschulen in Wien
1870-1871 a. ord. Professor für Mathematik, Geometrie und Mechanik. Forstakademie Mariabrunn
1871-1875 ord. Professor für Mathematik, Geometrie und Mechanik. Forstakademie Mariabrunn
1875-1901 ord. Professor für Geodäsie und darstellende Geometrie. K. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien
†10.04.1901 Wien

Schlink, Wilhelm¹⁴¹⁹⁾

Arbeiten zu statischen Fragen, Vorlesungen über graphische Statik
* 04.07.1875 Offenbach
1893-1900 Studium. TH Darmstadt und Universität München
1901 Promotion. Universität München
1903 Habilitation. TH Darmstadt
1907-1921 ord. Professor für technische Mechanik und Statik. TH Braunschweig
ab 1921 ord. Professor. TH Darmstadt

Schlotke, Julius¹⁴²⁰⁾

Arbeiten über graphische Statik
*13.08.1839 Nienburg a. d. Weser
1857-1860 Studium. TH Karlsruhe
1865-1892 Lehrer an der allgemeinen Gewerbe- und Bauschule in Hamburg
1892-1897 Oberlehrer der allgemeinen Gewerbe- und Bauschule in Hamburg
1897-1900 Direktor obiger Schule und des Technikums in Hamburg
†21.07.1907 i. d. Nähe von Nienburg

Schulz v. Strasznitzki, Leopold C.¹⁴²¹⁾

Erfolgreicher Werber für den Rechenschieber
1837-1852 ord. Professor für Elementarmathematik TH Wien
1848 Vorlesung über Geschichte

¹⁴¹⁶⁾Pogg. IV-VII, Lorey [1916], S. 247, JDMV 55 (1950?), S. 1-4

¹⁴¹⁷⁾Scharlau [1989], S. 83

¹⁴¹⁸⁾Pogg. III u. IV, Österr. Biograph. Lex. Bd. 10, S. 473

¹⁴¹⁹⁾Pogg. VI

¹⁴²⁰⁾Pogg. IV

¹⁴²¹⁾Lechner [1942], S. 49, 70

- † 1852 Wien
- Schur, Friedrich**¹⁴²²⁾
Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
* 27.01.1856 Maciejewo, Polen
Studium in Breslau und Berlin
1879 Promotion. Berlin
1881-1885 Privatdozent. Universität Leipzig
1885-1888 a. ord. Professor. Universität Leipzig
1888-1892 ord. Professor für reine Mathematik. Universität Dorpat
1892-1897 ord. Professor für darstellende Geometrie und graphische Statik. TH Aachen
1897-1909 ord. Professor für Geometrie. TH Karlsruhe
1909-1918 ord. Professor. Universität Straßburg
1919-1924 ord. Professor. Universität Breslau
† 18.03.1932 Breslau
- Schwedler, Johann Wilhelm**¹⁴²³⁾
Bauingenieur, Fachwerktheorie
* 28.06.1823 Berlin
1858-1891 preußischer Arbeitsminister
† 09.06.1894 Berlin
- Seefehlner, Julius**
Im Zeitraum 1874-1881 mehrere Bücher über Brücken in Budapest (ETH-Bib.)
- Šolín, Josef M.**¹⁴²⁴⁾
Vorlesungen und Arbeiten zur graphischen Statik
* 1841
1876-1906 ord. Professor für Baumechanik. Tschechische TH Prag
1880 und 1890 Rektor der Tschechische TH Prag
† 19.09.1912 Prag
- Sommerfeld, Arnold**¹⁴²⁵⁾
U.a. technische Mechanik
* 05.12.1868 Königsberg
1886-1891 Studium. Universität Königsberg
- 1891 Promotion. Universität Königsberg
1893 -1897 Assistent. Universität Göttingen
1895 Habilitation. Universität Göttingen
1897 ord. Professor für Mathematik. Bergakademie Clausthal
1897-1900 Professor der Mathematik. Bergakademie Clausthal
1900-1906 ord. Professor für Mechanik. TH Aachen
1900-1906 ord. Professor für Mechanik. TH Aachen
1906-1940 ord. Professor für theoretische Physik. Universität München
† 26.04.1951 München
- Stahl, Wilhelm**¹⁴²⁶⁾
Culmann-Schüler, Vorlesungen über graphische Statik
* 08.09.1846 Fränkisch Krumbach im Odenwald
1861-64 Gymnasium in Darmstadt
1864-1867 Studium der Ingenieurwissenschaften. ETH Zürich
1868-1870 Studium. Universitäten Gießen und Berlin Mathematik
1870 Promotion. Universität Heidelberg
1870-1871 Freiwilliger der Hessischen Division beim 1870-71er-Krieg
1871-1872 Ingenieur bei der Hessischen Ludwigsbahn-Gesellschaft
1872-1881 Professor für darstellende Geometrie und Geometrie der Lage. TH Aachen
1881-1890 ord. Professor für darstellende Geometrie, Geometrie der Lage und Graphostatik. TH Aachen
1890-1892 ord. Professor für Geometrie und graphische Statik. TH Aachen
1892-1894 ord. Professor für darstellende Geometrie. TH Berlin
† 19.04.1894 Berlin
- Stark, Franz Xaver**¹⁴²⁷⁾
Vorlesungen über graphische Statik
* 09.12.1840 Prag
1858-1862 Studium. TH Prag
1862-1866 Maschinenbauanstalt F. Ring-

¹⁴²²⁾ Pogg. III-VI, JDMV 45 (1938), 1 - 31

¹⁴²³⁾ Hertwig [1930]

¹⁴²⁴⁾ Pogg. VI, Programm české TH Prag

¹⁴²⁵⁾ Pogg. IV-VII, Klinkenberg [1870], S. 256, DSB Bd. 12, S. 525-532

¹⁴²⁶⁾ Programm TH Berlin 1894/95, Chronik S. 99f, J. DMV 4 (1894/95), S. 36-45, Pogg. III, IV

¹⁴²⁷⁾ TH Prag [1906], S. 72, 84, 379f

- hoffer
1866-1870 Assistent bzw. Konstrukteur für Mechanik und Maschinenlehre. TH Prag
1870-1870 Dozent. Berkakademie Leoben
1872-1886 ord. Professor für Maschinenlehre und Baumechanik, später auch Dozent für graphische Statik. TH Prag
ab 1886 ord. Professor für technische Mechanik. TH Prag
- Staudigl, Rudolf**⁽¹⁴²⁸⁾
* 1838 geboren in Wien
Studium. TH Wien
Assistent und Privatdozent. TH Wien
1870-1891 ord. Professor für darstellende Geometrie. TH Wien
† 22.02.1891 Wien
- Staudt, Karl Georg Christian von**⁽¹⁴²⁹⁾
Begründer der Geometrie der Lage
* 24.01.1798 Rothenburg ob der Tauber
1814-1817 Gymnasium in Ansbach
1818-1822 Studium. Universität Göttingen
1822 Mathematiklehrer an Gymnasium in Würzburg
1822 Lehrereexamen in München
1822 Promotion. Universität Erlangen
1827-1835 Mathematiklehrer am Gymnasium und Polytechnikum in Nürnberg
1835-1867 ord. Professor Mathematik. Universität Erlangen
1847 *Geometrie der Lage*
† 01.06.1867 Erlangen
- Steiner, Friedrich**⁽¹⁴³⁰⁾
Vorlesungen und Arbeiten über graphische Statik
* 04.09.1849 Linz
1867-1872 Studium der Ingenieurwissenschaften an der TH Wien
1872-1874 Assistent bei Prof. E. Winkler TH Wien
1872-1875 Praktische Ingenieur Tätigkeit in seiner freien Zeit
1874 Konstrukteur bei Prof. E. Winkler TH Wien
1874-1878 Privatdozent für graphische
- Statik und graphisches Rechnen TH Wien
1876 Berichterstatte bei Weltausstellung in Philadelphia
1877-1878 a. ord. Professor für Eisenbahn- und Brückenbau TH Wien
1878-1881 a. ord. Professor für Straßen-, Eisenbahn- und Brückenbau TH Prag
1881-1901 ord. Professor für Straßen-, Eisenbahn- und Brückenbau TH Prag
† 09.08.1901 Prag
- Stelzel, Carl**
um 1880 a. ord. Professor für Baumechanik und graphische Statik TH Graz
- Stenzel, Georg**
1900-1902 Assistent für darstellende Geometrie und graphische Statik. TH Aachen
- Sturm, Rudolf**⁽¹⁴³¹⁾
Vorlesungen und Arbeiten über graphische Statik
* 06.01.1841 Breslau
1863 Promotion. Universität Breslau
1863-1872 Lehrer in Bromberg (heute Bydgoszcz, Polen)
1872-1878 ord. Professor für darstellende und synthetische Geometrie und graphische Statik. TH Darmstadt
1878-1892 ord. Professor für Mathematik. Universität Münster
1892-1919 ord. Professor für Mathematik. Universität Breslau
† 12.04.1919 Breslau
- Szävits, Georg**⁽¹⁴³²⁾
Culmann-Schüler, Mitschrift von Culmann-Vorlesungen
* 1853 geboren in Gross-Bekskerek (Ungarn)
1872-1877 Studium der Ingenieurwissenschaften an der ETH Zürich
† 1915 Ungarn

⁽¹⁴²⁸⁾Lechner [1942], S. 154⁽¹⁴²⁹⁾Pogg. II - IV, VI, DSB Bd. 13, 4 - 6, JDMV 32 (1923), 97-119⁽¹⁴³⁰⁾Pogg. IV, Lechner [1942] Tafel I, TH Prag [1906], S. 373 - 375⁽¹⁴³¹⁾Pogg. III-VI, DSB 13, S. 132f, Ludwig in JDMV 34 (1925), S.41-51⁽¹⁴³²⁾Programme ETH, Handschriften und Autographen der ETH-Bib. Nr. 191

Tetmajer, Ludwig¹⁴³³⁾

Culmann-Schüler, Arbeiten zur graphischen Statik

*14.07.1850 Krompach (Ungarn)

1868-1872 Studium der Ingenieurwissenschaften an der ETH Zürich

1873 Ingenieur bei der schweizerischen Nordostbahn

1873-1881 Assistent an der Ingenieurschule. ETH Zürich

ab 1875 Privatdozent ETH Zürich

1875 Habilitation für Statik. ETH Zürich

1878 a. ord. Professor. ETH Zürich

1881 Ausbau des Versuchslaboratoriums und der Materialprüfung. ETH Zürich

1881 ord. Professor für Baumechanik und Vorstand der eid. Anstalt für Festigkeit von Baumaterialien. ETH Zürich

1895-1903 Präsident des neu gegründeten internationalen Verbandes für die Materialprüfung der Technik

1901 -1905 ord. Professor. TH Wien

†31.01.1905 Wien

Timmerding, Heinrich Emil¹⁴³⁴⁾

Arbeiten zur graphischen Statik

*23.01.1873 Straßburg

1890-1894 Studium in Straßburg, München und Freiburg

1894 Promotion. Universität Straßburg

1895-1897 Versicherungsmathematiker in Stuttgart

1897-1901 Privatdozent. Universität Straßburg

1901-1905 Oberlehrer in Elsfleth (Seefahrtsschule)

1905-1909 a. ord. Professor für angewandte Mathematik. Universität Straßburg

1909-1939 ord. Professor für angewandte Mathematik. TH Braunschweig

†30.04.1945 Braunschweig

Trefftz, Erich¹⁴³⁵⁾

Vorlesungen über graphische Statik

*12.02.1888 Leipzig

1906-1912 Studium. TH Aachen, Universitäten Göttingen und Straßburg

1913 Promotion. Universität Straßburg

1919-1922 ord. Professor für höhere Mathematik. TH Aachen

1922-1937 ord. Professor für technische Mechanik. TH Dresden

†21.01.1937 Dresden

Tulla, Johann Gottfried¹⁴³⁶⁾

Näherungskonstruktionen

*20.03.1770 Karlsruhe

1807 Gründet eine Ingenieurschule, aus der die TH Karlsruhe hervorging

ab 1817 Leiter der Oberrhein-Regulation

†27.03.1828 Paris

Valat, Amédée¹⁴³⁷⁾

Culmann-Schüler

*1851 Belfort (Frankreich)

1870-1874 Studium der Ingenieurwissenschaften. ETH Zürich

1874-1879 Assistent an der Ingenieurschule. ETH Zürich

1876-1879 Privatdozent. ETH Zürich

1879 nach Paris

Varignon, Pierre¹⁴³⁸⁾

Begründer von Kräfte- und Seilpolygon

* 1654 Caen

ab 1688 Professor für Mathematik.

Collège Mazarin und Collège royal Paris

1688-1722 Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris

† 22.12.1722 Paris

Vonderlinn, Jakob¹⁴³⁹⁾

1878-1891 Assistent für Linearzeichnen. TH München

1881 Habilitation. TH München

Wellstein, Josef¹⁴⁴⁰⁾

Vorlesungen über graphische Statik

* 17.10.1869 Wetzlar

1889-1894 Studium. Universität Straßburg

1894 Promotion (phil). Universität Straß-

¹⁴³³⁾Pogg. VI, Matschoß [1925], S. 272, Festschrift GEP [1894]

¹⁴³⁴⁾Pogg. IV-VI, Lexikon [1990], S. 461f

¹⁴³⁵⁾Pogg. V-VII, Klinkenberg [1970], S. 257, Scharlau [1989], 12, 14, 88

¹⁴³⁶⁾Waech [1875], 2. Teil, S. 360-364

¹⁴³⁷⁾Programme ETH, Die Eisenbahn 16 (1882), S. 90, Festschrift [1980], S. 637

¹⁴³⁸⁾Pogg. II, DSB Bd. 13, S. 584-587

¹⁴³⁹⁾Programm TH München

¹⁴⁴⁰⁾Pogg. IV-V, Scharlau [1989], S. 115, 224

- burg
1895 Promotion (math). Universität
Straßburg
1898-1902 a. ord. Professor. Universität
Gießen
1902-1904 ord. Professor für Geometrie
und angewandte Mathematik. Universi-
tät Gießen
†1919 Wetzlar
- Wenck, Julius**
Lehrbuch zur graphischen Statik
um 1879 Direktor der Herzogl. Baue-
werbe- und Gewerbeschule. Gotha
- Weyrauch, Jacob J.**¹⁴⁴¹⁾
Culmann-Schüler, Technische Mechanik
08.10.1845 Frankfurt
1864-1867 Studium an der ETH Zürich
1868 Promotion an der Universität Zürich
1869-1874 Ingenieur beim Bau der Berli-
ner Verbindungsbahn
1874 *Die graphische Statik. Historisches
und Kritisches*
1874-1876 Privatdozent. TH Stuttgart
1876-1880 a. ord. Professor. TH Stuttgart
1880-1915 ord. Professor für Ingenieur-
mechanik, Elastizität, Wärmetheorie
und Aëromechanik. TH Stuttgart
†13.02.1917 Stuttgart
- Wiebe, H.**
1875 Lehrer Gewerbeakademie Berlin
† 1882
- Wiegardt, Karl**¹⁴⁴²⁾
Vorlesungen über graphische Statik
* 21.06.1874 Bergeborbeck (Kreis Es-
sen)
1904 Habilitation Mechanik, einschließ-
lich graphische Statik. TH Aachen
1904-1906 Privatdozent für Mechanik,
einschließlich graphische Statik. TH
Aachen
1906-1907 a. ord. Professor für techni-
sche Mechanik. TH Braunschweig
1907-1911 a. ord. Professor für höhere
Mathematik und Mechanik. TH Hanno-
ver
1911-1920 ord. Professor für reine Ma-
thematik und graphische Statik. TH
- Wien
1920-22 ord. Professor für technische
Mechanik. TH Dresden
† 11.06.1924 Dresden
- Wiener, Christian**¹⁴⁴³⁾
Vorlesungen über graphische Statik
* 07.12.1826 Darmstadt
1848 Staatsprüfung für das Baufach TH
Darmstadt
1848-1850 Lehrer TH Darmstadt
1850 Promotion und Habilitation. Univer-
sität Gießen
1850-1851 Privatdozent für Mathematik,
Mechanik und Ingenieurwissenschaf-
ten. Universität Gießen
1851-1852 Privatdozent. TH Karlsruhe
1852-1880 ord. Professor für darstellende
Geometrie, anfangs auch Geodä-
sie. TH Karlsruhe
1869-70 Rektor. TH Karlsruhe
1880-1896 ord. Professor für darstellende
Geometrie und graphische Statik.
TH Karlsruhe
1881-82 1891-92 Rektor. TH Karlsruhe
†31.07.1896 Karlsruhe
- Willmann, Leo**¹⁴⁴⁴⁾
Vorlesungen und Arbeiten zur graphi-
schen Statik, insbesondere Erdbau
*22.10.1848
um 1880 Privatdozent. TH Darmstadt
später a. o. Professor für Baukonstruktio-
n und Ingenieurwissenschaft
- Winkler, Emil**¹⁴⁴⁵⁾
Zusammen mit Rebhann Begründer der
Wiener Schule des Brückenbaus
*1835 Falkenberg bei Torgau
1860-1863 Assistent für Festigkeitslehre.
TH Dresden
1863 Habilitation. TH Dresden
1863-1865 Lehrer für Ingenieurwissen-
schaften. TH Dresden
1865-1868 a. ord. Professor Wasser- und
Straßenbau. TH Prag
1868-1877 ord. Professor für Eisenbahn-
und Brückenbau. TH Wien
1877-1879 ord. Professor. Bauakademie
Berlin

¹⁴⁴¹⁾Pogg. III-V, Zweckbronner [1987], S. 150, 249

¹⁴⁴²⁾Programm Aachen 1905/06, S. 129, Scharlau [1989], 13, 18, 153, Gundler. Schüler [1991], S. 277

¹⁴⁴³⁾Pogg. II-VI, Programm Karlsruhe 1897/98, JDMV 6 (1897), 46-69

¹⁴⁴⁴⁾Programm Darmstadt, Kalender der THs, NUC Bd. 666, S. 113-114, Kukula [1892-1893], S. 1019

¹⁴⁴⁵⁾Jahrhundert Dresden [1928], S. 58f, Programme TH Berlin, TH Prag [1906], S. 372

1879-1888 ord. Professor. TH Berlin
 † 27.08.1888 Berlin

Wittenbauer, Ferdinand¹⁴⁴⁶⁾

Begründer der graphischen Dynamik
 *18.02.1857 Marburg (Steiermark)
 1872-1878 Studium. TH Graz
 1879 Diplomingenieur. TH Graz
 1880 Habilitation. TH Graz
 1887-1891 a. ord. Professor. TH Graz
 1891-1918 ord. Professor für technische
 Mechanik. TH Graz
 1909 -1918 ord. Professor. TH Graz
 †16.02.1922 Graz

Wittmann, Wilhelm¹⁴⁴⁷⁾

1875-1889 Privatdozent für Ingenieurwis-
 senschaften. TH München
 1889-1891 a. ord. Professor für Hoch-
 baukonstruktionslehre und Baumate-
 riallehre. TH München
 1891-1899 ord. Professor für Hochbau-
 konstruktionslehre und Baumaterialleh-
 re. TH München

Wüst, Albert¹⁴⁴⁸⁾

*1840
 Arbeiten zum graphischen Rechnen
 um 1880 Professor für landwirtschaftliche
 Maschinen. Universität Halle

Zeuthen, Hieronymus G.¹⁴⁴⁹⁾

Arbeiten zur graphischen Statik
 *15.02.1839 Grimstrup (Jütland)
 1866-1871 Privatdozent. Universität Ko-
 penhagen
 1871-1886 a. ord. Professor Universität
 Kopenhagen
 1886-1910 Professor Universität Kopen-
 hagen
 †06.01.1920 Kopenhagen

Zschetzsche, Anton Friedrich¹⁴⁵⁰⁾

Vorlesungen über graphische Statik
 1901-1920 Professor für Baumechanik
 und graphische Statik. TH Wien
 vor 1912 Oberingenieur bei verschiede-
 nen Eisenbahnen

¹⁴⁴⁶⁾Pogg. III-VI, Villa (Suppl), Programme TH Graz, Pöschl: Z ang. Math. u. Mech. 2 (1922)

¹⁴⁴⁷⁾Programme München

¹⁴⁴⁸⁾Kukula [1892-1893], S. 1040

¹⁴⁴⁹⁾Pogg. III - VI, Dansk Biografisk [1979-1884], Bd. 16 S. 143f

¹⁴⁵⁰⁾Programme TH Wien

D Quellenverzeichnis

D.1. Abkürzungen

2 + 2	im Zusammenhang mit Vorlesungen 2 Stunden Vortrag und 2 Stunden Übungen
Allg. Bau.	Allgemeine Bauzeitung Wien. Im 19. Jahrhundert häufig Försters Bauzeitung genannt
Amerika	Culmanns Reisebericht über Amerika
Ann. Brux.	Annales de la société scientifique de Bruxelles
Arch. Math. Phys.	Archiv der Mathematik und Physik mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Lehrer an höheren Unterrichtsanstalten
Atti Ist. Veneto	Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti
BayHStA	Bayrisches Hauptstaatsarchiv München
Bib. Math.	Bibliotheca mathematica
Bio. Lex. Schw.	Historisches-Biographisches Lexikon der Schweiz
Casopis	Casopis. Zeitschrift zur Pflege der Mathematik und Physik. Hrsg. vom Verein böhmischer Mathematiker in Prag
DB American	Dictionary of American Biography.
DB française	Dictionnaire de Biographie française
DSB	Dictionary of Scientific Biography
C. R.	Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris
England	Culmanns Reisebericht über England
ETH-Bib.	Bibliothek der ETH Zürich, einschließlich wissenschaftshistorischer Sammlung
FdM	Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik
GEP	Gesellschaft der ehemaligen Polytechniker
GLA Karlsruhe	Generallandesarchiv Karlsruhe
GV	Gesamtverzeichnis des deutschsprachigen Schrifttums 1700-1910
Enciclop. ital.	Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti.
BayHStA	Bayerisches Hauptstaatsarchiv München
Hist.-lit. Abt.	Historisch-literarische Abteilung
JDMV	Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung
Lex. Math. [1990]	Lexikon bedeutender Mathematiker. Hrsg von S. Gottwald, H.-J. Ilgands und H.-K. Schlotte. Frankfurt (M.) 1990
Mitt. AIV Böhm.	Mittheilungen des Architekten- und Ingenieur-Vereines in Böhmen
NDB	Neue deutsche Biographie
Nou. Ann. math.	Nouvelle Annales de mathématiques
NUC	National Union Catalog
NZZ	Neue Züricher Zeitung
Österr. Bio. Lexikon	Österreichisches Biographisches Lexikon 1815-1950.
Pogg.	Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften
Phil. Mag.	Philosophical Magazine
Physis	Physis. Rivista internazionale di Storia delle Scienza
Rend. Ist. Lomb.	Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere. Rendiconti

S.	Seite oder Spalte (eine Unterscheidung erscheint mir nicht erforderlich)
Schw. Bau.	Schweizerische Bauzeitung
ZfMPH	Zeitschrift für Mathematik und Physik
VNGZü	Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich
WLB	Württembergische Landesbibliothek Stuttgart
ZAIVHann.	Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins Hannover
ZVDI	Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure
[...]	Auslassung bei Zitaten
[Text]	Einschub in einem Zitat
[Zahl]	Original-Seitenzahl bei den Culmann-Texten im Anhang

Maßeinheiten

1''	= 1 Zoll = 25,4 mm
1'	= 1 Fuß = 12 Zoll = 0,30479 m
1 bayerischer Fuß	= 0,29 m
1 Bay. Fuß	= 12 Zoll = 144 Linien
1 Zoll	= 2,43 cm
1 Linie	= 2,03 mm
1 geometrische Stunde, Post- oder Wegstunde	= 3,71 km
1 bay. Quadratfuß	= 0,08 m ²
1 Quadrat Zoll	= 5,91 cm ²
1 Kubikfuß	= 0,02 m ³
1 Kubikzoll	= 14,39 cm ³
1 bay. Pfund	= 560 g
1 Loth	= 17,5 g
1 Quentchen	= 4,37 g
1 Centner zu 100 Pfund	= 56 kg
1 Pfund	= 360 g

D.2 Verwendete Archiv-Quellen

Wissenschaftshistorische Sammlungen der ETH-Bibliothek Zürich

- Gabenbuch. 1854-1897. Verzeichniß der für die Bibliothek des Schweizerischen Polytechnikums eingegangenen Geschenke
- Protokolle des Schulrathes. Ab 1854
- Protokolle des Präsidenten des Schulrathes. Ab 1854
- Geschäftscontrolle 1854

Archivalien mit direktem Bezug auf Karl Culmann

Hs 422 : 2

- Culmann: *Erdbau, Gründungen, Steinernen Brücken, Tunnelbau, Hölzerne Brücken, Eiserne Brücken, Hängebrücken, Bewegliche Brücken, Schiffsbrücken, Eisenbahnbau* 1878 bis 80
Vorlesungsmitschriften von Georg Autran. Enthält ebenfalls Vorlesungen von Pestalozzi und Tetmajer [Sorgfältigste Culmann-Mitschrift]

Hs 488 : 9

Culmann: *Erd-, steinerne Brücken und Tunnelbau*. WS 1869/70.

Vorlesungsmitschrift von Marcell von Kussevich, Ingenieurschule, 3. Jahreskurs, WS 1875/76, 118 Seiten

Im selben Heft:

Culmann: *Hölzerne und eiserne Brücken*, Ingenieurschule, 3. Jahreskurs, SS 1876, 54 Seiten

Hs 489 : 21

Culmann: *Graphische Statik*.

Vorlesungsmitschrift von Georg Szàvits, Ingenieurschule, 2. Jahreskurs WS 1874/75, 52 Seiten [Nach Archiv-Kartei: Hölzerne und eiserne Brücken, wurde aber im WS 1874/75 nicht im 2. Jahreskurs gelesen.] Di 5-6, Do 4-5, Fr 5-6

Im selben Heft von hinten beginnend:

Berl, Hugo (*1855), Privat-Dozent für Ingenieurwissenschaften, ETH:

Traciren der Verkehrswege.

Vorlesungsmitschrift von Georg Szàvits, Ingenieurschule, 3. Jahreskurs SS 1876, 16 Seiten

Hs 489 : 22

Culmann: *Graphische Statik*

Vorlesungsmitschrift von Georg Szàvits, Ingenieurschule, 2. Jahreskurs SS 1875, 5 Seiten, *Graphisches Rechnen* bis logarithmische Spirale

Im selben Heft:

vermutlich Culmann: *Erdbau*, Ingenieurschule, 3. Jahreskurs, WS 1875/76, 44 Seiten

Im selben Heft:

vermutlich Culmann: *Hölzerne und eiserne Brücken*, Ingenieurschule, 3. Jahreskurs, SS 1875/76, 33 Seiten

Im selben Heft von hinten:

Ellipsen, konjugierte Durchmesser, 3 Seiten

Reibungselektrizität, 1 Seite

verschiedene Schubkarren, 1 Seite

Hs 489 : 23

Culmann: *Vorlesung und Übungen zur graphischen Statik*

Vorlesungsmitschrift von Georg Szàvits, Ingenieurschule, 2. Jahreskurs vermutlich SS 75.

Graphisches Rechnen, 8 Doppelbogen

Graphische Statik, 25 Seiten

Kran (siehe Culmann: *Graphische Statik*. 1866, S. 257ff), 2 Seiten

Theorie der Elastizität, 9 Seiten

Drucklinie, Kontinuierlicher Balken, 11 Seiten

Erddruck, 4 Seiten,

Graphisches Rechnen, 2 Seiten

Im selben Heft von hinten:

Verschiedenen Notizen, 5 Seiten

Hs 489 : 39

Vorträge über graphische Statik. II. Theil nach Privatdozent Wilhelm Ritter Vor-

lesungsmitschrift von Georg Szàvits, Ingenieurschule, keine Jahresangabe

41 Seiten. Mitschrift beginnt bei der *Lehre vom Trägheitsmoment* und endet mit *Der kontinuierliche Balken* (davon allerdings nur noch die Überschrift). Da

Ritter 1873 als Professor an das Polytechnikum Riga berufen wurde, kann es sich spätestens um das Studienjahr 1872/73 handeln. Im SS 1873 las Culmann für den 2. Jahreskurs *Graphische Statik* zusammen mit Ritter. Allerdings besuchte Georg Szávits erst 1872/73 den Vorkurs.

Es folgen 25 Seiten Notizen und Übungen.

Am Ende des Hefts:

Theorie der Haengebrücken nach Prof. Culmann

ohne Jahresangabe, 3 Seiten. Culmann behandelte die Hängebrücken in seiner Vorlesung *Eiserne Brücken und Eisenbahnbau*, die er z.B. auch im WS 1873 gelesen hat, allerdings für den 3. Jahreskurs.

Hs 489 : 44 / 5

Valat: *Eiserne Dachstühle*. SS 1876. Berechnung eines schmiedeeisernen Dachstuhls mit Sichelträger. Verwendung von graphischer Statik, z. B. Cremona-Plan. 12 Seiten

Hs 489 : 44 / 7

Culmann: Bogentheorie. Theorie der elastischen Linie als Einleitung zur Theorie des kontinuierlichen Balkens. Analytische Behandlung, keine graphische Statik. 11 Seiten

Hs 489 : 52 / 1 - 9

Diplomarbeit von Georg Szávits (1853-1915) bei Culmann.

Diplomarbeit steht auf jedem Blatt. Alle Blätter sind von Culmann abgezeichnet.

1. Blatt No 1
Kräfteplan eines Parabelträgers. Bestimmung der Kräfte im Querträger. Querschnitt durch Details. 77 cm x 56 cm
2. Blatt No 2
Ansicht am Pfeiler
Knotenpunkte. 137 cm x 86 cm
3. Blatt No 3
Detailblatt
Querschnitt der Mitte. Längsschnitt durch die Fahrbahn. Querschnitt am Auflager. Knoten. Pfeiler. 119 cm x 81 cm
4. Blatt No 4
Detailblatt
Rollenaufleger. Verbindung des Trottoirs am Pfeiler. 120 cm x 78 cm
5. Blatt No 5
Ansicht einer Parabel-Bogen-Brücke.
Grundriss. Geländer am Quai, Geländer auf der Brücke. 114 cm x 80 cm
6. Blatt No 6
Kräftepläne
Windstrebenverbindung. 109 cm x 68 cm
7. Blatt No 7
Ansicht eines Bocks. Knotenpunkte
119 cm x 81 cm
- Blatt No 8 fehlt
8. Blatt No 9
Längenprofil der Limmat. Querprofil. 144 cm x 80 cm
9. Blatt No 10
Schleuse
Viele Details. 116 cm x 70 cm

Hs 489 : 54 / 1 - 3

Culmann: *Eiserne Brückenträger und Eisenbahnbau*. 4. Kurs. WS 1876/77

3 Zeichnungen von Georg Szávits (1853-1915)

1. Kräfteplan eines Paulischen Trägers
und Details Testat Culmann 5 ½
109 cm x 82 cm. coloriert
2. Detailblatt zur Paulischen Brücke. 1877
Grundrisse diverse Schnitte Knotenpunkte
130 cm x 88 cm. coloriert
3. Ansicht einer Paulischen Eisenbahnbrücke. 1877
Weitere Schnitte Testat Culmann 5 ½
112 cm x 83 cm. coloriert

Hs 489 : 55 / 1 - 3

Culmann: *Graphische Statik*. Übungen mit Valat. 3. Kurs. WS 1875/76

3 Zeichnungen von Georg Szávits (1853-1915)

1. Kräfte im Innern einer belasteten Gußstahlschiene. 1875
51 cm x 38 cm Testat Valat 5
2. Kräfteplan eines Blechbalkens. Testat Valat 4½
67 cm x 48 cm
3. Elastischer Bogen. Arcole Brücke
Kräfteplan eines Blechbalkens. 1876
Konstruktion und Details Testat Valat 5
59 cm x 80 cm

Hs 489 : 56

Culmann: *Graphische Statik*. Übungen mit Tetmajer. 2. Kurs. WS 1874/75

Eine Zeichnungen von Georg Szávits (1853-1915)

- Graphische Statik. Belastete Schiene. 2. J[ahres] C[urs]. Blatt No. 9
45 cm x 58 cm Testat Tetmajer

Hs 489 : 58 / 1 - 4

Culmann: *Eiserne und hölzerne Brücken*. 3. Kurs SS 1876.

Konstruktionsübungen dazu bei Pestalozzi. 4 Zeichnungen von Georg Szávits (1853-1915)

1. Fundirung eines Pfeilers mittels Senkkasten. III. J[ahres-] C[urs] 1876
112 cm x 78 cm coloriert
2. Hölzerne Eisenbahnbrücke. System Howe. Ansicht, Grundriss und Details
(mit malerischem Schiff mit ungarischer Flagge) III. J[ahres-] C[urs] 1876
135 cm x 80 cm coloriert
3. Hölzerne Eisenbahnbrücke. System Howe. Kräfteplan. III. J[ahres-] C[urs]
1876 Testat von Pestalozzi
74 cm x 56 cm
4. Hölzerne Straßenbrücke. Schnitte und Details. III. J[ahres-] C[urs] 1876
Testat von Pestalozzi
85 cm x 70 cm coloriert

Hs 1310 : 2 / 1 - 17

Culmann: *Übungen zur graphischen Statik*. 1874/75Ingenieurschule, 2. Curs: 9 Zeichnungen von Christoph Matthäus (Mathieu)
Merian (1856-1908)

1. Flächenverwandlungen Testat von Tetmajer

- 59 cm x 43 cm¹⁴⁵¹⁾
2. $x = \sqrt[3]{1,5 \cdot 2,3} = 2,08$ Testat von Tetmajer
57 cm x 44 cm
 3. Projectivische Verwandschaft des Seil- und Kraftecks Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1875, Tafel 8
57 cm x 43 cm
 4. Drucklinie eines Tunnelgewölbes Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1866, Tafel 35
56 cm x 43 cm
 5. Belastungen eines Locomotivenzuges Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1875, Tafel 11
60 cm x 45 cm
 6. Centrkern eines Winkelleisens Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1875, Tafel 13
59 cm x 44 cm
 7. Pauli'scher Träger Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1875, Fig. 3 von Tafel 10
61 cm x 44 cm
 8. Belastungscurven eines elliptischen Gewölbes Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1875, Tafel 8
56 cm x 44 cm
 9. Schwerpunkt. Centralellipse & Centrkern eines Schienenprofils Testat von Tetmajer
vgl. Culmann 1875, Tafel 12
56 cm x 42 cm

Culmann: *Übungen zur graphischen Statik*. 1875/76

Ingenieurschule, 3. Curs: 6 Zeichnungen und 2 Skizzen von Christoph Matthäus (Mathieu) Merian (1856-1908)

10. Kräfte im Innern einer belasteten Schiene Testat von Valat
vgl. Culmann 1875, Tafel 12
59 cm x 44 cm
11. Kräfteplan eines Blechbalkens Testat von Valat
57 cm x 46 cm
12. Kraefteplan eines elastischen Bogens Testat von Valat
63 cm x 46 cm
13. Continuirlicher Balken Testat von Valat
49 cm x 71 cm
14. Ohne Titel Testat von Valat
Bogen durch Fachwerk versteift
63 cm x 50 cm
15. Stützmauern Testat von Valat
61 cm x 43 cm
16. Skizze zu Continuirlichem Balken
30 cm x 43 cm
17. ebenso
31 cm x 44 cm

Hs 1310 : 2 /18 - 23

Culmann, Karl: *Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau, Konstruktionsübungen*, 1875/76

Ingenieurschule, 3. Curs: 2 Zeichnungen von Christoph Matthäus (Mathieu)

¹⁴⁵¹⁾Formatangaben in Breite x Höhe

Merian (1856-1908)

18. Steinere Brücke BL I Testat von Pestalozzi
Grundriß, Aufsicht, 4 Schnitte, coloriert, 110 cm x 65 cm
19. Steinere Brücke BL II. Testat von Pestalozzi
Längsschnitt und Lehrgerüste, coloriert, 62 cm x 46 cm
- Culmann, Karl: *Hölzerne und eiserne Brücken, Konstruktionsübungen*, 1876
Ingenieurschule, 3. Cours: 4 Zeichnungen von Christoph Matthäus (Mathieu)
- Merian (1856-1908)
20. Kraefteplan eines Fachwerks mit parallelen Steckbäumen, BL I .
Testat von Culmann
Fachwerk wie Zeichnung 14, aber ohne Bogen, coloriert, 42 cm x 54 cm
21. Fachwerkbrücke, BL II
Theoretische Spannweite 40^m, lichte Weite 38^m.8 Testat von Culmann
Ansicht, Grundriß, 5 Schnitte, 2 Detail-Ansichten, 24 Posten-, Streben- und
Streckbaum-Schnitte, 62 cm x 98 cm
22. Blechbalkenbrücke Testat von Culmann
Längsschnitt, Ansicht, Draufsicht, 11 Schnitte durch Details, 68 cm x 104 cm
23. Hölzerne Brücke. System Howe Testat von Pestalozzi
Totalansicht, Grundriß, Querschnitt, 13 Details, 90 cm x 60 cm

Hs 1310 : 2 / 24 - 25

Culmann, Karl: *Eiserne Brücken und Eisenbahnbau, Konstruktionsübungen*,
1876/77

Abt. II, 7. Sem.: 2 Zeichnungen von Christoph Matthäus (Mathieu) Merian
(1856-1908)

24. Bogenbrücke, BLI Testat von Culmann
Kräfteplan, 6 Schnittpolygone, 64 cm x 49 cm
25. Bogenbrücke, BLII Testat von Culmann
Ansicht, viele (29) Details, 94 cm x 66 cm

Hs 1310 : 2 / 99 - 104

Diplomarbeit von Christoph Matthäus (Mathieu) Merian (1856-1908)

99. Situationsplan, BLI Testat von Culmann
Limmatquai 20. II. 77, 89 cm x 60 cm, coloriert
100. Situationsplan, BLII Testat von Culmann
Limmatquai 3. III. 77, 89 cm x 60 cm, coloriert
101. Profile Testat von Culmann
Altes Laengenprofil des Limmat, 8. III. 77, 89 cm x 60 cm, coloriert
102. Limmatbrücke Testat von Culmann
9 Schnitte und Details, 11. III. 77, 103 cm x 66 cm, coloriert
103. Limmatbrücke Testat von Culmann
Etwa 30 Details, 22. II. 77, 75 cm x 60 cm, coloriert
104. Foundationen. Stützmauern Etc. Testat von Culmann
Pfeilerfundation & Wehrbettung. 3 Schnitte, Details und graphische
Berechnung, 8. III. 77, 89 cm x 60 cm, coloriert

Hs 371 : 109

Brief von Culmann an den Ingenieur Johannes Wild, Prof. d. Geodäsie ETH, o. D.
Zürich, 2 Bl. / 1 S. deutsch

Hs 371 : 110 - 111

Gutachten für die Direktion des Eidg. Polytechnikums.

110. Auszug aus einem vom 4. Juli 1855 datierten Brief des Herrn Professor Cul-

- mann in Wien [betr. d. Anschaffungsliste Prof. Wilds für die Instrumentensammlung], 2 Bl. / 3 S. deutsch
111. Auszug aus dem vom 8. Juli [1855] dt. Brief des Herrn Prof. Culmann [über den gleichen Gegenstand], 3 Bl./ 6 S. deutsch

Hs 87 : 202

Brief von Culmann an Wilhelm Fiedler, Prof. f. darstellende Geometrie ETH, mit einem geometrischen Beweis. 1875 V. 31. Hottingen. 2 Bl. 4 S. deutsch

Hs 375 : 6

Balkenbrücke. Colorierte Federzeichnung. Mitsigniert C. Gladbach auf der Rückseite: Kolorierte Aufrisse einer Backsteinfassade. Masstab 1:10.
61 cm x 45 cm. 1 Blatt

Hs 375 : 7

Mitteilung als Direktor des Polytechnikums an Frau Szávits in Pressburg, daß ihr Sohn Georg Szávits den Vorkurs erfolgreich bestanden habe. 1873 Zürich 2 Bl. / 1 S. deutsch

2996 (Hs)

Culmann: Die graphische Statik. Bd 1. Zürich 1875
Handschrift der 2. neubearbeiteten Auflage auf Bogen und losen Blättern, diverse Formate, Teile der gedruckten 1. Auflage werden verwendet. [Enthält zahlreiche Blätter, die über die gedruckte Fassung hinausgehen.]

2997 : 1 - 10 (Hs)

Handschriftliche Abhandlungen und Notizen von Culmann:

1. Technische Reisebeschreibung (England und Amerika). Abschrift folio England 71 S., Amerika 169 S. folio
2. Technische Reisebeschreibung (Amerika), 123 S. folio
3. Technische Notizen zur Reisebeschreibung (England und Amerika), Originalnotizen der Reise des Jahres 1849/50. 53 Doppelbogen mit diversen eingeklebten Blättern, unterschiedliche Formate, zahlreiche Skizzen.
4. Vorlesungsverzeichnisse 1860-1866, 5 Blätter
5. Diplomaufgabe 1862 und 1865 (hektographiert) 2 Bogen folio
6. Anfänge der graphischen Statik 1854 (?) - 60
 Continuirlicher Balken, ca 100 Bl. folio
 Manuskript Reissrechnen 1860, 20 Seiten
 Graphische Statik 3.XI.64 (Reissrechnen, Calcul par le trait).
 »In diesem Colleg sind Aufgaben aus dem Gebiet der Brücken ...
 zusammengefaßt, die einer graphischen Lösung fähig sind und daher auf dem Zeichenblatt...« Möglicherweise Vorlesungsmanuskript, 13 Blätter
 Continuirlicher Balken. Analytische Behandlung, 13 Blätter
 Exzerpt: Schwedler: Theorie der Stützlinien, ein Beitrag zur Form und Stärke gewölbter Bögen. Zeitschrift für Bauwesen 9 (1859), S. 109ff
 Exzerpt: Schwedler: Theorie der Brückenbalkensysteme. Zeitschrift für Bauwesen 1 (1851), S. 114-124, 162-174, 266-278
 Studien über projektivische Verwandtschaft des Seil- und Kräftepolygons
7. Graphische Statik (Formeln und Texte). 7 Bl. folio
 u. a. Exzerpt von Mohr: Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisenconstructions. Z. han. Ing. u. Arch.V.14 (1868), S. 19ff, 4 Seiten Kurzschrift

8. Vorlesung über Baumaterialien. ca 45 Bl. diverse Formate

Instruction für die Anwendung des Harz-Cements

1. Mischungsverhältnis / 2. Bereitmachung des Cements / 3. Arbeit- und Handwerkszeug / Kostenrechnung

Zimmerarbeiten

Eisenarbeiten

Künstliche Fundierungen

Der Pfahlrost / Rammmaschinen / Die Spundwände

Erdbau. Inhaltsverzeichnis

Preisverzeichnis verschiedener Arbeiten

Von den Erdarbeiten (N° 1 bis N°18) über Maurerarbeiten und Metallarbeiten bis zu den Anstreicherarbeiten

9. Notizen betr. Gitterbrücken. 7 Bogen, kleinfolio

10. Die Statik und die neuere Geometrie. Manuskript (ohne Datum. Vermutlich Ende 1860er Jahre) 20 Seiten folio¹⁴⁵²⁾

Hs 141a : 43 / Hs 1231 : 153

Korrespondenz mit Joseph Wolfgang von Deschwanden (1819-1866)

Erster Direktor des Eidg. Polytechnikums. 1864

siehe: Handschriften und Autographen der ETH-Bibliothek, Nr. 72

Hs 371 : 187 - 188

Eidgenössische Linthkommission. Korrespondenz mit dem Ingenieur Johannes Wild 1867 IV. 1./2.

G.L.A. Karlsruhe

448 / 188

Großherzoglich Badische Polytechnische Schule. Generalia. Professoren & Lehrer der Anstalt. Gesetz über die Rechtsverhältnisse, Anstellung, Charakterisierung, Besoldung, Pensionierung ... Urlaub. 1832-1876

448 / 189

Großherzoglich Badische Polytechnische Schule. Generalia. Professoren & Lehrer der Anstalt. Anstellung, Charakterisierung, Besoldung, Zulagen, Funktionsgehälter, ... 1833-1863

448 / 258

Verzeichnis sämtlicher Schüler der Polytechnischen und Vorschule im Studienjahr 1838/39

448 / 259

Verzeichnis sämtlicher Schüler der Polytechnischen und Vorschule im Studienjahr 1839/40

448 / 1600

Großherzoglich Badische Polytechnische Schule. Direction. Specialia. Unterricht. I. Mathematik. Mechanische Wissenschaften, Statik, mechanik, Hydraulik. 1840-1841.

Brief von Ladomus zum Unterrichtsausfall wegen einer längeren Erkrankung von Kayser. Beschluß der Direktion.

448 / 1617

Ingenieur-Schule. Jahresberichte. 1839/40

¹⁴⁵²⁾Analyse mit etlichen Zitaten in Scholz [1989], S. 202-207

Jahresbericht über Karl Culmann. Schüler der Ingenieur-Schule II. Curs
Zeugnis

448 / 1618

Ingenieur-Schule. Jahresberichte. 1840/41

Jahresbericht über Karl Culmann. Schüler der Ingenieur-Schule III. Curs
Zeugnis

Ergebnisliste der Abschlußprüfung 1840/41

Stadtarchiv Zürich

Stadtrath Zürich. Bürgerl. Section. Acten 1868. 171 a
27.06.1868

Stadtrath Zürich. Bürgerl. Section. Acten 1868. 171 b
Familienschein Culmanns

Stadtrath Zürich. Bürgerl. Section. Acten 1868, 187

Brief Culmanns an den Züricher Stadtrat vom 17.09.1868. Ein Blatt, zwei Seiten.

Stadtarchiv Bad Bergzabern

AII / 8

Zwei Briefe des Königlichen Bezirksamtes Bergzabern an das Bürgermeisteramt
Bergzabern

14. Oktober 1868. Genehmigung der Entlassung von Karl Culmann aus der
bayrischen Staatsbürgerschaft unter der Voraussetzung, daß die Einbürgerung
in die Schweiz vorgelegt wird.

27. November 1868. Begleitschreiben zu der Ausbürgerungsurkunde. Culmanns
Notar Pasquay quittiert am selben Tag auf diesem Schreiben den
Empfang der Urkunde

Bayerisches Hauptstaatsarchiv München

OBB 7519

Personalakte von Karl Culmann bei der Obersten Baubehörde.

Schriftwechsel. Laufzeit 1841 bis 1858.

Umfangreicher Briefwechsel zwischen Culmann und der Eisenbahnbau-Kommission
oder vorgesetzten Behörden.

Kapitel 1 bis 4 des Reiseberichts, sie umfassen die beiden in der Allgemeinen
Bauzeitung veröffentlichten Artikel. Den Reisebericht nicht mitgerechnet umfaßt
die Akte 68 Blätter

Zusätzlich: I. Abschnitt seines Reiseberichts.

Brückenbau

1^{tes} Kapitel: Beschreibung der hölzernen Brücken-Systeme in America in
ihrer chronologischen Entwicklung. 73 Seiten. Keine Abbildungen

2^{tes} Kapitel: Theorie der Fachwerk-, Latten- und Bogen-Brücken. 67 Seiten.
2 ausklappbare Tafeln

3^{tes} Kapitel: Anwendung der entwickelten Theorie auf die beschriebenen
Brücken. 69 Seiten. 2 Tabellen

4^{tes} Kapitel: Eiserne Brücken in England und in America.
A. Balken-, Fachwerk- und Gitter-Brücken. 99 Seiten.

5 ausklappbare Tafeln

B. Bogen- und Ketten-Brücken. 90 Seiten, 1 Abb. 4 ausklappbare Tafeln

MK 19554

Akten zur Reorganisation des Münchner Polytechnikums

U. a. Brief von Culmann an Bauernfeind mit Gutachten über das Schweizer Schul- und Hochschulsystem. 13 Seiten

Brief von Hänel, Direktor der polytechnischen Schule in Stuttgart, an Bauernfeind

MK 19546

Organische Bestimmung für die polytechnische Schule in München. München 1868

MK 19590

Laufzeit 1868-1872. Special-Etat der Königl. polytechnischen Schule München für das Rechnungsjahr 1868/69

MK 19547

Gutachten zum Satzungsentwurf für die polytechnische Schule in München, u.a. von Pauli und Bauernfeind

Synopsis der Organisationsstatuten von Karlsruhe, Dresden, Hannover, Stuttgart und Zürich

Archiv der Technischen Universität Wien

Quellen zu Josef Schlesinger (1831-1901), zu seiner Habilitation und seinen Vorlesungen über graphische Statik

132/1866

Programm zu den Vorträgen über graphisches Rechnen und graphische Statik. 3 Seiten folio

Antrag für Zulassung zur Habilitation von Josef Schlesinger. 14. Februar 1866. 3 Seiten folio

Empfehlung der Kommission an das Professoren-Kollegium, Schlesinger zum Habilitationskolloquium zuzulassen. Unterzeichnet von J. Hönig. 09. Juli 1866. Seiten folio

Archiveanfragen zu Culmann-GutachtenDas *Baugeschichtliche Archiv des Hochbauamtes Zürich*¹⁴⁵³⁾, das *Staatsarchiv des Kantons Zürich*¹⁴⁵⁴⁾ und das *Archives de la Ville de Lausanne*¹⁴⁵⁵⁾ besitzen nach eigener Mitteilung keine Culmann-Gutachten, die nicht in meiner Liste erfaßt sind.Im *Archiv der Stadt Zürich* könnten sich noch nicht erfaßte Gutachten befinden.¹⁴⁵⁶⁾Möglicherweise befinden sich in der *Bibliothèque cantonale et universitaire de Fribourg*, dem *Archives de l'Etat de Fribourg*, dem *Archives d'Etat Genève*, der *Bibliothèque publique et universitaire Genève* oder der *Bibliothèque cantonale et universitaire Lausanne* noch von Culmann verfaßte Gutachten. Bei diesen Archiven habe ich angefragt, aber keine Antwort erhalten.¹⁴⁵³⁾Brief vom 30.7.1996¹⁴⁵⁴⁾Brief vom 22.8.1996¹⁴⁵⁵⁾Brief vom 12.8.1996¹⁴⁵⁶⁾Brief vom 21.10.1996

Entgegen anderslautenden Gerüchten besitzt das *Deutsche Museum*¹⁴⁶⁷⁾ keinerlei Culmann-Akten.

D.3. Verzeichnis der Culmann-Schriften

Hier sind alle Schriften Culmanns und Hinweise auf Vorträge von ihm verzeichnet, der Großteil der Schriften ist bereits im Verzeichnis der Culmann-Werke enthalten, das Tetmajer 1882 seiner Würdigung Culmanns anfügte.¹⁴⁶⁸⁾ Das hier vorliegende Verzeichnis ist noch nicht vollständig, es muß noch eine stattliche Zahl von Gutachten Culmanns geben, die ich bislang noch nicht auffinden konnte.

- [1851] Fortschritte im Brücken-, Eisenbahn- und Flußdampfschiffbau, sowie in Errichtung der elektromagnetischen Telegraphen in Nordamerika und England. 1. Abschnitt: Der Bau der hölzernen Brücken in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Ergebnis einer im Auftrag der königlich bayerischen Regierung in den Jahren 1849 und 1850 unternommenen Reise durch die Vereinigten Staaten von Nordamerika und England. Neudruck Düsseldorf 1970. Allg. Bau. 16 (1851), S. 69-129, 11 Taf.
- [1852] Fortschritte im Brücken-, Eisenbahn- und Flußdampfschiffbau, sowie in Errichtung der elektromagnetischen Telegraphen in Nordamerika und England. 2. Abschnitt: Der Bau der eisernen Brücken in England und Amerika. Neudruck Düsseldorf 1975. Allg. Bau. 17 (1852), S. 163-222, 15 Taf. ETH-Sig.: 21
- [1854] Beilagen zu einem öffentlichen Vortrage über die Verkehrsmittel Amerika's von Prof. Culmann. 1854. 2 Abb., eine Karte. ETH-Sig.: 81810
- [1856] Ueber die Gleichgewichtsbedingungen von Erdmassen. Zürich 1856. 20 S., 1 Taf. ETH-Sig.: Rar 722, Rar 723
- [1857 Cintres] Mémoire la pression qu'exercent les voûtes en berceau circulaire sur leurs cintres. In: Programme de L'École Polytechnique fédérale suisse pour l'année scolaire 1857/58. Lausanne 1857 Cintres. S. 1-45, 2 Taf. ETH-Sig.: Per 9502:1
- [1857 Jura] Gutachten der technischen Experten in Sachen der Juragewässer correction, sammt Instruction. (Zusammen mit La Nicca, K.E. Müller, R. Gerwig und F. Hartmann). Ragaz 1857 Jura. 15 S. ETH-Sig.: 2442 Rar
- [1857 Lehr] Druck kreisförmiger Tonnengewölbe auf ihre Lehrgerüste. In: Programm des Polytechnikums 1857/58, S. I-XVI. Zürich 1857 Lehr. 16 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 21283 und Per 9502 P:1
- [1858 Jura] Mittheilungen über die Correction der Juragewässer. Mit einer Karte und Profilen: Sonderdruck aus: Schweizerische polytechnische Zeitschrift. 1858 Jura. 23 S., 1 Karte. ETH-Sig.: 2857q
- [1858 Quellen] Gutachten über die Thermalquellen-Verhältnisse zu Baden und Ennetbaden und über die Fassung der im Limmatbette ausfließenden Thermen (Zusammen mit Prof. Arnold Escher von der Linth). Zürich 1858 Quellen. 18 S. ETH-Sig.: 8125
- [1860] Bemerkungen der Experten des Lukmanier-Comitée, Ober-Ing. Beckh und Prof. Culmann, über das Project einer Eisenbahn-Verbindung von Chur über die Ostschweizer Alpen-Pässe nach Locarno. Uster 1860. 28 S. ETH-Sig.: 3257 fol Rar
- [1863] Gutachten über Straßenbahnen. Zürich 1863. 18 S. u. 2 Taf. ETH-Sig.: 2299 Rar

¹⁴⁶⁷⁾Brief vom 21.8.1995

¹⁴⁶⁸⁾Tetmajer [1882]

- [1864] Sur la balance aérohydrostatique de M. le Colonel Seiler. Archives Sci. Phys. Nat 19 (1864), S. 237-244.
- [1864] zusammen mit Reuleaux: Rapports sur la balance aérohydrostatique appliquée aux chemins de fer de montagnes. Système de M. Seiler. Paris 1864. 14 S. ETH-Sig.: TH SIA Con 122
- [1864-66] Die graphische Statik. Zürich 1864-66. XXXVII, 633 S. u. 36 Taf. ETH-Sig.: 2117, 2209, 2534
- [1864 Jura] Bericht an den hohen schweizerischen Bundesrath über die Untersuchung der schweiz. Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863. Zürich 1864 Jura. XXVIII, 650 S., 15 Taf. ETH-Sig.: 2097, 2597
- [1865] Rapport au Conseil Fédéral sur les torrents des Alpes suisses inspectés en 1858, 1859, 1860 et 1863. Trad. par H. F. Bessard. Lausanne 1865. XXXII, 596 S.u. 15 Taf. ETH-Sig.: 2110, 2598
- [1866] Raggiaglio al consiglio federale degli studi eseguiti intorno ai torrenti montani della Svizzera negli anni 1858, 1859, 1860 e 1863. Trad. da C. Arduini. Lugano 1866. IX, 615 S., 15 Taf. ETH-Sig.: 2151
- [1868 Rechenschieber] Der Rechenschieber. Cultur-Ingenieur 1 (1868), S. 337-355, 369-389.
- [1869] Gutachten über Wetli's Lokomotivsystem für Gebirgsbahnen. In: Wetli's Lokomotivsystem für Gebirgsbahnen. Gutachten der im Auftrag des schweizerischen Bundesrathes niedergesetzten Commission des Eidgenössischen Polytechnikums. Bern 1869. 16 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 3110
- [1870] Bericht an die eidgenössische Linthkommission über das Projekt eines Industrie- und Schifffahrts-Kanales zwischen Schännis-Bilten und Grynau. Glarus 1870. 32 S. u. 4 Pläne. ETH-Sig.: 2308
- [1870 Parallelogramm] Über das Parallelogramm und über die Zusammensetzung der Kräfte. VNGZü 15 (1870), S. 1-24. 24 S. ETH-Sig.: 4424
- [1871] Der Minentrichter. VNGZü 16 (1871), S. 28-41.
- [1872] Vorlesungen über Ingenieurkunde. I. Abtheilung: Erdbau. Als Manuscript gedruckt. Zürich 1872. 108 S. u. 10 Taf. ETH-Sig.: 2294 (Rar 723)
- [1872] Gutachten an die löbliche Polizei-Commission des Kantons Glarus über das Projekt einer Regulirung der Linth von Tierfeld bis nach Mollis von den Experten Prof. Culmann und Linth-Ingenieur Legler. Glarus 1872. 25 S. u. 1 Taf. (nach Beilagenliste noch 3 weitere Tafeln). ETH-Sig.: 2298
- [1873] Über die in der Gegend von Immenstadt (Bayern) durch Hochwasser hervorgerufenen Verheerungen (Vortragsprotokoll). Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Schaffhausen 56 (1873), S. 82-84. ETH-Sig.: SEG 1426:56
- [1873 Formeln] Formeln und Tafeln zur Berechnung parabolischer Bogen für deren Querschnitte das Trägheitsmoment bei constantem E gleich $J = E \frac{ds}{g \cdot dx}$ ist. Nachtrag zur Graphischen Statik. Zürich 1873 Formeln. 15 S. ETH-Sig.: 2263, 24 86
- [1874] Bericht des Preisgerichtes betreffend die Quaiprojekte in Zürich, abgegeben an den Stadtrath von Zürich (Zusammen mit Davioud, Dr. E. Escher, Franel, F. Hagenbuch, Krantz, C. Landolt, Tièche, Wetli). Zürich 1874. 24 S. ETH-Sig.: 2298
- [1875] Verlegung des Güterbahnhofes Zürich. Expertengutachten zu Handen der Gemeindecemission von Zürich und Ausgemeinden. Zürich 1875. 27 S. Autograph (Handschrift). ETH-Sig.: Zentralbibliothek Zürich DX 234

- [1875] Die graphische Statik. Zweite neu bearbeitete Auflage. Zürich 1875. XXXVII, 633 S., 235 Abb. u. 36 Taf.
- [1875] Theorie und Gebrauch des logarithmischen Rechenschiebers. Separat-Abdruck aus Culmann's graphischer Statik (2. Auflage) mit Beispielen erläutert von Ludwig Tetmajer. Zürich 1875. V, 66 S., 1 Taf. u. 16 Abb. ETH-Sig.: 2181
- [1876] Gutachten der Experten Professor Culmann, Ingenieur Tobler, Professor Baumeister über die Zugsrichtung der Eisenbahn Seebach- (Oerlikon-) Zürich auf städtischem Gebiete. Die Eisenbahn 5 (1876), S. 85-90.
- [1876] Bericht über die in Horgen vorgekommenen Rutschungen. (Zusammen mit Prof Heim, Gränicher, Hellweg und Lang). Zürich 1876. 20 S. u. 3 Taf. ETH-Sig.: 3228
- [1876] Vergleichung der Betriebskosten verschiedener Bahnen. VNGZü 21 (1876).
- [1876] Gutachten der Experten Professor Culmann, Ingenieur Tobler, Professor Baumeister über die Zugsrichtung der Eisenbahn Seebach- (Oerlikon-) Zürich auf städtischem Gebiete. Sonderdruck. Abgedruckt ebenfalls in: Die Eisenbahn 5 (1876), S. 85-90. Zürich 1876. 16 S. ETH-Sig.: 3301
- [1880] Traité de statique graphique. I. Trad. sur la 2^e éd. par G. Glasser, J. Jacquier et A. Valat. Paris 1880. XXIII, 604 S. mit Atlas mit 17 Taf. ETH-Sig.: 2355

Notizen zu Vorträgen von Culmann

- [1872] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 7.2.1870: »Herr Prof. Culmann zeigt Photogramme mit einem Plänchen der Stadt Freiburg an der Unstrut, das mittelst dieser Photogramme construiert worden war.« (Vortragprotokoll von C. Cramer). VNGZü 15 (1870), S. 92-93
- [1872] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 22.01.1872: »Herr Prof. Culmann hält einen Vortrag über Festigkeitsversuche. Ein von ihm in Aussicht gestelltes Referat ist bis jetzt nicht eingegangen.« (Kein Vortragprotokoll. Notiz vermutlich von Weilenmann). VNGZü 17 (1872), S. 78
- [1874] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 03.11.1874: »Die Herren Proff. Culmann und Schwarz berichten über die Versammlung schweizerischer Naturforscher in Schaffhausen.« (Kein Vortragprotokoll. Notiz vermutlich von Weilenmann). VNGZü 18 (1873), S. 414
- [1874] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 03.11.1874: »Herr Prof. Culmann weist verschiedene Karten, die an der Weltausstellung in Wien sich befanden, mit betreffenden Erläuterungen vor, sowie einen Bericht über den Strassenbau Italiens.« (Kein Vortragprotokoll. Notiz vermutlich von Weilenmann). VNGZü 18 (1873), S. 419
- [1874] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 12.01.1874: »Herr Prof. Culmann macht eine Mittheilung über Rechenschieber.« (kein Vortragsprotokoll. Vermutlich von Culmann). VNGZü 19 (1874), S. 84
- [1875] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 20.12.1875: »Herr Prof. Culmann hält einen Vortrag über das graphische Rechnen Cremona's.« (Vortragsprotokoll. Vermutlich von Culmann). VNGZü 20 (1875), S. 487f
- [1875] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 01.02.1875: »Herr Prof Culmann hält einen Vortrag über die Anwendung komprimirter Luft bei Gründungen« (Vortragsprotokoll. Vermutlich von Culmann). VNGZü 20 (1875), 192-194
- [1875] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 25.10.1875: »Herr Prof. Culmann legte der Gesellschaft den Situationsplan, das Längenprofil und einige Ansichten der bad. Schwarzwaldbahn zwischen Hornberg und Sommerau vor, und beschrieb kurz die

- topographischen Verhältnisse, das Tracé und die Kunstbauten dieses interessanten Schienenweges.«(kein Vortragsprotokoll. Vermutlich von Culmann). VNGZü 20 (1875), S. 478
- [1876] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 13.11.1876: »Herr Prof. Culmann hält einen längeren Vortrag über die Vergleichung der Betriebskosten der Adhäsions- und der Zahnradbahnen im Gebirge mit denen der Bahnen in der Ebene.« (Vortragsprotokoll. Vermutlich von Culmann). VNGZü 21 (1876), S. 303-307
- [1876] Versammlung des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins in Luzern am 2.10.1876: »Herr Professor Culmann wies einen Ellipsenzirkel von Hommel-Esser vor, der mit neuer Anwendung eines bekannten Principes construiert ist und von dem wir nächstens eine Skizze zu bringen gedenken.« [Die Skizze folgte nicht.]
- [1878] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 27.05.1878: »Herr Prof. Culmann hält einen Vortrag über die Einführung einheitlicher algebraischer Zeichen bei wissenschaftlich-technischen Untersuchungen.« (Kein Vortragsprotokoll. Notiz vermutlich von Weilenmann). VNGZü 23 (1878), S. 107
- [1879] Notizen zur Sitzung der n. G. Z vom 08.12.1879: »Herr Prof. Culmann hält folgenden Vortrag über Hydrotechnisches aus dem untern Gebiete der Donau.« (Vortragsprotokoll. Vermutlich von Culmann). VNGZü 24 (1879), S. 412-414

D.4. Verzeichnis der Vorlesungen, die Culmann in Zürich von 1855 bis 1881 gehalten hat

Culmann war von 1855 an Vorstand der »Zweiten Abtheilung oder Ingenieurschule«. Die Ausbildung am Züricher Polytechnikum umfaßte drei Jahreskurse und einen Vorkurs. Sie war streng schulmäßig geregelt, der Großteil der Stunden war obligatorisch, die Vorlesungsliste zeigt, daß insbesondere Culmann auf straffen Unterricht Wert legte. Vom zweiten Unterrichtsjahr an wurden alle seine Vorlesungen von Repetitorien und Konstruktionsübungen begleitet.¹⁴⁵⁹⁾

Schuljahr 1855-56

WS

Zweiter Jahreskurs

Strassen- und Eisenbahnbau	3 Std.
Uebungen im Entwerfen leichter Projecte	6 Std.

SS

»In den beiden Jahreskursen der ersten, zweiten, ... Abtheilung wird der Unterricht in den obligatorischen Fächern des ersten Halbjahres fortgesetzt werden.«¹⁴⁶⁰⁾

Schuljahr 1856/57

WS

Zweiter Jahreskurs

Wasser- und Strassenbau	3 Std.
Repetitorium über Wasser- und Strassenbau	1 Std.
Konstruktionsübungen über Wasser- und Strassenbau (Winter 6, Sommer 9 Std.)	3 Nachmittage

»Herr Pestalozzi wirkt beim Unterricht der HH Professoren Culmann und Wild nach Bedürfnissen mit.«¹⁴⁶¹⁾

Dritter Jahreskurs

dasselbe wie beim zweiten Jahreskurs

SS

ebenso wie WS

Schuljahr 1857/58

WS

Zweiter Jahreskurs

Erdbau, Futtermauern und Bau der steinernen und hölzernen Brücken	4 Std.
Konstruktionsübungen in den behandelten Gegenständen	3 Nachmittage min. 6 Std.

Dritter Jahreskurs

Bau eiserner Brücken, Strassen- Eisenbahn- und Wasserbau 4 Std.

¹⁴⁵⁹⁾Die Angaben sind den Programmen des Züricher Polytechnikums entnommen. Für sie gilt, wie für alle Vorlesungsverzeichnisse, daß sie die geplanten Unterrichtsveranstaltungen angeben. Die tatsächlich gelesenen Kurse werden davon immer abweichen. Im WS 1871/72 wurden z. B. 158 Kurse angekündigt, aber nur 137 gehalten. Kappeler [1873], S. 16

¹⁴⁶⁰⁾Abänderungen ... 1855/56

¹⁴⁶¹⁾Programm Zürich 1856/57, S. 10

Konstruktionsübungen in den behandelten Gegenständen	3 Nachmittage min. 6 Std.
Pestalozzi hält eigene Vorlesungen (Strassen- und Wasserbau für Bau- und Forstschüler) und Mitwirkung beim Unterricht der Professoren Culmann und Wild) ¹⁴⁶²⁾	

SS**Zweiter Jahreskurs**

Bau eiserner und hölzerner Brücken	4 Std.
Konstruktionsübungen in den behandelten Gegenständen	6 Std.

Dritter Jahreskurs

Flussbau, Wehrbau, Fashinen- und Steinbau, Buhnen und Uferschutzwerke, Deichbau, Entwässerungen	4 Std.
Konstruktionsübungen in den behandelten Gegenständen	6 Std.

Schuljahr 1858/59**WS****Zweiter Jahreskurs**

Erdbau: Theorie des Erddrucks und Bau der Futtermauern und Bohlenwände, Foundationen steinerne Bauten. Steinerne Brücken. 1. Hälfte	4 Std.
Konstruktionsübungen über Erdbau	6 Std. mit Pestalozzi

Dritter Jahreskurs

Eisenbahn- Brücken- und Strassenbau. 2. Hälfte. Bewegliche Brücken. Strassenbau. Eisenbahnbau	4 Std.
Konstruktionsübungen in den angeführten Gegenständen	6 Std. mit Pestalozzi

SS**Zweiter Jahreskurs**

Steinerne Brücken (Fortsetzung), hölzerne und eiserne Brücken	4 Std.
Konstruktionsübungen in den angeführten Gegenständen	6 Std.

Dritter Jahreskurs

Kanal- und Flussbau	4 Std.
Konstruktionsübungen in den angeführten Gegenständen	6 Std.
Pestalozzi wirkt beim Unterricht der Professoren Culmann und Wild mit	

Schuljahr 1859/60**WS****Zweiter Jahreskurs**

Erdbau, Futtermauern und Bau der steinernen und hölzernen Brücken	4 Std.
Konstruktionsübungen aus dem Gebiet des Erdbaus etc.	mind. 6 Std

Dritter Jahreskurs

Bau eiserner Brücken, Strassen-, Eisenbahn- und Wasserbau	4 Std
Konstruktionsübungen aus dem Gebiet des Eisenbahn-, Strassen- und Brückenbaus	mind. 6 Std.

SS**Zweiter Jahreskurs**

Bau eiserner und hölzerner Brücken. Fortsetzung	4 Std.
Konstruktionsübungen dazu	6 Std.
Fluss-, Kanal- und Eisenbahnbau. Fortsetzung	4 Std.

¹⁴⁶²⁾Programm Zürich 1857/58, S. 11

Konstruktionsübungen dazu 6 Std.
 Pestalozzi wirkt beim Unterricht der Professoren Culmann und Wild mit

Schuljahr 1860/61

WS

Zweiter Jahreskurs

Erdbau u. steinerne Brücken 3 Std.
 Graphische Behandlung verschiedener Aufgaben aus dem Gebiet
 der Baukunde 2 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std.

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbau 4 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std.
 Oberstleutnant Pestalozzi wirkt beim Unterricht der Professoren Culmann und Wild
 mit.

Schuljahr 1861/62

WS

Zweiter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau 3 Std.
 Graphische Statik 2 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std.

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbahnbau (Fortsetzung) 6 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std.

SS

Zweiter Jahreskurs

Eiserne- und hölzerne Brücken. Fortsetzung 4 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std.

Dritter Jahreskurs

Kanal- und Wasserbau 4 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std.
 Oberstleutnant Pestalozzi wirkt beim Unterricht der Professoren Culmann und Wild
 mit.

Schuljahr 1862/63

WS

Zweiter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau 3 Std.
 Graphische Statik 2 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std. mit Pestalozzi

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbahnbau (Fortsetzung) 4 Std.
 Konstruktionsübungen 6 Std. mit Pestalozzi

SS

Zweiter Jahreskurs

Hölzerne Brücken und Strassenbau 3 Std.

Repetitorium (Die Schüler in Gruppen abgeteilt) ¹⁴⁶³⁾	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi

Dritter Jahreskurs

Wasserbau	4
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen abgeteilt) ¹⁴⁶⁴⁾	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std.

Schuljahr 1863/64**WS****Zweiter Jahreskurs**

Erdbau, steinerne Brücken- und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen) ¹⁴⁶⁵⁾	3-4 Std. mit Bessard
Graphische Statik	2 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Bessard

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen) ¹⁴⁶⁶⁾	3-4 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Bessard

SS**Zweiter Jahreskurs**

Hölzerne Brücken und Strassenbau	3 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen)	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi

Dritter Jahreskurs

Wasserbau	4 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen)	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi

6. Abteilung: Math. Wiss.

Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Konstruktionsübungen in derselben	2 Std.

Schuljahr 1864/65**WS****Zweiter Jahreskurs**

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium (die Schüler in 3-4 Gruppen)	3-4 Std. mit Bessard ¹⁴⁶⁷⁾
Graphische Statik	2 Std.

¹⁴⁶³⁾Gruppengröße etwa 20 Studenten. Im zweiten Jahreskurs waren im SS 1863 45 Teilnehmer. Programm ETH Zürich 1863/64. S.10

¹⁴⁶⁴⁾Gruppengröße etwa 20 Studenten. Im dritten Jahreskurs waren im SS 1863 44 Teilnehmer. Programm ETH Zürich 1863/64. S.10

¹⁴⁶⁵⁾Gruppengröße etwa 10 Studenten. Im zweiten Jahreskurs waren im WS 1863/64 43 Teilnehmer. Programm ETH Zürich 1864/65. S.10

¹⁴⁶⁶⁾Gruppengröße etwa 10 Studenten. Im dritten Jahreskurs waren im WS 1863/64 44 Teilnehmer. Programm ETH Zürich 1864/65. S.10

¹⁴⁶⁷⁾Seit Schuljahr 1864/65 war Bessard Priv. Doz. für Ingenieurwissenschaften, darstellende Geometrie und angewandte mathematische Fächer. Programm ETH Zürich 1865/66. S.10

Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi
Dritter Jahreskurs	
Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbahnbau	4 Std. mit Bessard
6. Abteilung: Math. Wiss.	
Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Übungen	2 Std.
SS	
Erster Jahreskurs	
Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Zweiter Jahreskurs	
Hölzerne Brücken und Strassenbau	3 Std.
Repetitorium (die Schüler in Gruppen)	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Bessard und Pestalozzi ¹⁴⁶⁸⁾
Dritter Jahreskurs	
Kanal- und Wasserbau	4 Std.
Repetitorium (die Schüler in Gruppen)	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Bessard und Pestalozzi
6. Abteilung: Math. Wiss.	
Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Konstruktionsübungen in derselben	2 Std.

Schuljahr 1865/66

WS

Zweiter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium (Schüler in 3-4 Gruppen)	3-4 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Bessard und Pestalozzi
Graphische Statik	2 Std.

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium (Schüler in 3-4 Gruppen)	3-4 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Bessard und Pestalozzi

6. Abteilung: Math. Wiss.

Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Konstruktionsübungen in derselben	2 Std.

SS

Zweiter Jahreskurs

Hölzerne Brücken und Wehrbau	4 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen)	1-2 Std. mit Bessard ¹⁴⁶⁹⁾
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Bessard und Pestalozzi

Dritter Jahreskurs

¹⁴⁶⁸⁾Seit SS 1865 Professor. Programm ETH Zürich 1865/66, S. 10

¹⁴⁶⁹⁾Bessard wechselte während des Schuljahrs 1865-66 an die polytechnische Schule Riga. Programm ETH Zürich 1866/67, S. 10

Kanal- und Wasserbau	4 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen)	1-2 Std. mit Bessard
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Bessard und Pestalozzi

6. Abteilung: Fachlehrer

Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Konstruktionsübungen in derselben	2 Std.

Schuljahr 1866/67**WS****Zweiter Jahreskurs**

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	4 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen)	3-4 Std. ¹⁴⁷⁰⁾
Graphische Statik	2 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken, Strassen- und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium (Die Schüler in Gruppen)	3-4 Std. ¹⁴⁷¹⁾
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi

6. Abteilung: Fachlehrer

Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Konstruktionsübungen zur Geometrie der Lage	2 Std.

SS**Zweiter Jahreskurs**

Hölzerne Brücken, Strassenbau und Wasserleitungen	3 Std.
Repetitorium, in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher

Dritter Jahreskurs

Kanal- und Wasserbau	4 Std.
Repetitorium, in 2 Gruppen je 1 Std.	2 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher

6. Abteilung: Fachlehrer

Priv. Doz. Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Priv. Doz. Reye: Konstruktionsübungen zur Geometrie der Lage	2 Std.

Schuljahr 1867/68**WS****Zweiter Jahreskurs**

Prof. Fiedler: Geometrie der Lage mit Übungen	5 Std.
---	--------

Dritter Jahreskurs

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium, in Gruppen je 1 Std.	4 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi

¹⁴⁷⁰⁾Vermutlich mit Priv. Doz. Andreas Rudolf Harlacher von Schöfflisdorf, Zürich, der im Schuljahr 1866/67 Assistent und Hilfslehrer an der Ingenieurschule wurde. Programm ETH Zürich 1867/68, S. 12

¹⁴⁷¹⁾Vermutlich mit Harlacher.

Harlacher: Eiserne Dachstühle (nicht obligatorisch)	und Harlacher 1 Std.
SS	
Zweiter Jahreskurs	
Graphische Statik: Vorlesung	3 Std.
Übungen	2 Std. mit Harlacher
Dritter Jahreskurs	
Kanal- und Wasserbau	4 Std.
Repetitorium, in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher
Harlacher: Die schiefen Gewölbe (nicht obligatorisch)	1 Std.
6. Abteilung: Fachlehrer	
Professor ¹⁴⁷²⁾ Reye: Geometrie der Lage	3 Std.
Professor Reye: Konstruktionsübungen zur Geometrie der Lage	2 Std.

Schuljahr 1868-69**WS****Dritter Jahreskurs**

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium, in Gruppen	3-4 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher
Strassen- und Kanalbau	2 Std.
7. Abteilung: Allg. phil. und staatswissenschaftl. Abteilung	
Statik behandelt mit Hilfe der analytischen Geometrie	2 Std.

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	3 Std.
Übungen	2 Std. mit Harlacher
Dritter Jahreskurs	
Hölzerne Brücken	3 Std.
Repetitorium, 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher
6. Abteilung: Fachlehrer	
Prof. Fiedler: Geometrie der Lage	5 Std.

Schuljahr 1869-70**WS****Dritter Jahreskurs**

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium, in Gruppen	3-4 Std. mit Harlacher
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher
Statik, behandelt mit Hilfe der analytischen Geometrie	2 Std.

¹⁴⁷²⁾Dr. Reye, bisher Priv. Doz., wurde zum Professor ernannt. Programm ETH Zürich 1868/68, S.12

Priv. Doz. Harlacher: Konstruktion und Theorie der eisernen Dachstühle	2 Std.
7. Semester	
Eiserne Brücken und Eisenbahnbau Repetitorium, in Gruppen	4 Std. 3-4 Std. mit Harlacher
Wehr- und Flussbau Konstruktionsübungen	2 Std. 6 Std. mit Pestalozzi und Harlacher
6. Abteilung: Fachlehrer	
Prof. Fiedler: Geometrie der Lage ¹⁴⁷³⁾ mit Repetitorium	5 Std.
SS	
Zweiter Jahreskurs	
Graphische Statik: Vorlesung Übungen	3 Std. 2 Std.
Dritter Jahreskurs	
Hölzerne Brücken und eiserne Brücken Repetitorium in 3 Gruppen Konstruktionsübungen	3 Std. 3 Std. mit Ritter ¹⁴⁷⁴⁾ 6 Std. mit Pestalozzi und Ritter
3. Abteilung: Mechanische Schule	
Lincke: Graphostatik der Maschinenelemente mit Uebungen (nicht obligatorisch)	2 Std.

Schuljahr 1870/71

WS

Dritter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau Repetitorium, in 3 Gruppen Konstruktionsübungen	3 Std. 3 Std. mit Ritter 6 Std. mit Pestalozzi und Ritter
Strassen- und Kanalbau	2 Std.

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau Repetitorium	4 Std. 1 Std. mit Ritter
Strassen- und Kanalbau	2 Std.

6. Abteilung: Fachlehrer

Prof. Fiedler: Geometrie der Lage mit Repetitorium	5 Std.
--	--------

SS

Zweiter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung Übungen	3 Std. 2 Std. mit Ritter
---	-----------------------------

Dritter Jahreskurs

Hölzerne Brücken und eiserne Brücken	3 Std.
--------------------------------------	--------

¹⁴⁷³⁾Reye ging 1870 als Professor für Mathematik an die neu gegründete technische Hochschule nach Aachen

¹⁴⁷⁴⁾Harlacher ging als Professor für Ingenieurwissenschaften an das deutsche Polytechnikum nach Prag. Wilhelm Ritter wurde als Privatdozent habilitiert und übernahm die Assistentenstelle an der Ingenieurschule. Programm ETH Zürich 1870/71, S. 12

Repetitorium in 3 Gruppen	3 Std. mit Ritter
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter
3. Abteilung: Mechanische Schule	
Lincke: Anwendung der Graphostatik für den Maschinenbau (nicht obligatorisch)	1 Std.

Schuljahr 1871/72

WS

Dritter Jahreskurs

Erbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium, in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Ritter
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter
Flussbau	2 Std.
Priv. Doz. Ritter: Eiserne Dachstühle	1 Std.

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium	3 Std. mit Ritter
Flussau	2 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter

6. Abteilung: Fachlehrer

Prof. Fiedler: Geometrie der Lage mit Repetitorium	5 Std.
--	--------

SS

Zweiter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung	3 Std.
Übungen	2 Std. mit Ritter

Dritter Jahreskurs

Hölzerne Brücken und eiserne Brücken	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen	3 Std. mit Ritter ¹⁴⁷⁵⁾
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter

3. Abteilung: Mechanische Schule

Lincke: Elemente der Graphostatik und Anwendung auf den Maschinenbau mit Uebungen (nicht obligatorisch)	2 Std.
--	--------

6. Abteilung: Fachlehrer

Prof. Fiedler: Geometrie der Lage II	2 Std.
--------------------------------------	--------

Schuljahr 1872/73

WS

Dritter Jahreskurs

Erbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	
Repetitorium in 4 Gruppen, jede 1 Std.	4 Std. mit Ritter
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter
Strassen- und Kanalbau	2 Std.
Ritter: Eiserne Dachstühle	1 Std.

¹⁴⁷⁵⁾Siehe Fußnote 1474)

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std.
Strassen- und Kanalbau	2 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std.

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	2 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Ritter

6. Abteilung: Fachlehrer

Fiedler: Geometrie der Lage, 2. Curs: Strahlensysteme, bes. des 1. und 2. Grades	3 Std.
---	--------

Schuljahr 1873/74**WS****Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Tetmajer ¹⁴⁷⁶⁾
Tetmajer: Bau und Berechnung schmiedeeiserner Brückenträger	2 Std.
Fiedler: Geometrie der Lage mit Übungen (nicht obligatorisch)	5 Std.

Dritter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium in 4 Gruppen	4 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
Pestalozzi: Wehr- und Flussbau	2 Std.

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std.
Fiedler: Complexe 1. und 2. Grades (Geometrie und Mechanik) (n. obl.)	3 Std.

¹⁴⁷⁶⁾Tetmajer, Krompach (Ungarn), wurde als Privatdozent für Ingenieurwissenschaften habilitiert und zum 1. Assistenten an der Ingenieurschule gewählt. Wilhelm Ritter, 1. Assistent an der Ingenieurschule wurde als Professor für Ingenieurwissenschaften an das Polytechnikum Riga berufen. Programm ETH Zürich 1873/74. Schulnachrichten für 1872/73, S. 14

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
Tetmajer: Eiserne Dachstühle (n. obl.)	2 Std.

Schuljahr 1874/75**WS****Zweiter Jahreskurs**

Fiedler: Geometrie der Lage mit Übungen	5 Std.
Tetmajer: Bau und Berechnung schmiedeeiserner Brückenträger	2 Std.
Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Tetmajer

Dritter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium in 4 Gruppen je 1 Std.	4 Std. mit Tetmajer
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
Pestalozzi: Strassen- und Kanalbau	2 Std.

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std.
Fiedler: Geometrie der Lage, 2. Kurs (Geometrie und Mechanik) (n.obl.)	2 Std.

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

Schuljahr 1875/76**WS****Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Valat ¹⁴⁷⁷⁾

Dritter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
---	--------

¹⁴⁷⁷⁾Amédé Valat von Belfort (Frankreich) wurde als Privatdozent für Ingenieurwissenschaften habilitiert und zum 2. Assistenten gewählt.

Hugo Berl aus Freudenthal wurde für spezielle Ingenieurfächer habilitiert und zum Stellvertreter für das Studienjahr 1875/76 für den beurlaubten Assistenten an der Ingenieurschule, Herrn Tetmajer, gewählt. Programm ETH Zürich 1876/77, S. 17

Repetitorium in 4 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	4 Std. 6 Std. mit Pestalozzi und Valat
---	--

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	4 Std. 3 Std. mit Valat 6 Std. mit Pestalozzi und Valat
---	--

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung Übungen	2 Std. 2 Std. mit Valat
---	----------------------------

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen Valat: Eiserne Dachstühle	3 Std. 3 Std. mit Valat und Berl 6 Std. mit Pestalozzi, Valat und Berl 1 Std.
--	--

Schuljahr 1876/77**WS****Zweiter Jahreskurs**

Fiedler: Geometrie der Lage mit Übungen (n. obl.) Graphische Statik: Vorlesung Übungen	5 Std. 2 Std. 2 Std. mit Tetmajer und Berl
--	---

Dritter Jahreskurs

Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen Tetmajer: Bau und Berechnung eiserner Brückenträger	3 Std. 3 Std. mit Tetmajer und Valat 6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat 2 Std.
---	--

7. Semester

Eiserne Brückenträger und Eisenbahnbau Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen Tetmajer: Eisenbahnsignalwesen (n. obl.) Berl: Bahnhofsanlagen (n. obl.)	4 Std. 3 Std. mit Tetmajer und Valat 6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat 1 Std. 1 Std.
--	--

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung Übungen Repetitorium	2 Std. 2 Std. mit Valat und Berl 1 Std. mit Valat
---	--

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	3 Std.
------------------------------	--------

Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer, Valat und Berli
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat

Schuljahr 1877/78

WS

Dritter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Tetmajer und Valat
Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer, Valat
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat
Tetmajer: Bau und Berechnung schmiedeeiserner Brückenträger	2 Std.

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer, Valat
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat

SS

Zweiter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Valat
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Valat

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer und Valat
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat

Schuljahr 1878/79

WS

Zweiter Jahreskurs

Fiedler: Geometrie der Lage mit Repetitorium	5 Std.
--	--------

Dritter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Tetmajer und Valat
Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer und Valat
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
----------------------------------	--------

Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer und Valat
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, Tetmajer und Valat

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	1 Std.

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
Tetmajer: Bau und Berechnung schmiedeeiserner Brückenträger (n. obl.)	2 Std.

Schuljahr 1879/80**WS****Dritter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Tetmajer
Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

7. Semester

Eiserne Brücken und Eisenbahnbau	4 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer
Pestalozzi: Wehr- und Flussbau	2 Std.
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi, und Tetmajer

SS**Zweiter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std.
Repetitorium in Gruppen je 1 Std.	1 Std.

Dritter Jahreskurs

Hölzerne und eiserne Brücken	3 Std.
Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std.	3 Std. mit Tetmajer
Konstruktionsübungen	6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

Schuljahr 1880/81**WS****Dritter Jahreskurs**

Graphische Statik: Vorlesung	2 Std.
Übungen	2 Std. mit Tetmajer
Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau	3 Std.

Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	3 Std. mit Tetmajer 6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
7. Semester	
Eiserne Brücken und Eisenbahnbau Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Pestalozzi: Strassen- und Kanalbau Konstruktionsübungen	4 Std. 3 Std. mit Tetmajer 2 Std. 6 Std. mit Pestalozzi, und Tetmajer
SS	
Zweiter Jahreskurs	
Graphische Statik: Vorlesung Übungen	2 Std. 2 Std.
Repetitorium in Gruppen je 1 Std.	1 Std.
Dritter Jahreskurs	
Hölzerne und eiserne Brücken Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	3 Std. 3 Std. 6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

Schuljahr 1881/82

[Die Vorlesung dieses Studienjahres hat Culmann wegen seiner Krankheit nicht mehr halten können.
Am 9.12.1981 starb er.]

WS

Dritter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung Übungen	2 Std. 2 Std. ¹⁴⁷⁸⁾
Erdbau, steinerne Brücken und Tunnelbau Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	3 Std. 3 Std. 6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer
Pestalozzi: Wehr- und Flussbau	2 Std.
7. Semester	
Eiserne Brücken und Eisenbahnbau Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	4 Std. 3 Std. 6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

SS

Zweiter Jahreskurs

Graphische Statik: Vorlesung Übungen	2 Std. 2 Std.
Repetitorium in Gruppen je 1 Std.	1 Std.
Dritter Jahreskurs	
Hölzerne und eiserne Brücken Repetitorium in 3 Gruppen je 1 Std. Konstruktionsübungen	3 Std. 3 Std. mit Tetmajer 6 Std. mit Pestalozzi und Tetmajer

¹⁴⁷⁸⁾Nach Schulnachrichten für 1881/82 ist Karl Hilgard Assistent der Ingenieurschule, Programm 1882/83 S. 20

D.5 Literaturverzeichnis

Das Literaturverzeichnis enthält nicht die Culmann-Schriften, sie finden sich in Anhang D.3. Die Lehrbücher der graphischen Statik sind in einem eigenen Abschnitt, Anhang D.5.a, chronologisch aufgelistet. Die Nachschlagewerke, Vorlesungsverzeichnisse und Quellen zum Kapitel 6 bzw. Anhang B über die Verbreitung der graphischen Statik und für die Kurzbiographien in Anhang C befinden sich in Anhang D.5.b. Die übrigen Quellen und die Sekundärliteratur sind in Anhang D.5.c zusammengestellt. Die Lehrbücher aus Anhang D.5.a sind hier nochmals mitaufgenommen, sie sind mit dem Kürzel LGS (Lehrbuch Graphische Statik) gekennzeichnet.

Die Literatur zur graphischen Statik in D.5.c stellt den Beginn einer Bibliographie der graphischen Statik dar. Viele der aufgeführten Titel wurden für diese Arbeit nicht unmittelbar verwendet. Alle Werke, die ich nicht zumindest in der Hand hatte, sind durch eine Quellenangabe gekennzeichnet.

Culmanns Bibliothek wurde nach seinem Tod der Bibliothek der ETH Zürich geschenkt, nicht zuletzt deshalb sind in Zürich die Bestände an Literatur zur graphischen Statik besonders umfangreich. Außerdem wurden in der ETH-Bibliothek bis Anfang des 20. Jahrhunderts Broschüren und Sonderdrucke thematisch geordnet zusammengebunden. Auf diese Weise bin ich auf zahlreiche Quellen gestoßen, die ich anders wohl kaum gefunden hätte. Die ETH-Bibliothek ist daher ein sehr günstiger Ausgangspunkt für Untersuchungen zur Geschichte der graphischen Statik, ich habe daher die ETH-Signatur angegeben. Allerdings habe ich nicht bei allen Büchern, die ich aus anderen Bibliotheken hatte, überprüft, ob sie auch in der ETH-Bibliothek vorhanden sind. In der Lehrbuchliste des Anhangs D.5.a habe ich keine Signaturen angegeben, da die Lehrbücher auch im Anhang D.5.c aufgeführt sind.

D.5.a Lehrbücher zur graphischen Statik in chronologischer Ordnung

- Reuleaux [1864]** Reuleaux, Franz: Die graphische Statik in ihrer Anwendung auf den Maschinenbau. Nach Vorträgen von Herrn Prof. Reuleaux bearbeitet und herausgegeben vom Polytechnischen Verein. Als Manuscript autographirt. Zürich 1864. 24 S., 12 Taf. u. 1 Tab.
- Culmann [1864-66]** Culmann, Karl: Die graphische Statik. Zürich 1864-66. XXXVII, 633 S. u. 36 Taf.
- Schlesinger [1868-69]** Schlesinger, Josef: Vorträge über graphisches Rechnen und Grafo-Statik gehalten am k. k. polytechnischen Institut in Wien. Bearbeitet und herausgegeben von A. Burslyn u. A. Prokesch. Wien 1868-69. Lithographierte Handschrift, 112 S. u. 140 Abb.
- Bauschinger [1871]** Bauschinger, Johann: Elemente der graphischen Statik. München 1871. VIII, 168 S. u. 20 Taf.
- Ott [1871]** Ott, Karl von: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. Aus dem IX. Programm der d. Oberrealschule besonders abgedruckt. Prag 1871. 49 S. u. 2 Taf.
- Ott [1872]** Ott, Karl von: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. 2. erweiterte Auflage. Prag 1872. VI, 107 S. u. 115 Abb.
- Winkler [1872]** Winkler, Emil: Vorträge über Brückenbau. Theorie der Brücken. 1. Heft. Äußere Kräfte gerader Träger. Wien 1872.
- Reuleaux [1872]** Reuleaux, Franz: Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen. Für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und techni-

- sche Lehranstalten. Dritte sorgsam durchgearbeitete und erweiterte Auflage. 1. Aufl. 1861, 2. Aufl. 1865. Braunschweig 1872. XX, 674 S. 714
- Reuleaux [1873]** Reuleaux, Franz: Le Constructeur. Edition française publiée sur la troisième édition allemande par MM. A. Debize et E. Merijot. Paris 1873. Quelle: Favaro [1873], S. 69
- Favaro [1873 Grafica]** Favaro, Antonio: La statica grafica nell'insegnamento tecnico superiore. Padova 1873 Grafica. 157 S. u. keine Abb.
- Cremona [1874]** Cremona, Luigi: Elementi di calcolo grafico. Ad uso degli Istituti tecnici del regno d'Italia. Test e figure. Torino 1874. VIII, 77 S. u. Atlas mit 14 Taf.
- Lévy [1874]** Lévy, Maurice: La statique graphique et ses applications aux constructions. 2. Aufl. 4 Bde. 1886-1888. 3. Aufl. 1913-1918. Paris 1874. XXIII, 323 S. u. 24 Taf. in Atlas
- Pröll [1874]** Pröll, Reinhold: Versuch einer graphischen Dynamik. Leipzig 1874. XII, 212 S. u. Atlas mit 10 Taf.
- Ott [1874 Gra. Stat.]** Ott, Karl von: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. Dritte erweiterte Auflage. Prag 1874 Gra. Stat. VI, 118 S. u. 123 Abb.
- Culmann [1875]** Culmann, Karl: Die graphische Statik. Zweite neu bearbeitete Auflage. Zürich 1875: XXXVII, 633 S., 235 Abb. u. 36 Taf.
- Bauschinger [1875]** Bauschinger, Johann: Elementi di statica grafica. Versione dal tedesca di E. Isé. Neapel 1875: Quelle: FdM 7 (1875), S. 526
- Greene [1875]** Greene, Charles Ezra: Graphical method for the analysis of bridge trusses extended to continuous girders and draw spans. New York 1875. 79 S. u. 3 Taf. Nachdruck 1877. Quelle: NUC Bd. 216 S. 664
- Du Bois [1875]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures, with numerous practical examples of cranes-bridge, roof and suspension trusses-braced and stone arches-pivot and draw spans-continuous girders, etc., together with the best methods of calculation, and containing also new and practical formulae for the pivot or draw span-braces arch-continuous girder, etc. New York 1875. LI, 404 S. u. Atlas mit 32 Taf.
- Cremona [1875]** Cremona, Luigi: Elemente des graphischen Calculs. Autorisierte deutsche Ausgabe, unter Mitwirkung des Verfassers übertragen von M. Curtze. Leipzig 1875. VIII, 105 S. u. 131 Abb.
- Tetmajer [1875]** Tetmajer, Ludwig: Die äußeren und inneren Kräfte an statisch bestimmten Brücken- und Dachconstructionen. Zürich 1875. VIII, 205 S. u. 8 Taf.
- Jeep [1876]** Jeep, W.: Die Baumechanik. Leipzig 1876. Zitiert in Favaro, Terrier [1885], S. 1
- Rolle [1876]** Rolle, L.: Elementi di statica grafica. Mailand 1876. Quelle: FdM 8 (1878), S. 556
- Greene [1876]** Greene, Charles Ezra: Graphical analysis of roof trusses; for the use of engineers, architects and builders. New York 1876. 64 S. u. 3 Taf. Nachdruck 1879, 1880, 1883, 1885, 1888. Quelle: NUC Bd. 216 S. 664
- Ott [1876]** Ott, Karl von: The Elements of Graphic Statics. Translated from the German by G. S. Clarke. Weitere unveränderte Auflagen 1885, 1895, 1901 und 1905. Übersetzung der 3. Aufl. Prag 1874. London 1876. VII, 121 S. Quelle: The British Library General Catalogue of Printed Books to 1975. London 1980
- Nehls [1877]** Nehls, Christian: Über graphische Integration und ihre Anwendung in der

- graphischen Statik. Hannover 1877. VIII, 223 S. u. 13 Taf. Quelle: Henkel [1917]
- Ott [1877]** Ott, Karl von: Elementi del Calcolo grafico e della statica grafica. Traduzione di G. Perelli. Milano 1877. Quelle: FdM 9 (1877), S. 613
- Collignon [1877]** Collignon, Edouard: Note sur leçons de statique graphique de M. A. Favaro. 1877
- Crugnola [1877]** Crugnola, Gaetano: Dei tetti metallici. Applicatione dei metodi grafici allo studio della stabilità delle incavallaturest. Testo e Tavoli. Torino 1877. 124 S., 11 Taf.
- Du Bois [1877]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures ... 2. Aufl. New York 1877. LVII, 408 S.
- Favaro [1877 Lezioni]** Favaro, Antonio: Lezioni di statica grafica. Padova 1877 Lezioni. XX, 652 S., 32 Taf. [Wesentlich erweiterte Ausgabe der 1873er-Version.]
- Zucchetti [1878]** Zucchetti, F.: Statica grafica. Torino 1878
- Klasen [1878]** Klasen, Ludwig: Graphische Ermittlung der Spannungen in den Hochbau- und Brückenbau-Construktionen. Zum Gebrauch für Architekten und Ingenieure, für Bau- und Gewerbeschulen, für Maurer- und Zimmermeister, sowie auch zum Selbstunterricht für Bauhandwerker. Leipzig 1878. Quelle: ZVDI 23 (1979), S. 430 und Zivilingenieur 27 (1881), S. 57f
- Du Bois [1879]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures. 3. Aufl. New York 1879. LXI, 408 S. u. Atlas mit 32 Taf.
- Favaro [1879]** Favaro, Antonio: Leçons de statique graphique. Première partie. Géométrie de position. Paris 1879. 288 S.
- Greene [1879-90]** Greene, Charles Ezra: Graphics for engineers, architects, and builders: a manual for designers, and a textbook for scientific schools. Trusses and arches analyzed and discussed by graphical methods. 3 Bde. Bis 1915 11 Neuauflagen oder Nachdrucke. Quelle: NUC Bd. 216 S. 664f
- Herrmann [1879]** Herrmann, Gustav: Zur graphischen Statik der Maschinengetriebe. Ein Leitfaden zum Gebrauche für Maschinentechniker, Baumeister und Ingenieure sowie zum Unterrichte an technischen Lehranstalten. Braunschweig 1879. VII, 74 S. u. 8 Taf.
- Ott [1879]** Ott, Karl von: Das graphische Rechnen und die graphische Statik (Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage). Erster Theil: Das graphische Rechnen. Prag 1879. 196 S., 129 Abb. u. 2 Taf.
- Wenck [1879]** Wenck, Julius: Die graphische Statik: Ein Lehrbuch für den Unterricht in Baugewerbeschulen und ähnlichen technischen Bildungsanstalten. Berlin 1879. VI, 104 S. u. 17 Taf.
- Saviotti [1879]** Saviotti, Carlo: Applicatione del metodo grafico alla misura della stabilità delle dighe. Sonderdruck aus: Annuario del R. Istituto Tecnico di Roma. 1879. 13 S. u. 1 Taf.
- Wittmann [1879-1884]** Wittmann, Wilhelm: Statik der Hochbaukonstruktionen. Berlin 1879-1884. Henkel [1917]
- Clarke [1880]** Clarke, George Sydenham: The principles of graphic statics. London 1880. VIII, 138 S., 118 Abb. u. 11 Taf.
- Eddy [1880]** Eddy, Henry T.: Neue Konstruktionen aus der graphischen Statik. Vom Verfasser vermehrte und verbesserte deutsche Ausgabe. Leipzig 1880. V, 106 S., 10 Abb. u. 6 Taf.
- Culmann [1880]** Culmann, Karl: Traité de statique graphique. I. Trad. sur la 2^e éd. par G. Glasser, J. Jacquier et A. Valat. Paris 1880. XXIII, 604 S. mit Atlas mit 17 Taf.

- Bauschinger [1880]** Bauschinger, Johann: Elemente der graphischen Statik. 2. Auflage. München 1880. VIII, 192 S. u. Atlas mit 20 Taf.
- Saviotti [1881]** Saviotti, Carlo: Nuovi tipi di travature reticolari strettamente indeformabili. [Kapitel aus längerem Text], S. 84-108. Roma 1881
- Petersen [1881]** Petersen, Julius: Statik. Forelæsinger holdte ved den polytekniske Læreanstalt. Kopenhagen 1881.
- Müller-Breslau [1881]** Müller-Breslau, Heinrich: Elemente der graphischen Statik der Baukonstruktionen für Architekten und Ingenieure. Berlin 1881. 136 S.
- Herrmann [1882]** Herrmann, Gustav: Statique graphique des mécanismes pour la détermination du rendement des machines et des efforts subis par leurs organes. Traduction française par MM. W. Schmitz et P. Castin. Paris 1882. 79 S. u. 8 Taf.
- Maurer [1882]** Maurer, Maurice: Statique graphique appliquée aux constructions, toitures, planchers, poutres, ponts etc. Paris 1882. [Ungarisch: Graphostatika. 1883] II, 240 S., Atlas mit 19 Taf.
- Petersen [1882]** Petersen, Julius: Lehrbuch der Statik fester Körper. Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Dr. R. von Fischer-Benzon. Kopenhagen 1882. 165 S., wenige Abb.
- Stelzel [1882]** Stelzel, Carl: Grundzüge der graphischen Statik und deren Anwendung auf den kontinuierlichen Träger. Graz 1882. 93 S., 57 Abb. u. 3 Taf.
- Almqvist [1882]** Almqvist, Pehr Wilhelm: Lärobok grafostatik till den tekniska undervisningens tjänst samt för sjelfstudier. Stockholm 1882. XI, 504 S. Mehrere Auflagen.
- Du Bois [1883]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures ... 4. Aufl. New York 1883. LXI, 408 S. u. Atlas mit 28 Taf.
- Graham [1884]** Graham, Robert Hudson: Graphic and analytic statics in theory and comparison. London 1884. Quelle: FdM 16 (1884), S. 772 und Nature 30 (1884), S. 383f
- Ott [1884]** Ott, Karl von: Das graphische Rechnen und die graphische Statik. (Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage). Zweiter Teil: Grundzüge der graphischen Statik. 1. Abtheilung: Die Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, sowie die Statik der geradachsigen einfachen Fachwerk-Träger enthaltend. Prag 1884. IX, 217 S. 156 Abb. u. 3 Taf.
- Bauschinger [1884]** Bauschinger, Johann: Elementi di statica grafica. Versione dal tedesca di E. Isé. Neapel 1884. Quelle: FdM 16 (1884), S. 772
- Ott [1885]** Ott, Karl von: Das graphische Rechnen und die graphische Statik. (Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage). Zweiter Teil: Grundzüge der graphischen Statik. II. Abtheilung: Die Elemente der Festigkeitslehre, sowie die Statik der kontinuierlichen Träger, der Bogenfachwerke, der Kuppel- und Zeldächer, ferner die Bestimmung des Erddruckes, der Stabilität der Stützmauern und Gewölbe enthaltend. Prag 1885. VII, 268 S., 153 Abb. u. 1 Taf.
- Favaro [1885]** Favaro, Antonio: Leçons de statique graphique, traduites de l'italien par P. Terrier. IIe partie. Calcul graphique avec appendices et notes du traducteur. Paris 1885. X, 411 S. u. 212 Abb.
- Greaves [1886]** Greaves, J.: A treatise on elementary statics. London 1886. Quelle: FdM 18 (1886), S. 804
- Müller-Breslau [1886]** Müller-Breslau, Heinrich: Éléments de statique graphique appliquée aux constructions. 1. Poutres droites poussées de terres-voûtes (Müller-Breslau), 2. Poutres continues applications numériques. Avec un atlas de 29 planches. Paris 1886. 392 S. u. 29 Taf.

- Henneberg [1886]** Henneberg, Lebrecht: Lehrbuch der technischen Mechanik. 1. Theil: Statik der starren Systeme. Darmstadt 1886. VI, 374 S., 131 Abb. u. 12 Taf.
- Hausser. Cunq [1886]** Hausser, A. E. et L. Cunq: Statique graphique appliquée. Traité élémentaire résistance des matériaux. Tome I. Paris 1886. VIII, 469 S. u. 266 Abb. viele davon auf ausklappbaren Tafeln
- Lévy [1886]** Lévy, Maurice: La statique graphique et ses applications aux constructions. Partie 1: Principes et applications de statique graphique pure. 2. Aufl. Paris 1886². XXVII, 549 S.
- Lévy [1886-88,1907]** Lévy, Maurice: La statique graphique et ses applications aux constructions. Paris 1886-88², 1907
- Leman [1887]** Lemman, G.: Leçons de statique graphique données à l'École d'application de l'artillerie et du génie de Bruxelles. Gand 1887. 87 S.
- Petersen [1887]** Petersen, Julius: Lehrbuch der Dynamik fester Körper. Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Dr. R. von Fischer-Benzon. Kopenhagen 1887. 216 S., wenige Abb.
- Herrmann [1887]** Herrmann, Gustav: Die graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen. Berlin 1887. VI, 213 S., 58 Abb. u. 7 Taf.
- Jeep [1887]** Jeep, W.: Das graphische Rechnen und die Graphostatik in ihrer Anwendung auf Bauconstructionen. Weimar 1887. VII, 178 S. u. 35 Taf.
- Lévy [1887]** Lévy, Maurice: La statique graphique et ses applications aux constructions. IIIe Partie. Arcs métallique. Ponts suspendus rigides. Coupoles et corps de révolution. Paris 1887. IX, 418 S.
- Graham [1887]** Graham, Robert Hudson: Graphic and analytic statics in theory and comparison; their practical application to the treatment of stresses in roofs, solid girders, braced iron arches and piers, other frame works. New York 1887. 390 S. Quelle: FdM 19 (1887), S. 910
- Herrmann [1887]** Herrmann, Gustav: The graphical statics of mechanism. A guide for the use of machinists, and engineers; and also a textbook for technical Schools. Translated and annotated by A. P. Smith. New York 1887. VII, 158 S. u. 8 Taf. 3. Aufl 1885, 4. Aufl. 1900, 6. Aufl. 1908. Quelle: NUC Bd. 243, S. 93
- Müller-Breslau [1887², 1892, 1908]** Müller-Breslau, Heinrich: Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Leipzig 1887², 1892, 1908: I. Bd. X u. 435 S., 422 Abb. u. 7 Taf. II. Bd. 1. Abth. VII, 376 S., 362 Abb. u. 6 Taf. II Bd. 2. Abth. 594 S., 410 Abb. u. 2. Taf. (bis S. 96 bereits 1896)
- Saviotti [1888]** Saviotti, Carlo: La statica grafica. II. Parte. Statica grafica. Forze esterne. Milano 1888. IX, 300 S. u. 66 Taf.
- Ritter [1888]** Ritter, Wilhelm: Anwendungen der graphischen Statik. Erster Teil. Die im Innern eines Balkens wirkenden Kräfte. Zürich 1888. XII, 184 S. u. 6 Taf.
- Saviotti [1888]** Saviotti, Carlo: La statica grafica. I. Parte. Calcolo grafico, II. Parte. Statica grafica. Forze esterne, III. Parte. Statica grafica. Forze interne. Milano 1888. I. Teil. XII, 177 S. u. 36 Taf.; II. Teil. IX, 300 S. u. 66 Taf., III. Teil. VII, 172 S. u. 24 Taf.
- Gray [1888]** Gray, John Y.: The Elements of Graphical Arithmetic and Graphical Statics. London. Glasgow 1888. XII, 110 S.
- Lévy [1888]** Lévy, Maurice: La statique graphique et ses applications aux constructions. Partie IV: Ouvrages en maçonnerie. Systèmes réticulaires à lignes surabondantes. Index alphabétique des quatre parties. Paris 1888². IX, 350 S. u. 4 Taf.
- Clarke [1888]** Clarke, George Sydenham: The principles of graphic statics. London 1888.

174 S.

- Rouché [1889]** Rouché, Eugène: *Éléments de statique graphique*. Paris 1889. XVI, 284 S.
Quelle: FdM 21 (1889), S. 879
- Koechlin [1889]** Koechlin, Maurice: *Applications de la statique graphique*. 2. Auflage 1898.
Paris 1889. 516 S., Atlas mit 30 Taf.
- Smith [1889]** Smith, R. H.: *Graphics; or the art of calculation by drawing lines, applied especially to mechanical engineering*. Part I. London 1889. Quelle: FdM 21 (1889), S. 879
- Jung [1889-1890]** Jung, Giuseppe: *La statica grafica (autographiert)*. Milano 1889-1890.
Quelle: Henneberg [1903], S. 347
- Ritter [1890]** Ritter, Wilhelm: *Anwendungen der graphischen Statik*. Teil 2: *Das Fachwerk*.
Zürich 1890. XI, 229 S., 119 Abb. u. 6 Taf.
- Cremona [1890]** Cremona, Luigi: *Graphical statics: two treatises on the graphical calculus and reciprocal figures in graphical statics*. Transl. by Thomas Hudson Beare. Oxford 1890. XI, 161 S. u. Taf. Quelle: NUC Bd. 127, S. 85. Besprechung in *Nature* 44 (1891), S. 221f
- Schlotke [1891]** Schlotke, Julius: *Lehrbuch der graphischen Statik*. Dresden 1891. 163 S. u. 154 Abb.
- Hoskins [1892]** Hoskins, L. M.: *The elements of graphic statics*. London 1892. Quelle: Henneberg [1903], S. 347
- Föppl [1892]** Föppl, August: *Das Fachwerk im Raume*. Leipzig 1892. VIII, 156 S. u. 2 Taf.
- Claussen [1893]** Claussen, E.: *Statik und Festigkeitslehre in ihrer Anwendung auf Baukonstruktionen*. Analytisch und graphisch behandelt. Berlin 1893. VII, 285 S., 285 Abb. u. zahlr. prak. Bsp.
- Keck [1894]** Keck, Wilhelm: *Vorträge über graphische Statik mit Anwendung auf die Festigkeits-Berechnung der Bauwerke*. Hannover 1894. Quelle: Henkel [1917]
- Keck [1896]** Keck, Wilhelm: *Vorträge über Mechanik als Grundlage für das Bau- und Maschinenwesen*. 1. Teil: *Mechanik starrer Körper*. 2. Aufl. 1900. Hannover 1896
- Dobbs [1897]** Dobbs, William John: *Elementary Geometrical Statics. An Introduction of graphic statics*. London 1897. XI, 340 S. u. 194 Abb.
- Hasselblatt [1897]** Hasselblatt, A.: *Graphische Statik (russisch)*. Petersburg 1897. Quelle: Henneberg [1903], S. 347
- Zillich [1898]** Zillich, K.: *Statik für Baugewerksschulen und Baugewerksmeister*. 1. Band: *Graphische Statik*. 2. Aufl. 1901, 3. Aufl. 1904, 4. Aufl. 1908, 8. Aufl. 1923, 9. Aufl. 1933. Berlin 1898. Quelle: Katalog Staatsbibliothek Berlin
- Lauenstein [1899]** Lauenstein, Rudolf: *Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis*. Stuttgart 1899. Quelle: Schilling [1904], S. 47
- Keck [1900]** Keck, Wilhelm: *Vorträge über Mechanik als Grundlage für das Bau- und Maschinenwesen*. 1. Teil: *Mechanik starrer Körper (2. Auflage)*. Hannover 1900
- Autenrieth [1900]** Autenrieth, Edmund: *Technische Mechanik. Ein Lehrbuch der Statik und Dynamik*. Berlin 1900. XXII, 557 S. u. 327 Taf.
- Grages [1900]** Grages, F.: *Zahlenbeispiele zur Berechnung von Brücken und Dächern*. Durchgesehen von Gerog Barkhausen. Wiesbaden 1900. XXVI, 165 S. u. 23 Taf.
- Föppl [1900]** Föppl, August: *Technische Mechanik*. 2. Band: *Graphische Statik*. Leipzig 1900
- Ritter [1900]** Ritter, Wilhelm: *Anwendungen der graphischen Statik*. Teil 3: *Der kontinuierli-*

che Balken. Zürich 1900. XII, 270 S., 184 Abb. u. 4 Taf.

- Dobbs [1901]** Dobbs, William John: A treatise on elementary statics, for the use of schools and colleges. London 1901. XI, 311 S., 191 Abb.
- Dreyer [1901]** Dreyer, Georg: Elemente der Graphostatik. Lehrbuch für technische Unterrichtsanstalten mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen auf den Maschinenbau. Ilmenau 1901. 2. Aufl. 1904, 6. Aufl. 1921, 7. Aufl. 1923
- Vierendeel [1901-1907]** Vierendeel, A: Cours de stabilité des constructions. Louvain. Paris 1901-1907. Quelle: Henkel [1817]
- Lauenstein [1902]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Stuttgart 1902. Quelle: Henneberg [1903]
- VonderlInn [1902]** VonderlInn, Jakob: Statik für Hoch- und Tiefbautechniker. Bremerhaven 1902. Quelle: JDMV 11 (1902), S. 92
- Schlotke [1902]** Schlotke, Julius: Lehrbuch der graphischen Statik. Zum Gebrauch für mittlere technische Lehranstalten, Bau-, Maschinen- und Gewerbeschulen. 2. Auflage. Dresden 1902. Quelle: JDMV 12 (1903), S. 83
- Lauenstein [1902]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis bearbeitet. Stuttgart 1902. VIII, 252 mit 285 Abb.
- Killmann [1902]** Killmann, Paul: Die Graphostatik. 8. Band in: Franz Stade (Hrsg.): Die Schule des Bautechnikers. Leipzig 1902. 96 S. 84 Abb. u. 2 Taf.
- Schwidtal [1903]** Schwidtal, A.: Aufgaben-Sammlung zur technischen Mechanik und Festigkeitslehre für Bergschulen und andere technische Mittelschulen. Leipzig 1903. VIII, 208 S. u. 150 Abb. Quelle: JDMV 12 (1903), S. 459
- Henneberg [1903]** Henneberg, Lebrecht: Die graphische Statik der starren Körper. Leipzig 1903. Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften. Band 4,1, Art IV.5, S. 345-434 u. 59 Abb.
- Föppl [1903]** Föppl, August: Vorlesungen über technische Mechanik. 2. Band: Graphische Statik. 2. Auflage. Leipzig 1903
- Mehrtens [1903-05]** Mehrtens, Georg Christoph: Vorlesungen über die Statik der Baukonstruktionen. Leipzig 1903-05. Quelle: Henkel [1917]
- Ostenfeld [1904]** Ostenfeld, Asger Skovgaard: Technische Statik. Vorlesungen über die Theorie der Tragkonstruktionen. Aus dem Dänischen übersetzt von D. Skonge (oder Skouge). Leipzig 1904. Quelle: Schilling [1904]; JDMV 12 (1903), S. 512, 599, Bespr. JDM 13 (1904), S. 64f
- Lauenstein [1904]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis bearbeitet. Stuttgart 1904. Quelle: JDMV 12 (1903), S. 599
- Šolín [1905]** Šolín, Josef M.: Grafická statika. Prag 1905. 293 S. Quelle: Pogg. VI
- Lauenstein [1906]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Stuttgart 1906. Quelle: Henkel [1917]
- Ewerding [1906]** Ewerding, G: Lehrbuch der Graphostatik. Stuttgart. Berlin 1906. Quelle: Henkel [1917]
- Ritter [1906]** Ritter, Wilhelm: Anwendungen der graphischen Statik. Teil 4: Der Bogen. Zürich 1906. VII, 269 S., 120 Abb. u. 3 Taf.
- Schlink [1907]** Schlink, Wilhelm: Statik der Raumfachwerke. Leipzig. Berlin 1907. XIV u. 390 S., 214 Abb. u. 2 Taf.
- Galka [1908-1910]** Galka, Max: Graphostatik zum Gebrauch an technischen Lehranstalten

und zum Selbstunterricht. Mit Textfiguren und Tafeln. Berlin 1908-1910. Quelle: Katalog Staatsbibliothek Berlin

- Lauenstein [1910]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis bearbeitet. 11. Auflage. Leipzig 1910. VIII, 256, 305 Abb.
- Timerding [1910]** Timerding, Heinrich Emil: Die Theorie der Kräftepläne. Eine Einführung in die graphische Statik. Leipzig. Berlin 1910. VI, 99 S. u. 46 Abb.
- Otzen [1911]** Otzen, Robert: Praktische Winke zum Studium der Statik und zur Anwendung ihrer Gesetze. Ein Handbuch für Studierende und praktisch tätige Ingenieure. Wiesbaden 1911. Quelle: Henkel [1917]
- Henneberg [1911]** Henneberg, Lebrecht: Die graphische Statik der starren Systeme. Leipzig. Berlin 1911. 732 S. Quelle: Pogg. V
- Landsberg [1912]** Landsberg, Theodor: Das Verfahren der Einflußlinien. Berlin 1912. Quelle: Henkel [1917]
- Lauenstein [1913]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis. Bearbeitet von Paul Bastine. 12. Auflage. Leipzig 1913. VII, 260 S., 311 Abb.
- Mehrtens [1914]** Mehrtens, Georg: Graphostatik. In: Foerster, Max: Taschenbuch für Bauingenieure. 1. Auflage 1911. Berlin 1914. S. 150-189 u. 100. Abb.
- Otzen [1914]** Otzen, Robert: Praktische Winke zum Studium der Statik und zur Anwendung ihrer Gesetze. Ein Handbuch für Studierende und praktisch tätige Ingenieure. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Wiesbaden 1914. 193 S. u. 125 Abb.
- Schur [1915]** Schur, Friedrich: Vorlesungen über graphische Statik. Leipzig 1915. VIII, 219 S., 123 Abb.
- Henkel [1917]** Henkel, Otto: Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien. II. Teil. Neudruck. Berlin. Leipzig 1917
- Lauenstein [1918]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis. Bearbeitet von Paul Bastine. 13. Auflage. Leipzig 1918. VII, 272 S., 346 Abb.
- Henkel [1918]** Henkel, Otto: Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien. I. Teil. Neudruck. Berlin. Leipzig 1918
- Lauenstein [1922]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis. Bearbeitet von Paul Bastine. 15. Auflage. Leipzig 1922. VII, 307 S., 311 Abb.
- Wittenbauer [1923]** Wittenbauer, Ferdinand: Graphische Dynamik. Ein Lehrbuch für Studierende und Ingenieure. Mit zahlreichen Anwendungen und Aufgaben. Berlin 1923. XVI, 797 S. und 745 Fig.
- Mayor [1926]** Mayor, Benjamin: Introduction à la statique graphique des systèmes de l'espace. Préface de Maurice Paschoud. Cours de l'École d'Université de Lausanne. Lausanne 1926. 78 S., Diag. Quelle: Pogg. VI
- Föppl [1926]** Föppl, August: Vorlesungen über technische Mechanik, Band 2. Graphische Statik. 7. Auflage. Leipzig 1926.
- Reißner [1929]** Reißner, Hans: Allgemeine Statik und graphische Statik der Systeme starrer Körper. In: Handbuch physikalischer und technischer Mechanik. Bd. 1, Tl. 1. 1929. 80 S. Quelle: Pogg. VI
- Zillich [1933]** Zillich, K.: Statik. Leicht verständlich. Früher Statik für Baugewerkschulen und Baugewerksmeister. 1. Band: Graphische Statik. 10. Aufl. 1922, 11. Aufl. 1940,

13. Aufl. 1943. Berlin 1933. Quelle: Katalog Staatsbibliothek Berlin

D.5.b Nachschlagewerke, Vorlesungsverzeichnisse und Schriften zu den Kurzbiographien

- 100 Jahre [1931]** 100 Jahre Technische Hochschule Hannover. Festschrift zur Hundertjahrfeier am 15. Juni 1931. Hannover 1931
- Albrecht [1986]** Albrecht, Helmuth: Catalogus Professorum der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig (Beiträge zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina VIII), 1. Teil: Lehrkäfte 1745-1877. Braunschweig 1986
- Albrecht [1987]** Albrecht, Helmuth: Technische Bildung zwischen Wissenschaft und Praxis. Die Technische Hochschule Braunschweig 1862-1914 (Veröffentlichungen der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig 1). Braunschweig 1987
- Anzeige Braunschweig [1863-1864]** Anzeige der Vorlesungen und Uebungen an der Herzogl. Polytechnischen Schule dem Collegium carolinum in Braunschweig für das Jahr 1863-64. Braunschweig 1863-1864
- Baukunde des Architekten [1884-1890]** Baukunde des Architekten. Unter Mitwirkung von Fachmännern der verschiedenen Einzelgebiete, bearbeitet von den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung und des Deutschen Baukalenders. Berlin 1884-1890
- Beiträge Danzig [1979]** Beiträge und Dokumente der Technischen Hochschule Danzig 1904-1945. Hannover 1979
- Bericht München [1871-1876]** Bericht über die Königliche Polytechnische Schule zu München für das Studienjahr 1871-72. Ebenso für 1872-1873 und 1875-1876. München 1871-1876
- Bericht München [1879-1898]** Bericht über die Königliche Technische Schule zu München für das Studienjahr 1879-1889. Ebenso für 1880/81 bis 1881/82, 1888/89 u. 1890/91. München 1879-1898
- Bio. Lex. Schw. [4.Bd 1927, 5.1929]** Historisches-Biographisches Lexikon der Schweiz. Hrsg. mit der Empfehlung der Allgemeinen geschichtsforschenden Gesellschaft der Schweiz. Neuenburg 4.Bd 1927, 5.1929.
- Biographisches Lexikon Böhmen [1985]** Biographisches Lexikon zur Geschichte der böhmischen Länder. Hrsg. von F. Seibt, H. Lemberg und H. Slapnicka. Band III, Lieferung 1. Wien. München 1985
- Brill [1897]** Brill, Alexander von: Christian Wiener. JDMV 6 (1897), S. 46-69.
- Carl [1995]** Carl, Victor: Berühmte Pfälzer. Edenkoben 1995
- Carl [o. J.]** Carl, Victor: Berühmte Pfälzer im Ausland. Otterbach-Kaiserslautern o. J.
- Catalog Stuttgart [1865]** Catalog des königlichen Polytechnikums in Stuttgart. Stuttgart 1865. ETH-Sig.: 91517
- Catalog Stuttgart [1871]** Catalog des königlichen Polytechnikums in Stuttgart. Stuttgart 1871. ETH-Sig.: 91518
- Catalogue Michigan [1889-1896]** Catalogue of the Michigan Mining School. Houghton, Michigan 1889-1890. Ebenso für 1894-1896, 1890-1891, 1891-1892, 1895 -1896. Houghton, Michigan 1889-1896
- Catalogus Hannover [1956]** Catalogus professorum. Der Lehrkörper der Technischen Hochschule Hannover 1831-1956. Hannover 1956
- Catalogus Hannover [1981]** Catalogus professorum 1831-1981. Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Hannover. Band 2. Stuttgart u. a. 1981
- Centenario TH Milano [1963]** Il centenario del politecnico di milano. 1863-1963. Milano

1963

- Conrad [1960]** Conrad, Ernst: Die Lehrstühle der Universität Tübingen und ihre Inhaber (1477-1927). Dissertation. Tübingen 1960
- Culmann [1826]** Culmann, Friedrich Wilhelm: Geschichte von Bischweiler: nebst einer statistischen Darstellung des heutigen Zustandes dieses Ortes. Ein Beitrag zur Geschichte des Elsasses. Straßburg 1826
- D. Universitäts-Kalender [1870]** Deutscher Universitäts- und Schul-Kalender auf die Zeit vom 1. Oktober 1870 bis 31. Dezember 1871. 20. Jahrgang. Mit Benutzung amtlicher Quellen hrsg. von Dr. Eduard Mushacke. 1. Teil. Berlin 1870
- D. Universitäts-Kalender [1871]** Deutscher Universitäts- und Schul-Kalender auf die Zeit vom 1. Oktober 1871 bis 31. März 1872. 21. Jahrgang. Mit Benutzung amtlicher Quellen hrsg. von Dr. Eduard Mushacke. 1. Teil. Berlin 1871
- D. Universitäts-Kalender [1878]** Deutscher Universitäts-Kalender. 13. Ausgabe. SS 1878. Hrsg. von Dr. F. Ascherson. 2. Teil. Berlin 1878
- D. Universitäts-Kalender [1908/09]** Deutscher Universitäts-Kalender. Begründet von Professor Dr. F. Ascherson. Hrsg. mit amtlicher Unterstützung. 74. Ausgabe WS 1908/09. 2 Teile. Leipzig 1908/09
- Dansk Biografisk [1979-1884]** Dansk Biografisk Leksikon. Tredje udgave. Redaktør sv. Cedergreen Bech. 16 Bände. Kopenhagen 1979-1984
- Darmstaedter [1908]** Darmstaedter, Ludwig: Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. In chronologischer Darstellung. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Unter Mitwirkung von Professor R. du Bois-Reymond und Oberst z. D. C. Schaefer. Berlin 1908
- Deutsche TH Prag [1906]** Die k. k. Deutsche Technische Hochschule in Prag. 1806-1906. Festschrift zur Hunderjtjahrfeier. Prag 1906
- Deutsche THs [1941]** Die deutschen Technischen Hochschulen. München 1941.
- DB American [1927-1936]** Dictionary of American Biography. Band I-X. Nachdruck 1964. New York 1927-1936
- Dictionnaire alsacienne [1985]** Nouveau dictionnaire de biographie alsacienne. Bd 6. Strasbourg 1985
- Dictionnaire Belges [1992]** Le nouveau dictionnaire des Belges. Sous la direction de Thierry Denoël. 2. Auflage. Bruxelles 1992
- DB française [1933-1985]** Dictionnaire de Biographie française. Tome 1-16. Paris 1933-1985
- Die deutschen THen [1941]** Die deutschen THen. Ihre Gründung und geschichtliche Entwicklung. München 1941
- Dizionario italiano [1970]** Dizionario enciclopedico italiano. Rom 1970
- DSB [1970-1980]** Dictionary of Scientific Biography. Volume 1-16. New York 1970-1980.
- Enciclop. ital. [1929-1939]** Enciclopedia italiana di scienze, lettere ed arti. 36 Bde. Milano. Roma 1929-1939
- ETH Zürich [1980]** ETH Zürich. 1925-1980. Festschrift zum 125jährigen Bestehen. Hrsg. vom Rektor der ETH, redigiert von Jean-François Bergier und Hans Werner Tobler. Zürich 1980
- Feldhaus [1914]** Feldhaus, Franz Maria: Die Technik. Ein Lexikon der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. Neudruck Wiesbaden 1970. Leipzig 1914
- Festschrift GEP [1894]** Festschrift zur Feier des 25jährigen Bestehens der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidgenössischen polytechnischen Schule in Zürich. Zü-

- rich 1894. ETH-Sig.: 92649B
- Festschrift [1912]** Festschrift Heinrich Müller-Breslau gewidmet nach Vollendung seines sechzigsten Lebensjahres. Leipzig 1912
- Festschrift [1956]** Festschrift zur 125-Jahresfeier der Technischen Hochschule Hannover 1831-1956. Hannover 1956
- Föppl [1925]** Föppl, August: Lebenserinnerungen. Rückblick auf meine Lehr- und Aufstiegsjahre. München und Berlin 1925
- Frei, Stambacher [1994]** Frei, Günther und Urs Stambacher: Mathematiker an den Züricher Hochschulen. Basel. Bosten. Berlin. 1994
- GEP [1994]** GEP: Die Zukunft beginnt im Kopf. Wissenschaft und Technik für die Gesellschaft von morgen. Festschrift zum 125jährigen Bestehen der GEP. Zürich 1994. ETH-Sig.: 956285 ex.B
- Geschichte Dresden [1978]** Geschichte der Technischen Universität Dresden. Berlin 1978
- Goldmann, Karlheinz [1967]** Goldmann, Karlheinz: Verzeichnis der Hochschulen. Neustadt an der Aisch 1967
- Goldschmit [1915]** Goldschmit, Robert: Die Stadt Karlsruhe ihre Geschichte und ihre Verwaltung. Festschrift zur Erinnerung an das 200jährige Bestehen der Stadt. Karlsruhe 1915
- Gummi [1897]** Gummi (geb. Culmann), Emilie: Beigabe zu dem von Emilie Gummi, geb. Culmann aufgestellten Stammbaum der Bergzaberner Linie der Familie Culmann. Strassburg 1897
- Gummi [1898]** Gummi (geb. Culmann), Emilie: Chronik der Bergzaberner Linie der Familie Culmann. Dem von Pfarrer Culmann aus Bischweiler aufgestellten Stammbaum der Familie Culmann entnommen und ergänzt durch Emilie Gummi, geb. Culmann. Straßburg 1898
- Gundler, Schüler [1991]** Gundler, Bettina und Claudia Schüler: Catalogus Professorum der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig (Beiträge zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina IX), 2. Teil: Lehrkräfte 1877-1945. Braunschweig 1991
- GV [1979-1987]** Gesamtverzeichnis des deutschsprachigen Schrifttums (GV) 1700-1910. 160 Bände und ein Nachtragsband. München u.a. 1979-1987
- Gyr [1981]** Gyr, Peter: Joseph Wolfgang von Deschwanden (1819-1866). Schriftenreihe der Bibliothek der ETH Zürich. Nr. 20. Zürich 1981. ETH-Sig.: Per 914 923:20
- Herrmann [1993]** Herrmann, Hans-Werner: Zwischen demokratischem Aufbegehren und industrieller Revolution. August Ferdinand Culmann (1804-1891). Sigmaringen 1993
- Hofer, Hägeli [1986]** Hofer, Fritz u. Sonja Hägeli: Züricher Personenlexikon. Zürich 1986
- Jahrbuch [1863/64]** Jahrbuch für Lehrer und Studierende an den Universitäten. Deutschlands und der Schweiz. 1863/64
- Jahresberichte München [1867/68]** Jahresbericht der Königlichen Polytechnischen Schule und der Bau- und Ingenieurschule in München für das Jahr 1867-68. München 1867/68
- Jahrhundert TH Dresden [1928]** Ein Jahrhundert sächsische Technische Hochschule Dresden. Festschrift zur Jahrhundertfeier 4. bis 6. Juni 1928. Dresden 1928
- Kalender THs [1909-1919]** Kalender der Technischen Hochschulen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Zweite Ausgabe. Studienjahr 1909/10. Ebenso Neunte bis Elfte Ausgabe. Studienjahre 1916/17 bis 1918/19. Leipzig 1909-1919
- Kappeler [1873]** Kappeler, Carl: Bericht über die Organisation und das Wirken der eidgenössischen

- nössischen polytechnischen Schule. Zürich 1873. ETH-Sig.: 91576
- Katalog Stuttgart [1902]** Katalog der Bibliothek der Königlichen Technischen Hochschule in Stuttgart. Stuttgart 1902
- Katalog Zürich [1896]** Katalog der Bibliothek des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich. 6. Auflage. Zürich 1896. ETH-Sig.: 93048
- Kinkelin [1873]** Kinkelin, Hermann: Statistik des Unterrichtswesens in der Schweiz im Jahre 1871. Basel 1873. ETH-Sig.: 9861
- Klingenberg [1970]** Klingenberg, Hans Martin: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen 1870/1970. Stuttgart 1970
- Knobloch [1998]** Knobloch, Eberhard: Mathematik an der Technischen Hochschule und der Technischen Universität Berlin 1770 - 1988. Berlin 1998
- Krücken [1918]** Krücken, Oskar von und Imre Parlagi: Das Geistige Ungarn. Biographisches Lexikon. 2 Bde. Wien. Leipzig 1918
- Kukula [1892-1893]** Kukula, Richard : Bibliographisches Jahrbuch der deutschen Hochschulen. Vollständig umgearbeitet Neuauflage des Allgemeinen Hochschul Almanachs. Innsbruck 1892-1893
- Kuby [1993]** Kuby, Alfred Hans: Die Familie Culmann. In: Herrmann [1993], S. 37-41
- Lechner [1942]** Lechner, Alfred: Geschichte der Technischen Hochschule in Wien (1815-1940). Wien 1942
- Lehrplan Braunschweig [1862]** Lehrplan der Polytechnischen Schule in Braunschweig. Braunschweig 1862
- Lex. Math. [1990]** Lexikon bedeutender Mathematiker. Frankfurt 1990
- Lorey [1916]** Lorey, Wilhelm: Das Studium der Mathematik an den deutschen Universitäten seit Anfang des 19. Jahrhunderts. Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland. Bd. 3, Heft 9. Leipzig. Berlin 1916
- Lustdorf [1993]** Lustdorf, Heinz Theo: Professor Rudolf Wolf und seine Zeit. 1816-1893 Nach bibliothekseigenen, teilweise nichtpublizierten Quellen dargestellt. Schriftenreihe der ETH-Bibliothek, Nr. 31. Zürich 1993. ETH-Sig.: Per 914 923:31
- Mack [1976]** Mack, Dietrich: Kaiserslautern-Aspekte und Perspektiven einer Stadt. Kaiserslautern 1976
- Matschoß [1925]** Matschoß, Conrad: Männer der Technik. Ein biographisches Handbuch herausgegeben im Auftrage des Vereines Deutscher Ingenieure. Berlin 1925
- Matschoß [1954]** Matschoß, Conrad: Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik (1. Aufl. 1937). München 1954
- Maurer [1998]** Maurer, Bertram: Der Gaußschüler Ludwig Christoph Schnürlein. Mitteilungen der Gaußgesellschaft. Nr. 35, 1998 S. 17-39
- Mehrtens [1995]** Mehrtens, Herbert: Die allgemeine Abteilung 1877-1914. In: TH Braunschweig [1995], S. 299-308. Braunschweig 1995
- NDB [1953ff]** Neue deutsche Biographie (NDB) Hrsg.: Historische Akademie bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Berlin 1953ff
- Neuwirth [1915]** Neuwirth, Joseph: Die k. k. Technische Hochschule in Wien 1815-1915. Wien 1915
- Nottebohm [1871]** Nottebohm, F. W.: Chronik der Königlichen Gewerbe-Akademie zu Berlin. Festschrift zur Feier des Fünfzigjährigen Bestehens der Anstalt. Berlin 1871
- NUC [1968-1981]** The National Union Catalog. Pre-1956. Hrsg.: Library of Congress, Washington. 754 Bände. London. Chicago 1968-1981
- NZZ [1880]** Polytechnikumsfeier. NZZ Sonntag, 1.8.1880 (No. 214)

- NZZ [1881]** Polytechnikum. Karl Culmann. NZZ Montag, 12.12.1881
- O. N. [1841]** O. N. : Bekanntmachung, die theoretische Prüfung für den Staatsbaudienst betreffend. Regierungs-Blatt für das Königreich Bayern 1841. No. 15., S. 285-304.
- O. N. [1841]** O. N. : Geh. Hofrath Prof. Wilhelm Fränkel †. Civilingenieur 41 (1895), S. 265-272.
- O. N. [1896]** O. N. : Jubelband I. VNGZü 41 (1896).
- O. N. [1896]** O. N. : Christian Moritz Rühlmann. ZVDI 40 (1896) S. 137-138.
- O. N. [1906]** O. N. : Wilhelm Ritter. Schw. Bau. 27. Oktober 1906.
- O. N. [1922]** O. N. : Nachruf auf Theodor Reye. JDMV 31 (1922), S. 185-203.
- O. N. [1928]** O. N. : Nachruf auf Friedrich Schur. JDMV 45 (1938), S. 1- 31.
- Oechsli [1905]** Oechsli, Wilhelm: Festschrift zur Feier des Fünfzigjährigen Bestehens des eid. Polytechnikums. Erster Teil: Geschichte der Gründung des eidgenössischen Polytechnikums mit einer Übersicht seiner Entwicklung 1855-1905. Frauenfeld 1905.
- Österr. Bio. Lexikon [1957-1994]** Österreichisches Biographisches Lexikon 1815-1950. Hrsg. von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften . Band I-X. Graz. Köln 1957 bis Wien 1994
- Personal Dresden [1905-1921]** Personal-Verzeichnis der Königl. Sächsischen Technischen Hochschule Dresden für das SS 1905. Ebenso bis 1921. Dresden 1905-1921
- Pestalozzi [1881]** Pestalozzi, Karl: Dr. Carl Culmann. Professor am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich. Die Eisenbahn 15 (1881), S. 149-151
- Peters [1981]** Peters, Tom F.: Pionier der graphischen Statik. Zum 100. Todestag Karl Culmanns. NZZ Mittwoch 9. Dezember 1981, S. 64
- Poggendorff [1863]** Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, enthaltend Nachweisungen über Lebenverhältnisse und Leistungen von Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen, Geographen u. s. w. aller Völker und Zeiten. Band I u. II
- Poggendorff [1898]** Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften. Band III. Hrsg.: B. W. Feddersen u. A. J. v. Oettingen. Leipzig 1898
- Poggendorff [1904]** Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften. Vieter Band (1883-Gegenwart). Hrsg. von A. J. von Oettingen. Leipzig 1904
- Poggendorff [1925-1926]** Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch für Mathematik, Astronomie, Physik, Chemie und verwandte Wissenschaftsgebiete. Band V: 1904 bis 1922. Hrsg. von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Leipzig. Berlin 1925-1926
- Poggendorff [1936-1939]** Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch ... Band VI: 1923 bis 1931. Hrsg. von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Berlin 1936-1926
- Poggendorff [1956-1962]** Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch ... Band VIIa: 1931 bis 1953. Hrsg. von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Berlin 1956-1962
- Polski bio. [1935]** Polski Słownik Biograficzny. Polska akademja umiejtności. Bd. 1. Kraków 1935
- Programm Aachen [1870-1879]** Programm der königlichen rheinisch-westfälischen Polytechnischen Schule zu Aachen für den Cursus 1870/71. Ebenso bis 1878/79. Aachen 1870-1879

- Programm Aachen [1879-1881]** Programm der königlichen rheinisch-westfälischen Technischen Hochschule zu Aachen für den Cursus 1879/80. Ebenso 1880/81. Aachen 1879-1881
- Programm Aachen [1881-1899]** Programm der königlichen Technischen Hochschule zu Aachen für das Studienjahr 1881/82. Ebenso für 1898/99. Aachen 1881-1899
- Programm Aachen [1899-1900]** Programm der königlichen Technischen Hochschule zu Aachen mit angelehntem »Zweijährigem Kursus für Handelswissenschaften« für das Studienjahr 1899/1900. Ebenso bis 1902/03. Aachen 1899-1900
- Programm Aachen [1903-1908]** Programm der Königlichen Technischen Hochschule zu Aachen mit angelehnter Handelshochschule für das Studienjahr 1903/04. Ebenso bis 1907/08. Aachen 1903-1908
- Programm Aachen [1908-1920]** Programm der Königlichen Technischen Hochschule zu Aachen für das Studienjahr 1908/09. Ebenso bis 1919/20. Aachen 1908-1920
- Programm Berlin [1878/79]** Programm der Königlichen Gewerbe-Akademie zu Berlin für das Studienjahr 1878/79. Berlin 1878/79
- Programm Braunschweig [1872-1877]** Programm der Herzogl. Polytechnischen Schule, des Collegium Carolinum zu Braunschweig für das Studienjahr 1872-1873. Ebenso bis 1876-1877. Braunschweig 1872-1877
- Programm Braunschweig [1878-1899]** Herzogliche Technische Hochschule Collegium Carolinum zu Braunschweig. Programm für das Studienjahr 1878-1879. Ebenso bis 1898-1899. Braunschweig 1878-1899
- Programm Brünn [1889-1904]** Programm der kaiserlichen königlichen technischen Hochschule zu Brünn für das Studienjahr 1889/90. Ebenso für 1890/91, 1898/99, 1899/1900, 1903/04. Brünn 1889-1904
- Programm Budapest [1861-1871]** A királyi József-Műegyetemem Budán az 1861/62. Tanévbent tartandó Előadások rendje. Ebenso bis 1865/66, 1870/71. Budán 1861-1871
- Programm Budapest [1881-1912]** A királyi József-Műegyetemem Programja az 1881/82 Tanévre. Ebenso bis 1884/85, 1891/92, 1903/04 bis 1911/12. Budapest 1881-1912
- Programm Darmstadt [1870-1877]** Programm der Grossherzoglichen Hessischen Polytechnischen Schule zu Darmstadt für das Jahr 1870/71. Ebenso für 1874/75, 1876/77. Darmstadt 1870-1877
- Programm Darmstadt [1878-1892]** Programm der Grossherzoglichen Technischen Hochschule zu Darmstadt für das Jahr 1878/79. Ebenso bis 1891/92. Darmstadt 1878-1892
- Programm Graz [1874-1910]** Programm der kaiserlich königlichen Technischen Hochschule in Graz für das Studienjahr 1874/75. Ebenso für 1880/81, 1881/82, 1889/90, 1892/93, 1895/96, 1899/1900, 1900/01, 1903/04 bis 1909/10. Graz 1874-1910
- Programm Karlsruhe [1849-1885]** Programm der Polytechnischen Schule Karlsruhe 1849/50. Ebenso bis 1884/85. Karlsruhe 1849-1885
- Programm Karlsruhe [1885-1916]** Programm der Technischen Hochschule Karlsruhe 1885/86. Ebenso bis 1915/16. Karlsruhe 1885-1916
- Programm Karlsruhe [1916-1927]** Fridericana. Großherzogliche Technische Hochschule zu Karlsruhe. Vorlesungsverzeichnis für das Studienjahr 1916/17. Ebenso bis 1927. Karlsruhe 1916-1927
- Programm München [1868-1897]** Programm der Königlich Bayerischen Polytechnischen Schule zu München für das Jahr 1868-69. Ebenso für 1869/70 bis 1884/85, 1892/93

u. 1896/97. München 1868-1897

- Programm Prag [1876-1877]** Programm des k. k. deutschen polytechnischen Institutes in Prag für das Studienjahr 1876-77. Prag 1876-1877
- Programm Prag [1877-1908]** Programm české vysoké školy technické v Praze na studijní rok 1877/78. Ebenso bis 1908 (einige Lücken). Praha 1877-1908
- Programm Stuttgart [1863-1890]** Programm der Königlich Württembergischen Polytechnischen Schule zu Stuttgart für das Jahr 1863 auf 1864. Ebenso bis 1889/90. Stuttgart 1863-1890
- Programm Stuttgart [1890-1923]** Programm der Königlich Württembergischen Technischen Hochschule zu Stuttgart für das Jahr 1890/91. Ebenso bis 1922/23. Stuttgart 1890-1923
- Programm Tübingen [1870-1893]** Verzeichnis der Vorlesungen, welche auf der Königlich Württembergischen Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen im Sommerhalbjahr 1870 gehalten werden. Ebenso bis WH 1892/93. Tübingen 1870-1893
- Programm Tübingen [1893-1919]** Vorlesungs-Verzeichnis der Königlich Württembergischen Eberhard-Karls-Universität Tübingen für das Sommerhalbjahr 1893. Ebenso bis WH 1918/19. Tübingen 1893-1919
- Programm Wien [1849-1850]** Programm für die ordentlichen und außerordentlichen Vorlesungen, welche am k. k. polytechnischen Institut zu Wien im Studienjahr 1849/50 Statt finden werden. Wien 1849-1850
- Programm Wien [1865-1875]** Programm des k. k. polytechnischen Instituts in Wien für das Schuljahr 1865-66. Ebenso bis 1874-75. Wien 1865-1875
- Programm Wien [1877-1902]** Programm der k. k. Technischen Hochschule in Wien für das Studienjahr 1877-78. Ebenso für 1887-88 bis 1901-02. Wien 1877-1902
- Programm Wien [1902-1907]** Programm der Technischen Hochschule in Wien für das Studienjahr 1902-03. Ebenso bis 1906-07. Wien 1902-1907
- Programm Wien [1907-1920]** Vorlesungsverzeichnis, Stundenpläne und Personalstand der Technischen Hochschule in Wien für das Studienjahr 1907/08. Ebenso bis 1919/20. Wien 1907-1920
- Programma Milano [1868-1911]** Programma del R. Istituto tecnico superiore in Milano per l'anno scolastico 1868-69. Ebenso für 1880-81, 1883-84, 1897-98, 1898-99 bis 1910-11. Milano 1868-1911
- Pump-Uhlmann [1995]** Pump-Uhlmann, Holger: Architektur- und Bauingenieurwesen: Differenzierung und Entwicklungslinien der Ausbildung Braunschweig 1745-1918. In: TH Braunschweig [1995], S. 231-254. Braunschweig 1995
- Reich [1993]** Reich, Karin: Der Mathematiker Rudolf Mehmke: Bausteine zu Leben und Werk. In: Helmuth Albrecht (Hrsg.) Naturwissenschaft und Technik in der Geschichte. 25 Jahre Lehrstuhl für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik am Historischen Institut der Universität Stuttgart. Stuttgart 1993. S. 263-285
- Reden München [1869]** Reden und Vorträge zur Einweihungsfeier der Technischen Hochschule in München. München 1869
- Repertorium [1877]** Repertorium der literarischen Arbeiten auf dem Gebiet der reinen und angewandten Mathematik. »Originalberichte der Verfasser«. Gesammelt und herausgegeben von Leo Koenigsberger und Gustav Zeuner. Erster Band. Leipzig 1877. ETH-Sig.: 71667:1
- Residenzstadt Karlsruhe [1858]** Die Residenzstadt Karlsruhe ihre Geschichte und Beschreibung. Festgabe der Stadt zur 34. Versammlung deutscher Naturforscher und

- Aerzte. Karlsruhe 1858. ETH-Sig.: 92827
- Ricken [1994]** Ricken, Herbert: Der Bauingenieur. Geschichte eines Berufes. Berlin 1994
- Rohe [1864]** Rohe, August: Die ersten 50 Jahre der K. B. Kreisrealschule der Pfalz in Kaiserslautern. Festschrift. Kaiserslautern 1864
- Rudio [1894]** Rudio, Ferdinand: Direktoren und ehemalige Professoren der eid. polytechnischen Schule. Biographische Skizzen. Zürich 1894. ETH-Sig.: 92782
- Schaffhauser Biographien [1957]** Schaffhauser Biographien des 18. und 19. Jahrhunderts. Zweiter Teil. Hrsg. Historischer Verein des Kantons Schaffhausen. Schaffhausen 1957
- Schaffhauser Biographien [1969]** Schaffhauser Biographien des 17., 18., 19. und 20. Jahrhunderts. Dritter Teil. Hrsg. Historischer Verein des Kantons Schaffhausen. Schaffhausen 1969
- Scharlau [1989]** Scharlau, Winfried: Mathematische Institute in Deutschland. 1800-1945 unter Mitarbeit zahlreicher Fachgelehrter bearbeitet von Winfried Scharlau. Dokumente zur Geschichte der Mathematik. Band 5. Braunschweig 1989
- Schlink [1936]** Schlink, Wilhelm: Die TH Darmstadt 1836-1936. Ein Bild ihres Werdens und Wirkens. Darmstadt 1936
- Schnabel [1925]** Schnabel, Franz: Die Anfänge des technischen Hochschulwesens. In: Festschrift anlässlich des 100-jährigen Bestehens der Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe, S. 1-44. Karlsruhe 1925
- Schubring [1986]** Schubring, Gert: Bibliographie der Schulprogramme in Mathematik und Naturwissenschaften (wissenschaftliche Abhandlungen) 1800-1875. Bad Salzdetfurth 1986
- Schweiz. Bio. [1965]** Schweizer Biographie. Zürich 1965
- Selle [1937]** Selle, Götz v.: Die Matrikel der Georg-August Universität zu Göttingen 1734-1837. Hildesheim u. Leipzig 1937
- Sequenz [1965]** Sequenz, H.: 150 Jahre Technische Hochschule in Wien 1815-1965. Band 1. Herausgegeben im Auftrage des Professoren Kollegiums. Wien 1965
- Stark [1906]** Stark, Franz Xaver: Die deutsche Technische Hochschule in Prag. Prag 1906
- Stüssi [1950]** Stüssi, Fritz: Schweizerische Pioniere des Brückenbaus. Rektoratsrede gehalten am 12.11.1949 an der ETH. Zürich 1950
- Stüssi [1971]** Stüssi, Fritz: Zum 150. Geburtstag von Karl Culmann. Schw. Bau. 89 (1971), S. 694-697
- Szinnyei [1891-1902]** Szinnyei, József: Magyar Írók. Élete és munkái. 14 Bände. Budapest 1891-1914
- Tetmajer [1882]** Tetmajer, Ludwig: Über Culmanns bleibende Leistungen. Ein Vortrag gehalten in der naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Zürich 1882. ETH-Sig.: 92018
- TH Braunschweig [1995]** Technische Universität Braunschweig. Vom Collegium Carolinum zur Technischen Universität. 1745-1995. Hrsg. von Walter Kertz. Hildesheim. Zürich. New York 1995
- TH Breslau [1985]** Die Technische Hochschule Breslau. Beiträge zur Geschichte der TH Breslau zum 75-jährigen Gedenken an die Eröffnung im Jahre 1910. Breslau 1985.
- Thürlimann [1982]** Thürlimann, Bruno: Carl Culmann. Schweizer Ingenieur und Architekt (1982), S. 29-31
- Trommsdorff [1931]** Trommsdorff, Paul: Der Lehrkörper der Technischen Hochschule Hannover 1831-1931. Hannover 1931
- Universitäten und Hochschulen [1983]** Universitäten und Hochschulen in Deutschland,

- Österreich und der Schweiz. Hermes Handlexikon. Hrsg.: L. Boehm und R. A. Müller. Düsseldorf. Wien 1983
- Verband der Studierenden Zürich [1913]** Verband der Studierenden an der eidg. Technischen Hochschule in Zürich. Historischer Rückblick bei der Feier des fünfzigjährigen Bestandes 1863/1913. Zürich 1913. ETH-Sig.: ETH-Bib: Wiss.-hist. Sammlung
- Volkert [1983]** Volkert, Wilhelm: Handbuch der bayerischen Ämter, Gemeinden und Gerichte 1799-1980. München 1983
- Volz [1993]** Volz, Günter: Die Bergzaberner Linie der Familie Culmann. Vom Ende des Alten Reiches bis zum Beginn der bayerischen Herrschaft. In: Herrmann [1993], S. 45-61
- Vorlesungsverzeichnisse [1892 -1902]** Vorlesungs-Verzeichnisse der Universitäten, Technischen, Landwirtschaftlichen u. Thierärztlichen Hochschulen Forst- und Berg-Academien Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. Hrsg von der Redaction der 'Hochschul-Nachrichten'. 1 (WS1892/93)-5 (WS 1894/95), 10 (SS1897)-12(SS 1898), 14(SS1899), 16 (SS 1900)-20 (SS 1902)
- Weech [1875]** Weech, Friedrich von: Badische Biographien. Zweiter Theil. Heidelberg 1875
- Werner [1971]** Werner, Ernst: Er entwarf die Fachwerktheorie. Vor 150 Jahren wurde Karl Culmann geboren. Consulting 1971
- Weyrauch [1921]** Weyrauch, Robert: Weyrauch, Jacob, ord. Professor der Technischen Hochschule Stuttgart. In: Württembergischer Nekrolog für das Jahr 1917. Stuttgart 1921, S. 23-31. Stuttgart 1921
- Year Book [1903-1904]** Year Book of the Michigan College of Mines. Announcement of courses for 1903-1904. Houghton, Michigan 1903-1904
- Zech [1879]** Zech, Paul: Festschrift zur Feier der Einweihung des neuen Flügelbaues sowie des fünfzigjährigen Jubiläums der Königlichen technischen Hochschule Stuttgart. Stuttgart 1879

D.5.c Quellen und Sekundärliteratur

- A. B. [1877]** A. B. (anonym): Das Wiener Polytechnikum. Glossen zum organischen Statut desselben. Wien 1877
- Abdank-Abakanowicz [1880]** Abdank-Abakanowicz, Bruno: Der Integrator (Polnisch). Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Section der Krakauer Akademie. FdM 12 (1880), S. 217
- Abdank-Abakanowicz [1881]** Abdank-Abakanowicz, B.: Sur un intégrateur, instrument servant à l'intégration graphique. C. R. 92 (1881), S. 402-405
- Abdank-Abakanowicz [1882]** Abdank-Abakanowicz, Bruno: Sur un nouvel intégromètre. C. R. 94 (1882), S. 1047-1049
- Abdank-Abakanowicz [1882]** Abdank-Abakanowicz, Bruno: Sur l'intégration mécanique. C. R. 94 (1882), S. 783-785
- Abdank-Abakanowicz [1886]** Abdank-Abakanowicz, Bruno: Les intégrales. La courbe intégrale et ses applications. Étude sur un nouveau système d'intégrateurs mécaniques. Paris 1886. 156 S. u. 94 Abb.
- Abdank-Abakanowicz [1887]** Abdank-Abakanowicz, Bruno: L'intégrateur mécanique de MM. Abdank-Abakanowicz et Napoli. Schw. Bau. 9 (1887), S. 151-152
- Abdank-Abakanowicz [1889]** Abdank-Abakanowicz, Bruno: Die Integrativen. Die Integralcurve und ihre Anwendungen. Deutsch bearbeitet von E. Bitterli. Leipzig 1889.

VII, 176 S. u. 130 Abb.

- Almquist [1882]** Almquist, Pehr Wilhelm: Graphische Ermittlung der absoluten Maximalmomente einfacher, durch bewegliche Lastensysteme beanspruchter Träger. *Civilingenieur* 28 (1882), S. 640-652
- Almquist [1882]** Almquist, Pehr Wilhelm: Lärobok grafostatik till den tekniska undervisningens tjänst samt för sjelfstudier. Stockholm 1882. LGS Quelle: Svens. bio [1918], S. 533
- Almquist [1884]** Almquist, Pehr Wilhelm: Ueber die graphische Bestimmung der Maximalmomente bei indirecter Belastung. *Civilingenieur* 30 (1884), S. 337-348, Taf. 22
- Almquist [1885]** Almquist, Pehr Wilhelm: Zur älteren Theorie des Erddrucks. *Civilingenieur* 32 (1885), S. 69-78, Taf. 9.
- Amsler [1880]** Amsler, Alfred: Ueber den Flächeninhalt und das Volumen durch Bewegung erzeugter Curven und Flächen und über mechanische Integrationen. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde der Philosophischen Facultät der Universität Basel. Schaffhausen 1880. 68 S., 3 Taf..ETH-Sig.: 2486 o. 73050
- Amsler [1892]** Amsler, Alfred: Über mechanische Integration. In: Dyck: Katalog der mathematischen Ausstellung. München 1892
- Amsler [1856]** Amsler (später Amsler-Laffon), Jakob: Über die mechanische Bestimmung des Flächeninhalts, der statischen Momente und der Trägheitsmomente ebener Figuren, insbesondere über einen neuen Planimeter. *VNGZü* 1 (1856), S. 41-70, S. 102-140, 2 Tafeln. ETH-Sig.: 72439
- Amsler [1875]** Amsler (später Amsler-Laffon), Jakob: Anwendung des Integrators (Momenplanimeters) zur Berechnung des Auf- und Abtrages bei Anlagen von Eisenbahnen, Strassen und Kanälen. Zürich 1875. 32 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 2325
- Amsler [1877]** Amsler (später Amsler-Laffon), Jakob: Der hydrometrische Flügel mit Zählwerk und electrischer Zeichengebung. Schaffhausen 1877. 15 S. u. 2 Taf. ETH-Sig.: 1926
- Amsler [1894]** Amsler (später Amsler-Laffon), Jakob: Über das Alpenglühen. Zürich 1894. ETH-Sig.: 73378
- Amsler [o. J.]** Amsler (später Amsler-Laffon), Jakob: Das Polarplanimeter. o. O. o. J. 3 S.u. 1 Abb..ETH-Sig.: 1826 o.73045
- Arnoux [1890]** Arnoux, Gabriel: L'algèbre graphique. Digne 1890
- Arnoux [1894]** Arnoux, Gabriel: Arithmétique graphique. Les espaces arithmétiques hypermagiques. Paris 1894
- Auerbach [1911]** Auerbach, Felix: Taschenbuch für Mathematiker und Physiker. 2. Jahrgang. Leipzig und Berlin 1911
- Autenrieth [1900]** Autenrieth, Edmund: Technische Mechanik. Ein Lehrbuch der Statik und Dynamik. Berlin 1900. LGS
- Baldermann [1881]** Baldermann, O.: Die graphische Integration und ihre Anwendung auf die Statik der äusseren Kräfte am einfachen Balken. *Allg. Bau.* 46 (1881), S. 24-27, 33-41, 49-54, BI I-III, Korrektur S. 97
- Bantlin [1896]** Bantlin, Albert: Elementare Ableitung der Trägheitsmomente. *ZVDI* 40 (1896) S. 950-956
- Bantlin [1899]** Bantlin, Albert: Zur Frage der Berechnung gekrümmter stabförmiger Körper. Berlin 1899
- Bantlin [1901]** Bantlin, Albert: Beitrag zur Bestimmung der Biegungsspannung in gekrümmten stabförmigen Körpern. Berlin 1901

- Bardelli [1881]** Bardelli, Giuseppe: Sugli assi di equilibrio. In: In memoriam Dominici Chelini. Collectanea mathematica nunc primum edita cura et studio di Cremona e Beltrami. Mediolani 1881, S. 183-198
- Barkhausen [1885]** Barkhausen, Georg: Anordnung von Kräfteplänen für die Berechnung von Gewölben und Pfeilern vom Pfeilerfuße aus. Zentralblatt der Bauverwaltung 5 (1885), S. 385-388.
- Bauernfeind [1845]** Bauernfeind, Carl von: Situations- und Nivellements-Karten der k. Bayerischen Staats-Eisenbahnen von München bis Hof, nebst Notizen über deren Geschichte, Technik und Betrieb. Nürnberg 1845. 46 S. u. 4 Taf. ETH-Sig.: 3041
- Bauernfeind [1846]** Bauernfeind, Carl von: Die Paulische Gewölbetheorie analytisch bearbeitet. Stuttgarter Eisenbahnzeitung 4 (1846), S. 293-302. ETH-Sig.: 3106 [Bei Culmann [1875], S. 305 zitiert, weil Bauernfeind hier die »Gleichung der Belastungscurven für Kegelschnitte« aufgestellt hat.]
- Bauernfeind [1846]** Bauernfeind, Carl von: Beschreibung der Königlichen Bayerischen Eisenbahnen. Zweites Heft: In 4 Situations-, Nivellements- und Uebersichts-Karten die Ludwig-Südnordbahn vom Bodensee bis zur Donau umfassend. Nürnberg 1846. 38 S. u. 4 Taf..ETH-Sig.: 3041
- Bauernfeind [1853]** Bauernfeind, Carl von: Die Planimeter von Ernst, Wetli und Hansen. München 1853. 48 S. u. 1 Taf..ETH-Sig.: 11436
- Bauernfeind [1855]** Bauernfeind, Carl von: Zur Geschichte der Planimeter. Dinglers Polytechnisches Journal 137 (1855), S. 81-87.
- Baumeister [1866]** Baumeister, Reinhard: Architektonische Formenlehre für Ingenieure. Stuttgart 1866
- Bauschinger [1861]** Bauschinger, Johann: Die Schule der Mechanik. Für den Selbstunterricht, besonders des praktischen Handwerkers, sowie für den Gebrauch an technischen Lehranstalten gemeinfasslich dargestellt. München 1861. VIII, 473 S. u. über 600 Abb.
- Bauschinger [1871]** Bauschinger, Johann: Elemente der graphischen Statik. München 1871. Lgs.ETH-Sig.: 2219
- Bauschinger [1875]** Bauschinger, Johann: Elementi di statica grafica. Versione dal tedesca di E. Isé. Neapel 1875. LGS
- Bauschinger [1880]** Bauschinger, Johann: Elemente der graphischen Statik. 2. Auflage. LGS
- Bauschinger [1884]** Bauschinger, Johann: Elementi di statica grafica. Versione dal tedesca di E. Isé. Neapel 1884. LGS
- Bay [1985]** Bay, Hermann: Emil Mörsch - Erinnerungen an einen großen Lehrmeister des Stahlbetonbaus und technischen Mentor der Wayss & Freytag AG. Herausragende Ingenieurleistungen in der Bautechnik. Schriftenreihe der VDI-Gesellschaft Bautechnik. Düsseldorf 1985
- Becker [1844]** Becker, H.: Die atmosphärische Eisenbahn. Nach den Berichten von Smith, Mallet, Samuda, Pim u. anderen engl. Quellen bearbeitet. Frankfurt 1844
- Becker [1870]** Becker, Johann Karl: Abhandlungen aus dem Grenzgebiete der Mathematik und Philosophie. Zürich 1870. ETH-Sig.: 7978
- Becker [1877]** Becker, Johann Karl: Die Elemente der Geometrie auf neuer Grundlage. I. Berlin 1877. XV, 205. ETH-Sig.: 71951
- Becker [1880]** Becker, Johann Karl: Zur Reform des geometrischen Unterrichts. Beilage zum Jahresbericht des Grossherzoglichen Gymnasiums >für das Schuljar 1879-80.

Wertheim a. M. 1880. 25 S. ETH-Sig.: 72217

- Bekemeier [1987]** Bekemeier, Bernd: Martin Ohm (1792-1872): Universitäts- und Schulmathematik in der neuhumanistischen Bildungsreform. Göttingen 1987
- Bell [1871]** Bell, William: On the stress of rigid arches and other curved structures. Sonderdruck aus. Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers 33 (1871-72). 52 S., 3 Taf. ETH-Sig.: 2437
- Bell [1872]** Bell, William: On the stress of rigid arches, continuous beams, and curved structures. With an abstract of the discussion upon the paper and other curved structures. Sonderdruck aus. Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers 33 (1871-72). 111 S. u. 2 Taf.
- Benjamin [1895]** Benjamin, Ludwig: Die Anwendung des Planimeters auf die Berechnung der Schiffskörper. ZVDI 39 (1895), S. 842-845
- Benvenuto [1991]** Benvenuto, Edoardo: An Introduction to the History of Structural Mechanics. Part I: Statics and Resistance of Solids. Part II: Vaulted Structures and Elastic Systems. New York u.a. 1991
- Benvenuto [1994]** Benvenuto, Edoardo: Origin of the Graphic calculation. Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Heft 23/1 (1994), S. 62-69, S. 102-113.
- Bieberbach [1952]** Bieberbach, Ludwig: Geometrische Konstruktionslehre. Basel 1952
- Bieberstein [1847]** Bieberstein: Eisenbahnen und Geldverhältnisse mit besonderer Beziehung auf die sächsisch-bayrische Eisenbahn und die Schriften von .. u und A. v. Thielau. dem außerordentlichen Landtage 1847 vorgelegt. Dresden 1847. ETH-Sig.: 3041
- Biermann [1973]** Biermann, Kurt-R.: Die Mathematiker und ihre Dozenten an der Berliner Universität 1810-1920. Berlin 1973
- Birven [1903]** Birven, H.: Das Fachwerk. Eine Einführung in die statische Berechnung desselben. Zugleich ein Repetitorium für den ausübenden Techniker. Hildburghausen 1903
- Bitter [1862]** Bitter: Grundsteuer-Veranlagung. Circulare vom 13. Oktober 1862 No. IVa. 4145 betreffend das spezielle Verfahren bei Ermittlung des Flächeninhalts der Liegenschaften, insbesondere den Gebrauch des Amslerschen Polarplanimeters. Berlin 1862. 92 S., 1 Abb. u. zahlr. Tab. ETH-Sig.: 11436
- Blass [1878]** Blass, E.: Bemerkungen zu Zeuner's Schieberdiagrammen. ZVDI 22 (1878), S. 331-333
- Bock [1881]** Bock, Friedrich: Bestimmung des Wirkungsgrades der Differenzial-Räderwerke, unter Zugrundelegung einer von Herrn Gustav Herrmann, Aachen, angegebenen und in dessen Werke: Zur graphischen Statik der Maschinengetriebe niedergelegten graphischen Methode. Civilingenieur 27 (1881), S. 65-84, Taf 5 u. 7
- Bohny [1896]** Bohny, F.: Der kontinuierliche Zweigelenkbogen. ZVDI 40 (1896), S. 1249-1254
- Borries [1874]** Borries, A. von: Graphische Construction der Schieberdiagramme. Civilingenieur 20 (1874), S. 155-166, Taf. 13 u. 14
- Bow [1851]** Bow, Robert H.: A treatise on bracing with its application to bridges and other structures of wood or iron. Edinburgh 1851. 54 S.u. 5 Taf.
- Bow [1873]** Bow, Robert H.: Economics of constructions in relation to framed structures. London 1873. Quelle: Henneberg [1903]
- Brauer [1897]** Brauer, Ernst: Anwendung der Integralkurve zur Volumenteilung. ZfMPh 42

(1897), 272-275

- Braun [1977]** Braun, Hans-Joachim: Methodenprobleme der Ingenieurwissenschaften, 1850-1900. Technikgeschichte 44 (1977), S. 1-18
- Braun [1979]** Braun, Hans-Joachim: Ingenieurwissenschaft und Gesellschaftspolitik: Das Wirken von Franz Reuleaux. In: Rürup: Wissenschaft und Gesellschaft. 1. Bd. Berlin u.a. 1979
- Braun [1983]** Braun, Hans-Joachim: Nachwort zum Nachdruck von Franz Reuleaux »Brie-fe aus Philadelphia«. S. 113-160. Weinheim 1983
- Braunmühl [1892]** Braunmühl, Anton v.: Historische Studie über die organische Erzeu-gung ebener Curven von den ältesten Zeiten bis zum Ende des achtzehnten Jahr-hunderts. In: Dyck: Katalog mathematischer Instrumente. München 1892
- Bremiker [1863]** Bremiker, Carl: Theorie des Amsler'schen Polarplanimeters. Berlin 1863. 32 S. u. 3 Abb. ETH-Sig.: 11436
- Bremiker [1883]** Bremiker, Carl: Logarithmentafel. 10. Auflage. Berlin 1883
- Brisse [1877]** Brisse, Charles-Michel: Note sur la détermination graphique des moments fléchissants qui se produisent, dans une poutre à deux appuis simples, pendant le passage d' un convoi de poids isolés circulant très-lentement. Annales de Chimie et de Physique (5) XIV (1877), S. 320-328. Quelle: FdM 9 (1877), S. 620.
- Brückmann [1895]** Brückmann, Eugen: Zur Frage der Ingenieurerziehung. ZVDI 39 (1895), S. 923-926
- Buchheim [1980]** Buchheim, G: Zur Herausbildung der Technikwissenschaften-Probleme wissenschaftshistorischer Untersuchungen. Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Heft 1 (1980), S. 12-34
- Buchheim [1989]** Buchheim, G: Lebensbilder von Ingenieurwissenschaftlern. Eine Samm-lung von Biographien aus zwei Jahrhunderten. Basel 1989
- Buchheim [1990]** Buchheim, G: Geschichte der Technikwissenschaften. Basel 1990
- Burg [1865]** Burg, Adam Freiherr von: Ueber die Ableitung des Kräfteparallelogrammes. ZAVHann. 9 (1865), S. 323-332
- Burkhardt [1902]** Burkhardt, Heinrich: Mathematisches und naturwissenschaftliches Den-ken. Antrittsvorlesung an der Universität Zürich am 6. November 1897. JDMV 11 (1902), S. 49-57
- Bürklen [1899]** Bürklen, Otto: Graphisches Rechnen und graphische Darstellung im Ma-thematikunterricht. Schwäbisch Gmünd 1899. Quelle: Katalog TH Stgt [1902]
- Busch [1878]** Busch, Carl: Die Baustyle. Praktische Anleitung zur Kenntnis derselben und ihres Wertes für das künstlerische Schaffen des Architekten und Bauwerkers. 1. Teil. Dritte verbesserte Auflage. Leipzig 1878
- Cavalli [o. J.]** Cavalli, Ernesto: Cerchi di riduzione lineare curva di rappresentazione dei momenti d'inerzia e punti principali dei sistemi piani di forze parallele. o. J. 20 S., 3 Taf. ETH-Sig.: 2426
- Chalmers [1881]** Chalmers, J. B.: Graphical determination of forces in engineering structu-res. London 1881. Quelle: Charlton [1982]
- Charlton [1982]** Charlton, T. M.: A history of theory of structures in the nineteenth century. Cambridge 1982. VIII, 194 S., Diagr. ETH-Sig.: 212 950
- Chemla [1988]** Chemla, Kasine: Préhistoires de la dualité. Explorations algébriques en trigonométrie sphérique (1753-1825). Sciences à l'époque de la Révolution française Recherches historiques. Hrsg. von R. Rarshed. Paris 1988
- Cherest [1866]** Cherest, Ed.: Über Amsler's Polarplanimeter. Bericht des Comité für Me-

chanik an die Industrielle Gesellschaft in Mühlhausen. *Civilingenieur* 12 (1866), S. 47-62

- Clapeyron [1857]** Clapeyron, Benoit Paul Émile: Calcul d'une poutre élastique reposant librement sur des appuis inégalement espacés. C. R. 45 (1857), 1076-1080
- Clapeyron [1858]** Clapeyron, Benoit Paul Émile: Mémoire sur le travail des forces élastiques dans un corps solide déformé par l'action de forces extérieures. C. R. 46 (1858), S. 208-212
- Clark [1850]** Clark, Ed.: The Britannia and Conway tubular-Bridges. With general inquiries on beams and on the properties of materials used in construction. Published with the sanction, and under the supervision, of Robert Stephenson. 2 Bde. u. Atlas. London 1850. Bd I: XII, 466 S. Bd II: VIII, 467-821, 4 Taf. Bd III: 46 Taf.
- Clarke [1875]** Clarke, George Sydenham: Practical geometry and engineering drawing. London 1875. V, 116 S, 20 Taf. ETH-Sig.: 11200
- Clarke [1880]** Clarke, George Sydenham: The principles of graphic statics. London 1880. LGS. ETH-Sig.: 2412
- Clarke [1888]** Clarke, George Sydenham: The principles of graphic statics. 2. Aufl. London 1888. LGS
- Claus [1990]** Claus, Beat: Dipl. Ing. Maurice Koechlin und der Eiffelturm. Schriftenreihe der ETH-Bibliothek, 27. Zürich 1990. 39 S. ETH-Sig.: P 914 923:27
- Claussen [1893]** Claussen, E.: Statik und Festigkeitslehre in ihrer Anwendung auf Baukonstruktionen. Analytisch und graphisch behandelt. Berlin 1893. LGS
- Clericetti [1874]** Clericetti, Celeste: Das Princip der Bruchfuge bei den Gewölben. Beobachtungen und Folgerungen. *Civilingenieur* 20 (1874), S. 349-390, Taf. 27 u. 28.
- Clericetti [1878]** Clericetti, Celeste: Teoria delle travature reticolari combinate ad un sistema articolato nei moderni ponti sospesi americani. *Rend. Ist. Lomb.* (1878), S. 1- 41. Sonderdruck. 41 S.
- Clericetti [1879]** Clericetti, Celeste: Scienza delle costruzioni. Ponti sospesi rigidi. *Rend. Ist. Lomb. Serie II. Vol. XII* (1879), fas. VII. 17 S. ETH-Sig.: 2428:1
- Clericetti [1881]** Clericetti, Celeste: Sulla determinazione dei momenti massimi, dovuti a pesi vincolati sopra una trave appoggiata. *Rend. Ist. Lomb.* (2) 14 (1881), S. 172-189, 275-292.
- Coleman [1972]** Coleman, Terry: The Railway Navvies. A history of the man who made the railways. 2. ed. (1. ed. 1965). London 1972. 265 S.
- Collignon [1874]** Collignon, Edouard: Traité de Mécanique. 3 Bände. Paris 1874. 504, 612 u. 612 S. Quelle: ZVDI 20 (1875), S. 693
- Collignon [1877]** Collignon, Edouard: Note sur leçons de statique graphique de M. A. Favaro. *Annales des Mines* (5) 13 (1877), S. 557-576. LGS
- Collignon [1892]** Collignon, Edouard: Catastrophe du pont de Moenchenstein. Rapport présenté à la demande du Conseil Fédéral Suisse. Berne 1892
- Cotterill [1868]** Cotterill, J. H.: On the graphic construction of bending moments. *Engineering* 7 (1869), S. 32
- Coulomb [1893]** Coulomb, Charles Augustin de: Essai sur une application des règles de maximis et minimis à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture. Mémoire de mathématique et de physique présentés à l'Académie Royal des sciences de Paris 7 (1773). Quelle: Kötter [1891/92], S. 84
- Cousinery [1828]** Cousinery, Barthélemy Édouard: Géométrie perspective; ou, Principes de projection polaire, appliqués à la description des corps. Paris 1828. VIII, 96 S. u.7

Taf. ETH-Sig.: 7038

- Cousinery [1839]** Cousinery, Barthélemy Édouard: Le calcul par le traites éléments et ses applications. Paris 1839. IV, 264 S. u. 8 Taf. ETH-Sig.: 7021
- Cousinery [1840]** Cousinery, Barthélemy Édouard: Le calcul par le trait ses éléments et ses applications. Appendix au calcul par le trait. Interpolation circulaire. Paris 1840. IV, 264 S. u. 8 Taf. Appendix: VIII, 48 S. u. 2 Taf.
- Cousinery [1843]** Cousinery, Barthélemy Édouard: Le rapporteur de précision, contenant les cordes successives de la demi-circonférence calculées dans les trois systèmes de graduation, sexagésimal, centésimal et mixte les sinus naturels du premier et du dernier système. Paris 1843. XXXVIII, 87 S. u. 1 Taf. Quelle: NUC Bd. 125 S. 276
- Cousinery [1846]** Cousinery, Barthélemy Édouard: Recueil de tables à l'usage des ingénieurs. Paris 1846. VII, 311 S. und 1 Taf
- Cousinery [1851]** Cousinery, Barthélemy Édouard: Géométrie élémentaire du compas. Paris 1851. Quelle: NUC Bd. 125 S. 276
- Cowan [1977]** Cowan, Henry J.: The Master Builders. A History of Structural and Environmental Design from ancient Egypt to the Nineteenth Century. New York u.a. 1977
- Cowan [1978]** Cowan, Henry J.: Science and Building. Structural and Environmental Design in the Nineteenth and Twentieth Centuries. New York u. a. 1978. IX, 372 S., zahlr. Abb.
- Coxeter [1992]** Coxeter, Harold Scott Macdonald: The Real projective plane. With an appendix for Mathematica by George Beck. New York u.a. 1992⁹
- Cranz [1897]** Cranz, Carl: Grundzüge einer Grapho-Ballistik auf Grund der Kruppschen Tabelle. ZfMPH 42 (1897), S. 182-204
- Cremona [1872]** Cremona, Luigi: Le figure reciproche nella statica grafica. Milano 1872. 45 S. u. 5 Taf.
- Cremona [1874]** Cremona, Luigi: Elementi di calcolo grafico. Ad uso degli Istituti tecnici del regno d'Italia. Test e figure. Torino 1874. LGS
- Cremona [1875]** Cremona, Luigi: Elemente des graphischen Calculs. Autorisierte deutsche Ausgabe, unter Mitwirkung des Verfassers übertragen von M. Curtze. Leipzig 1875. LGS. ETH-Sig.: 72440
- Cremona [1879]** Cremona, Luigi: Le figure reciproche nella statica grafica. 3. Auflage mit einer Einführung von G. Jung. Milano 1879. XVI, 32 S. u. 5 Taf.
- Cremona [1882]** Cremona, Luigi: Elemente der projektivischen Geometrie. Stuttgart 1882
- Cremona [1885]** Cremona, Luigi: Les figures réciproques en statique graphique, ouvrage précédé d'une introduction de G. Jung et suivi d'un appendice extrait des mémoires des cours de statique de Ch. Saviotti. Französisch von L. Bossut. Paris 1885
- Cremona [1890]** Cremona, Luigi: Graphical statics: two treatises on the graphical calculus and reciprocal figures in graphical statics. Transl. by Thomas Hudson Beare. Oxford 1890. LGS
- Cremona [1893]** Cremona, Luigi: Elementi di geometria proiettiva. Torino. Englisch von Ch. Lendesdorf. Elements of projective geometry. Oxford 1893
- Crugnola [1874]** Crugnola, Gaetano: Metodo grafico pel calcolo dei movimenti di terra corredato di una tavola. Torino 1874. 29 S., eine Taf. ETH-Sig.: 2486
- Crugnola [1877]** Crugnola, Gaetano: Dei tetti metallici. Applicazione dei metodi grafici allo studio della stabilita delle incavallaturest. Testo e Tavoli. Torino 1877. LGS. ETH-Sig.: 2486
- Crugnola [1880]** Crugnola, Gaetano: Sulla spinta delle terre e delle masse liquide. Torino

1880. Quelle: Kötter [1891/92]

- Crugnola [1882]** Crugnola, Gaetano: Ergänzung zu Culmann's directer Construction von Mauerkörpern, welche gegebenen Kräften widerstehen können. Die Eisenbahn 17 (1882), S. 121-122
- Crugnola [1882]** Crugnola, Gaetano: Formules pour déterminer la hauteur à partir de laquelle un mur de soutènement est plus avantageux qu'un remblai ou qu'une aranchée avec talus correspondant à la nature des terres dont ils se composent. Die Eisenbahn 17 (1882), S. 16-18
- Culmann-Schüler [1868]** Culmann-Schüler: Die graphische Statik von Culmann. ZVDI 12 (1868), S. 435-446
- Dalwigk [1906]** Dalwigk, Friedrich von: Beiträge zur Frage des Unterrichts in angewandter Mathematik an der Universität. JDMV 15 (1906), S. 349-376
- Deinhard [1964]** Deinhard, Johann-Martin: Vom Caementum zum Spannbeton. Band II: Massiv-Brücken gestern und heute. Wiesbaden. Berlin 1964
- Deschwanden [1852]** Deschwanden, Joseph Wolfgang von: Graphische Bestimmung des Ausflusses der Flüssigkeit durch rechteckige Oeffnungen und bei zweiseitiger Kontraktion. VNGZü 2-3 (1852), S. 483-506, 1-34
- Deschwanden [1853]** Deschwanden, Joseph Wolfgang von: Graphische Bestimmung der Bewegung der Flüssigkeit in Röhren mit rechteckigem Querschnitte. VNGZü 3 (1853), S. 218-230
- Dietz [1897]** Dietz, W.: Der mathematische Unterricht an den technischen Hochschulen. ZVDI 41 (1897), 40, S. 1452f
- Dobbs [1897]** Dobbs, William John: Elementary Geometrical Statics. An Introduction of graphic statics. London 1897. LGS
- Dobbs [1901]** Dobbs, William John: A treatise on elementary statics, for the use of schools and colleges. London 1901. LGS
- Doehlemann [1868]** Doehlemann, Adolf: Über Grenzcorrectionen. Cultur-Ingenieur 1 (1868), S. 92-98
- Doehlemann [1869]** Doehlemann, Adolf: Über die Theilung ebener, gerader begrenzter Figuren. Cultur-Ingenieur 2 (1869), S. 75-84
- Doehlemann [1893]** Doehlemann, Karl: Zur Theorie des Nullsystems. JDMV 3 (1893), S. 96-99
- Dreyer [1901]** Dreyer, Georg: Elemente der Graphostatik. Lehrbuch für technische Unterrichtsanstalten mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen auf Maschinenbau. Ilmenau 1901. 2. Aufl 1904, 6. Aufl. 1921, 7. Aufl. 1923. LGS
- Du Bois [1875]** Du Bois, Augustus Jay: The new method of graphical statics. New York 1875. 79 S. u. 4 Taf. Quelle: NUC Bd. 149 S. 629. Nachdruck aus *Van Nostrand's engineering magazine*
- Du Bois [1875]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures, with numerous practical examples of cranes-bridge, roof and suspension trusses-braced and stone arches-pivot and draw spans-continuous girders, etc., together with the best methods of calculation, and containing also new and practical formulae for the pivot or draw span-braces arch-continuous girder, etc. New York 1875. LGS
- Du Bois [1876]** Du Bois, Augustus Jay: Graphical and analytical determination of strains in a roof truss. New York 1875. 13 S. Quelle: NUC Bd. 149 S. 628
- Du Bois [1877]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their applica-

- tion to framed structures ... 2. Aufl. New York 1877. LGS
- Du Bois [1879]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures ... 3. Aufl. New York 1879. LGS
- Du Bois [1883]** Du Bois, Augustus Jay: The elements of graphical statics and their application to framed structures ... 4. Aufl. New York 1883 LGS
- Du Bois-Reymond [1910]** Du Bois-Reymond, Paul: Was will die Mathematik und was will der Mathematiker? Rede beim Antritt der ordentlichen Professur der Mathematik an der Universität Tübingen (1874). JDMV 19 (1910), S. 190-198.
- Dubas [1982]** Dubas, Pierre: Carl Culmann. Schweizer Ingenieur und Architekt (1982), S. 31f
- Dubois [1940]** Dubois, F.: Die Schöpfungen Jakob und Alfred Amslers auf dem Gebiete der mathematischen Instrumente. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausens 19 (1940), S. 209-275
- Durand-Claye [1868]** Durand-Claye, A.: Sur la vérification de la stabilité des arcs métalliques et sur l'emploi des courbes de pression. Annales des Ponts et Chaussées (1868) S. 109ff. Quelle: Weyrauch [1874 Gra Stat.] ETH-Sig.: 2212
- Dyck [1892]** Dyck, Walther von: Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Moedelle, Apparate und Instrumente. Im Auftrag der Deutschen Mathematiker-Vereinigung. München 1892
- Dyck [1893]** Dyck, Walther von: Nachtrag zu: Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Moedell, Apparate und Instrumente. München 1893
- Dyck [1893]** Dyck, Walther von: Einleitender Bericht über die Mathematische Ausstellung in München. JDMV 3 (1893), S. 39-56
- Dyck [1898]** Dyck, Walther von: Zur Frage der Ingenieurausbildung. ZVDI 42 (1898), S. 1276-1278
- Dyck [1908]** Dyck, Walther von: Die Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften. JDMV 17 (1908), S. 213-227
- Dyck [1914]** Dyck, Walther von: Über einige neue Apparate zur mechanischen Integration. Abhandlung der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-physikalische Klasse. XVII. Band. 12. Abhandlung
- Echols [1889]** Echols, W. H.: The problem of the polar planimeter. Annals of Mathematics, Cambridge, Massachusetts 5 (1889), S. 9-11. Quelle: FdM 21 (1889), S. 291
- Eddy [1880]** Eddy, Henry T.: Ueber eine, mit der Methode des Seilpolygons reciproke Methode der graphischen Statik. Zeitschrift für Bauwesen 30 (1880), S. 429-441
- Eddy [1877]** Eddy, Henry T.: New constructions in graphical statics. Van Nostrand's Engineering Magazine 16 (1877), S. 1-6. ETH-Sig.: 2486
- Eddy [1878]** Eddy, Henry T.: On the two general reciprocal methods in graphical statics. American Journal of Mathematics Pure and Applied 1 (1878), S. 322-335
- Eddy [1880]** Eddy, Henry T.: Neue Konstruktionen aus der graphischen Statik. Vom Verfasser vermehrte und verbesserte deutsche Ausgabe. Leipzig 1880. LGS ETH-Sig.: 2362
- Eddy [1890]** Eddy, Henry T.: Auflagerdrucklinien und deren Eigenschaften. Zeitschrift für Bauwesen 40 (1890), S. 397ff
- Eddy [1895]** Eddy, Henry T.: Modern graphical developments. Chicago. Math. Pap. 1895, S. 58ff. Quelle: ZfMPH 41(1895), Hist.-lit. Abt. S. 225
- Eger [1874]** Eger, G.: Selection of the new technical Literatur of England. Heidelberg 1874
- Eger [1877]** Eger, G.: Auswahl der neueren technischen Literatur Frankreichs. Eine

- Chrestomathie für technische Lehranstalten und zum Selbststudium für Techniker. Heidelberg 1877
- Eggers [1865]** Eggers, H.: Grundzüge einer graphischen Arithmetik. Beilage zum Oster-Programm des Gymnasiums zu Schaffhausen. Schaffhausen 1865. 38 S., 20 Abb. ETH-Sig.: 72440
- Eiffel [1900]** Eiffel, Alexandre Gustave: La tour de trois cents mètres. Paris 1900. Bd 1: 368 S., 13 Abb.-S., Bd 2: Atlas 53 Taf., 11 Fotos, 2 Foto-S., 1 Karte
- Ellet [1847]** Ellet, Charles: Report on the Wheeling and Belmont suspension bridge to the city council of Wheeling. Philadelphia 1847. ETH-Sig.: 2448
- Emery [1889]** Emery, G.: Nota supplementare alla memoria sulle curve funicolari per nodi scorrevoli. Soc. Ital. delle scienze VII. No. 5. 10 S. Quelle: FdM 21 (1889), S. 885-887
- Engel [1890]** Engel, Friedrich: Der Geschmack in der neueren Mathematik. Antrittsvorlesung gehalten am 24. Oktober 1890 in der Aula der Universität Leipzig. Leipzig 1890. 22 S.
- Engelmann [1883]** Engelmann, W.: Handbuch der Ingenieurwissenschaften, IV. Abt. Bd II. Leipzig 1883
- Ernst [1888]** Ernst, Adolf: Kultur und Technik. Stuttgart 1888
- Escherich [1903]** Escherich, Gustav Ritter von: Reformfragen unserer Universitäten. Inaugurationsrede. JDMV 12 (1903), S. 572-588
- Etzel [1854]** Etzel, Carl von: Bericht des Herrn Ingenieur Etzel, über eine Eisenbahnlinie durch den Kanton Freiburg. Freiburg 1854. ETH-Sig.: 3392
- Evans [1957]** Evans, F. G.: Stress and Strain in Bones. Springfield, Ill 1957
- Ewerding [1906]** Ewerding, G.: Lehrbuch der Graphostatik. Stuttgart. Berlin 1906. LGS
- Fairbairn [1846-1860]** Fairbairn, William: Useful informations for engineers. I. 4 ed. London 1846. II London 1860. ETH-Sig.: 4151
- Fairbairn [1849]** Fairbairn, William: An account of the construction of Britannia and Conway tubular bridges, with a complete history of their progress, from the conception of the original idea, to the conclusion of the elaborate experiments with determined the exact form and mode of construction ultimately adopted. London 1849. XII, 291 S. 22 Taf., 1 Frontispiz. ETH-Bib. 2211
- Fairbairn [1859]** Fairbairn, William: Die eisernen Träger und ihre Anwendung beim Hochbau und Brückenbau. Nach der 2. Aufl. dt. von A. Brauns. Braunschweig 1859. ETH-Sig.: 2769
- Favaro [1871-72]** Favaro, Antonio: Sulle prime operazioni del calcolo grafico. Atti Ist. Veneto Serie 4, Bd 1 (1872), S. 1391-1463. Sonderdruck. 74 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 71300
- Favaro [1872]** Favaro, Antonio: L'integratore di Duprez ed il planimetro dei momenti di Amsler. Padova 1872. 48 S., eine Taf. ETH-Sig.: 71300
- Favaro [1873 Grafica]** Favaro, Antonio: La statica grafica nell' insegnamento tecnico superiore. Sonderdruck aus: Atti Ist. Veneto Serie 4, Bd 2 (1872-73), 1661ff. 157 S. u. keine Abb. ETH-Sig.: 4424
- Favaro [1873 Lezioni]** Favaro, Antonio: Lezioni di statica grafica. Padova 1873 Lezioni. Lithographierter Autograph, 371 S., zahlr. Abb. ETH-Sig.: 2272
- Favaro [1873 Planimeter]** Favaro, Antonio: Beiträge zur Geschichte der Planimeter. Sonderdruck aus: Allg. Bau. 38 (1873), S. 68-90, S. 93-108
- Favaro [1877 Lezioni]** Favaro, Antonio: Lezioni di statica grafica. Padova 1877 Lezioni. LGS
- Favaro [1877 poligoni]** Favaro, Antonio: Sulla teoria dei poligoni funicolari secondo Lamé

- e Clapeyron nei suoi rapporti coi metodi della statica grafica. *Atti Ist. Veneto* (5) 3 (1877). S. 1319-1344. 26 S. ETH-Sig.: 2486
- Favaro [1878]** Favaro, Antonio: Notizie storico-critiche sulla costruzione delle equazioni. Modena 1878. 45 S
- Favaro [1878]** Favaro, Antonio: La determinazione grafica delle forze interne nelle travi reticolari. *Atti della Reale Accademia dei Lincei* (3) 2 (1878), S. 112-114
- Favaro [1879]** Favaro, Antonio: Leçons de statique graphique. Première partie. Géométrie de position. Paris 1879. LGS ETH-Sig.: 2484:1
- Favaro [1882]** Favaro, Antonio: Della vita e degli scritti di Carlo Culmann. Sonderdruck aus: *Atti Ist. Veneto*
- Favaro [1885]** Favaro, Antonio: Leçons de statique graphique, traduites de l'italien par P. Terrier. IIe partie. Calcul graphique avec appendices et notes du traducteur. Paris 1885. LGS ETH-Sig.: 2484:2
- Favaro [o. J.]** Favaro, Antonio: Sopra alcuni esercizi di statica grafica proposti dal, Prof. H.G. Zeuthen. Sonderdruck aus: *Atti Ist. Veneto*. 29 S. ETH-Sig.: 2426
- Favero [1875]** Favero, Giovanni Battista: Intorno alle figure reciproche della statica grafica. *Atti della Reale Accademia dei Lincei* (2) 2 (1875), S. 455-494. 41 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Favero [1875]** Favero, Giovanni Battista: Intorno, alle figure reciproche nella statica grafica. *Atti della Reale Accademia dei Lincei* (2) 2 (1875), S. 455ff
- Favero [1878]** Favero, Giovanni Battista: La Determinazione grafica delle forze interne nelle travi reticolari. *Atti della Reale Accademia dei Lincei* (3a) 2 (1878), S. 112ff. Sonderdruck 75 S., 6 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Feldhaus [1967]** Feldhaus, Franz Maria: Geschichte des technischen Zeichnens. Dritte erweiterte und verbesserte Auflage. Wilhelmshaven 1967
- Fiebich [1886]** Fiebich, V.: Der graphische Calcul angewendet auf Erdtransporte. Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 17 (1886), Not. 269-222
- Fiedler [1860]** Fiedler, Wilhelm: Die Centralprojection als geometrische Wissenschaft. Dissertationsschrift Leipzig. Programm der höheren Gewerbeschule Chemnitz. Leipzig 1860.
- Fiedler [1863]** Fiedler, Wilhelm: Über das System in der darstellenden Geometrie. *ZfMPh* 8 (1863), S. 443-447, 9 (1864), S. 331-355.
- Fiedler [1867]** Fiedler, Wilhelm: Die Methodik der darstellenden Geometrie zugleich als Einleitung in die Geometrie der Lage. *Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften*, Wien 55 (1867). Sonderdruck 82 S. u. 3 Taf. ETH-Sig.: 7761
- Fiedler [1871]** Fiedler, Wilhelm: Die darstellende Geometrie. Ein Grundriß für Vorlesungen an Technischen Hochschulen und zum Selbststudium. Leipzig 1871. XXXVI, 592 S. u. 12 Taf. ETH-Sig.: 71018
- Fiedler [1875]** Fiedler, Wilhelm: Die darstellende Geometrie in organischer Verbindung mit der Geometrie der Lage. Für Vorlesungen an technischen Hochschulen und zum Selbststudium. Zweite überarbeitete Auflage. Leipzig 1875. LIV, 760 S. 260 Abb. ETH-Sig.: 71402
- Fiedler [1877]** Fiedler, Wilhelm: Zur Reform des geometrischen Unterrichts. *VNGZü* 22 (1877), S. 82-97.
- Fiedler [1883]** Fiedler, Wilhelm: Die Methoden der darstellenden und die Elemente der projectivischen Geometrie. Für Vorlesungen und zum Selbststudium. 3. Aufl. Leipzig 1883.

- Finger [1881]** Finger, Josef: Über die Beziehungen der homogenen Deformationen fester Körper zur Reactionsfläche (Ein Beitrag zur graphischen Statik elastischer Körper.). Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften, Wien 83 (1881), S. 234-261. ETH-Sig.: 2426
- Finger [1886]** Finger, Josef: Elemente der reinen Mechanik für den Gebrauch an Universitäten und Hochschulen. 2. Aufl. 1901, 3. Aufl. 1910. Wien 1886. 792 S. ETH-Sig.: 72322
- Fischer [1868]** Fischer, Ernst: Die mechanische Planimetrie, ihre geschichtliche, theoretische und praktische Bedeutung. Schweizerische polytechnische Zeitschrift 13 (1868), S. 33-43, 93-99, 129-145. ETH-Sig.: 3161
- Fischer [1995]** Fischer, Joachim: Instrumente zur Mechanischen Integration. Ein Zwischenbericht. In: H.-W. Schütt und B. Weiss (Hrsg): Brückenschläge. 25 Jahre Lehrstuhl für Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik an der Technischen Universität Berlin, 1969-1994. Berlin 1995.
- Föppl [1877]** Föppl, August: Die graphische Lösung technischer Aufgaben. Leipzig 1877
- Föppl [1878]** Föppl, August: Die neuen Trägersysteme für eiserne Brücken. Ein Beitrag zur Theorie des Brückenbaues. Leipzig 1878
- Föppl [1880]** Föppl, August: Theorie des Fachwerks. Leipzig 1880. VIII, 135 S., 47 Abb. u. 4 Taf. ETH-Sig.: 2428:1
- Föppl [1881]** Föppl, August: Theorie der Gewölbe. Leipzig 1881. 152 S., 4 Taf.
- Föppl [1883]** Föppl, August: Über das räumliche Fachwerk. Schw. Bau. 1 (1883), S. 138
- Föppl [1887]** Föppl, August: Zur Fachwerktheorie. Schw. Bau. 9 (1887), S. 42-43
- Föppl [1892]** Föppl, August: Das Fachwerk im Raume. Leipzig 1892. LGS
- Föppl [1894]** Föppl, August: Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität. Leipzig 1894
- Föppl [1894]** Föppl, August: Flechtwerkdächer. Schw. Bau. 23 (1894), S. 146-148, 150-152.
- Föppl [1900]** Föppl, August: Technische Mechanik. 2. Band: Graphische Statik. Leipzig 1900. LGS
- Föppl [1902]** Föppl, August: Die Mechanik des neunzehnten Jahrhundert. Ein akademischer Festvortrag gehalten in der Aula an k. techn.Hochschule in München am 4. Dezember 1901. 2. Aufl. München 1902
- Föppl [1903]** Föppl, August: Vorlesungen über technische Mechanik. 2. Band: Graphische Statik. 2. Auflage. Leipzig 1903. LGS
- Föppl [1920]** Föppl, August: Wissenschaft und Technik. Festrede gehalten in der öffentlichen Sitzung der Akademie der Wissenschaften am 2. Juni 1920. München 1920
- Föppl [1924]** August Föppl zum siebenzigsten Geburtstage. Beiträge zur technischen Mechanik und technischen Physik, gewidmet von 22 seiner Schüler. Berlin 1924
- Föppl [1926]** Föppl, August: Vorlesungen über technische Mechanik, Band 2. Graphische Statik. 7. Auflage. Leipzig 1926. LGS
- Fouret [1876]** Fouret, G.: Détermination graphique des moments de flexion d'une poutre à plusieurs travées solidaires. Annales des Ponts et Chaussées 11 (1876), S. 473-495. ETH-Sig.: 2212
- Francke [1888]** Francke, Adolf: Die inneren Kräfte eines durch Ebenen begrenzten Erdkörpers nebst Anwendung auf die Ermittlung des Druckes gegen Stütz- und Druckwände. ZAVHann. 34 (1888), 707-726
- Francke [1895]** Francke, Adolf: Die elastische Linie des Balkens. Berlin 1895

- Francke [1903]** Francke, Adolf: Zeichnerische Ermittlung der Kräfte im Kreisbogenträger mit und ohne Kämpfergelenke. ZfMPH 47 (1902), S. 23-28
- Frank [1886]** Frank, Albert: Die Berechnung der Kanäle und Rohrleitungen nach einem neuen einheitlichen System mittels logarithmo-graphischer Tabellen. München 1886. ETH-Sig.: 2492
- Frank [1901]** Frank, W.: Über die analytische Bestimmung der elastischen Verrückungen von Fachwerken und vollwandigen Trägern mit Anwendung auf die Berechnung von statisch unbestimmten Systemen. Stuttgart 1901
- Fränkel [1869]** Fränkel, Wilhelm: Construction eiserner Fachwerkbrücken. Civilingenieur 15 (1869), S. 177-198, Taf. 11-16
- Fränkel [1869]** Fränkel, Wilhelm: Zur Theorie der elastischen Bogenträger. ZAVHann. 15 (1869), S. 115-131, Taf. 436 u. 437
- Fränkel [1874]** Fränkel, Wilhelm: Recension zu Jakob Weyrauch: Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuierlichen und einfachen Träger. Leipzig 1873. ZfMPH 19 (1874), S. 57-59
- Fränkel [1875]** Fränkel, Wilhelm: Anwendung der Theorie des augenblicklichen Drehpunktes auf die Bestimmung der Formänderung von Fachwerken.-Theorie des Bogenfachwerkes mit zwei Gelenken. Civilingenieur 21 (1875), S. 515-538, Tafel 27
- Fränkel [1875]** Fränkel, Wilhelm: Ueber die ungünstige Belastung von Bogenträgern mit zwei Gelenken. Civilingenieur 21 (1875), S. 585-614, Taf. 28, 29. ETH-Sig.: 2401
- Fränkel [1876]** Fränkel, Wilhelm: Theorie des einfachen Sprengwerkes. Civilingenieur 22 (1876), S. 22-31, 11 Abb. ETH-Sig.: 2401
- Fränkel [1876]** Fränkel, Wilhelm: Ueber die ungünstigste Einstellung eines Systems von Einzellasten auf Fachwerkträgern mit Hilfe der Influenzkurven. Civilingenieur 22 (1876), S. 441-454, 4 Abb. ETH-Sig.: 2401
- Fränkel [1881/82]** Fränkel, Wilhelm: Der Dehnungszeichner. Civilingenieur 27 (1881), S. 249-267, Taf 16-19, 28 (1882), S. 191-206, Taf. 8. ETH-Sig.: 2401
- Fraser [1886]** Fraser, A. J.: Two mechanical integrators or planimeters. Proceedings of the Edinburgh Mathematic Society 4 (1886), S. 29-30
- Freeland [1881]** Freeland, F. T.: Linkages for x^m . American Journal of Mathematics 3 (1881), S. 316-319.
- Frese [1895]** Frese, F.: Das Prytzsche Stangenplanimeter. Bericht vor dem Hannoverschen Bezirksverein des VDI. ZVDI 39 (1895), S. 1471-1473
- Fricke [1902]** Fricke, Robert: Über den mathematischen Hochschulunterricht. JDMV 11 (1902), S. 236-247
- Fricke [1904]** Fricke, Robert: Über Reorganisation des mathematischen Elementarunterrichts in England. JDMV 13 (1904), S. 283-296
- Frischauf [1869]** Frischauf, J.: Die geometrischen Constructionen von L. Mascheroni und J. Steiner. Als Anhang zu den Lehrbüchern der Geometrie bearbeitet. Graz 1869. 23 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 71984
- Galka [1908-1910]** Galka, Max: Graphostatik zum Gebrauch an technischen Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Mit Textfiguren und Tafeln. Berlin 1908-1910. Quelle: Katalog Staatsbibliothek Berlin. LGS
- Garceau [1877]** Garceau: Note sur le calcul graphique des surfaces de remblai et de déblai des profils en travers. Annales de Chimie et de Physique (5) XIII (1877) 526-532. Quelle: FdM 9 (1877), S. 619
- Gebbia [1881]** Gebbia, Michele: Determinazione grafica degli sforzi interni nelle travature

- reticolari con aste sovrabbondanti. Atti della Reale Accademia dei Lincei (3a) 9 (1881). Sonderdruck. 15 S., 1 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Gebbia [1891]** Gebbia, Michele: Una questione di priorità. Il Politecnico Giornale 39 (1891), S. 778ff
- Geitel [1889]** Geitel: Natur und Technik. Polytechnisches Centralblatt. Berlin 1889 Nr. 1 S. 6ff
- Genese [1887]** Genese, R. W.: Reciprocation in Statics. Proceedings of the London Mathematical Society 17 (1887), S. 409-413
- Genge [1877]** Genge, Carl: Beiträge zu Graphischen Ausgleichungen. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde vorgelegt der hohen philosophischen Facultät der Universität Zürich. Zürich 1877. 44 S. u. 4 Taf.
- Gerber [1859]** Gerber, Heinrich: Das Pauli'sche Trägersystem und seine Anwendung auf Brückenbauten. Als Manuscript gedruckt. Nürnberg 1859. 21 S., 8 Abb., 1 Taf. ETH-Sig.: 2077 o. 2710
- Gerber [1865]** Gerber, Heinrich: Über die Berechnung der Brückenträger nach System Pauli. ZVDI 9 (1865), S. 463-486
- Geuer [1903]** Geuer: Die Genauigkeit geometrischer Zeichnungen, behandelt nach dem Gaußschen Ausgleichungsverfahren, wonach die Summe der Fehlerquadrate ein Minimum ist. Durlach 1903. Quelle: JDMV 12 (1903), S. 303
- Geusen [1881]** Geusen, L.: Le Travature reticolari a membri sovrabbondanti. Sonderdruck aus. Atti del Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Palermo 2 (1881). 32 S., 4 Taf. ETH-Sig.: 2486
- Geusen [1898]** Geusen, L.: Studien über das Bachsche Gesetz $\epsilon = \alpha \cdot \sigma$ Hoch m. ZVDI 42 (1898), S. 463-466
- Geyger [1902]** Geyger, Erich: Die angewandte darstellende Geometrie. Leipzig 1902
- Ghega [1844]** Ghega, Carl: Die Baltimore-Ohio Eisenbahn. Wien 1844. ETH-Sig.: 3020
- Ghega [1845]** Ghega, Carl: Ueber nordamerikanischen Brückenbau und Berechnung des Tragvermögens der Howe'schen Brücken. Wien 1845. ETH-Sig.: 2592 o. 2749
- Ghega [1853]** Ghega, Carl: Hauptfortschritte des Eisenbahnwesens von 1840-50. 3. Aufl. Wien 1853. ETH-Sig.: 3260
- Girtanner [1883]** Girtanner, H.: Einsenkung parabolischer Bogen mit festem Auflager bei konstantem $J \frac{dx}{ds}$. Schw. Bau. 2 (1883), S. 13-16
- Goebel [1877]** Goebel, J. B.: Die wichtigsten Sätze der neueren Statik in elementarer Darstellung. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doctorwürde vorgelegt der hohen philosophischen Fakultät der Universität Zürich. Zürich 1877. 51 S., eine Taf. ETH-Sig.: 4424
- Goecke [1882]** Goecke, E.: Neue Anwendung der Simpson'schen Regel bei einer geraden Anzahl Ordinaten. ZVDI 26 (1882), S. 719-721. 2 Abb.
- Götting [1902]** Götting, E.: Über das Lehrziel im mathematischen Unterricht der höheren Realanstalten. JDMV 11 (1902), S. 189-197
- Graefe [1986]** Graefe, Rainer: Zur Formgebung von Bögen und Gewölben. Architectura. Zeitschrift für Geschichte der Baukunst (1986), S. 50ff
- Graefe [1989]** Graefe, Rainer: Zur Geschichte des Konstruierens. Stuttgart 1989.
- Grages [1900]** Grages, F.: Zahlenbeispiele zur Berechnung von Brücken und Dächern. Durchgesehen von Georg Barkhausen. Wiesbaden 1900. LGS
- Graham [1884]** Graham, Robert Hudson: Graphic and analytic statics in theory and comparison. London 1884. LGS

- Graham [1887]** Graham, Robert Hudson: Graphic and analytic statics in theory and comparison; their practical application to the treatment of stresses in roofs, solid girders, braced iron archers and piers, other frame works. New York 1887. LGS
- Gray [1888]** Gray, John Y.: The Elements of Graphical Arithmetic and Graphical Statics. London. Glasgow 1888. LGS
- Greaves [1886]** Greaves, J.: A treatise on elementary statics. London 1886. LGS
- Greene [1875]** Greene, Charles Ezra: Graphical method for the analysis of bridge trusses extended to continuous girders and draw spans. New York 1875. Neudruck 1877. LGS
- Greene [1876]** Greene, Charles Ezra: Graphical analysis of roof trusses; for the use of engineers, architects and builders. New York 1876. Neudruck 1879, 1880, 1883, 1885, 1888. LGS
- Greene [1879-90]** Greene, Charles Ezra: Graphics for engineers, architects, and builders: a manual for designers, and a textbook for scientific schools. Trusses and arches analyzed and discussed by graphical methods. 3 Bde. Bis 1915 mindestens 11 Neuauflagen oder Nachdrucke. LGS
- Grübler [1912]** Grübler, Martin: Mitteilung über die Existenzbedingungen von reciproken Kräfteplänen ebener einfacher Fachwerke. In Festschrift für Müller-Breslau. Leipzig 1912
- Grün [1942]** Grün, Richard: Die Technik als Gestalterin im Bauwesen. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums 14 (1942), S. 1-22
- Grunert [1871]** Grunert, Johannes August: Ueber eine graphische Methode zur Bestimmung des Schwerpunktes eines beliebigen Vierecks. Arch. Math. Phys. 52 (1871), S. 494-496, Taf. XI
- Guidi [1879]** Guidi, Camillo: La determinazione grafica delle forze interne negli archi metallicitravi reticolari. Sonderdruck aus: Atti della Reale Accademia dei Lincei (3a) 4 (1879), Sonderdruck. 18 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Guidi [1879]** Guidi, Camillo: Sulla determinazione grafica delle forze interne negli archi metallici. Atti della Reale Accademia dei Lincei (3) 4 (1879) Sonderdruck. 18 S., eine Taf. ETH-Sig.: 2401
- Guidi [1880]** Guidi, Camillo: Sulla determinazione grafica delle forze interne nelle travi omogenee e reticolari, appoggiate agli estremi e soggette ad un sopracarico mobile. Atti della Reale Accademia dei Lincei (3) 5 (1880), S. 1. 28 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Güntsche [1903]** Güntsche, R.: Zu Herrn R. Mehmkes »Bemerkungen zur Geometrographie von M. E. Lemoine«. JDMV 12 (1903), S. 289-295
- Hagge [1910]** Hagge: Beiträge zur Geometrographie. Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht 40 (1910), 494-502
- Hammer [1889]** Hammer, E.: Die Linienmesser von Ott und Fleischhauer. Stuttgart 1889. ETH-Sig.: 11476
- Harlacher [1870]** Harlacher, Andreas Rudolf: Die Stützlinie im Gewölbe. Prag 1870. 20 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 3131:4
- Harlacher [1881]** Harlacher, Andreas Rudolf: Die Messungen in der Elbe und der Donau und die hydrometrischen Apparate und Methoden des Verfassers. Leipzig 1881. ETH-Sig.: 2372
- Harlacher [1884]** Harlacher, Andreas Rudolf: Die Methode und der Apparat Harlacher-Henneberg-Smreker zur directen Messung von Geschwindigkeiten. Vortrag. Prag 1884. ETH-Sig.: 2703

- Hartung [1983]** Hartung, Giselher: Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts. Mit einer Einführung von Professor Günter Behnisch. München 1983.
- Hasch [1903]** Hasch, A.: Zur Theorie des räumlichen Fachwerks. ZfMPh 49 (1903), S. 1-25 u. 3 Taf.
- Häseler [o.J.]** Häseler, C.: Anleitung zum Gebrauch des von M. Mannheim verbesserten Rechenstabes. Paris o.J. ETH-Sig.: 72224
- Hasselblatt [1897]** Hasselblatt, A.: Graphische Statik (russisch). Petersburg 1897. LGS
- Hatzel [1849]** Hatzel, E.: Ueber die Technik in specieller Beziehung auf die Architektur und die Gestaltung der Formen. Allg. Bau. 14 (1849), S. 132-171
- Hatzidakis [1903]** Hatzidakis, N. J.: Eine Bemerkung zur graphischen Statik. ZfMPh 49 (1903), S. 95
- Hauck [1874]** Hauck, Guido: Zur Methodik der descriptiven Geometrie. Correspondenz-Blatt für die Gelehrten- und Realschulen in Württemberg 21 (1874), S. 21-26
- Hauck [1877]** Hauck, Guido: Über die Stellung der neueren Geometrie zur Euklidischen und die Aufnahme der ersteren in den Lehrplan der 10klassigen Realschulen und Realgymnasien. Correspondenz-Blatt für die Gelehrten- und Realschulen in Württemberg 24 (1877), S. 14-31
- Hauck [1881]** Hauck, Guido: Graphisches Rechnen. Entwicklung seit Culmann und Verhältnis zur Schule. Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht 12 (1881), S. 333-355
- Hauck [1887]** Hauck, Guido: Über die reciproken Figuren der graphischen Statik. Journal für die reine und angewandte Mathematik 100 (1887), S. 365-389, Taf. 2, Fig. 1-6
- Hauck [1899]** Hauck, Guido: Nochmals die reciproken Figuren der graphischen Statik. Journal für die reine und angewandte Mathematik 120 (1899), S. 109-112
- Hauck [1891]** Hauck, Guido: Technikers Faust-Erklärung. Festrede gehalten bei der Schinkelfeier des Architekten-Vereins in Berlin am 13. März 1891. Berlin 1891
- Hauck [1897]** Hauck, Guido: Über innere Anschauung und bildliches Denken. Berlin 1897. 20 S.
- Hauck [1903]** Hauck, Guido: Über angewandte Mathematik. Arch. Math. Phys. II. Reihe, Bd. VII (1903)
- Hauck [1912]** Hauck, Guido: Vorlesungen über darstellende Geometrie unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Technik. Hrsg. von Alfred Hauck. 2 Bände. Leipzig. Berlin 1912
- Hausser. Cunq [1886]** Hausser, A. E. und et L. Cunq: Statique graphique appliquée. Traité élémentaire résistance des matériaux. Tome I. Paris 1886. LGS ETH-Sig.: 2499q
- Heger [1887]** Heger, R.: Das Parallelogramm der Bewegungen und der Kräfte. Programmabhandlung des Wettiner Gymnasiums in Dresden. 33 S. u. 2 Taf. Quelle: FdM 19 (1887), S. 878
- Heinzerling [1867]** Heinzerling, Friedrich: Die angreifenden und widerstehenden Kräfte der Brücken- und Hochbau-Construktionen. Berlin 1867. 101 S., 180 Abb. u. 7 Tab. ETH-Sig.: 2437
- Heinzerling [1870]** Heinzerling, Friedrich: Die Brücken in Eisen. Baumaterial, Konstruktion und statische Berechnung für Ingenieure, Eisenbautechniker und technische Lehranstalten. Leipzig 1870. XVIII, 512 S. u. über 1000 Abb.
- Heinzerling [1873-1882]** Heinzerling, Friedrich: Brücken der Gegenwart. Systematisch geordnete Sammlung der geläufigsten Brücken-Construktionen. 4 Abtheilungen. Nachdruck 1962. 1873-1882

- Heinzerling [1884-1901]** Heinzerling, Friedrich: Brücken der Gegenwart. Systematisch geordnete Sammlung der geläufigsten Brücken-Construktionen. 2. vollständig umgearbeitet Auflage. 1884-1901
- Henkel [1917]** Henkel, Otto: Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien. II. Teil. Neudruck. Berlin. Leipzig 1917. LGS
- Henkel [1918]** Henkel, Otto: Graphische Statik mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien. I. Teil. Neudruck. Berlin. Leipzig 1918. LGS
- Henneberg [1884]** Henneberg, Lebrecht: Zur graphischen Zerlegung von Kräften, die an einem starren räumlichen Systeme angreifen. Civilingenieur 30 (1884), S. 381-392
- Henneberg [1886]** Henneberg, Lebrecht: Lehrbuch der technischen Mechanik. 1. Theil: Statik der starren Systeme. Darmstadt 1886. LGS
- Henneberg [1886]** Henneberg, Lebrecht: Eine Aufgabe der graphischen Statik. In Festschrift zur Jubelfeier des 50 jährigen Bestehens der Technischen Hochschule Darmstadt. Darmstadt 1886. 7 S
- Henneberg [1893]** Henneberg, Lebrecht: Über die Entwicklung und die Hauptaufgaben der Theorie der einfachen Fachwerke. JDMV 3 (1893), S. 567-599
- Henneberg [1897]** Henneberg, Lebrecht: Zur Fragen der Ingenieurziehung. ZVDI 41 (1897), S. 982-984
- Henneberg [1903]** Henneberg, Lebrecht: Die graphische Statik der starren Körper. Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften Band 4, 1, Art IV.5, S. 345-434 u. 59 Abb. LGS
- Henneberg [1911]** Henneberg, Lebrecht: Die graphische Statik der starren Systeme. Leipzig. Berlin 1911. LGS
- Hensel [1989]** Hensel, Susanne: Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland: Soziale Auseinandersetzung und philosophische Problematik. Göttingen 1989
- Herrmann [1875]** Herrmann, Gustav: Das graphische Einmaleins oder die Rechentafel, ein Ersatz für den Rechenschieber. Braunschweig 1875. 22 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 72440
- Herrmann [1877]** Herrmann, Gustav: Herrmann's Rechenknecht. ZVDI 21 (1877), S. 455-462
- Herrmann [1879]** Herrmann, Gustav: Zur graphischen Statik der Maschinengetriebe. Ein Leitfaden zum Gebrauche für Maschinentechniker, Baumeister und Ingenieure sowie zum Unterrichte an technischen Lehranstalten. Nebst einem Atlas mit acht lithographischen Tafeln. Braunschweig 1879. LGS. ETH-Sig.: 4725:1q u. 4725:2q
- Herrmann [1882]** Herrmann, Gustav: Statique graphique des mécanismes pour la détermination du rendement des machines et des efforts subis par leurs organes. Traduction française par MM. W. Schmitz et P. Castin. Paris 1882. LGS
- Herrmann [1885]** Herrmann, Gustav: Die graphische Behandlung der mechanischen Wärmetheorie. Berlin 1885. 55 S. u. 2 Taf.
- Herrmann [1886]** Herrmann, Gustav: Die graphische Untersuchung der Centralregulatoren. Berlin 1886. Sonderdruck aus: ZVDI 30 (1886)
- Herrmann [1887]** Herrmann, Gustav: Die graphische Theorie der Turbinen und Kreiselpumpen. Berlin 1887. 2. Auflage 1900. LGS ETH-Sig.: 4636
- Herrmann [1887]** Herrmann, Gustav: The graphical statics of mechanism. A guide for the use of machinists, and engineers; and also a textbook for technical Schools. Translated and annotated by A. P. Smith. New York 1887. 3. Aufl 1985, 4. Aufl. 1900, 6. Aufl. 1908. LGS
- Hertwig [1930]** Hertwig, August: J. W. Schwedler. Sein Leben und Werk. Berlin 1930

- Hertwig [1941]** Hertwig, August: Die Entwicklung der Statik der Baukonstruktionen im 19. Jahrhundert. Technikgeschichte 30 (1941), S. 82-98
- Hertwig [1950]** Hertwig, August: Der geistige Wandel der Technischen Hochschulen in den letzten 100 Jahren und ihre Zukunft. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums 18 (1950), H. 1
- Heun [1895]** Heun, Karl: Bericht über die Ingenieurlaboratorien und die Gestaltung des Unterrichts an den technischen Hochschulen. ZVDI 39 (1895), S. 1212-1216
- Heun [1895]** Heun, Karl: Eingabe wegen der Einrichtung und weiteren Ausbildung von Ingenieurlaboratorien. ZVDI 39 (1895), S. 1421ff.
- Heun [1901]** Heun, Karl: Die kinetischen Probleme der wissenschaftlichen Technik. Bericht, erstattet der Deutschen Mathematiker-Vereinigung. Als Anhang abgedruckt in: JDMV 9 (1901). VI u. 123 S
- Heun [1903]** Heun, Karl: Über die Einwirkung der Technik auf die Entwicklung der theoretischen Mechanik. Antrittsvorlesung an der TH Karlsruhe. JDMV 12 (1903), S. 389-398.
- Heuser [1872]** Heuser: Zur Stabilitätsuntersuchung der Gewölbe. Deutsche Bauzeitung (1872), S. 365ff. Quelle: Weyrauch [1874 Gra Stat.], S. 33
- Heuser [1873]** Heuser: Graphische Ermittlung der Ordinaten des Schwedler'schen Trägers. Zeitschrift für Bauwesen 23 (1873), S. 523-527
- Hill [1884]** Hill, M. J. M.: On the closed link polygons belonging to a system of coplanar forces having a single resultant. Proceedings of the London Mathematical Society 15 (1884), S. 150-152. Quelle: FdM 16 (1884), S. 782
- Hilz [1993]** Helmut Hilz: Eisenbrückenbau und Unternehmertätigkeit. Heinrich Gerber (1832-1912). Stuttgart 1993
- Hirn [1875]** Hirn, G.-A.: Théorie analytique élémentaire du planimètre Amsler. Paris 1875. 31 S. u. Taf. ETH-Sig.: 1646
- Hofe [1995]** Hofe, Rudolf vom: Grundvorstellungen mathematischer Inhalte. Heidelberg. Berlin. Oxford 1995
- Hoffmann [1847]** Hoffmann, C.: Anleitung zum Gebrauch des Rechenschiebers (Sliding rule-Règle à calcul). Mit besonderer Berücksichtigung der Maß- Münz- und Gewichts-Verhältnisse des deutschen Zollvereins und der Nachbarstaaten. Eine rein praktische Anweisung zum Gebrauche des Apparates mit mehr als 100 Uebungs-Beispielen für die mannigfachsten Fälle und einer Figurentafel. In Folge eines Vortrags in der polytechnischen Gesellschaft zu Berlin. 1847. VI, 114 S. u. eine Taf. Quelle: Bespr. in Allg. Bau. 13 (1848); Lit. S. 208
- Hohmann [1882]** Hohmann, Friedrich: Beschreibung, Theorie und Gebrauch des Präzisions-Polarplanimeters (Patent Hohmann & Coradi). Karlsruhe 1882. 46 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 11436
- Hohmann [1883]** Hohmann, Friedrich: Das freischwebende Präzisionsplanimeter (Patent Hohmann und Coradi) und dessen Modificationen. Mit einem Anhang: Variationen verschiedener Polar-Planimeter-Constructionen. Erlangen 1883. 36 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 11436
- Hohmann [1884]** Hohmann, Friedrich: Das Linear-Roll-Planimeter (System Hohmann-Coradi). Ein Nachtrag zu den Abhandlungen über das Präzisionsplanimeter und über das freischwebende Präzisionsplanimeter und dessen Modificationen. Erlangen 1884. 24 S.
- Hollender [1896]** Hollender, H. J.: Über eine neue graphische Methode der Zusammenset-

- zungen von Kräften und ihre Anwendung zur graphischen Bestimmung von Schwerpunkten, statischen Momenten und Trägheitsmomenten ebener Gebilde. Leipzig 1896.
- Holzhey [1871]** Holzhey, E.: Beiträge zur Theorie des Erddrucks und graphische Bestimmung der Stärke von Futtermauern. Sonderdruck. Mittheilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens 1871. Quelle: Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 35.
- Holzhey [1879]** Holzhey, E.: Vorträge über Baumechanik. 2 Bände. Wien 1879. ETH-Sig.: 4441
- Holzmüller [1882]** Holzmüller, Gustav: Einführung in die Theorie der isogonalen Verwandtschaften und der conformen Abbildungen verbunden mit Anwendungen auf mathematische Physik. Leipzig 1882. ETH-Sig.: 73465
- Holzmüller [1894]** Holzmüller, Gustav: Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik. Erster und zweiter Teil. Nach Jahrgängen geordnet und bis zur Abschlußprüfung der Vollanstalten reichend. Leipzig 1894. ETH-Sig.: 73201
- Holzmüller [1896]** Holzmüller, Gustav: Bücherschau: Felix Klein: Über Arithmetisierung der Mathematik. Aus den Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1895 Heft 9. ZVDI 40 (1896), S. 108-109
- Holzmüller [1896]** Holzmüller, Gustav: Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik. Gymnasialausgabe. Erster Teil im Anschluß an die preussischen Lehrpläne von 1892 nach Jahrgängen geordnet und bis zur Untersekunda reichend. Leipzig 1896
- Holzmüller [1897]** Holzmüller, Gustav: Die Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung. Erster Teil, enthält die statischen Momente und Schwerpunktslagen, die Trägheits- und Zentrifugalmomente für die wichtigsten Querschnittsformen und Körper der technischen Mechanik in rechnerischer und graphischer Behandlung. Leipzig 1897
- Holzmüller [1898]** Holzmüller, Gustav: Die Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung. Zweiter Teil: Das Potential und seine Anwendung auf die Theorien der Graviation, des Magnetismus, der Elektrizität, der Wärme und der Hydrodynamik in elementarer Behandlung. Leipzig 1898
- Holzmüller [1902]** Holzmüller, Gustav: Zur Erwidern des Herrn E. Götting und zu einer Bemerkung des Herrn R. Fricke. Fricke's Antwort. Zur Antwort des Herrn R. Fricke. Erwidern Fricke's. JDMV 11 (1902), S. 353-355, S. 425
- Holzmüller [1902]** Holzmüller, Gustav: Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn E. Götting: Über das Lehrziel im mathematischen Unterricht der höheren Realanstalten. Und: Erwidern Göttings. JDMV 11 (1902), S. 247-251
- Hoskins [1892]** Hoskins, L. M.: The elements of graphic statics. London 1892. LGS
- Hugo [1877]** Hugo, Léopold: La théorie hugodécimale, ou la base scientifique et définitive de l'arithmo-logistique universelle. Paris 1877. 31 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 71984
- Hülensberg [1877]** Hülensberg, Heinrich A.: Beitrag zur Theorie des Universalzirkels von Peaucellier, mit besonderer Berücksichtigung seiner Anwendung als vollkommene Geradföhrung. ZVDI 21(1877), 11-16, 49-56
- Hunäus [1864]** Hunäus, Georg Christian Konrad: Die geometrischen Instrumente der gesamten praktischen Geometrie, deren Theorie, Beschreibung und Gebrauch. Heft III. Die Nivellir-, Reflexions-, Längenmeß- und Zeicheninstrumente. Hannover 1864. 672 S., 130 Abb. ETH-Sig.: 11177 u. 11274
- Hunnius [1944]** Hunnius, Gerhard: Statik für höhere technische Lehranstalten. 7. Auflage. Leipzig 1944
- Hüppner [1887]** Hüppner: Seilzug durch drei gegebene Punkte. Civilingenieur 33 (1887),

S. 89-92

- Hütte [1860-1911]** Hütte: Der Verein die Hütte. Des Ingenieurs Taschenbuch. Dritte mit Berücksichtigung des neuen Gewichts-Systems vollständig umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage. Berlin 1860. Bis 21. Auflage. Berlin 1911
- Ihmig [1989]** Ihmig, Karl-Norbert: Das Verhältnis von Mathematik und Kinematik bei Franz Reuleaux. In: S. Hensel, u. a.: Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland. Göttingen 1989
- Jäger [1867]** Jäger, Eugen: Das graphische Rechnen. Als Promotions-Dissertation bearbeitet und herausgegeben. Speyer 1867. 28 S. u. eine Taf. ETH-Sig.: 71300
- Jahnke [1919]** Jahnke, Eugen: Die Mathematik als Grundlage der Technik. Dinglers Polytechnisches Journal 334, S. 161
- Jähns [1889 -1891]** Jähns, Max: Geschichte der Kriegswissenschaften vornehmlich in Deutschland. 3 Abt. (Nachdruck: Hildesheim 1966). München. Leipzig 1889-1891
- Jardot [1842]** Jardot, A.: Des Chemins de fer de l'Europe centrale, considérés comme lignes stratégiques. Paris 1842. 79 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 3041
- Jeep [1876]** Jeep, W.: Die Baumechanik. Leipzig 1876. LGS
- Jeep [1879]** Jeep, W.: Die Verwendung des Eisens beim Hochbau. Leipzig 1879. X, 628 S.
- Jeep [1887]** Jeep, W.: Das graphische Rechnen und die Graphostatik in ihrer Anwendung auf Bauconstructionen. Weimar 1887. LGS ETH-Sig.: A 276:1, :2
- Jenkin [1869]** Jenkin, Fleeming: On the practical application of reciprocal figures to the calculation of strains on frameworks. Transactions of the Royal Society of Edinburgh 25 (1869), S. 441-447.
- Jenkin [1876-1878]** Jenkin, Fleeming: Application of graphical methods for determination of the efficiency of machinery (Preisschrift). Philosophical Transactions of the London Royal Society 28 (1876-78). Quelle: Pogg. III
- Jerrmann [1888]** Jerrmann, L.: Die Gunterskala, vollständige Erklärung der Gunterlinien und Nachweis ihrer Entstehung nebst zahlreichen Beispielen für den praktischen Gebrauch. Hamburg 1888. VII, 98 S. u. 3 Taf. ETH-Sig.: 11426
- Jolles [1895]** Jolles, Stanislaus: Zur geometrischen Theorie des Parabelträgers. ZIMPh 46 (1895). Quelle: JDMV 11 (1902), S. 94
- Jung [1876]** Jung, Giuseppe: Sul problema inverso dei momenti resistenti di una sezione piana; soluzione grafica generale. Sonderdruck aus. Rend. Ist. Lomb. (2) 9 (1876). 7 S. ETH-Sig.: 2486
- Jung [1876]** Jung, Giuseppe: On a new construction for the central nucleus. Reports of the meeting of the British Association for the advancement of science (1876), S. 23-26. Quelle: FdM 8 (1876), S. 565-566 und Henneberg [1903], S. 348.
- Jung [1876]** Jung, Giuseppe: Sul problema inverso dei momenti d'inerzia di una figura piana; soluzione grafica generale. Sonderdruck aus: Rend. Ist. Lomb. (2) 9 (1876). ETH-Sig.: 2486
- Jung [1876]** Jung, Giuseppe: Rappresentazioni grafiche dei momenti resistenti di una sezione piana; nebst Complement. Rend. Ist. Lomb. (2) 9 (1876). Quelle: FdM 8 (1876), S. 569
- Jung [1876-1880]** Jung, Giuseppe: Ricerche intorno ai sistemi polari. Soluzione geomeccanica di alcune problemi d'interpolazione. Etc. 1876-1880. ETH-Sig.: 2426
- Jung [1879]** Jung, Giuseppe: Recherches sur les systèmes polaires. Sonderdruck aus: Nou. Ann. math. (2) 18 (1879). ETH-Sig.: 72117
- Jung [1880]** Jung, Giuseppe: Statica grafica.-Soluzione geomeccanica di alcuni problemi

- d' interpolazione. Sonderdruck aus: Rend. Ist. Lomb. (2) 13 (1880). 13 S., 3 Abb. ETH-Sig.: 2426
- Jung [1882]** Jung, Giuseppe: Alcuni teoremi sulle forme degeneri dell' ellissoide del Culmann. Rend. Ist. Lomb. (2) 15 (1882), S. 141-146
- Jung [1884]** Jung, Giuseppe: Sull' equilibrio dei poligoni articolati in connessione col problema delle configurazioni. Annali di matematica pura ed applicata diretti da Prof. F. Brioschi (2) 12 (1884), S. 169-238. Quelle: FdM 16 (1884), S. 572
- Jung [1885]** Jung, Giuseppe: Di alcune proprietà geometriche, statiche e cinematiche dei poligoni articolati. Rend. Ist. Lomb. (2) 18 (1885), S. 337-348. Quelle: FdM 17 (1885), S. 835f
- Jung [1889-1890]** Jung, Giuseppe: La statica grafica (autographiert). Milano 1889-1890. LGS
- Junge [1866]** Junge, August: Eine Versuchsreihe mit dem Amsler'schen Polarplanimeter. Civilingenieur 12 (1866), S. 63-76
- Kahlow [1994]** Kahlow, Andreas: Jean Victor Poncelet und die Schwierigkeiten des visuellen Denkens in den klassischen Technikwissenschaften. Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Heft 23/1 (1994), S. 70-78, S. 94-101
- Kämtz [1843]** Kämtz, L. F.: Cours complet de météorologie. Trad. et annoté par Ch. Martins. Avec un appendice contenant la représentation graphique des Tableaux numériques par L. Lalanne. Paris 1843. mit 4 Taf. von Lalanne. ETH-Sig.: 71407:1
- Kapp [1872]** Kapp: Zur graphischen Phronomie. ZfMPh 17 (1872), S. 419-420, Taf. 4.
- Kayser [1864]** Kayser, C.: Pauli-Brücken. ZVDI 8 (1864), S. 359-378, 417-442
- Kayser [1877]** Kayser, C.: Über die Grundform der sogenannten Schwedler-Träger. ZVDI 21 (1877), S. 529-540
- Kayser [1836]** Kayser, Carl Heinrich Albert: Handbuch der Statik mit Bezug auf ihre Anwendung und mit besonderer Rücksicht auf ihre Darstellung ohne Anwendung der höheren Analysis. Karlsruhe 1836. 837 S., 11 Taf. ETH-Sig.: 4075
- Kayser [1842]** Kayser, Carl Heinrich Albert: Handbuch der Mechanik mit Bezug auf ihre Anwendung und mit besonderer Rücksicht auf ihre Darstellung ohne Anwendung der höheren Analysis. Karlsruhe 1842. 1013 S., 13 Taf.
- Keck [1870]** Keck, Wilhelm: Ueber die Ermittlung der Spannungen in Fachwerkträgern mit Hilfe der graphischen Statik. Separatabdruck. Hannover 1872. ZAI VHann. 16 (1870), S. 153-172, Taf. 470
- Keck [1874]** Keck, Wilhelm: Ungünstigste Belastungsart für Fachwerkträger, kontinuierliche Gelenkträger und für Bögen und 3 Gelenke. ZAI VHann. 20 (1874), S. 352-384, Taf. 605
- Keck [1894]** Keck, Wilhelm: Vorträge über graphische Statik mit Anwendung auf die Festigkeits-Berechnung der Bauwerke. Hannover 1894. LGS
- Keck [1896]** Keck, Wilhelm: Vorträge über Mechanik als Grundlage für das Bau- und Maschinenwesen. 1. Teil: Mechanik starrer Körper. 2. Aufl. 1900. Hannover 1896. LGS
- Keck [1897]** Keck, Wilhelm: Vorträge über Mechanik als Grundlage für das Bau- und Maschinenwesen. 2. Teil: Mechanik elastisch-fester und flüssiger Körper. Hannover 1897
- Killmann [1902]** Killmann, Paul: Die Graphostatik. 8. Band in: Franz Stade (Hrsg.): Die Schule des Bautechnikers. Leipzig 1902. LGS
- Kirsch [1875]** Kirsch, Ernst Gustav: Ueber eine einfache Charakteristik von Querschnittsformen. Civilingenieur 21 (1875), S. 499-516
- Kirsch [1890]** Kirsch, Ernst Gustav: Theorie des Polarplanimeters. ZVDI 34 (1890), S.

1053-1054

- Kirsch [1896]** Kirsch, Ernst Gustav: Theorie und Praxis in der Technik. ZVDI 40 (1896), S. 481-485
- Klasen [1878]** Klasen, Ludwig: Graphische Ermittlung der Spannungen in den Hochbau- und Brückenbau-Constructionen. Zum Gebrauch für Architekten und Ingenieure, für Bau- und Gewerbeschulen, für Maurer- und Zimmermeister, sowie auch zum Selbstunterricht für Bauhandwerker. Leipzig 1878. LGS
- Klein [1895]** Klein, Felix: Über Arithmetisierung der Mathematik. Nachrichten Gesellschaft der Wissenschaften Göttingen (1895), Heft 9
- Klein [1898]** Klein, Felix: Universität und technische Hochschule. ZVDI 42 (1898), S. 1091-1094
- Klein [1904]** Klein, Felix: Über die Aufgaben und die Zukunft der philosophischen Fakultät. JDMV 13 (1904), S. 267-276
- Klein [1925]** Klein, Felix: Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus. Zweiter Band: Geometrie. Ausgearbeitet von E. Hellinger. 3. Aufl. Nachdruck 1968. Berlin 1925
- Klein [1926-1927]** Klein, Felix: Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert. Teil I u. II in einem Band. Nachdruck Darmstadt 1926. Berlin 1926-1927
- Klein [1928]** Klein, Felix: Vorlesungen über nicht-euklidische Geometrie. Für den Druck neu bearbeitet von W. Rosemann. Berlin 1928
- Klein [1928 Elementar]** Klein, Felix: Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus. Dritter Band: Präzisions- und Approximationsmathematik. Ausgearbeitet von C. H. Müller. 3. Aufl. Nachdruck 1968. Berlin 1928
- Klemm [1976]** Klemm, Friedrich: Die Rolle der Mathematik in der Technik des 19. Jahrhunderts. In: Treue, Wilhelm und Kurt Mauel (Hrsg.): Naturwissenschaft, Technik und Wissenschaft im 19. Jahrhundert. 2. Band. Göttingen 1976
- Klingender [1968]** Klingender, Francis Donald: Art and the Industrial Revolution edited and revised by Arthur Elton. 2. ed. London 1968. XVII, 222 S
- Knobloch [1994]** Knobloch, Eberhard: Technische Zeichnung im Mittelalter. Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Heft 23/1 (1994), S. 10-19
- Koechlin [1884]** Koechlin, Maurice: Concours pour la construction d'un pont sur le Danube et sur la Borcea près de Cernadova. Schw. Bau. 3 (1884), S. 19-22
- Koechlin [1884]** Koechlin, Maurice: Problème de statique. Détermination des efforts agissant dans les différentes pièces d'un système ayant les dispositions de la Fig. I. Schw. Bau. 4 (1884), S. 61
- Koechlin [1889]** Koechlin, Maurice: La tour de 300 mètres à l'exposition universelle de Paris. Schw. Bau. 14 (1889), S. 7 mit Taf.
- Koechlin [1889]** Koechlin, Maurice: Applications de la statique graphique. 2. Auflage 1898. Paris 1889. LGS ETH-Sig.: 2520
- Kohfahl [1896]** Kohfahl, R.: Beitrag zur Theorie der Kuppeldächer. ZVDI 40 (1896), S. 1133-1137
- Kokkelink [1989]** Kokkelink, Günther: Laves als Erfinder. In: Hammer-Schenk u. Kokkelink (Hrsg): Laves und Hannover. Niedersächsische Architektur im neunzehnten Jahrhundert, S. 527-560. Hannover 1989
- Kolbe [1871]** Kolbe, Josef: Reden gehalten bei der feierlichen Inauguration des Schuljahres 1871/72 gewählt des Rektors des k. k. polytechnischen Institutes, gehalten am 9. October 1871. Wien 1871. 31 S. ETH-Sig.: ETH 91576

- Köpcke [1858]** Köpcke, Klaus: Versuch einer Theorie der sogenannten »Abscheerungsfestigkeit« und Anwendung derselben auf Brückenträger. ZAVHann. 4 (1858), S. 225-278
- Köpcke [1858]** Köpcke, Klaus: Ueber Träger von gleichem Widerstande, insbesondere die Anwendung derselben zu Brücken durch den Königlich Hannoverschen Ober-Hof-Baudirector Laves und den Königlich Bayerischen Director Pauli. ZAVHann. 4 (1858), S. 291-310, Taf. 113, 114
- Korselt [1897]** Korselt, Alwin: Über einen Mechanismus, durch den ein beliebiger Winkel in eine beliebige ungerade Anzahl gleicher Teile geteilt werden kann. ZfMPH 42 (1897), 276-278
- Korselt [1897]** Korselt, Alwin: Über den Traktoriographen von Kleritj und das Stangenplanimeter. ZfMPH 42(1897), S. 312-318
- Korselt [1897]** Korselt, Alwin: Nachtrag zu dem Aufsatz: »Über einen Mechanismus, durch den ein beliebiger Winkel in eine beliebige ungerade Anzahl gleicher Teile geteilt werden kann«. ZfMPH 43 (1898), S. 318-319
- Kötter [1901]** Kötter, Ernst: Die Entwicklung der synthetischen Geometrie von Monge bis auf Staudt (1847). Erster Band eines Berichts erstattet der deutschen Mathematiker-Vereinigung. JDMV 5 (1896), S. 1-486
- Kötter [1891/92]** Kötter, Fritz: Die Entwicklung der Lehre vom Erddruck. JDMV 2 (1891/92), S. 75-154, 2 Taf.
- Krafft [1848]** Krafft, M. E.: Gußeiserne Röhrenbrücke nach dem System des Herrn Polonceau, errichtet zu Sundhoffen (Frankreich) im Jahre 1843. Allg. Bau. 13 (1848), S. 35-45, Abb. Taf. 152 u. 153.
- Krauss [1897]** Krauss, Fritz: Graphische Kalorimetrie der Dampfmaschinen. Berlin 1897.
- Kreuter [1877]** Kreuter, Franz: Elementare Theorie des Erddruckes und Berechnung der Stützmauern. Leipzig 1877.
- Krohn [1880]** Krohn, Reinhard: Beitrag zur Theorie elastischer Bogenträger. Zeitschrift für Baukunde (1880), S. 219-236.
- Krohn [1878]** Krohn, Reinhard: Dimensionierung von Blechbrücken. ZVDI 22 (1878), S. 487-496 und S. 551-558.
- Küppers [1866]** Küppers, Karl Josef: Einleitung in die Mechanik durch rein geometrische Betrachtungen. Trier 1866. Quelle: Deu TH [1906], S. 358f.
- Kurrer [1991]** Kurrer, Karl-Eugen: Auf der Suche nach der wahren Stützlinie. Humanismus und Technik 34 (1991), S. 21-54
- Kurrer [1994]** Kurrer, Karl-Eugen: Von der graphischen Statik zur Graphostatik. Die Rezeption des Theorieprogramms Culmanns durch die klassische Baustatik. Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften Heft 23/1 (1994), S. 79-86
- Ladomus [1804]** Ladomus, Johann Friedrich: Umfang und Eintheilung der Perspective mit vier Tabellen. Königsberg 1804. 45 S.
- Ladomus [1805]** Ladomus, Johann Friedrich: Zeichnungslehre nach Pestalozzi's Grundsätzen. Leipzig 1805. Quelle: Pogg. I.
- Ladomus [1807]** Ladomus, Johann Friedrich: Pestalozzi's Anschauungslehre der Zahlenverhältnisse in Beziehung auf die Arithmetik als Wissenschaft. Heidelberg 1807. VI, 32 S. keine Abb.
- Ladomus [1809]** Ladomus, Johann Friedrich: Beiträge zur Methodik der reinen Mathematik überhaupt und insbesondere zur Beurtheilung der Langsdorf'schen Theorie des Raums usw. Pforzheim 1809. Quelle: Pogg. I

- Ladomus [1812]** Ladomus, Johann Friedrich: Geometrische Constructionslehre für Lehrer und Lernende. Ein Versuch geometrischer Geistesgymnastik. Erster Theil. Freiburg und Konstanz 1812. VIII, 186 S. u. 17 Taf. ETH-Sig.: 7588:1, 71317
- Ladomus [1817]** Ladomus, Johann Friedrich: Geometrische Constructionslehre für Lehrer und Lernende. Ein Versuch geometrischer Geistesgymnastik. Zweyter Theil. Die Lehre von den Kegelschnitten. Karlsruhe und Baden 1817. XXVI, 124 S. u. 13 Taf. ETH-Sig.: 7588:2, 71317
- Ladomus [1832]** Ladomus, Johann Friedrich: Geometrische Constructionslehre für Lehrer und Lernende. Ein Versuch geometrischer Geistesgymnastik. Dritter Theil. Tulla's Annäherungsconstructions. Ein für die Raumtechnik höchst wichtiger Unterrichtszweig. Nebst einem Anhang enthaltend: Tulla's Methode der graphischen Centrirung der Winkel und der Correction der Seiten und Winkel der Dreiecke bei geodätischen Vermessungen ausgearbeitet von J. Zipfel. Karlsruhe 1832. XXXI, 70 S. u. 13 Taf.
- Laisle [1857]** Laisle, Fr.: Der Bau der Brückenträger. 2. Aufl. 1864, 3. Aufl. (2 Bde) 1869-70. Stuttgart 1857. ETH-Sig.: 2082
- Laisle [1864]** Laisle, Fr.: Der Bau der Brückenträger. 2. Aufl. 1864, 3. Aufl. (2 Bde) 1869-70. Stuttgart 1864. ETH-Sig.: 2671, 2189
- Lalanne [1839]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Tables nouvelles pour abrégé divers calculs réels aux projets de routes. Paris 1839. ETH-Sig.: 2184
- Lalanne [1846]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Mémoire sur les tables graphique et la géométrie anamorphique. Appliquées a diverses questions qui se rattachent a l'art de l'ingénieur (Extrait des Annales des pontes et chaussées). Paris 1846. 72 S. ETH-Sig.: 72491
- Lalanne [1863]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Instruction sur les règles à calcul. 3 éd. Paris 1863. ETH-Sig.: 72816
- Lalanne [1875]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Géométrie arithmographique. Exposé d'une nouvelle méthode pour la résolution des équations numériques de tous les degrés. C. R. 1875oder 1876. 8 S. ETH-Sig.: 72217
- Lalanne [1876]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Notice sur les travaux et titres scientifiques. Paris 1876. 36 S. ETH-Sig.: 72217
- Lalanne [1877]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Tables graphiques et géométrie anamorphique. C. R. 84 (1877), S. 1012-1014
- Lalanne [1878]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Sur la méthode géométrique pour la solution des équations numériques de tous les degrés. C. R. 87(1878), S.157-159
- Lalanne [1879]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: De l'emploi de la géométrie pour résoudre certaines questions de moyennes et de probilités. Paris 1879. ETH-Sig.: 72601
- Lalanne [1879]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Deux méthodes pour abrégé les calculs des terrassements, etc. Paris 1879. ETH-Sig.: 2417
- Lalanne [1884]** Lalanne, Léon Louis Chrétien: Sur un point de l'histoire des méthodes graphiques appliquées à l'art de l'ingenieur. C. R. 98 (1884), S. 1466-1470
- Lambert [1761]** Lambert, Johann Heinrich: Beschreibung und Gebrauch der logarithmischen Rechenstäbe. Augsburg 1761
- Lamé [1826]** Lamé, Gabriel: Mémoire sur l'application de la statique à la solution des problèmes relatifs à la théorie des moindres dist. St. Petersburg 1826
- Lamé [1826]** Lamé, Gabriel: Mémoire sur la stabilité des voûtes. Journal des voies de communication. 1926 Quelle: Bayerische Statsbibliothek
- Lamé [1826]** Lamé, Gabriel: Sur la résolution graphique des problèmes du 3. et 4. degré.

St. Petersburg 1826

- Lamé [1826/27]** Lamé, Gabriel: Mémoire sur la Construction des polygones funiculaires. Journal des voies de communication 1826, S. 35-47, Tafel 5; 1827, S. 43-55
- Lamé [1852]** Lamé, Gabriel: Leçons sur la théorie mathématique l'élasticité des corps solides. Paris 1852. 335 S., 1 Taf. ETH-Sig.: 4086
- Lanchester [1889]** Lanchester, Frederick William: The radial cursor; a new addition to the slide-rule. Phil. Mag. (5), 41 (1889), S. 52ff. Quelle: ZfMPh 35 (1890), S. 111
- Land [1889]** Land, Robert: Zeichnerische Ermittlung des Schwerpunktes eines überschlagenen Trapezes. Zentralblatt der Bauverwaltung 9 (1889), S. 233ff
- Land [1887]** Land, Robert: Kinematische Theorie der statisch bestimmten Träger. Schw. Bau. 10 (1887), S. 157-160
- Land [1887]** Land, Robert: Über die statische und geometrische Bestimmtheit der Träger, insbesondere der Fachwerkträger. Zentralblatt der Bauverwaltung 7 (1887), S. 363-365
- Land [1888]** Land, Robert: Über die Berechnung und die bildliche Darstellung von Trägheits- und Centrifugalmomenten ebener Massenfiguren. Civilingenieur 34 (1888), 123-172
- Land [1889]** Land, Robert: Kinematische Ermittlung der statischen Momente und des Schwerpunktes von Flächen und Linien. Civilingenieur 35 (1889), S. 455-466
- Land [1895]** Land, Robert: Einfluß der Schubkräfte auf die Biegung und Berechnung von Trägern. Anhang: Schwerpunktbestimmung von Trapezen und Vierecken. Berlin 1895. Quelle: ZfMPh 40 (95), S. 80
- Land [1895]** Land, Robert: Der Spannungskreis bei vollwandigen Trägern. ZVDI 39 (1895), S. 1551-1554
- Landsberg [1885]** Landsberg, Theodor: Beitrag zur Theorie der Fachwerke. ZAIVHann. 31 (1885), S. 361-371, Taf. 31
- Landsberg [1886]** Landsberg, Theodor: Beitrag zur Theorie des Fachwerks. ZAIVHann. 32 (1886), S. 195-202
- Landsberg [1889]** Landsberg, Theodor: Über Mittelgelenkbalken. ZAIVHann. 35 (1889), 630-642
- Landsberg [1912]** Landsberg, Theodor: Das Verfahren der Einflußlinien. Berlin 1912. LGS
- Lang [1882]** Lang, G.: Beitrag zur graphischen Berechnung des Winddrucks. Civilingenieur 28 (1882), S. 344-350, Taf. 14
- Lange [1897]** Lange, Walther: Katechismus der Statik mit gesonderter Berücksichtigung der rechnerischen und zeichnerischen Methoden (Webers illustrierte Katechismen Nr. 165). Leipzig 1897
- Lauenstein [1899-1922]** Lauenstein, Rudolf: Die graphische Statik. Elementares Lehrbuch für den Schul- und Selbstunterricht sowie zum Gebrauch in der Praxis. Bis 15. Auflage 1922. Stuttgart 1899. LGS
- Le Brun [1887]** Le Brun, R.: Méthodes approchées de quadratures. Le Génie civil. Revue générale hebdomadaire des industries françaises et étrangères 11 (1887), S. 340ff. Quelle: FdM 19 (1887), S. 923
- Lecornu [1886]** Lecornu, L.: Sur le problème de l'anamorphose. C. R. (1886), S. 813-816
- Lederer [1908]** Lederer, A.: Analytische Ermittlung und Anwendung von Einflußlinien einiger im Eisenbetonbau häufig vorkommender statisch unbestimmter Träger. Berlin 1908
- Leman [1887]** Lemman, G.: Leçons de statique graphique données à l'École d'application de

l'artillerie et du génie de Bruxelles. Gand 1887. LGS

- Lemoine [1988]** Lemoine, Bertrand: Gustav Eiffel. Basel. Boston. Berlin 1988
- Lemoine [1888]** Lemoine, Emile: De la mesure de la simplicité dans les constructions géométriques. C. R. 107 (1888), S. 169-171. Quelle: FdM 20 (1888), S. 537f Bespr. Lange
- Lemoine [1888]** Lemoine, Emile: Mesure de la simplicité les constructions mathématiques. Mathesis, Recueil mathématique à l'usage des écoles spéciales et des établissements d'instruction moyenne 8 (1888), S. 217-22, 241-244. Quelle: FdM 20 (1888), S. 537 Bespr. Mansion
- Lemoine [1893]** Lemoine, Emile: La géométrie ou l'art des constructions géométriques. Paris 1893
- Lévy [1873]** Lévy, Maurice: Essai sur une théorie rationnelle de l'équilibre des terres fraîchement remuées et de ses applications au calcul de la stabilité des murs de soutènement. Journal de mathématiques pures et appliquées ou recueil mensuel des mémoires sur les diverses parties de mathématiques, par J. Liouville 1873.
- Lévy [1874]** Lévy, Maurice: La statique graphique et ses applications aux constructions. 2. Aufl. 4 Bde. 1886-1888. 3. Aufl. 1913-1918. Paris 1874. LGS ETH-Sig.: 2269, 2498
- Lewicki [1879]** Lewicki: Graphische Bestimmung höherer Momente. Civilingenieur 25 (1879), S. 527-542, Taf. 28
- Lie [1870]** Lie, Sophus: Über die Reciprocitätsverhältnisse des Reyeschen Complexes. Nachrichten Gesellschaft der Wissenschaften Göttingen 4 (1870), 53-66
- Lippich [1871]** Lippich: Theorie des continuirlichen Trägers constanten Querschnitts. Sonderdruck aus. Allg. Bau. 36 (1871), S.103ff. ETH-Sig.: 3278
- Lorber [1882 Genauig]** Lorber, Franz: Zur Genauigkeit des Präcisions-Polarplanimeter. Zeitschrift für Instrumentenkunde 11 (1882), Sonderdruck, S. 1-8. 8 S. ETH-Sig.: 11431
- Lorber [1882 Präcision]** Lorber, Franz: Über das Präcisions-Polarplanimeter (Patent Hohmann & Coradi). Zeitschrift für Instrumentenkunde 11 (1882), Sonderdruck S. 1-17 ETH-Sig.: 11476
- Lorber [1884]** Lorber, Franz: Über das freischwebende Präcisions-Polarplanimeter von Hohmann & Coradi. Zeitschrift für Vermessungswesen 13 (1884), Sonderdruck. 19 S. u. 6 Abb. ETH-Sig.: 11436
- Lorber [1888]** Lorber, Franz: Über Coradis "Mansion, Paul. Zeitschrift für Vermessungswesen 17 (1888), S. 161-187
- Lorenz [1903]** Lorenz, Hans: Der Unterricht in angewandter Mathematik und Physik an den deutschen Universitäten. JDMV 12 (1903), S. 565-572
- Lorla [1889]** Loria, Gino: Rassegna di alcuni scritti sui poligoni di Poncelet. Bibl. math. (1889), S. 67
- Löwe [1872]** Löwe, Ferdinand: Alte und neue Versuche über Reibung und Cohäsion von Erdarten. München 1872. 87 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 2263
- Löwe [1874]** Löwe, Ferdinand: Über variable Belastung der Eisenbahn-Brücken. München 1874
- Löwe [1877]** Löwe, Ferdinand: Grundzüge zu Vorlesungen über eiserne Balkenbrücken. München 1877
- Lüdecke [1993]** Lüdecke, Steffen: Die schiefe Ebene. Eine legendäre Eisenbahnstrecke. Freiburg 1993
- Ludwig [1981]** Ludwig, K. H.: Technik, Ingenieure und Gesellschaft. Geschichte des VDI 1856-1981. Düsseldorf 1981

- Lutz [1883]** Lutz, Kosmas: Bau der Bayerischen Eisenbahnen rechts des Rheines, bearbeitet mit Benutzung amtlicher Quellen. München. Leipzig 1883
- Maillard de la Gournerie [1860/62]** Maillard de la Gournerie, Jules: Traité de géométrie descriptive. Parties I, II. Paris 1860/62
- Mansion [1882]** Mansion, Paul: Sur les quadratures et les cubatures approchées. C. R. 95 (1882), S. 384-386
- Mansion [1882]** Mansion, Paul: Rapport sur cette note [Note d'analyse géométrique d'après Rossin]. Ann. Brux. VI. A.(1882), S. 49-51
- Mantel [1888]** Mantel, Gustav: Der elastische Bogen unter dem Einfluss von Kräften beliebiger Richtung. Schw. Bau. 12 (1888), S. 98-100, 111-112
- Mantel [1888]** Mantel, Gustav: Kräfteplan eines Fachwerkbogens mit festem Auflager, auf welchen die Fahrbahn durch radial stehende Pfosten abgestützt ist. Schw. Bau. 12 (1888), S. 157-160, 162-164
- Mapel [1889]** Mapel: Sur quelques procédés nouveaux de calcul graphique. Revue d'Artillerie 34 (1889), S. 330-343. Quelle: FdM 21 (1889), S. 881
- Marggraff [1882]** Marggraff, Hugo: Die Kgl. Bayerischen Staatseisenbahnen in geschichtlicher Beziehung. Gedenkschrift zum fünfzigsten Jahrestage der Inbetriebsetzung der ersten Staatsbahnstrecke Nürnberg-Bamberg am 1. Oktober 1844. München 1894. Erweiterter Nachdruck. Stuttgart 1982.
- Marguin [1994]** Marguin, Jean: Histoire des instruments et machines à calculer. Trois siècles de mécanique pensante 1642-1942. Paris 1994
- Mascheroni [1798]** Mascheroni, Lorenzo: Géométrie du compas. Trad. de l'italien par A. M. Carette. Paris 1798. ETH-Sig.: 7161
- Mascheroni [1803]** Mascheroni, Lorenzo: Problèmes pour les arpenteurs. Trad. de l'italien. Paris 1803. ETH-Sig.: 7202
- Mascheroni [1825]** Mascheroni, Lorenzo: Gebrauch des Zirkels, aus dem Italienischen ins Französische übersetzt durch Herrn A. M. Carette. Ins Deutsche übers. und vermehrt mit der Theorie vom Gebrauch des Proportionalzirkels und mit einer Sammlung von mehr denn 400 rein geometrischen Sätzen von Johann Philipp Grüson. Berlin 1825
- Mascheroni [1829]** Mascheroni, Lorenzo: Nuove ricerche sull'equilibrio delle volte. 1785 Coll. elogio scritto dal Marchese Ferdinando Landi. Milano 1829. ETH-Sig.: 4411
- Massau [1878]** Massau, Junius: Mémoire sur l'intégration graphique et ses applications. Développement des thèses présentées au concours universitaire de 1873-1874. (Extrait des Annales de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Gand). Bruxelles 1878. ETH-Sig.: 72117
- Massau [1885]** Massau, Junius: Mémoire sur l'intégration graphique et ses applications (Éxtrait de Revue universelle des mines tome XVI, 1884). Paris-Liège 1885. 731 S. u. 24 Taf.
- Massau [1887]** Massau, Junius: Note sur les intégraphes. Paris 1887. 32 S.
- Massau [1890]** Massau, Junius: Appendice au mémoire sur l'intégration graphique et ses applications (Éxtrait de Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand, tome XII, 3ème livraison, 1884). Annales de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Gand (1890), S. 259-262. 264 S., 2 Taf.
- Maurer [1882]** Maurer, Maurice: Statique graphique appliquée aux constructions, toitures, planchers, poutres, ponts etc. Paris 1882. [Ungarisch: Graphostatika. 1883] LGS
- Maury [1840]** Maury, M. F.: Sailing directions. Washington 1840. ETH-Sig.: 7123 (vermisßt)
- Maury [1852]** Maury, M. F.: Explanations and sailing directions to accompany the wind and

current charts. 4 ed. (8. ed. 1858-59). Washington 1852. ETH-Sig.: 7318

- Maw [1872]** Maw, W. H.: Modern examples of road and railway bridges. London 1872. ETH-Sig.: 2623
- Maxwell [1856]** Maxwell, James Clerk: Description of a new form of the Platometer, an instrument for measuring the areas of plane figures drawn on paper. Transactions of the Royal Society of Edinburgh 4 (1856), Part 4. In: Maxwell 1890, Bd 1, S. 230-237
- Maxwell [1864]** Maxwell, James Clerk: On the Calculation of the Equilibrium and Stiffness of Frames. Phil. Mag. (4) 27 (1864), S. 294-299. In: Maxwell 1890, Bd 1, S. 598-604
- Maxwell [1864]** Maxwell, James Clerk: On reciprocal figures and diagrams of forces. Phil. Mag. (4), 27 (1864), S. 250-261. In: Maxwell 1890, Bd 1, S. 514-525
- Maxwell [1867]** Maxwell, James Clerk: On the application of the theory of reciprocal polar figures to the construction of diagrams of forces. Engineering 24 (1867), S. 402
- Maxwell [1870 Reciprocal]** Maxwell, James Clerk: On reciprocal figures, frames, and diagrams of forces. Transactions of the Royal Society of Edinburgh 26 (1870), S. 1ff. In: Maxwell 1890, Bd 2, S. 161-207.
- Maxwell [1876]** Maxwell, James Clerk: On Bow's method of drawing diagrams in graphical statics with illustrations from Peaucellier's linkage. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society's 2 (1876), S. 407-414. In: Maxwell 1890, Bd 2, S. 492-497.
- Maxwell [1890]** Maxwell, James Clerk: Scientific papers. Ed. W. Niven. 2 vols. Cambridge 1890
- Mayor [1910]** Mayor, Benjamin: Statique graphique des systèmes de l'espace. Lausanne 1910. 208 S. u. 7 Taf. Quelle: Pogg. V.
- Mayor [1926]** Mayor, Benjamin: Introduction à la statique graphique des systèmes de l'espace. Préface de Maurice Paschoud. Cours de l'École d'Université de Lausanne. Lausanne 1926. LGS
- McElroy [1887]** McElroy, G. W.: Description of cubical integrator. Annals of Mathematics, Cambridge Massachuset 3 (1887), S. 105-108
- Mehmke [1889]** Mehmke, Rudolf: Ein graphisches Interpolationsverfahren. ZVDI 33 (1889) S. 583-584
- Mehmke [1893]** Mehmke, Rudolf: Zur Geschichte der Rechenmaschinen. JDMV 3 (1893), S. 59-62
- Mehmke [1902]** Mehmke, Rudolf: Numerisches Rechnen. Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften Band I F, S. 938-1079, 79 Abb.
- Mehmke [1903]** Mehmke, Rudolf: Bemerkungen zur Geometrographie von M. E. Lemoine. JDMV 12 (1903), S. 113-116
- Mehmke [1903]** Mehmke, Rudolf: Zur graphischen Kinematik und Dynamik. JDMV 12 (1903), S. 561-563
- Mehmke [1916]** Mehmke, Rudolf: Neue Konstruktionen für Inhalt, Schwerpunkt und Mohr-Landsche Trägheitskreise beliebig begrenzter ebener Flächen. In: Otto Mohr-Festschrift. 1916, S. 173-192
- Mehmke [1917]** Mehmke, Rudolf: Leitfaden zum graphischen Rechnen. Leipzig. Berlin 1917
- Mehmke [1924]** Mehmke, Rudolf: Leitfaden zum graphischen Rechnen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig. Wien 1924
- Mehrtens [1898]** Mehrtens, Georg Christoph: Der Brückenbau sonst und jetzt. Vortrag gehalten am 2. November 1897 im Technischen Verein zu Frankfurt am Main. Sonderdruck aus: Schw. Bau. 32 (1898). 32 S.

- Mehrtens [1900]** Mehrtens, Georg Christoph: Der Deutsche Brückenbau im XIX. Jahrhundert. Denkschrift bei Gelegenheit der Weltausstellung des Jahres 1900 in Paris. (Auch in Französisch erschienen). Berlin 1900. IV, 134 S. u. 195 Abb.
- Mehrtens [1903-05]** Mehrtens, Georg Christoph: Vorlesungen über die Statik der Baukonstruktionen. Leipzig 1903-05. LGS
- Mehrtens [1914]** Mehrtens, Georg Christoph: Graphostatik. In: Foerster, Max: Taschenbuch für Bauingenieure. 1. Auflage 1911. Berlin 1914. LGS
- Mehrtens [1981]** Mehrtens, Herbert: Social History of Nineteenth Century Mathematics. Boston. Basel. Stuttgart 1981
- Mengel [1873]** Mengel, G.: Ueber die Benutzung des Polarplanimeters bei den Erdmassenberechnungen der Auf- und Abträge von Eisenbahn- und Straßen-Anlage oder allgemein von Körpern mit dominirender Längenausdehnung und normaler Querprofilgestaltung als Bach- und Fluß-Correction, Deich- und Canalanlagen u. s. w. Civilingenieur 19 (1873), S. 459-482, Taf. 27-28
- Merriman [1877]** Merriman, Mansfield: On the Moments and Reactions of continuous girders. Journal of the Franklin Institute 69 (1875), S. 206ff, 255ff. Quelle: FdM 9 (1877), S. 620
- Mery [1840]** Mery: Mémoire sur l'équilibre des voûtes en berceau. Annales des Ponts et Chaussées 1e Sem. 50 p. Quelle: Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 34. ETH-Sig.: 2212
- Meyer [1907]** Meyer, Alfred Gotthold: Eisenbauten: Ihre Geschichte und Ästhetik. Nach des Verfassers Tode zu Ende geführt von Wilhelm Freiherr von Tettau. Esslingen 1907
- Meyer [1867]** Meyer, Hermann von: Die Architektur der Spongiosa. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin 47 (1867), 615-628
- Meyer [1873]** Meyer, Hermann von: Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerstes. Leipzig 1873
- Meyer [1882]** Meyer, Jean: Le Dr. Charles Culmann ingénieur et professeur a l'école polytechnique fédérale a Zürich. Notice biographique. Tirage spécial pour la Société des anciens élèves de l'école polytechnique. Lausanne 1882. ETH-Sig.: 92466
- Michot [1843]** Michot, Felix: Instruction sur la stabilité des constructions. École d'application de l'Artillerie de du Génie. Metz (Vermutlich) 1843. Lithographierte Handschrift 134 S., zahlr. Abb. ETH-Sig.: 2374
- Migotti [1873]** Migotti: Über Cremona's Behandlung der graphischen Statik mit Hilfe reziproker Figuren. Zeitschrift Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Vereinigung 25 (1873) Heft 13-15. Quelle: Civilingenieur 20 (1974), Literatur- und Notizblatt, S. 37
- Mislin [1988]** Mislin, M.: Geschichte der Baukonstruktion und Bautechnik. Düsseldorf 1988.
- Möbius [1827]** Möbius, August Ferdinand: Über eine besondere Art dualer Verhältnisse zwischen Figuren im Raum. Journal für die reine und angewandte Mathematik 10 (1833), S. 317-341
- Möbius [1827]** Möbius, August Ferdinand: Der barycentrische Calcul. In: Gesammelte Werke. Band 1. Leipzig 1827
- Möbius [1827]** Möbius, August Ferdinand: Über die Zusammensetzung gerader Linien und eine daraus entspringende neue Begründungsweise des barycentrischen Calculs. Journal für die reine und angewandte Mathematik 128 (1844), S. 1-9
- Möbius [1837]** Möbius, August Ferdinand: Lehrbuch der Statik. 1. und 2. Teil. Nachdruck in: Gesammelte Werke Band 3. Leipzig 1837

- Möbius [1843]** Möbius, August Ferdinand: Die Elemente der Mechanik des Himmels, auf neuem Wege ohne Hülfe höherer Rechnungsarten dargestellt. Leipzig 1843.
- Möbius [1885-1887]** Möbius, August Ferdinand: Gesammelte Werke. Band 1 bis 5. Neudruck: Wiesbaden 1967. Leipzig 1885-1887
- Modigliano [1877]** Modigliano, Cesare: Sulla posizione più favorevole di un sistema di carichi su di una trave sostenuta da due appoggi. Mémoires et Compte Rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils 3 (1877), S. 119-121
- Modigliano [1877]** Modigliano, Cesare: Sul viaggio della sezione pericolosa lungo una trave sostenuta da due appoggi. Mémoires et Compte Rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils 3 (1877), S. 166-169
- Modigliano [1877]** Modigliano, Cesare: Sulla Posizione più favorevole di un sistema di carichi su di una trave sostenuta da due appoggi. Sonderdruck aus. L'Ingegneria Civile e le Arti Industriali. Torino 3 (1877). 4 S., 1 Taf ETH-Sig.: 2486
- Mohr [1828]** Mohr, Georg: Euclides Danicus. Amsterdam 1672, hrsg. von J. Hjelmslev, deutsche Übersetzung von J. Pál. Kopenhagen 1828
- Mohr [1868]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisenconstruktionen. ZAI-VHann. 14 (1868), S. 19-51, Taf. 397-400
- Mohr [1870]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisenconstruktionen. ZAI-VHann. 16 (1870), S. 41-63
- Mohr [1870]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie der elastischen Bogenträger. ZAI-VHann. 16 (1870), S. 389-404
- Mohr [1871]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie des Erddrucks. ZAI-VHann. 17 (1871), S. 344-372, Taf. 512. ETH-Sig.: 2400
- Mohr [1874]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie der Bogenfachwerkträger. ZAI-VHann. 20 (1874), S. 223-238, Taf. 597
- Mohr [1874]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie des Fachwerks. ZAI-VHann. 20 (1874), 509-526, Tab. 609, Taf. 610; 21 (1875), S. 17ff
- Mohr [1875]** Mohr, Otto: Die graphische Statik und das graphische Rechnen. Literarische Revue. Civilingenieur 21 (1875), 229-238
- Mohr [1876]** Mohr, Otto: Über die Zusammensetzung der Kräfte im Raume. Civilingenieur 22 (1876), S. 121-130, Taf. 7 u. 8
- Mohr [1877]** Mohr, Otto: Beiträge zur Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen. ZAI-VHann. 23 (1877), S. 51-66
- Mohr [1877]** Mohr, Otto: Technische Mechanik. Nach den Vorlesungen von Mohr herausgegeben vom Ingenieur-Verein am Polytechnikum in Stuttgart. Stuttgart 1877
- Mohr [1878]** Mohr, Otto: Technische Mechanik, bearbeitet vom Ingenieur-Verein am Polytechnikum Stuttgart, nach Vorlesungen von Mohr. Stuttgart 1878. ETH-Sig.: 4440
- Mohr [1879]** Mohr, Otto: Die geometrische Konstruktion der Beschleunigungen der ebenen Bewegung. Civilingenieur 25 (1879), S. 613-620
- Mohr [1882]** Mohr, Otto: Über die Darstellung des Spannungszustandes und des Deformationszustandes eines Körperelementes und über die Anwendung derselben in der Festigkeitslehre. Civilingenieur 28 (1882), S. 113-156
- Mohr [1883]** Mohr, Otto: Über die Verteilung der exzentrischen Druckbelastung eines Mauerwerkkörpers. ZAI-VHann. 29 (1883), S. 163-164
- Mohr [1885]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie des Fachwerks. Civilingenieur 31 (1885), S. 289-310
- Mohr [1886]** Mohr, Otto: Eine Aufgabe der graphischen Statik. Civilingenieur 32 (1886),

535-538

- Mohr [1887]** Mohr, Otto: Über die Bestimmung und die graphische Darstellung von Trägheitsmomenten ebener Flächen. *Civilingenieur* 33 (1887), S. 43-68
- Mohr [1887 Kine]** Mohr, Otto: Über Geschwindigkeitspläne und Beschleunigungspläne. Ein Beitrag zur graphischen Kinematik. *Civilingenieur* 33 (1887), S. 631-650
- Mohr [1888]** Mohr, Otto: Theorie der Streckensysteme. *Civilingenieur* 34 (1888), S. 691-736
- Mohr [1889]** Mohr, Otto: Einige Aufgaben der graphischen Statik. *Civilingenieur* 35 (1889), S. 237-248
- Mohr [1897]** Mohr, Otto: Zur Frage der Ingenieurserziehung. *ZVDI* 41 (1897), S. 113-115
- Mohr [1899]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie der Träger. *ZAI VHann.* 45 (1899), S. 586-589
- Mohr [1902]** Mohr, Otto: Beiträge zur Theorie des Raumfachwerks. *Zentralblatt der Bauverwaltung* (1902), S. 205ff, 634ff
- Mohr [1907]** Mohr, Otto: Eine neue Theorie des Erddrucks. *ZAI VHann.* (1907), S. 441-454
- Mohr [1910]** Mohr, Otto: Beiträge zur Theorie des Fachwerks. *Der Eisenbau* (1910), S. 2ff, S. 93ff
- Mohr [1910]** Mohr, Otto: Beitrag zur Theorie des Erddrucks. *Schw. Bau.* (1910), S. 53ff, 315ff
- Mohr [1911]** Mohr, Otto: Graphische Zusammensetzung und Zerlegung von räumlichen Kräftegruppen. *ZfMPh* 60 (1911), S. 143f
- Mohr [1912]** Mohr, Otto: Die Berechnung der Nebenspannungen in Fachwerken mit steifen Knotenverbindungen. *Der Eisenbau* (1912), S. 181ff
- Mohr [1914]** Mohr, Otto: Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik. Dritte erweiterte Auflage (1. Auflage 1906, 2. Auflage 1914). 1914
- Mohr [1916]** Mohr, Otto: Die Theorie des statisch unbestimmten Fachwerks. *Zentralblatt der Bauverwaltung* (1916), S. 285ff
- Mohr [1916]** Mohr, Otto: Otto Mohr zum achtzigsten Geburtstage. Berlin 1916. [Mit kommentierter Liste der Mohr-Arbeiten.]
- Mohr [1928]** Mohr, Otto: Abhandlungen aus dem Gebiete der technischen Mechanik. Dritte erweiterte Auflage (1. Auflage 1906, 2. Auflage 1914). Berlin 1928
- Molk [1906]** Molk, J.: *Encyclopédie des sciences mathématiques*, 1, 4, 1. Paris 1906
- Monge [1788]** Monge, Gaspard: *Traité élémentaire de statique*. Paris 1788
- Monge [1806]** Monge, Gaspard: *Anfangsgründe der Statik*. Aus dem Französischen übersetzt und mit Erläuterungen versehen von E. M. Hahn. Berlin 1806
- Monge [1900]** Monge, Gaspard: *Darstellende Geometrie*. Übersetzt und herausgegeben von Robert Hausner. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften 117). Leipzig 1900
- Montesano [1885]** Montesano, Domenico: *Corrispondenza reciproca fra due sistemi dello spazio*. Napoli 1885. 55 S.
- Morley [1899]** Morley, Frank: The »no-rolling« curves of Amsler's Planimeter. *Annals of Mathematics*, Cambridge Mass 1 (1899), S. 21-30
- Mörsch [1904]** Mörsch, Emil: *Der Betoneisenbau, seine Theorie und Anwendung*. Stuttgart 1904
- Mörsch [1906]** Mörsch, Emil: *Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung*. 2., vermehrte und verbesserte Auflage. Stuttgart 1906. VIII, 252 S. u. 227 Abb.

- Most [1869]** Most: Ueber eine allgemeine Methode, geometrisch den Schwerpunkt beliebiger Polygone und Polyeder zu bestimmen. Arch. Math. Phys. 49 (1869), S. 355ff
- Müller [1893]** Müller, Emil: Neue Methode zur Herleitung der statischen Gesetze. Mitteilungen des k. k. Technologischen Gewerbemuseums in Wien neue Folge 3 (1893), S. 17-72
- Müller [1899]** Müller, Emil: Über die reziproken Figuren der graphischen Statik. Königsberg 1899
- Müller [1905]** Müller, Emil: Die darstellende Geometrie als eine Versinnlichung der abstrakten projektiven Geometrie. JDMV 14 (1905), S. 569-574
- Müller [1908]** Müller, Emil: Lehrbuch der darstellenden Geometrie für technische Hochschulen. 1. Band. Leipzig, Berlin 1908
- Müller [1910]** Müller, Emil: Anregungen zur Ausgestaltung des darstellend-geometrischen Unterrichts an technischen Hochschulen und Universitäten. JDMV 19 (1910), S. 19-24.
- Müller [1910-1926]** Müller, Emil: Technische Übungsaufgaben für darstellende Geometrie. Heft I bis VI. Wien. Leipzig 1910-1926
- Müller [1911]** Müller, Emil: Die Heranbildung der Lehramtskandidaten für darstellende Geometrie und die neue Prüfungsordnung. Österreichische Mittelschule 25 (1911), S. 5-18.
- Müller [1919]** Müller, Emil: Geschichte der darstellenden Geometrie, ihre Lehre und Bedeutung an den technischen Hochschulen Österreichs. Zeitschrift Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Vereinigung 1919 (Heft 10, 13, 17)
- Müller [1907]** Müller, Felix: Besprechung von Simon: Über die Entwicklung der Elementargeometrie im 19. Jahrhundert. Bibl. math. (3) 7 (1907), S. 406-418
- Müller [1874]** Müller, Johann: Die konstruktive Zeichenlehre oder die Lehre von Grund- und Aufriss, der Parallelperspective und der Schattenconstruction. Für technische Lehranstalten und für den Selbstunterricht. Aufl. 2. Braunschweig 1874
- Müller-Bertossa [1897]** Müller-Bertossa, J. August: Anleitung zum Rechnen mit dem logarithmischen Rechenschieber. 2. Auflage. Zürich 1897
- Müller-Breslau [1881]** Müller-Breslau, Heinrich: Elemente der graphischen Statik der Baukonstruktionen für Architekten und Ingenieure. Berlin 1881. LGS ETH-Sig.: 2370
- Müller-Breslau [1886]** Müller-Breslau, Heinrich: Éléments de statique graphique appliquée aux constructions. 1. Poutres droites poussées de terres-voûtes, 2. Poutres continues applications numériques. Avec un atlas de 29 planches. Paris 1886. LGS ETH-Sig.: 2479:TEXT, :ATLAS
- Müller-Breslau [1886]** Müller-Breslau, Heinrich: Die neueren Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen. Leipzig 1886. ETH-Sig.: 2585
- Müller-Breslau [1887]** Müller-Breslau, Heinrich: Theorie statisch unbestimmter Systeme unter Berücksichtigung der Anfangsspannungen. Zeitschrift Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Vereinigung 39 (1887), S. 157ff
- Müller-Breslau [1887]** Müller-Breslau, Heinrich: Beitrag zur Theorie des ebenen Fachwerks. Schw. Bau. 9 (1887), S. 121-123 u. 10 (1887), S.129-131
- Müller-Breslau [1887]** Müller-Breslau, Heinrich: Zur Frage der Berücksichtigung der Anfangsspannungen bei der Berechnung von Trägern. Zeitschrift Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Vereinigung 12 (1887), S. 107-109
- Müller-Breslau [1887, 1892, 1908]** Müller-Breslau, Heinrich: Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Leipzig 1887. 2.Aufl., 1892, 1908. LGS

- Müller-Breslau [1887/88]** Müller-Breslau, Heinrich: Zur Theorie der ebenen Träger. Schw. Bau. 10 (1887), S.129-131; 11 (1888), S. 45-47
- Müller-Breslau [1891/92]** Müller-Breslau, Heinrich: Beitrag zur Theorie des räumlichen Fachwerks. Zentralblatt der Bauverwaltung 11 (1891/92), S. 437ff
- Müller-Breslau [1903]** Müller-Breslau, Heinrich: Die graphische Statik der Baukonstruktionen. 3. wesentlich vermehrte Auflage. II. Band. 1. Abteilung. Leipzig 1903
- Müller-Breslau [1906]** Müller-Breslau, Heinrich: Erddruck auf Stützmauern. Stuttgart 1906
- Napoli [1885]** Napoli, D.: Sur un nouveau modèle d'intégraphe. C.R. 101 (1885), S. 592-595
- Navier [1826]** Navier, C. Louis Marie Henry: Résumé des leçons données à l'Ecole Royale des Ponts et Chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines. Paris 1826. 440 S., 5 Taf.
- Navier [1851]** Navier, C. Louis Marie Henry: Mechanik der Baukunst (Ingenieur-Mechanik) oder Anwendung der Mechanik auf das Gleichgewicht von Bau-Constructionen. Deutsch von G. Westphal. Hannover 1851
- Nedoluha [1960]** Nedoluha, Alois: Kulturgeschichte des technischen Zeichnens. Wien 1960
- Nehls [1872]** Nehls, Christian: Der Amsler'sche Integrator. ZAVHann. 18 (1872). Sonderdruck. 8 S. ETH-Sig.: 2418q
- Nehls [1874]** Nehls, Christian: Über den Amsler'schen Polarplanimeter und über graphisch-mechanisches Integriren im Allgemeinen. Sonderdruck aus: Civilingenieur 20 (1874), S. 71-123, Taf. 8 u. 9. 56 S. mit 6 Taf. ETH-Sig.: 11043
- Nehls [1874]** Nehls, Christian: Graphisch-mechanische Bestimmung des aequatorialen Trägheitsmomentes einer gegebenen Figur in Bezug auf eine Schwerpunkt-Achse. Civilingenieur 20 (1874), S. 295-300, Taf. 24. ETH-Sig.: 11043
- Nehls [1875]** Nehls, Christian: Ueber graphisch-mechanisches Integriren. Civilingenieur 21 (1875), S. 131-148, S. 262-272
- Nehls [1877]** Nehls, Christian: Über graphische Integration und ihre Anwendung in der graphischen Statik. Hannover 1877. LGS ETH-Sig.: 7379
- Nehls [1882]** Nehls, Christian: Über graphische Integration und ihre Anwendung in der graphischen Statik. Zweite Ausgabe. Leipzig 1882. 223 S. u. 13 Taf.
- Nehls [1882]** Nehls, Christian: Über graphische Rectification von Kreisbögen und verwandte Aufgaben. Hamburg 1882. 37 S., 2 Taf.
- Nehls [1885]** Nehls, Christian: Über graphische Integration und ihre Anwendung in der graphischen Statik. Leipzig 1885
- Nehls [1885]** Nehls, Christian: Der einfache Balken auf zwei Endstützen unter ruhender Last. Eine allgemeine Theorie der äusseren Kräfte auf Grundlage der Methode der graphischen Differentiation und Integration. Hamburg 1885. 192 S., 47 Taf. ETH-Sig.: 2471
- Neuendorff [1911]** Neuendorff, Richard: Praktische Mathematik I. Teil: Graphisches und numerisches Rechnen. Aus Natur und Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen. 341. Bändchen. Leipzig 1911. VI, 105 S., 69 Abb.
- Neumann [1887]** Neumann, C.: Grundzüge der analytischen Mechanik, insbesondere der Mechanik starrer Körper. Berichte über die Verhandlungen der Königlichen Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig (1887), S. 153-190
- O. N. [1827]** O. N.: Anweisung, durch Konstruktion die fuer ein jedes Gewoelbe noetige Staerke der Widerlager fuer die Praxis vollkommen hinreichend genau zu finden. O.

- Ort 1827. Quelle: Staatsbibliothek Berlin
- Obenrauch [1897]** Obenrauch, F. J.: Geschichte der darstellenden und projektiven Geometrie. Brönn 1897
- Oberliesen [1982]** Oberliesen, Rolf: Information, Daten und Signale. Geschichte technischer Informationsverarbeitung. (Reihe: Kulturgeschichte der Naturwissenschaften und der Technik). Reinbek bei Hamburg 1982.
- Ocagne [1881]** Ocagne, Maurice d': Remarque sur le centre de composition d'un système de forces quelconques dans le plan. Nou. Ann. math. 20 (1881), S. 201
- Ocagne [1891]** Ocagne, Maurice d': Nomographie, calculs usuels effectués au moyen des abaques. Paris 1891. 96 S.
- Ocagne [1899]** Ocagne, Maurice d': Traité de nomographie. Théorie des abaques, applications pratiques (2. Aufl. 1921). Paris 1899. 480 S. Quelle: DSB.
- Ocagne [1908]** Ocagne, Maurice d': Calcul graphique et Nomographie (2. Aufl. 1914). Paris 1908. XXVI, 392 S.
- Olivier [1868]** Olivier, A.: Ueber die konstruktive Lösung geometrischer Aufgaben des dritten und vierten Grades. Beilage zum Osterprogramm des Gymnasiums zu Schaffhausen. Schaffhausen 1868. 21 S., 1 Abb. ETH-Sig.: 72117
- Olivier [1846]** Olivier, Théod.: Rapport fait par M. Théod. Olivier, au nom du comité des arts mécaniques, sur un abaque ou compteur universel, par M. Léon Lalanne. Sonderdruck der Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Paris 1846. 12 S. ETH-Sig.: 72217
- Ostenfeld [1904]** Ostenfeld, A: Technische Statik. Vorlesungen über die Theorie der Tragkonstruktionen. Aus dem Dänischen übersetzt von D. Skonge (oder Skouge). Leipzig 1904. LGS
- Ott [1913]** Ott, Karl (Technikum Bingen): Die Angewandte Mathematik an den deutschen mittleren Fachschulen der Maschinenindustrie. Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland der IMUK. Band IV, Heft 2. Leipzig. Berlin 1913
- Ott [1869]** Ott, Karl von: Grundzüge der neueren Geometrie oder Geometrie der Lage. 2. Ausgabe. Prag 1869. 92 S., 109 Abb. u. 2 Taf. Quelle: NUC, Bd. 434, S. 689.
- Ott [1870-1893]** Ott, Karl von: Vorträge über Baumechanik. Gehalten am Deutschen Polytechnicum in Prag. 1 Theil: Die Statik des Erdbaues, der Futtermauern und der Gewölbe. Theil 2: Die Elastizitäts-Theorie und ihre Anwendung auf Holz- und Eisenkonstruktionen mit besonderer Rücksicht auf den Dach- und Brückenbau. Prag 1870
- Ott [1871]** Ott, Karl von: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. Aus dem IX. Programm der d. Oberrealschule besonders abgedruckt. Prag 1871. LGS ETH-Sig.: 72 440 u. 2293:1
- Ott [1872]** Ott, Karl von: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. 2. erweiterte Auflage. Prag 1872. LGS
- Ott [1874 Gra. Stat.]** Ott, Karl von: Die Grundzüge des graphischen Rechnens und der graphischen Statik. Dritte erweiterte Auflage. Prag 1874 Gra. Stat. LGS
- Ott [1874 Rechen]** Ott, Karl von: Der logarithmische Rechenschieber. Theorie und Gebrauch desselben. Separat-Abdruck aus dem Programm der k. k. deutschen Oberrealschule 1872/73. Prag 1874 Rechen. 51 S., zahlr. Abb. ETH-Sig.: 2293:1
- Ott [1875]** Ott, Karl von: Fünfstellige Logarithmentafeln. Prag 1875. ETH-Sig.: 71688
- Ott [1876]** Ott, Karl von: The Elements of Graphic Statics. Translated from the German by G. S. Clarke. Weitere unveränderte Auflagen 1885, 1895, 1901 und 1905. Übersetzung der 3. Aufl. Prag 1874. London 1876. LGS

- Ott [1877]** Ott, Karl von: Elementi del Calcolo grafico e della statica grafica. Traduzione di G. Perelli. Milano 1877. LGS
- Ott [1879]** Ott, Karl von: Das graphische Rechnen und die graphische Statik (Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage). Erster Theil: Das graphischen Rechnens. Prag 1879. LGS
- Ott [1880-1893]** Ott, Karl von: Vorträge über Baumechanik. 3 Bände (1. Bd 3. Aufl., 2. Bd 2. Aufl.). Prag 1880-1893
- Ott [1884]** Ott, Karl von: Das graphische Rechnen und die graphische Statik. Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage. Zweiter Teil: Grundzüge der graphischen Statik. 1. Abtheilung: Die Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, sowie die Statik der geradachsigen einfachen Fachwerk-Träger enthaltend. Prag 1884. LGS. ETH-Sig.: 2476
- Ott [1885]** Ott, Karl von: Das graphische Rechnen und die graphische Statik. Vierte gänzlich umgearbeitete Auflage. Zweiter Teil: Grundzüge der graphischen Statik. II. Abtheilung: Die Elemente der Festigkeitslehre, sowie die Statik der continuirlichen Träger, der Bogenfachwerke, der Kuppel- und Zeldächer, ferner die die Bestimmung des Erddruckes, der Stabilität der Stützmauern und Gewölbe enthaltend. Prag 1885. LGS ETH-Sig.: 2476
- Ott [1891]** Ott, Karl von: Der logarithmische Rechenschieber. Theorie und Gebrauch desselben. 2. Auflage. Prag 1891. S. 67, zahlr. Abb., 1 Taf. ETH-Sig.: 2293
- Ott [o. J.]** Ott, Karl von: Schulnachrichten. Vom k. k. Regierungsrathe Karl von Ott (In collected monographs. v. 60. Prag o. J. Quelle: NUC Bd. 434, S. 689.
- Otzen [1911]** Otzen, Robert: Praktische Winke zum Studium der Statik und zur Anwendung ihrer Gesetze. Ein Handbuch für Studierende und praktisch tätige Ingenieure. Wiesbaden 1911. LGS
- Otzen [1914]** Otzen, Robert: Praktische Winke zum Studium der Statik und zur Anwendung ihrer Gesetze. Ein handbuch für Studierende und praktisch tätige Ingenieure. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Wiesbaden 1914. LGS
- Padeletti [1874]** Padeletti, Dino: Ueber die graphische Bestimmung der Kugel- und Hül-sengewichte an Centrifugalregulatoren. Civilingenieur 20 (1874), S. 389-404, Taf. 29
- Padeletti [1876]** Padeletti, Dino: Sulla teoria dei poligoni e delle curve funicolari. Giornale di matematiche ad uso degli studenti delle università italiane pubblicato per cura del Prof. G. Battaglini 14 (1876), S. 14-47. Quelle: FdM 8 (1876), S. 560
- Padeletti [1877]** Padeletti, Dino: Sul Concetto di coppia in cinematica. Giornale di Matematiche ad uso degli studenti delle università italiane pubblicata per cura del Professore G. Battaglini XV, S. 54-62, 101-110, 178-186, 248-256. Quelle: FdM 9 (1877), S. 604
- Padeletti [1879]** Padeletti, Dino: Studi sui diagrammi reciprochi. Giornale di Matematica 17 (1879), S. 339ff. Quelle: Scholz [1989]
- Padeletti [1881]** Padeletti, Dino: Sull' equivalenza astatica di un sistema di forze nella rotazione intorno ad un asse. Rendiconti dell'academie delle scienze fisiche e matematiche di Napoli 20 (1881), S. 247ff. Quelle: FdM 13 (1881), S. 681
- Padeletti [1881]** Padeletti, Dino: Nota sulla catenaria. Giornale di Matematiche ad uso degli studenti delle università italiane pubblicata per cura del Professore G. Battaglini 19 (1881), S. 328-332. Quelle: FdM 13 (1881), S. 682
- Padeletti [1889]** Padeletti, Dino: Sulla comosizione grafica delle forze neollo spazio. Rendiconti dell'academie delle scienze fisiche e matematiche di Napoli (2) III (1889), S. 125-127. Quelle: FdM 21 (1889), S. 879f
- Pambour [1835]** Pambour, P. M. G. v.: Traité théoretique et pratique des machines loco-

- motives. Paris 1835. ETH-Sig.: 4446
- Pambour [1840]** Pambour, P. M. G. v.: *Traité théorique et pratique des machines locomotives*. 2. éd. Paris 1840. Paris 1840. ETH-Sig.: 4495
- Papperitz [1901]** Papperitz, Erwin: *Über die wissenschaftliche Bedeutung der darstellenden Geometrie und ihre Entwicklung bis zur systematischen Begründung durch Gaspard Monge*. Rektoratsrede. Freiberg 1901
- Pasch [1926]** Pasch, Moritz: *Vorlesungen über die neuere Geometrie*. Mit einem Anhang: *Die Grundlegung der Geometrie in historischer Entwicklung von Max Dehn*. 2. Aufl. Berlin 1926
- Patton [1902]** Patton, E.: *Beitrag zur Berechnung der Nebenspannungen infolge starrer Knotenverbindungen bei Brückenträgern, mit 5 Zusammenstellungen von Zeichnungen, zum Gebrauche beim Entwerfen eiserner Brücken*. Hannover 1902
- Paul [1980]** Paul, Matthias: *Gaspard Monges »Géométrie descriptive« und die École Polytechnique*. IDM der Universität Bielefeld, Materialien und Studien, Bd. 17. Bielefeld 1980
- Pauli [1856]** Pauli, Friedrich August von: *Bericht über die projektirten Eisenbahnen zwischen Bern und Morsee*. 1856. ETH-Sig.: 3001
- Pauli [1863]** Pauli, Friedrich August von: *Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz, Notizen über die Eisenconstruction nach Pauli's System*. Mit Atlas. Mainz 1863.
- Paulus [1866]** Paulus, Christian: *Zeichnende Geometrie, zum Schulunterricht und zum Privatstudium*. Stuttgart 1866. ETH-Sig.: 7767
- Peaucellier [1876]** Peaucellier: *Rapport sur un mémoire relatif aux conditions de stabilité des voûtes en berceau*. C. R. 82 (1876), S. 362-365
- Peiffer [1876]** Peiffer: *Die Geometrie als Hülfsmittel zur Auflösung höherer algebraischer Gleichungen*. Siegen 1876
- Person [1897]** Person, Benjamin: *Tabellen zur Bestimmung der Trägheitsmomente symmetrischer und unsymmetrischer beliebig zusammengesetzter Querschnitte*. Zürich 1897
- Pestalozzi [1835]** Pestalozzi, Johann Heinrich: *Anschauungslehre der Zahlenverhältnisse [1803]*. In: *Sämtliche Werke*, Bd. 16. Berlin. Leipzig 1835
- Pestalozzi [1858]** Pestalozzi, Johann Heinrich: *ABC der Anschauung oder Anschauungslehre der Maßverhältnisse [1803]*. In: *Sämtliche Werke*, Bd. 15. Zürich 1858
- Peters [1981]** Peters, Tom F.: *Time is Money. Die Entwicklung des modernen Bauwesens*. Stuttgart 1981. 275 S., 120 Abb.
- Peters [1987]** Peters, Tom F.: *Transitions in Engineering. Guillaume Henri Dufour and the Early 19th Century Cable Suspension Bridges*. With a Foreword by André Corboz. Basel. Boston 1987
- Petersen [1871]** Petersen, Julius: *Om Ligninger, der løses ved Kvadratrod, med Anvendelse paa Problemers Lösning ved Passer og Lineal*. Dissertation. Kopenhagen 1871
- Petersen [1879]** Petersen, Julius: *Methoden und Theorien zur Auflösung geometrischer Constructions-Aufgaben*. Aus dem Dänischen durch R. v. Fischer-Benzon. Kopenhagen 1879. ETH-Sig.: 71929
- Petersen [1881]** Petersen, Julius: *Statik*. Forelæsinger holdte ved den polytekniske Lærestalt. Kopenhagen 1881. LGS
- Petersen [1882]** Petersen, Julius: *Lehrbuch der Statik fester Körper*. Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Dr. R. von Fischer-Benzon. Kopenhagen 1882. LGS ETH-Sig.: 73245

- Petersen [1884]** Petersen, Julius: Kinematik Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Dr. R. von Fischer-Benzon. Kopenhagen 1884. 80 S. ETH-Sig.: 73245
- Petersen [1887]** Petersen, Julius: Lehrbuch der Dynamik fester Körper. Deutsche Ausgabe unter Mitwirkung des Verfassers besorgt von Dr. R. von Fischer-Benzon. Kopenhagen 1887. LGS ETH-Sig.: 73245
- Petrovitch [1889]** Petrovitch, Michel: Sur un procédé d'intégration graphique des équations différentielles. C. R. 124 (1889), S. 1081ff. Quelle: ZfMPH 35 (1890), S. 111
- Petzold [1985]** Petzold, Hartmut: Rechnende Maschinen. Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung. Düsseldorf 1985
- Petzold [1992]** Petzold, Hartmut: Moderne Rechenkünstler. München 1992
- Piccard u. Cuénoud [1861]** Piccard u. Cuénoud: De l'évaluation mécanique des surfaces planes. Sonderdruck aus: Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelle, Nr. 48. Lausanne 1861. ETH-Sig.: 72117
- Pickersgill [1898]** Pickersgill: Das Zeichnen und der Zeichenunterricht. Vortrag auf der Sitzung des Württembergischen Bezirksvereins des VDI vom 5. April 1898. ZVDI 42 (1898), S. 647-652
- Pietzker [1895]** Pietzker, Felix.: Bücherschau: Gustav Holzmüller: Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik. Erster und zweiter Teil. Leipzig 1894. ZVDI 39 (1895), S. 233-234
- Pietzker [1895]** Pietzker, Felix: Bücherschau: Gustav Holzmüller: Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik. Dritter Teil. Leipzig 1894. ZVDI 39 (1895), S. 515-517
- Pirlet [1909]** Pirlet, J.: Fehleruntersuchung bei der Berechnung mehrfach statisch unbestimmter Systeme. Dissertationsschrift. Aachen 1909. Quelle: Scholz [1989]
- Plücker [1835]** Plücker, Julius: Neue Geometrie des Raumes, gegründet auf die Betrachtung der geraden Linie als Raumelement. Teil I. Leipzig 1835
- Plücker [1835]** Plücker, Julius: System der analytischen Geometrie; auf neue Betrachtungsweise gegründet, und insbesondere eine ausführliche Theorie der Kurven dritter Ordnung enthaltend. Berlin 1835
- Plücker [1869]** Plücker, Julius: Neue Geometrie des Raumes, gegründet auf die Betrachtung der geraden Linie als Raumelement. Teil II. Hrsg. Felix Klein. Leipzig 1869
- Poinsot [1804]** Poinsot, Louis: Éléments de statique à l'usage des lycées. Paris 1804
- Poinsot [1842]** Poinsot, Louis: Éléments de statique suivis de quatre mémoires. Paris 1842. 526 S., 4 Taf. ETH-Sig.: 4625
- Poinsot [1851]** Poinsot, Louis: Théorie nouvelle de la rotation des corps. Journal de Mathématique 16 (1851), S. 9-129, 289-336
- Poncelet [1822]** Poncelet, Jean Victor: Traité des propriétés projectives des figures. Paris 1822
- Poncelet [1829]** Poncelet, Jean Victor: Cours de mécanique industrielle, professés de 1828 à 1829. 2e partie, redigée par Capitaine Gosselin. Metz 1829
- Poncelet [1829]** Poncelet, Jean Victor: Théorie générale des polaires réciproques. Journal de Mathématique 4 (1829), S. 1-71
- Poncelet [1835]** Poncelet, Jean Victor: Solution graphique des principales questions sur la stabilité des voûtes. Mémorial de l'officier du génie 12 (1835), S. 151-213, 1 Taf. ETH-Sig.: 2340
- Poncelet [1839]** Poncelet, Jean Victor: Cours de Mécanique industrielle. Exposant les principes de statique et dynamique, les organes mécanique et les moteurs. Liège. Brüs-

sel. Mons 1839

- Poncelet [1840]** Poncelet, Jean Victor: Mémoire sur la stabilité des revêtements et de leurs fondations. Note additionnelle sur les relations analytiques qui lient entre elles la poussée et la butée de la terre. Mémorial de l'officier du génie 13 (1840), S. 7-261, 262-270, 5 Taf. mit 54 Abb. ETH-Sig.: 2340
- Poncelet [1844]** Poncelet, Jean Victor: Über die Stabilität der Erdbekleidung und deren Fundamente. Aus dem Französischen übersetzt durch J. W. Lahmeyer. Braunschweig 1844. VIII, 270 S. u. 6 Taf. ETH-Sig.: 2595
- Poncelet [1876]** Poncelet, Jean Victor: Cours de mécanique appliquée aux machines. Publié par M. X. Kretz. Paris 1876
- Pöschl [1910]** Pöschl, Theodor: Beitrag zur graphischen Dynamik des starren ebenen Systems. ZfMPH 58 (1910), 17 S.
- Pöschl [1913]** Pöschl, Theodor: Berechnung von Behältern nach neuen analytischen und graphischen Methoden (mit v. Terzaghi). (2. Aufl. 1926). Berlin 1913. 80 S. 2. Aufl.: VI, 212 S.
- Prasser [1876]** Prasser: Proell'sche Regulatoren Vortrag in der Sitzung vom 10. Februar 1876 des Bergischen Bezirksvereins. ZVDI 20 (1876), S. 358-362
- Preu [1851]** Preu, E. Friedrich A.: Die schiefe Ebene auf der bayrisch-sächsischen Eisenbahn zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast in Oberfranken, mit beispielweisen Erläuterungen über schiefe Ebenen bei Eisenbahnen überhaupt. Allg. Bau. 16 (1851), S. 130-162 u. Taf. 398, 399
- Pringsheim [1904]** Pringsheim, Alfred: Über Wert und angeblichen Unwert der Mathematik. JDMV 13 (1904), S. 357-382
- Pröll [1873]** Pröll, Reinhold: Begründung graphischer Methoden zur Lösung dynamischer Probleme. Civilingenieur 19 (1873), S. 111-160, Taf. 8-11, S. 233-314, Taf. 17-19, S. 395-422, Taf. 21-22
- Pröll [1874]** Pröll, Reinhold: Versuch einer graphischen Dynamik. Leipzig 1874. LGS ETH-Sig.: 4359:1 u. :2
- Pröll [1874]** Pröll, Reinhold: Graphische Bestimmung der Ausfluggeschwindigkeit. Civilingenieur 20 (1874), S. 279-294, Taf. 24
- Pröll [1901]** Pröll, Reinhold: Proell's Rechentafel, nebst Gebrauchsanweisung. Berlin 1901
- Pröll [1901]** Pröll, Reinhold: Neue logarithmische Rechentafel. ZfMPH 46 (1901), S. 218-225
- Prüfungsordnung [1898]** Prüfungsordnung: für die Kandidaten des höheren Lehramts in Preußen. Nachdruck 1903. Halle a. S. 1898
- Pudney [1975]** Pudney, John: Brunel and his World. London 1975. 128 S.
- Purkert [1986]** Purkert, Walter: Zur Rolle der Mathematik bei der Entwicklung der Technikwissenschaften. Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften. Heft 11 (1986), S. 3-53
- Radinger [1872]** Radinger, J. Fr.: Die Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit. 2. Aufl. (3. Auflage 1892). Wien 1872. ETH-Sig.: 4333. 3. Aufl. 4759
- Ramisch [1899]** Ramisch: Eine neue graphostatische Methode. ZAIHVHann. 45 (1899), S. 281-286
- Ramme [1939]** Ramme, W.: Über die geschichtliche Entwicklung der Statik in ihren Beziehungen zum Bauwesen. Dissertation. Braunschweig 1939.
- Rankine [1857]** Rankine, William John Macquorn: On the stability of loose earth. Philosophical Transactions of the London Royal Society Vol 147, Part I 1856/57, S. 11ff.

- Rankine [1858]** Rankine, William John Macquorn: A manual of applied mechanics. London 1858
- Rankine [1862]** Rankine, William John Macquorn: A manual of civil engineering. London 1862. ETH-Sig.: 2081
- Rankine [1864]** Rankine, William John Macquorn: Principle of the equilibrium of polyhedral frames. Phil. Mag. (4) 27 (1864), S. 92
- Rankine [1865]** Rankine, William John Macquorn: Graphical measurement of elliptical and trochoidal arcs, and the construction of a circular arc nearly equal to a given straight line. Phil. Mag. 29 (1865), S. 22-25.
- Rankine [1865]** Rankine, William John Macquorn: A manual of civil engineering. 4. ed. London 1865
- Rankine [1866]** Rankine, William John Macquorn: Einige graphische Constructionen. Civilingenieur 12 (1866), S. 219-222.
- Rankine [1866]** Rankine, William John Macquorn: Graphische Methode zur Bestimmung des mittleren Drucks des expandierenden Dampfes. Civilingenieur 12 (1866), S. 223-224
- Rankine [1880]** Rankine, William John Macquorn: Handbuch der Bauingenieurkunst. Nach der 12. Auflage aus dem Englischen übersetzt von Franz Kreuter. Wien 1880. ETH-Sig.: 2357
- Rebhann [1850]** Rebhann, Georg: Graphische Bestimmung des Erddrucks an Futtermauern und deren Widerstandsfähigkeit. Allg. Bau. 15 (1850), S. 193-199
- Rebhann [1871]** Rebhann, Georg: Theorie des Erddrucks und der Futtermauern mit besonderer Rücksicht auf das Bauwesen. Wien 1871. ETH-Sig.: 2223
- Reich [1994]** Reich, Karin: Die Entwicklung des Tensorkalküls. Vom absoluten Differentialkalkül zur Relativitätstheorie. Basel u.a. 1994
- Reißner [1909]** Reißner, Hans: Theorie des Erddrucks: Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften.
- Reißner [1929]** Reißner, Hans: Allgemeine Statik und graphische Statik der Systeme starrer Körper. In: Handbuch physikalischer und technischer Mechanik. Bd. 1, 1. 1929. LGS
- Repertorium [1879]** Repertorium: der literarischen Arbeiten auf dem Gebiet der reinen und angewandten Mathematik. »Originalberichte der Verfasser«. Zweiter Band. Leipzig 1879. ETH-Sig.: 71667:2
- Résal [1873]** Résal, H.: Théorie du planimètre de Amsler. C. R. 25. 8. 1873. Quelle: Lévy [1874], S. 14
- Résal [1877]** Résal, H.: Recherche sur la poussée des terres et stabilité des murs de soutènement. Journal de mathématique pures et appliquées ou recueil mensuel des mémoires sur les diverses parties de mathématiques, par J. Liouville (3) 3 (1877), 115-153
- Reuleaux [1864]** Reuleaux, Franz: Die graphische Statik in ihrer Anwendung auf den Maschinenbau. Nach Vorträgen von Herrn Prof. Reuleaux berbeitet und herausgegeben vom Polytechnischen Verein. Als Manuscript autographirt. Zürich 1864. LGS ETH-Sig.: 4404 Rar
- Reuleaux [1868]** Reuleaux, Franz: Vorträge über Maschinenbaukunde. Herausgegeben von den Studierenden der Königl. Gewerbe-Akademie Berlin. Als Manuscript gedruckt. Berlin 1868. 3 Teile: 306 S., 151 S., 64 S.
- Reuleaux [1872]** Reuleaux, Franz: Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauch beim

- Maschinen-Entwerfen. Für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und technische Lehranstalten. Dritte sorgsam durchgearbeitete und erweiterte Auflage. 1. Aufl. 1861, 2. Aufl. 1865. Braunschweig 1872. LGS ETH-Sig.: 4294
- Reuleaux [1873]** Reuleaux, Franz: Le Constructeur. Edition française publiée sur la troisième édition allemande par MM. A. Debize et E. Merijot. Paris 1873. LGS
- Reuleaux [1875]** Reuleaux, Franz: Theoretische Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. Braunschweig 1875
- Reuleaux [1877]** Reuleaux, Franz: Briefe aus Philadelphia. Nachdruck mit Nachwort von Hans-Joachim Braun. Weinheim 1983. Braunschweig 1877
- Reuleaux [1882-89]** Reuleaux, Franz: Der Constructeur. Ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen. Für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und technische Lehranstalten. 4. Auflage. Braunschweig 1882-89. ETH-Sig.: 4062
- Reuleaux [1890]** Reuleaux, Franz: Können eiserne Brücken nicht schön sein?. Prometheus 1 Nr. 28 Sonderdruck. ETH-Sig.: 2656
- Reuschle [1886]** Reuschle, Carl: Zur graphisch-mechanischen Auflösung numerischer Gleichungen. ZfMPh 31 (1886), S. 12-17
- Reye [1860]** Reye, Theodor: Theorie der Zapfenreibung. Civilingenieur 6 (1860), S. 235-254, Fig. 12-23 Taf. 15
- Reye [1865]** Reye, Theodor: Beitrag zur Lehre von den Trägheitsmomenten. ZfMPh 10 (1865), S. 433-455
- Reye [1866-1868]** Reye, Theodor: Geometrie der Lage. Zwei Abteilungen. Hannover 1866-1868. ETH-Sig.: 7771
- Reye [1880]** Reye, Theodor: Geometrie der Lage. Zwei Abteilungen. 2. Auflage. Leipzig 1880
- Reye [1886 u. 1892]** Reye, Theodor: Geometrie der Lage. Drei Abteilungen. 3. Aufl. (3. Abt. in 1. Aufl.) 5. Aufl. 1909. Leipzig 1886 u. 1892
- Reye [1887]** Reye, Theodor: Die synthetische Geometrie im Altertum und in der Neuzeit. Rectoratsrede. Straßburg 1887
- Reye [1894/95]** Reye, Theodor: und A. Brill: Wilhelm Stahl. JDMV 4 (1894/95), S. 36-45
- Reye [1902]** Reye, Theodor: Die synthetische Geometrie im Altertum und in der Neuzeit. Abdruck der Straßburger-Rectoratsrede von 1887. JDMV 11 (1902), S. 343-353
- Richenhagen [1985]** Richenhagen, Gottfried: Carl Runge (1856-1927): Von der reinen Mathematik zur Numerik. Göttingen 1985
- Richter [1897]** Richter, Otto: Konstruktion der Trägheitsachsen eines Dreiecks. ZfMPh 42 (1897), S. 338-340
- Riedel [1901]** Riedel, Ernst: Katechismus der praktischen Arithmetik. Handbuch des Rechnens für Lehrende und Lernende. 4. Auflage. Leipzig 1901
- Riedler [1895]** Riedler, Alois: Zur Frage der Ingenieurerausbildung. ZVDI 39 (1895), S. 951-959
- Riedler [1896]** Riedler, Alois: Die Ziele der technischen Hochschule. ZVDI 40 (1896), S. 301-309, S. 337-346, S. 376-382
- Rieppel [1897]** Rieppel, A: Die Thalbrücke bei Müngsten. ZVDI 41 (1897), S. 1321-1329, S. 1373-1378, Nachtrag 50, Tafel 25, Textblatt S. 7-9
- Ritter [1863]** Ritter, August: Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brückenkonstruktionen. Hannover 1863
- Ritter [1865]** Ritter, August: Lehrbuch der technischen Mechanik. Hannover 1865
- Ritter [1871]** Ritter, Wilhelm: Die elastische Linie und ihre Anwendung auf den continuirli-

- chen Balken. Ein Beitrag zur graphischen Statik (2. Auflage 1883, französisch 1886). Zürich 1871. 31 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 2181:3 u. 2293:1
- Ritter [1879]** Ritter, Wilhelm: Die Statik der Tunnelgewölbe. Berlin 1879. VIII, 66 S., 17 Abb. u. 2 Taf. ETH-Sig.: 2428:1
- Ritter [1880]** Ritter, Wilhelm: La statica delle vólte nelle gallerie. Traduzione di G. Martelli. Milano 1880. ETH-Sig.: 2450
- Ritter [1883]** Ritter, Wilhelm: Die elastische Linie und ihre Anwendung auf den kontinuierlichen Balken. Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage. Zürich 1883. II, 51 S., 12 Abb. u. 1 Taf.
- Ritter [1883]** Ritter, Wilhelm: Statische Berechnung der Versteifungsfachwerke. Schw. Bau. 1 (1883), S. 6-38
- Ritter [1884]** Ritter, Wilhelm: Das Trägheitsmoment eines Liniensystems. VNGZü 29 (1884), S. 305-317
- Ritter [1885]** Ritter, Wilhelm: Sekundäre Spannungen in Fachwerken. Schw. Bau. 5 (1885), S. 65-68, S. 98
- Ritter [1886]** Ritter, Wilhelm: Der elastische Bogen, berechnet mit Hilfe der graphischen Statik (Neudruck 1896). Zürich 1886.
- Ritter [1888]** Ritter, Wilhelm: Anwendungen der graphischen Statik. Erster Teil. Die im Innern eines Balkens wirkenden Kräfte. Zürich 1888. LGS
- Ritter [1888]** Ritter, Wilhelm: Trägheitsellipse, geometrisch abgeleitet. Schw. Bau. 11 (1888), S. 121-123
- Ritter [1889]** Ritter, Wilhelm: Einige Aufgaben aus dem Gebiete der Trägheitsellipsen. Schw. Bau. 14 (1889), S. 43-44
- Ritter [1890]** Ritter, Wilhelm: Anwendungen der graphischen Statik. Teil 2: Das Fachwerk. Zürich 1890. LGS
- Ritter [1890]** Ritter, Wilhelm: Vorlesungen über graphische Statik (Autograph). Zürich 1890. ETH-Sig.: 2594
- Ritter [1891]** Ritter, Wilhelm: Mönchensteiner Brückenkatastrophe. Schw. Bau. 18 (1891), S. 19-20
- Ritter [1891]** Ritter, Wilhelm: Der Bericht der eidgenössischen Experten Prof. Ritter und Prof. Tetmajer über die Mönchensteiner Brückenkatastrophe. Zürich 1891. ETH-Sig.: 2571
- Ritter [1893]** Ritter, Wilhelm: Beschädigung der Mönchensteiner Brücke bei Hochwasser 1881. Schw. Bau. 21 (1893), S. 149-151, S. 162-166
- Ritter [1893]** Ritter, Wilhelm: Erwiderung auf das Gutachten der Herren Collignon und Hausser über die Mönchensteiner Brückenkatastrophe. Schw. Bau. 21 (1893), S. 122-125, S. 128-133, S. 135-137
- Ritter [1894]** Ritter, Wilhelm: Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas (Bericht über die Weltausstellung in Chicago). Bern 1894. ETH-Sig.: 92689
- Ritter [1894]** Ritter, Wilhelm: Addieren und Subtrahieren mit dem logarithmischen Rechenschieber. Schw. Bau. 23 (1894), S. 37-39
- Ritter [1894]** Ritter, Wilhelm: Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas. Schw. Bau. 24 (1894), S. 165-170
- Ritter [1894 Unterricht]** Ritter, Wilhelm: Technisches Unterrichtswesen der Vereinigten Staaten. Schw. Bau. 24 (1894), S. 10-12, 21-23
- Ritter [1899]** Ritter, Wilhelm: Die Bauweise Hennebique. Schw. Bau. 33 (1899), S. 41-43, 49-52, 59-61

- Ritter [1900]** Ritter, Wilhelm: Anwendungen der graphischen Statik. Teil 3: Der kontinuierliche Balken. Zürich 1900. LGS
- Ritter [1906]** Ritter, Wilhelm: Anwendungen der graphischen Statik. Teil 4: Der Bogen. Zürich 1906. LGS
- Ritz [1983]** Ritz, Peter: Zur Entstehung und Entwicklung der Baustatik. Schw. Bau. 101 (1983), S. 1169-1179
- Rolle [1876]** Rolle, L.: Elementi di statica grafica. Mailand 1876. LGS
- Rother [1879]** Rother, C.: Neuere Literatur aus dem Gebiet des Brückenbaues. Civilingenieur 25 (1879), S. 57-72.
- Rouché [1887]** Rouché, Eugène: Propriétés géométriques des polygones funiculaires. Nou. Ann. math. (3) VI S. 439-465
- Rouché [1889]** Rouché, Eugène: Éléments de statique graphique. Paris 1889. LGS
- Routh [1896 und 1900]** Routh, Edward John: A treatise on analytical statics, 2 Bände, 2. Auflage. Cambridge 1896 und 1900
- Rüdgisch [1875]** Rüdgisch, R. von: Instrumente und Operationen der niederen Vermessungskunst. Erste und zweite Abtheilung. Cassel 1875. 436 S. ETH-Sig.: 1583
- Rühlmann [1885]** Rühlmann, Moritz: Vorträge über Geschichte der technischen Mechanik und der damit in Zusammenhang stehenden mathematischen Wissenschaften (Nachdruck: Hildesheim. New York 1979). Leipzig 1885
- Runge [1895]** Runge, Carl: Das Stangenplanimeter. Zeitschrift für Vermessungswesen 24 (1895), S. 321-331
- Runge [1897]** Runge, Carl: Über die Differentiation empirischer Funktionen. ZfMPh 42 (1897), S. 205-213
- Runge [1914]** Runge, Carl: Graphical methods. New York 1914
- Runge [1915]** Runge, Carl: Numerische und graphische Quadratur und Integration gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen. Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften Band II 3, Heft 3, S. 47-176
- Runge [1915]** Runge, Carl: Graphische Methoden. Deutsche Übersetzung von Graphical methods. Leipzig und Berlin 1915
- Runge [1924]** Runge, Carl: Vorlesungen über numerisches Rechnen. Berlin 1924
- Rürup [1979]** Rürup, Reinhard: Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979. Herausgegeben im Auftrag des Präsidenten der Technischen Universität Berlin. Erster Band. Berlin u.a. 1979
- Rürup [1979 TU Berlin]** Rürup, Reinhard: Die Technische Universität Berlin 1879-1979. Grundzüge und Probleme ihrer Geschichte. In: Rürup: Wissenschaft und Gesellschaft. 1. Bd. Berlin u.a. 1979, S. 2-47. TU Berlin 1979
- Sanden [1947]** Sanden, Kurt von: Einführung in die technische Mechanik. Berlin 1947.
- Sartory [1898]** Sartory, Franz: Graphische Tabellen für die statische Berechnung einfacher Hochbaukonstruktionen. Wien 1898
- Saviotti [1878]** Saviotti, Carlo: Le travature reticolari a membri caricati. Atti della Reale Accademia dei Lincei (3) 2 (1878), S. 148-160. Sonderdruck. 12 S., 3 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Saviotti [1878]** Saviotti, Carlo: Risoluzione grafica di alcuni problemi di meccanica applicata. Sonderdruck aus: Politecnico. Giornale dell'Ingegneri, Arch. Civ. ed Industr. 25 (1878). 8 S., 3 Taf. ETH-Sig.: 2426
- Saviotti [1879]** Saviotti, Carlo: Applicazione del metodo grafico alla misura della stabilità delle dighe. Sonderdruck aus: Annuario del R. Istituto Tecnico di Roma 1879, S.

3-15. LGS ETH-Sig.: 2426

- Saviotti [1881]** Saviotti, Carlo: Nuovi tipi di travature reticolari strettamente indeformabili. [Kapitel aus längerem Text], S. 84-108. Roma 1881. LGS ETH-Sig.: 2486
- Saviotti [1885]** Saviotti, Carlo: Nouvelles méthodes pour le calcul des travures réticulaires. Appendice à Cremona. Traduit par L. Bossut. Paris 1885
- Saviotti [1888]** Saviotti, Carlo: La statica grafica. I. Parte. Calcolo grafico, II. Parte. Statica grafica. Forze esterne, III. Parte. Statica grafica. Forze interne. Milano 1888. LGS
- Schädlich [1989]** Schädlich, Christian: Der Baustoff Eisen als Grundlage für die Herausbildung qualitativ neuer Baukonstruktionen im 19. Jahrhundert. In: Graefe [1989], S. 138-151
- Schäffer [1873]** Schäffer, Theodor: Graphische Ermittlung der Ordinaten des Schwedler'schen Trägers. Zeitschrift für Bauwesen 23 (1873), S. 237-240
- Schäffer [1880-1882]** Schäffer, Theodor: Der Brückenbau. Darmstadt 1880-1882
- Schell [1870]** Schell, Wilhelm: Theorie der Bewegung und der Kräfte. (2 Bände. 2. Auflage. 1880). Leipzig 1870
- Schilling [1900]** Schilling, Friedrich: Über die Nomographie von d'Ocagne. 3. Aufl. 1922. Leipzig 1900. 47 S.
- Schilling [1904]** Schilling, Friedrich: Über die Anwendungen der Darstellenden Geometrie insbesondere über die Photogrammetrie. Mit einem Anhang: Welche Vorteile gewährt die Benutzung des Projektionsapparates im mathematischen Unterricht? Vorträge gehalten bei Gelegenheit des Ferienkurses für Oberlehrer der Mathematik und Physik Göttingen, Ostern 1904. Leipzig. Berlin 1904
- Schlesinger [1866]** Schlesinger, Josef: Potenzcurven. Separatabdruck aus der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 18 (1866). Zitiert bei Schlesinger [1868/69], S. 16
- Schlesinger [1868/69]** Schlesinger, Josef: Vorträge über graphisches Rechnen und Grafo-Statik gehalten am k. k. polytechnischen Institut in Wien. Bearbeitet und herausgegeben von A. Burslyn u. A. Prokesch. Wien 1868-69. LGS
- Schlesinger [1870]** Schlesinger, Josef: Die darstellende Geometrie im Sinne der neueren Geometrie für Schulen technischer Richtungen. Wien 1870. VIII, 499 S. u. 194 Fig. ETH-Sig.: 7875 u. 72871
- Schlesinger [1877]** Schlesinger, Josef: Der geodätische Tachygraph und der Tachygraph-Planimeter. Instrumente zur schnellen und genauen graphischen Construction der aus den Daten einer Theodoliten-Vermessung herzustellenden Detailpläne, sowie zur Ausmittlung ihrer Flächeninhalte. Nebst Studien über die Libelle und das umlegbare Nivellir-Ferrrohr. Wien 1877. 115 S. 2 Taf. ETH-Sig.: 1926 u. 11422
- Schlink [1880]** Schlink, J.: Die Ideologen auf den technischen Lehrstühlen. Annalen für Gewerbe und Bauwesen 6 (1880), S. 197-200, 389-392
- Schlink [1907]** Schlink, Wilhelm: Statik der Raumbauwerke. Leipzig. Berlin 1907. LGS
- Schlotke [1885]** Schlotke, Julius: Neue geometrische Bestimmung der Maximalmomente einfacher Träger mit beweglichen Lastsystemen. Civilingenieur 31 (1885), S. 501-510, Taf. 31
- Schlotke [1888]** Schlotke, Julius: Elementos de Estática graphica. Übersetzung von Balbin. Buenos-Ayres 1888. Quelle: FdM 21 (1889), S. 879
- Schlotke [1891]** Schlotke, Julius: Lehrbuch der graphischen Statik. Dresden 1891. LGS ETH-Sig.: 2547
- Schlotke [1902]** Schlotke, Julius: Lehrbuch der graphischen Statik. Zum Gebrauch für mitt-

lere technische Lehranstalten, Bau-, Maschinen- und Gewerbeschulen. 2. Auflage. Dresden 1902. LGS

Schmid [1878] Schmid, H. D.: Die continuirlichen Bogen und die Mittel zur Bestimmung der an denselben thätigen äusseren Kräften. Wien 1878. 36 S., 3 Taf. ETH-Sig.: 2428:1

Schmidt [1895] Schmidt, Erhard: Die Gleichung des Woltmannschen Flügels in neuer Form und die Ermittlung ihrer Koeffizienten auf graphisch-analytischem Wege. ZVDI 39 (1895), S. 917-923, 945-951

Schmidt [1879] Schmidt, Gustav: Die bairische Vorschrift für Construction der eisernen Strassenbrücken. Sonderdruck. Technische Blätter 1879. 8 S.

Schmidt [1879] Schmidt, J.: Ueber ein neues Momentenplanimeter. Civilingenieur 25 (1879), S. 423-442, Taf. 23, 24

Schmidt [1880] Schmidt, J.: Ueber das Momenten-Planimeter für rechtwinklige Koordinaten. Civilingenieur 26 (1880), S. 438-450

Schneittler [1858] Schneittler, C. F.: Die Instrumente und Werkzeuge der höheren und niederen Meßkunst, so wie der geometrischen Zeichenkunst, ihre Theorie, Konstruktion, Gebrauch und Prüfung. Zum Unterricht und Selbststudium. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig 1858

Schnöckel [1903] Schnöckel, J.: Ein Apparat zur Bestimmung des Flächeninhalts, des statischen Moments, Trägheitsmoments und beliebiger anderer Momente krummlinig begrenzter ebener Figuren. ZfMPH 49 (1903), S. 372-381

Schnürlein [1831] Schnürlein, Ludwig Christoph: Relationen über die Oberflächen der zweiten Ordnung. Eine mathematische Abhandlung, als Einladung zu der auf den 31. August 1831 festgesetzten Preisvertheilung am Königlichen Gymnasium zu Hof. Hof 1831

Schnürlein [1833] Schnürlein, Ludwig Christoph: Erweiterung und Verallgemeinerung der bisher zwischen den trigonometrischen und anderen Functionen und zwischen den Koeffizienten der niedrigsten Glieder in den Summen der Potenzen ganzer Zahlen bekannt gewesenen Relationen. (Programm d. Gymnasiums Hof 1832/33). Hof 1833. 16

Schnürlein [1838] Schnürlein, Ludwig Christoph: Zusammenstellung und Entwicklung derjenigen Gauss'schen Formeln, welche sich zur Verbesserung der parabolischen und zur Bestimmung der elliptischen Elemente einer Kometenbahn aus dem Taylorschen Theorem ergeben, und Anwendung derselben auf die Bahn des Halleyschen Kometen. (Programm d. Gymnasiums Hof (1837/38). Hof 1838. ETH-Sig.: 11744

Schnürlein [1840] Schnürlein, Ludwig Christoph: Von der elementaren analytischen Behandlung der Quadratur, Rectification und Krümmungshalbmesser der Kegelschnitte und von der Bestimmung der Rectification der Ellipse und Hyperbel auf diesem Wege. (Programm d. Gymnasiums Hof 1839/40). Hof 1840

Schnürlein [1842] Schnürlein, Ludwig Christoph: Neue Entwicklung des Binominaltheorems und der mit denselben verwandten Gleichungen $\sin x = x - \frac{x^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{x^5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} - \dots$
 $\cos x = 1 - \frac{x^2}{1 \cdot 2} + \frac{x^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}$. Hof 1842

Schnürlein [1847] Schnürlein, Ludwig Christoph: Versuch einer neuen Entwicklung der Grundgesetze der Dynamik aus der Theorie der Funktionen und Ableitung des Paralelipedons der Kräfte und der unmittelbaren Folgen desselben aus dem der Geschwindigkeit, nebst einigen besonderen Bemerkungen und Betrachtungen. Hof 1847

Scholl [1978] Scholl, Lars Ulrich: Ingenieure in der Frühindustrialisierung. Staatliche und

- private Techniker im Königreich Hannover und an der Ruhr (1815-1873). Studien zu Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im Neunzehnten Jahrhundert. Band 10. Göttingen 1978
- Scholz [1984]** Scholz, Erhard: Projektive und vektorielle Methoden in Culmanns Graphischer Statik. In: NTM-Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin, 21 (1984), S. 49-64
- Scholz [1989]** Scholz, Erhard: Symmetrie, Gruppe, Dualität. Zur Beziehung zwischen theoretischer Mathematik und Anwendung in Kristallographie und Baustatik des 19. Jahrhunderts. Basel 1989
- Schramke [1846]** Schramke: Einrichtung und Konstruktion der Waarenmagazine, Stadt- und Landhäuser in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, mit besonderer Rücksicht auf die Stadt und Landschaft New-York. Allg. Bau. 11 (1846), S. 73-108, Abb. 18-28
- Schreiber [1839]** Schreiber, Guido: Geometrisches Portfolio. Karlsruhe 1839. ETH-Sig.: 7267
- Schreiber [1842]** Schreiber, Guido: Vorlesungen über praktische Geometrie I. Karlsruhe 1842. ETH-Sig.: 733119
- Schreiber [1854]** Schreiber, Guido: Malerische Perspektive. Karlsruhe 1854. ETH-Sig.: 7026
- Schröder [1903]** Schröder, C.: Die Rechenapparate der Gegenwart, gesammelt, geordnet, beschrieben und begutachtet. Magdeburg 1903. 112 S. Quelle: JDMV 12 (1903), S. 304
- Schulz v. Strasznitzki [1844]** Schulz v. Strasznitzki, Leopold C.: Handbuch der Arithmetik für Praktiker, zunächst für das Selbststudium gemeinverständlich abgefaßt. Wien 1844. 588 S. ETH-Sig.: 7956
- Schur [1895]** Schur, Friedrich: Über die reziproken Figuren der graphischen Statik. ZfMPH 40 (1895), S. 48-55, Tafel I, Figur 1-4
- Schur [1897]** Schur, Friedrich: Über ebene einfache Fachwerke. Mathematische Annalen 48 (1897), S. 142-194
- Schur [1915]** Schur, Friedrich: Vorlesungen über graphische Statik. Leipzig 1915. LGS
- Schwabe [1871]** Schwabe, H.: Ueber das englische Eisenbahnwesen. Reisestudien. Berlin 1871. X, 133 S., viele Taf. u. 1 Karte ETH-Sig.: 3131:1
- Schwalbe [1896]** Schwalbe, B.: Über die Vorbildung der Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften an höheren Lehranstalten den Forderungen der heutigen Zeit gegenüber. JDMV 5 (1896), S. 23-42
- Schwedler [1851]** Schwedler, Johann Wilhelm: Theorie der Brückenbalkensysteme. Zeitschrift für Bauwesen 1 (1851), S. 114-124, 162-174, 266-278
- Schwend [1887]** Schwend, C.: Über Berechnung und Construction von Hängebrücken unter Anwendung von Stahldraht-Kabeln und Versteifungsbalken. Leipzig 1887. IV, 63 S. u. 2 Taf. ETH-Sig.: 2710
- Schwidtal [1903]** Schwidtal, A.: Aufgaben-Sammlung zur technischen Mechanik und Festigkeitslehre für Bergschulen und andere technische Mittelschulen. Leipzig 1903. LGS
- Scenziati [1975]** Scenziati: Scenziati a Tecnologi dalle origine al 1875. 2 Bde. Milano 1975
- Sedlaczek [1856]** Sedlaczek: Ueber Visir- und Recheninstrumente. Wien 1856. zitiert bei Favaro. Terrier. [1885], S. 110

- Seeberger [1869/70]** Seeberger, G.: Ableitung der Theorie der überschlächtigen Wasserräder auf graphischem Wege. *Civilingenieur* 15 (1869), S. 397-416, Taf. 25, 16 (1870), S. 339-374, Taf. 22
- Seeberger [1879]** Seeberger, G.: *Principien der Perspektive*. München 1879. ETH-Sig.: A 310
- Seefehlner [1871]** Seefehlner, Julius (bei Wey. G.): *A többnyugpontú vasrácstartókról, A magyar mérnök és építész-egylet közlönye*. 1871. Quelle: Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 33
- Semper [1852]** Semper, Gottfried: *Wissenschaft, Industrie und Kunst*. Braunschweig 1852. ETH-Sig.: 9083
- Semper [1860-1863]** Semper, Gottfried: *Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder praktische Aesthetik*. 2 Bände. Frankfurt 1860-63. ETH-Sig.: A 15 o. A 384
- Semper [1869]** Semper, Gottfried: *Ueber Baustyle: ein Vortrag gehalten auf dem Rathhaus in Zürich am 4. März 1869*. Zürich 1869. 32 S. ETH-Sig.: A 205
- Shaw [1889]** Shaw, Henry Selly Hele: *First report of the Committee appointed to report on the development of graphic methods in mechanical science. Reports of the meeting of the British Association for the advancement of science*. Quelle: *FdM* 21 (1889), S. 878
- Shaw [1892]** Shaw, Henry Selly Hele: *Second Report on the development of graphic methods in mechanical science. Reports of the meeting of the British Association for the advancement of science 1892*, 373-531. Quelle: *FdM* 24 (1892), S. 830f
- Shaw [1893]** Shaw, Henry Selly Hele: *Third Report on the development of graphic methods in mechanical science. Reports of the meeting of the British Association for the advancement of science 1893*, 573-613
- Sheilds [1861]** Sheilds, Francis W.: *Die leitenden Principien bei Entwürfen von Eisen-Constructionen mit praktischen Bemerkungen über derartige Bauten. Aus dem Englischen von Fritz B. Behr*. Berlin 1861. VI, 44 S. u. 5 Taf. ETH-Sig.: 2293:1
- Skibinski [1886]** Skibinski, K.: *Der Integrator des Prof. Dr. Zmurko in seiner Wirkungsweise und praktischen Verwendung*. *Denkschrift* LIII. Wien 1886. Quelle: *FdM* 15 (1886), S. 270
- Smith [1885]** Smith, R. H.: *A new graphic analysis of the kinematics of mechanisms. Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 32 (1885), S. 507-517
- Smith [1889]** Smith, R. H.: *Graphics; or the art of calculation by drawing lines, applied especially to mechanical engineering. Part I*. London 1889. LGS
- Šolín [1872]** Šolín, Josef M.: *Über graphische Integration. Ein Beitrag zur Arithmographie. Sonderdruck. Abhandlungen der königlich böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften VI. Folge, 5. Band (1871-1872)*. 10 S. u. 1 Tafel ETH-Sig.: 71274
- Šolín [1873]** Šolín, Josef M.: *Geometrische Theorie der continuirlichen Träger. Mitt. AIV Böh. 1873*. Quelle: Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 33
- Šolín [1874]** Šolín, Josef M.: *Anfangsgründe der Arithmografie (Tschechisch)*. *Casopis* 3 (1874) S.122-137. Quelle: *FdM* 6 (1874), S. 542
- Šolín [1875]** Šolín, Josef M.: *Počátkové arithmografická (Anfänge der Arithmographie)*. *Casopis* IV. 56 S. Quelle: *FdM* 7 (1875), S. 256
- Šolín [1878]** Šolín, Josef M.: *Theorie der äußeren Kräfte bei geraden Trägern (Tschechisch)*. *Casopis* 7 (1878). Quelle: *FdM* 10 (1878), S. 607
- Šolín [1885]** Šolín, Josef M.: *Zur Theorie des continuirlichen Trägers veränderlichen Quer-*

- schnittes. *Civilingenieur* 31 (1885), S. 209-244, Taf. 16
- Šolín [1886]** Šolín, Josef M.: Zur graphischen Auflösung numerischer Gleichungen dritten Grades. Sitzungsberichte der Kögl. Böhmschen Gesellschaft der Wissenschaften, Prag 6-13
- Šolín [1887]** Šolín, Josef M.: Bemerkungen zur Theorie des Erddrucks. *Allg. Bau.* 52 (1887), S. 53-54
- Šolín [1889]** Šolín, Josef M.: Ueber das allgemeine Momentenproblem des einfachen Balkenträgers bei indirekter Belastung. *Civilingenieur* 35 (1889), S. 207-218
- Šolín [1905]** Šolín, Josef M.: *Grafická statika*. Prag 1905. LGS
- Sommerfeld [1891]** Sommerfeld, Arnold: Über eine neue Integrirmaschine. Königsberg 1891. 6 S. u. 1. Taf.
- Sommerfeld [1904]** Sommerfeld, Arnold: Die naturwissenschaftlichen Ergebnisse und Ziele der neueren Mechanik. 2. Über technische Mechanik. *JDMV* 13 (1904), S. 156-173
- Spieß [1874]** Spieß, Otto: Graphische Berechnung des Parallelträgers. *Civilingenieur* 20 (1874), S. 457-502, Taf. 31 bis 35. 46 S., 5 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Spieß [1874]** Spieß, Otto: Graphische Berechnung der Dachstühle. *Civilingenieur* 20 (1874), S. 205-216, Taf. 18 u. 19. 10 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 2401
- Stäckel [1902]** Stäckel, Paul: Über die Entwicklung des Unterrichtsbetriebs in der angewandten Mathematik an den deutschen Universitäten. *JDMV* 11 (1902) . S. 26-37
- Stäckel [1904]** Stäckel, Paul: *Angewandte Mathematik und Physik an den deutschen Universitäten*. *JDMV* 13 (1904) . S. 313-341
- Stäckel [1904]** Stäckel, Paul: Die Notwendigkeit regelmäßiger Vorlesungen über Elementar-Mathematik an den Universitäten. *JDMV* 13 (1904), S. 524-530.
- Stäckel [1906]** Stäckel, Paul: Technische Arbeit. Feste zur 75jährigen Jubelfeier der Technischen Hochschule zu Hannover. *JDMV* 15 (1906), S. 438-445
- Stäckel [1908]** Stäckel, Paul: Mathematische Methoden zur Untersuchung mechanischer Probleme. *ZVDI* 17 (1908), S. 363-375
- Stäckel [1914]** Stäckel, Paul: Die mathematische Ausbildung der Ingenieure in den verschiedenen Ländern. *JDMV* 23 (1914) . S. 149-169
- Stäckel [1915]** Stäckel, Paul: Die mathematische Ausbildung der Architekten, Chemiker und Ingenieure an den deutschen Technischen Hochschulen. *Abhandlungen der Internationalen Unterrichtskommission für Mathematik* 4. 9.
- Stahl [1876]** Stahl, Wilhelm: Geometrische Theorie und Berechnung Schwedler'scher Träger (hyperbolische Träger). *ZVDI* 20 (1876), S. 321-338
- Stahl [1876]** Stahl, Wilhelm: Geometrische Theorie und Berechnung parabolischer Träger. *ZVDI* 20 (1876), S. 9-22
- Stahl [1877]** Stahl, Wilhelm: Die Maximalmomentenkurve beweglicher fest mit einander verbundener Einzellasten. *ZVDI* 21 (1877), S. 7-12
- Stambach [1883]** Stambach, J. J.: Einsturz der Straßenbrücke in Rykon-Zell. *Schw. Bau.* 2 (1883), S. 72-74
- Stambach [1888]** Stambach, J. J.: Die Planimeter aus der mechanischen Werkstätte von C. Coradi in Unterstrass-Zürich. *Schw. Bau.* 11 (1888), S. 133-136, 139-142, 147-149
- Stamm [1864]** Stamm: Sul calcolo grafico dei polinomi interi e razionale. *Rend. Ist. Lomb.* Fasc. VI (1864). Quelle: Hauck [1881], S. 335
- Stampfer [1850]** Stampfer, Simon: Ueber das neue Planimeter des Caspar Wetli, Ingenieur im Kanton Zürich. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften, Wien

- (1850) Sonderdruck. 22 S. u. 1 Taf. ETH-Sig.: 11436
- Staudt [1847]** Staudt, Karl Georg Christian von: Geometrie der Lage. Nürnberg 1847
- Staudt [1856-1860]** Staudt, Karl Georg Christian von: Beiträge zur Geometrie der Lage. Band 1-3. Nürnberg 1856-1860
- Stauffert [1848]** Stauffert, F.: Ueber Ursprung, Ausbildung und Anwendung der verschiedenen Telegraphen-Systeme auf den Betrieb der Eisenbahnen. Allg. Bau. 13 (1848), S. 205-279, Abb. 199-206
- Steggall [1889]** Steggall: Amsler's Planimeter. Proceedings of the Edinburgh Mathematic Society 7 (1889), S. 25ff. Quelle: FdM 21 (1889), S. 290f
- Stehlin [1849]** Stehlin, Friedrich: Die Röhrenbrücken bei Conway und über die Menai-straits auf der Chester-Holyhead-Eisenbahn in England. Auszug aus dem Werke: An account of the construction of Britannia and Conway tubular bridges by W. Fairbairn. Allg. Bau. 14 (1849), S. 175-193, Abb. 273-280
- Steiner [1876]** Steiner, Friedrich: Die graphische Zusammensetzung der Kräfte. Ein Beitrag zur graphischen Mechanik. Wien 1876. 40 S. u. 27 Abb. ETH-Sig.: 2426, 2181:1
- Steiner [1877]** Steiner, Friedrich: Das Taseometer. Über eine neue Methode zur Messung der Beanspruchung ausgeführter Baukonstruktionen. Ein Vortrag gehalten in der Wochenversammlung vom 23. December 1876 des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. Sonderdruck aus: Wochenschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 2 (1877). 24 S. u. 1 Taf.
- Steiner [1878]** Steiner, Friedrich: Über Brückenbau in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika mit einem Anhang über eiserne Dachstuhl-Construktionen. Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Wien 1878. VI, 263 S., 97 Abb. u. 13 Taf. ETH-Sig.: 2635
- Steiner [1879]** Steiner, Friedrich: Die Parabelschablone als Hilfsmittel graphostatischer Konstruktionen. Prag 1879. Quelle: Stark [1906], S. 375
- Steiner [1832]** Steiner, Jacob: Systematische Entwicklung der Abhängigkeiten geometrischer Gestalten voneinander. In: Steiner: Gesammelte Werke. 1881, Bd 1, S. 229-458. Berlin 1832
- Steiner [1833]** Steiner, Jacob: Die geometrischen Constructionen, ausgeführt mittels der geraden Linie und eines festen Kreises. In: Steiner: Gesammelte Werke. 1881, Bd 1, S. 461-522. Berlin 1833
- Steiner [1881]** Steiner, Jacob: Gesammelte Werke. Herausgegeben von K. Weierstrass. Berlin 1881
- Steitzel [1882]** Steitzel, Carl: Grundzüge der graphischen Statik und deren Anwendung auf den continuirlichen Träger. Graz 1882. LGS
- Stephenson [1850]** Stephenson, Robert: Auszug aus dem Bericht R. Stephenson's über den Bau von Eisenbahnen in der Schweiz. Allg. Bau. 15 (1850), S. 337-347
- Stevin [1586]** Stevin, Simon: De Weeghdaet. In: The Principal Works of Simon Stevin. Volume 1. Leyden 1586
- Stevin [1586]** Stevin, Simon: De Beghinselen der Weegconst. In: The Principal Works of Simon Stevin. Volume 1. Leyden 1586
- Stevin [1955]** Stevin, Simon: The principal Works of Simon Stevin. Volume 1: General Introduction Mechanics. Hrsg. von E. J. Dijksterhuis. Amsterdam 1955
- Stodola [1897]** Stodola, Aurel: Die Beziehungen der Technik zur Mathematik. ZVDI 41 (1897), S. 1257-1260

- Straub [1992]** Straub, Hans: Die Geschichte der Bauingenieurkunst. 4. Auflage (1. Aufl. 1949, 2. Aufl. 1964, 3. Aufl. 1975). Basel und Stuttgart 1992
- Strauss [1851]** Strauss, G. H.: Beschreibung der fliegenden Brücke bei Speyer. Allg. Bau. 16 (1851), 7-15, Blatt 379, 380
- Study [1900]** Study, Eduard: Einige Bemerkungen zu der neuen preußischen Prüfungsordnung. JDMV 8 A (1900), S. 121-137
- Stuloff [1966]** Stuloff, Nikolai N.: Wechselbeziehung von Mathematik und Physik im 19. Jahrhundert. Technikgeschichte 33 (1966), S. 52-71
- Stuloff [1976]** Stuloff, Nikolai N.: Die mathematischen Methoden im 19. Jahrhundert und ihre Wechselbeziehungen zu einigen Fragen der Physik. In: Treue, Wilhelm und Kurt Mauel (Hrsg.): Naturwissenschaft, Technik und Wissenschaft im 19. Jahrhundert. 2. Band. Göttingen 1976
- Sturm [1900]** Sturm, Rudolf: Elemente der darstellenden Geometrie. 2. Auflage (1. Auflage 1874). Leipzig 1900. V, 157 S. 61 Fig. u. 7 Taf.
- Stüssli [1951]** Stüssli, Fritz: Karl Culmann und die graphische Statik. Rektoratsrede, gehalten am 18. November 1950. Schw. Bau. 69 (1951), S. 1-3
- Stüssli [1963]** Stüssli, Fritz: Über die Entwicklung der Wissenschaft im Brückenbau. Veröffentlichung der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich im Anschluß an den Jahrgang 108 der Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Zürich 1963
- Sutherland [1885/86]** Sutherland, W.: Mechanical integration of the product of two functions. Phil. Mag. 20 (1885), S. 175-178; 21 (1886), S. 141-143
- Szabó [1979]** Szabó, István: Geschichte der mechanischen Prinzipien und ihre wichtigsten Anwendungen. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Basel. Boston. Stuttgart 1979
- Szystowski [1878 u. 1881]** Szystowski, M.: Graphischer Calcül in der Ebene. Teil I u. II (polnisch). Denkschrift der Pariser Gesellschaft der exacten Wissenschaften 1881 (polnisch) 1881. Quelle: FdM 10 (1878), S. 806, FdM 13 (1881), S. 686
- Tesař [1886]** Tesař, J.: Zur graphischen Zusammensetzung der Kräfte durch Drehung im Raume. Sitzungsberichte der Kög. Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften, Prag (1886), S. 259-272
- Tetmajer [1875]** Tetmajer, Ludwig: Die äußeren und inneren Kräfte an statisch bestimmten Brücken- und Dachconstructions. Zürich 1875. LGS
- Tetmajer [1881]** Tetmajer, Ludwig: Construction der Einsenkung einfacher Balken-Fachwerke. Die Eisenbahn 14 (1881), S. 91-94
- Tetmajer [1888]** Tetmajer, Ludwig: Die Baumechanik. II. Theil: Die angewandte Elasticitäts- und Festigkeitslehre. 1. Hälfte. Zürich 1888
- Thaa [1897]** Thaa, Georg Ritter von: Anleitung zum Gebrauch des logarithmischen Rechenschiebers für die Zwecke des Technikers. Wien 1897. Quelle: ZfMPH 42 (1897), Hist.- lit. Abt. S. 94
- Thiré [1883]** Thiré, A.: Note sur le planimètre polaire d'Amsler. Annales des Mines (8) 1 (1883), S. 487-500; (8) 5 (1887) S. 121-131. Quelle: FdM 15 (1883), S. 999. Hann AZ 36 (1888), S. 112
- Thiré [1883]** Thiré, A.: Note complémentaire sur le planimètre polaire d'Amsler. Annales des Mines (8) III. (1883), S. 401-404. Quelle: FdM 15 (1883), S. 999
- Thiré [1886]** Thiré, A.: Sur la théorie du planimètre d'Amsler. Nou. Ann. math. (3) 5 (1886), S. 353-364. Quelle: FdM 18 (1886), S. 269f

- Thompson [1952]** Thompson, D'Arcy Wentworth: On Growth and Form, repr. of 2nd ed. Cambridge 1952
- Thompson [1973]** Thompson, D'Arcy Wentworth: Über Wachstum und Form. In gekürzter Fassung neu hrsg. v. John Tyler Bonner. Übersetzung Ella M. Fountain und Magdalena Neff. Mit einem Geleitwort von Adolf Portmann. Basel. Stuttgart 1973
- Timerding [1902]** Timerding, Heinrich Emil: Geometrische Elemente der Statik und Kinetik des starren Körpers. In Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften, Bd. IV, 2. 1902.
- Timerding [1908]** Timerding, Heinrich Emil: Geometrie der Kräfte. Leipzig 1908
- Timerding [1910]** Timerding, Heinrich Emil: Die Theorie der Kräftepläne. Eine Einführung in die graphische Statik. Leipzig. Berlin 1910. LGS
- Timoshenko [1953]** Timoshenko, Stephen P.: History of Strength of Materials. With a brief account of the history of the theory of elasticity and theory of structures. New York 1953
- Tinter [1882]** Tinter, Wilhelm: Hohmann's Präcisions-Polar-Planimeter. Beschreibung, Theorie, Untersuchung über die Eigenschaften und über die Genauigkeit der Angaben desselben. Wien 1882. 30 S. u. 3 Tab. und 1 Taf. ETH-Sig.: 11436, 11426
- Tiraspolskij [1903]** Tiraspolskij, G. L.: Bestimmung des Schwerpunktes einer krummlinig begrenzten ebenen Fläche mit Hilfe des Polarplanimeters von Amsler. ZfMPh 49 (1903), S. 92-94
- Todhunter [1886-1893]** Todhunter, J.: A history of the theory of elasticity and of the strength of materials from Galilei to the present time. Ed. by K. Pearson. 2 Vols. Cambridge 1886-1893
- Tolle [1897]** Tolle, Max: Bücherschau: Gustav Holzmüller: Die Ingenieur-Mathematik in elementarer Behandlung. 1. Teil. Leipzig 1897. ZVDI 41 (1897), S. 604f
- Trautz [1991]** Trautz, M.: Eiserne Brücken in Deutschland im 19. Jahrhundert. Düsseldorf 1991
- Tulla [1825]** Tulla, Johann Gottfried: Ueber die Rektifikation des Rheines, von seinem Austritt aus der Schweiz bis zu seinem Eintritt in das Großherzogthum Hessen. Karlsruhe 1825
- Ude [1942]** Ude, Hans: Conrad Matschoss. Ein Leben für die Technik und ihre Geschichte. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums 14 (1942), S. 50-82
- Vála [1873]** Vála: Beiträge zur graphischen Berechnung elastischer Bogenträger mit Kämpfergelenken. Mitt. AIV Böhm. 1873. Quelle: Weyrauch [1874 Gra. Stat.], S. 34
- Varignon [1725]** Varignon, Pierre: Nouvelle mécanique ou statique. 2 Bände. Paris 1725.
- Vierendeel [1901-1907]** Vierendeel, A: Cours de stabilité des constructions. Louvain. Paris 1901-1907. LGS
- Vischer [1980]** Vischer, Daniel: 125 Jahre Wasserbau an der ETH Zürich. Zum 80. Geburtstag von Gerold Schnitter. Schweizer Ingenieur und Architekt 43 (1980), S. 1065-1066.
- Vogler [1873]** Vogler, Ch. August: Über Ziele und Hilfsmittel geometrischer Präcisions-Nivellements. München 1873. VII, 103 S. u. 4 Fig ETH-Sig.: 1646
- Vogler [1877]** Vogler, Ch. August: Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln und deren Gebrauch beim Schnellrechnen sowie beim Schnellquotieren mit Aneroid und Tachymeter für Ingenieure, Topographen und Alpenfreunde. Berlin 1877
- Vogler [1877]** Vogler, Ch. August: Sechs graphische Tafeln zum Schnellrechnen. Berlin 1877

- Vogler [1880]** Vogler, Ch. August: Erwiderung auf einige Fragen des Herrn Lalanne. Zeitschrift für Vermessungswesen 9 (1880), S. 127-131
- Vogler [1883]** Vogler, Ch. August: Grundzüge der Ausgleichsrechnung elementar entwickelt. Braunschweig 1883. XI, 213 S. ETH-Sig.: 72530
- Vojáček [1868]** Vojác(v)ek: Graphische Bestimmung der Biegemomente an kurzen Trägern. ZVDI 12 (1868), S. 503-511
- Volkert [1986]** Volkert, Klaus Thomas: Die Krise der Anschauung. Eine Studie zu formalen und heuristischen Verfahren in der Mathematik seit 1850. Göttingen 1986
- Vollprecht [1896]** Vollprecht, Hugo: Zur Übertragung der Rechnungsarten auf die Geometrie, insbesondere über die Möglichkeit der Multiplikation von Strecken mit Strecken. ZfMPH 41 (1896), S. 276-280
- Vollprecht [1903]** Vollprecht, Hugo: Das Rechnen. Eine Vorbereitung zur allgemeinen Arithmetik. Leipzig und Berlin 1903
- Vonderlinn [1902]** Vonderlinn, Jakob: Statik für Hoch- und Tiefbautechniker. Bremerhaven 1902. LGS
- Vonderlinn [1902]** Vonderlinn, Jakob: Statik für Hoch- und Tiefbautechniker. Ein Lehrbuch für den Unterricht an bautechnischen Lehranstalten, sowie zum Selbstunterricht und Nachschlagen. 2. Aufl. Stuttgart 1902
- Weber [1903]** Weber, Heinrich: Über die Stellung der Elementarmathematik in der mathematischen Wissenschaft. JDMV 12 (1903), S. 398-402
- Weber [1877]** Weber, M. M. Freiherr von: Die Stellung der deutschen Techniker im staatlichen und sozialen Leben. Wien, Pest und Leipzig 1877
- Wehage [1877]** Wehage, H.: Mechanismen zur Auflösung höherer Gleichungen. ZVDI 21 (1877), S. 105-114
- Weickert [1902]** Weickert, A.: Praktisches Maschinenrechnen. 5. Auflage. Berlin 1902
- Weihe [1942]** Weihe, Carl: Franz Reuleaux und die Grundlagen seiner Kinematik. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums 14 (1942), S. 83-104
- Weilenmann [1882]** Weilenmann, August: Der geometrische Unterricht in Mittelschulen. Wissenschaftliche Beilage zum Programm der Kantonsschule in Zürich. Zürich 1882. 27 S. u. 3 Taf. ETH-Sig.: 72217
- Weisbach [1845-1860]** Weisbach, Julius: Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. Ohne Anwendung des höheren Calcüls für den Unterricht an technischen Lehranstalten sowie den Gebrauch für Techniker bestimmt. 3 Bände. Braunschweig 1845-1860. ETH-Sig.: 4192
- Weisbach [1858]** Weisbach, Julius: Ueber Amsler's Planimeter. Civilingenieur 4 (1858), S. 1-4, Taf. 1
- Weisbach [1862-1876]** Weisbach, Julius: Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. Vierte Auflage, bearbeitet von Gustav Herrmann. 3 Bände. Braunschweig 1862-1876. ETH-Sig.: 4152
- Weisbach [1875-1896]** Weisbach, Julius: Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinenmechanik. Fünfte verbesserte und vervollständigte Auflage, bearbeitet von Gustav Herrmann. Erster Teil: Theoretische Mechanik. 2. Teil: Die Statik der Bauwerke und Mechanik der Umtriebsmaschinen. Braunschweig 1875-1896. ETH-Sig.: 4406
- Wenck [1879]** Wenck, Julius: Die graphische Statik: Ein Lehrbuch für den Unterricht in Baugewerbeschulen und ähnlichen technischen Bildungsanstalten. Berlin 1879. LGS ETH-Sig.: 2362
- Werner [1973]** Werner, Ernst: Die einsernen Ketten- und Drahtseilbrücken. Düsseldorf

- 1973
- Werner [1973]** Werner, Ernst: Die Gießhalle der Sayner Hütte. Zentralblatt für Industriebau 19 (1973), S. 254-263
- Werner [1975]** Werner, Ernst: Die Eisenbahnbrücke über die Wupper bei Müngsten 1893-1897. Köln 1975
- Werner [1980]** Werner, Ernst: Technisierung des Bauens. Geschichtliche Grundlagen moderner Bautechnik. Düsseldorf 1980. X, 197 S.
- Werner [1877]** Werner, R. R.: Graphische Bestimmung des Inhalts, des statischen Momentes und des Trägheitsmomentes beliebig begrenzter Flächen. ZVDI 21 (1877), S. 365-372
- Wernike [1883]** Wernike, Alexander: Grundzüge der Elementar-Mechanik. Gemäss den Anforderungen der philosophischen Propädeutik als Einführung in die physikalischen und die technischen Wissenschaften für den Unterricht bearbeitet. Braunschweig 1883
- Wernike [1898]** Wernike, Alexander: Die mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung in ihrer Stellung zum modernen Humanismus. Berlin 1898
- Weyrauch [1868]** Weyrauch, Jacob J.: Der Escher-Linth-Kanal (Dissertation). Zürich 1868
- Weyrauch [1873]** Weyrauch, Jacob J.: Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuierlichen und einfachen Träger. Für den akademischen Unterricht und zum Gebrauch der Ingenieure. Leipzig 1873. 176 S., 56 Abb., 4 Taf. ETH-Sig.: 3131:7
- Weyrauch [1874 Elast. Linie]** Weyrauch, Jacob J.: Die Gleichung der elastischen Linie beliebig belasteter gerader Stäbe bei gleichzeitiger Wirkung von Horizontal-(Axial-)Kräften. ZfMPh 19 (1874), S. 536-549
- Weyrauch [1874 Gr. Stat. ZfMPh]** Weyrauch, Jacob J.: Die graphische Statik. Historisches und Kritisches. ZfMPh 19 (1874), S. 361-390. ETH-Sig.: 2293
- Weyrauch [1874 Gra. Stat.]** Weyrauch, Jacob J.: Über die graphische Statik. Zur Orientierung. Separatausgabe. Vermehrt durch Zusätzen in Capitel X, sowie durch das Capitel »Literatur über graphische Statik«. Leipzig 1874 Gra. Stat. 36 S. ETH-Sig.: 2293:1
- Weyrauch [1875]** Weyrauch, Jacob J.: Maximalmomente einfacher Träger bei festen und mobilen Lastsystemen. ZAIHVHann. 21 (1875), S. 467-500
- Weyrauch [1875 Rez]** Weyrauch, Jacob J.: Rezension zu: Die graphische Statik von K. Culmann. Zürich 1875. ZfMPh 20 (1875), S. 165-171
- Weyrauch [1876]** Weyrauch, Jacob J.: Festigkeit und Dimensionsberechnung der Eisen- und Stahlconstruktionen mit Rücksicht auf die neueren Versuche. Ein elementarer Anhang zu allen Lehrbüchern über Eisen- und Stahlconstruktionen. Leipzig 1876. IV, 116 S. u. 4 Taf. ETH-Sig.: 2428:1 u. 2293:1
- Weyrauch [1882]** Weyrauch, Jacob J.: Besprechung von Moritz Rühlmann: Vorträge über Geschichte der theoretischen Maschinenlehre. Braunschweig 1881. Zeitschrift für Baukunde 5 (1882), S. 178-18
- Weyrauch [1887]** Weyrauch, Jacob J.: Über das Princip der virtuellen Verrückungen. Civilingenieur 33 (1887), S. 185-190
- Whipple [1847]** Whipple, Squire: An Essay on Bridge Building. New York 1847. Quelle: Timoshenko[1853], S. 185
- Wiecke [1879]** Wiecke, P.: Eine Bemerkung über die Fehlergrenze bei Anwendung der Simpson'schen Regel. ZVDI 23 (1879), S. 83-89.
- Wiecke [1879]** Wiecke, P.: Ein Beitrag zur Theorie des Watt'schen Parallelogramms. ZVDI

23 (1879), S. 323-332

- Wieghardt [1903]** Wieghardt, Karl: Über die Statik ebener Fachwerke mit schlaffen Stäben. Dissertation. Göttingen 1903
- Wiener [1871]** Wiener, Christian: Über die möglichst genaue mechanische Rectification eines verzeichneten Kurvenbogens, bestimmt auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung. ZfMPh 16 (1871), S. 112-124
- Wiener [1891]** Wiener, Christian: Die Freiheit des Willens. Festrede bei dem feierlichen Akte des Directorats-Wechsels d. Grossh. Bad. Techn. HS zu Karlsruhe am 31.Oct. 1891 gehalten. Karlsruhe 1891.
- Wilda [o.J.]** Wilda, Eduard: Graphische Mathematik und ihre Verwendung im Dienste der technischen Mechanik. Brünn 0.J.
- Willers [1950]** Willers, F. A.: Methoden der praktischen Analysis. Berlin 1950
- Willers [1951]** Willers, F. A.: Mathematische Maschinen und Instrumente. Berlin 1951
- Williams [1985]** Williams, Michael R.: A history of computing technology. London. u.a. 1985
- Winkler [1865 Boden]** Winkler, Emil: Versuche über den Bodendruck. Civilingenieur 11 (1865), S. 1-11, 1 Taf.
- Winkler [1865 Reise]** Winkler, Emil: Reisenotizen über einige eiserne Brücken am Rheine. Civilingenieur 11 (1865), S. 35-40, 125-129, 167-175. Taf 3-7
- Winkler [1868]** Winkler, Emil: Vortrag über die Berechnung der Bogenbrücken. Mitt. AIV Böhm. 3 (1868). Sonderdruck. 6 S., 4 Taf. ETH-Sig.: 2418
- Winkler [1869]** Winkler, Emil: Die Berechnung der Bogenbrücken. Fortsetzung zu dem »Vortrag über die Berechnung der Bogenbrücken«. Mitt. AIV Böhm. 4 (1869): Sonderdruck. 7 S., 2 Taf. ETH-Sig.: 2418
- Winkler [1872]** Winkler, Emil: Neue Theorie des Erddruckes nebst einer Geschichte der Theorie des Erddruckes und der hierüber angestellten Versuche. Wien 1872. 143 S., 47 Abb. ETH-Sig.: 2263
- Winkler [1879/80]** Winkler, Emil: Lage der Stützlinie im Gewölbe. Deutsche Bauzeitung (1879), S. 117-119, S. 127-130, (1880), S. 58-60
- Wittenbauer[1883]** Wittenbauer, Ferdinand: Kinematik des Strahles. Eine Darstellung der Bewegung des Strahles in der Ebene nach mechanischen Principien. Graz 1883. V, 105 S. u. 74 Fig.
- Wittenbauer[1923]** Wittenbauer, Ferdinand: Graphische Dynamik. Ein Lehrbuch für Studierende und Ingenieure. Mit zahlreichen Anwendungen und Aufgaben. Berlin 1923. LGS
- Wittmann [1876]** Wittmann, Wilhelm: Druck der Gewölbe auf die Lehrgerüste. München 1876. 11 Abb., 2 Taf.
- Wittmann [1877]** Wittmann, Wilhelm: Die graphische Bestimmung der Maximalmomente einfacher durch bewegliche Lastsysteme beanspruchter Träger. München 1877
- Wittmann [1877]** Wittmann, Wilhelm: Beitrag zur Theorie des Erddruckes auf Stützmauern und Stabilitätsbestimmung derselben. Sonderdruck aus: Zeitschrift des Bayrischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. München 1877. 31 S., 5 Taf. ETH-Sig.: 2428:1
- Wittmann [1878]** Wittmann, Wilhelm: Geometrische Erddrucktheorie und Anwendung derselben auf die Stabilitätsbestimmung von Stützmauern. Zeitschrift für Baukunde (1878), S. 53-76
- Wittmann [1879-1884]** Wittmann, Wilhelm: Statik der Hochbaukonstruktionen. Berlin 1879-1884. LGS

- Wlassow [1907]** Wlassow, A.: Polarograph und Konikograph. ZfMPh 54 (1907), S. 1-11.
- Wolf [1872]** Wolf, Rudolf: Notiz Nr. 197) »Der Planimeter und seine Geschichte«. VNGZü 15 (1872), S. 214-222
- Wolf [1877]** Wolf, Rudolf: Astronomische Mittheilungen 191) Horner'scher Rechenstab. VNGZü 22 (1877), S. 271f
- Wolf [1882]** Wolf, Rudolf: Notizen. Nr. 318. VNGZü 27 (1882), 123-124
- Wolff [1870]** Wolff, Julius: Die innere Architektur der Knochen. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin 50 (1870), S. 418
- Wolff [1892]** Wolff, Julius: Das Gesetz der Transformation der Knochen. Nachdruck hrsg von D. Wessinghage. Stuttgart 1991. Berlin 1892. XIII, 152 S. u. 12 Taf.
- Woltmann [1790]** Woltmann, Reinhard: Theorie und Gebrauch des Hydrometrischen Flügels oder eine zuverlässige Methode die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten. Hamburg 1790. ETH-Sig.: 2298
- Wüst [1871]** Wüst, Albert: Das graphische Rechnen und die graphische Statik. Cultur-Ingenieur 3 (1871), S. 271-282
- Wüst [1880]** Wüst, Albert: Anleitung zum Gebrauch des Taschenschiebers. Mit einem Rechenschieber. Halle 1880. Quelle: Hauck [1881], S. 346
- Zeuthen [1877 Bygning]** Zeuthen, Hieronymus G.: Anvendelse af en saetning af Maxwell tal at finde de billigste Bygningskonstruktioner. Den tekniske Forenings Tidsskrift. Kopenhagen (1877), 104ff
- Zeuthen [1877 grafisk statik]** Zeuthen, Hieronymus G.: Ovelser i grafisk statik. Tidsskrift for Mathematik (4) 1 (1877), S. 27-53. Sonderdruck. 27 S. ETH-Sig.: 2426
- Zeuthen [1877 Stang]** Zeuthen, Hieronymus G.: Nogle Exempler paa ledede Stangsystemer. Tidsskrift for Mathematik. Udgivet af Zeuthen 4(1877) I. 161-174
- Zeuthen [1880]** Zeuthen, Hieronymus G.: Grafisk Behandling en Bjaelkes bevaegelige Belastning. Den. Tekniske Forenings Tidsskrift (1880) Sonderdruck. 11 S., 5 Abb., keine Taf. ETH-Sig.: 2401
- Zeuthen [1896]** Zeuthen, Hieronymus G.: Die geometrische Construction als »Existenzbeweis« in der antiken Geometrie. Mathematische Annalen 47 (1896), S. 222-228
- Ziegler [1985]** Ziegler, Renatus: Die Geschichte der geometrischen Mechanik im 19. Jahrhundert. Stuttgart 1985
- Zillich [1898]** Zillich, K.: Statik für Baugewerkschulen und Baugewerksmeister. 1. Band: Graphische Statik. 2. Aufl. 1901, 3. Aufl. 1904, 4. Aufl. 1908, 8. Aufl. 1923, 9. Aufl. 1933. Berlin 1898. LGS
- Zillich [1933]** Zillich, K.: Statik. Leicht verständlich. Früher Statik für Baugewerkschulen und Baugewerksmeister. 1. Band: Graphische Statik. 10. Aufl. 1922, 11. Aufl. 1940, 13. Aufl. 1943. Berlin 1933. LGS
- Zimmermann [1875]** Zimmermann, Hermann: Ueber die zweckmäßigste Form einer Stützmauer. Vom polytechnischen Verein zu Carlsruhe gestellte und als gelöst anerkannte Preisaufgabe. Civilingenieur 21 (1875), S. 159-174
- Zinner [1943]** Zinner, Ernst: Feinmechanische Geräte. Meisterwerke der Renaissancezeit. Ihr Ursprung und ihre Verbreitung. Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums 15 (1943), S. 1-26
- Zucchetti [1878]** Zucchetti, F.: Statica grafica. Torino 1878. LGS
- Zug [1985]** Zug: Zug der Zeit-Zeit der Züge. Deutsche Eisenbahn 1835-1985. 2 Bände. Berlin 1985

Sach- und Personen-Register

Das Register enthält sowohl Sachbegriffe, als auch Personennamen. Karl Culmann und die graphische Statik habe ich nicht aufgeführt, da sie auf nahezu jeder Seite genannt werden. Alle übrigen Lücken sind unbeabsichtigt.

- 48er Revolution, 9
Aachen, 310, 417, 420, 427, 477, 478
Aare, 77
Abdank-Abakanowicz, Bruno, 203, 407, 481
Aberdeen, 422
Abrechnung, 34, 35, 267, 268
Adler, August, 402
Aiken, 40, 348, 349, 354
Akademie der bildenden Künste München, 25, 413
Akademie der Wissenschaften München, 26, 409
Akademie der Wissenschaften Paris, 432
Akkord, 34, 261, 262, 263, 265, 266, 267, 268, 269
Alabama, 347, 351, 355, 360
Albany, 41
Alcovy, 348
Algebra, 25, 187, 200
Algebra, babylonische, 113
Allgemeine Bauzeitung, 2, 27, 43, 45, 56, 66, 69, 272, 309, 310, 313, 343, 366, 444
Almquist, Pehr Wilhelm, 251, 252, 407, 468, 482
Alnwick, 409
Altenglan, 6
Altmüller, Georg, 18
Altstätten, 271, 272
Amerika, 4, 7, 30, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 76, 85, 88, 181, 186, 205, 210, 248, 249, 250, 251, 259, 260, 275, 277, 285, 292, 301, 306, 312, 313, 314, 315, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 325, 328, 329, 331, 333, 334, 335, 341, 342, 344, 345, 346, 350, 351, 352, 353, 354, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 366, 367, 368, 369, 417, 420, 428, 442, 446, 521, 525, 528
Amerika-Reise, 2, 7, 9, 33, 39, 41, 48, 62, 276
Amsler, Alfred, 223, 407, 482, 489
Amsler, Jakob, 221, 222, 223, 226, 228, 231, 395, 407, 482, 489, 511
Analysis, 19, 23, 25, 125, 151, 154, 196, 200, 211, 215, 217, 243, 376, 501, 533
Ancien Régime, 18
Anderwert, 86
Anglesey, 39, 275
Annaberg, 8
Annweiler, 7
Ansbach, 26
Anschaulichkeit, 3, 207, 218
Anschauung, 21, 113, 123, 129, 130, 133, 136, 215, 217, 218, 389, 496, 516
Anschauungslehre, 21, 503, 516
Antike, 22, 534
Antwerpen, 97
Architektur, 184, 423, 496, 502, 509, 534
Arduini, Carlo, 77, 447
Arithmetisierung, 127, 217, 499
Arithmographie, 504, 526
Arnoux, Gabriel, 408, 482
Arsenal Metz, 16, 426
Artillerie, 18
Astronomie, 26, 97, 250, 281, 336, 413, 422, 423, 477
Athens, 40
Atlanta, 40, 348
Augsburg, 28, 319, 391
Augusta, 40, 349
Ausgleichsrechnung, 209, 210, 406, 494, 531
Ausgleichsrechnung, graphische, 122, 494
Autenrieth, Edmund, 239, 383, 398, 404, 408, 470, 482
Autran, Georg, 71, 408, 436
Baader, Franz Xaver, 10
Bach, Carl von, 1
Baden, 20, 21, 23
Bahlow, 5
Bahnhof, 35, 59, 261, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 289, 294, 297, 298, 299, 303, 305, 306, 309, 313, 315, 350, 461
Bahnhof, Güter-, 76
Bahnhof Derby, 288, 289
Bahnhof Dublin, 294, 295
Bahnhof Heilbronn, 74
Bahnhof Hof, 35, 270
Bahnhof Stuttgart, 414
Bahnhöfe, französische, 288
Bahnhofshalle Baltimore, 45
Baldermann, O., 482
Balken, kontinuierlicher, 144, 165, 171, 172, 190, 195, 196, 390, 398, 399, 437, 438, 440, 442, 468, 520
Balkenbrücke, 53, 55, 311, 441, 442, 506
Ballistik, graphische, 3, 239
Baltimore, 40, 45, 325, 348
Bamberg, 27, 28
Bangor, 40, 289, 290
Bantlin, Albert, 482
Bardelli, Guiseppe, 408, 483
Barkhausen, Georg, 389, 408, 470, 483, 494
Barlow, Peter, 288, 289
Bas Rhin, 10, 70
Basel, 423

- Bauernfeind, Carl Max, 28, 30, 32, 34, 52, 53,
 54, 68, 79, 82, 83, 84, 95, 138, 219, 220,
 270, 278, 284, 391, 408, 445, 483
 Baugewerbeschule, 467, 531
 Baugewerkschule, 81, 428, 470, 472, 534
 Baukommission Zürich, 78
 Baumaterialien, 12, 25, 73, 181, 263, 264, 266,
 355, 380, 392, 401, 419, 432, 434, 442, 496
 Baumechanik, 12, 71, 81, 178, 179, 383, 388,
 395, 397, 398, 400, 401, 408, 422, 423, 425,
 427, 431, 432, 434, 466, 499, 500, 515, 529
 Baumeister, Reinhard, 218, 409, 483
 Baupraktikant, 26, 32, 38, 39, 43, 66, 259, 263,
 267, 272, 275, 276, 277, 412
 Bauschinger, Johann, 1, 81, 83, 180, 181, 197,
 211, 212, 239, 242, 243, 391, 392, 409, 465,
 466, 468, 483
 Bauschule Karlsruhe, 22
 Bayern, 7, 8, 12, 14, 17, 24, 27, 28, 36, 38, 42,
 51, 55, 65, 66, 69, 83, 85, 180, 219, 220,
 261, 270, 277, 280, 281, 283, 284, 336, 354
 Becker, Johann, Karl, 131
 Belgien, 37, 38, 61, 251, 286, 310, 311, 343,
 412, 422
 Belgien-Reise, 40, 276
 Bell, Charles, 185
 Bell, William, 245, 246, 484
 Bellerive, 409
 Benjamin, Ludwig, 231, 484
 Benvenuto, Edoardo, 3, 98, 99, 106, 108, 116,
 422, 484
 Bergakademie Berlin, 420
 Bergakademie Clausthal, 418, 430
 Bergakademie Freiberg, 282, 414
 Bergakademie Leoben, 431
 Bergbau, 17
 Bergwerk, 39, 319
 Bergzabern, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 18, 36, 37, 66, 85,
 91, 411
 Berl, Hugo, 402
 Berlin, 42, 43, 223, 375, 407, 408, 410, 412, 413,
 416, 417, 418, 419, 420, 423, 424, 425, 426,
 427, 428, 430, 434, 498, 522
 Berneck, 10
 Besançon, 39, 275
 Bessard, Henri Friedrich, 76, 77, 239, 396, 402,
 409, 447, 453, 454, 455
 Bieberbach, Ludwig, 484
 Biermann, 484
 Bietigheim, 74
 Binghampton, 41
 Birkenhead, 76
 Birmingham, 32, 39, 40, 193, 275, 286, 288
 Bischoff, Ignaz, 409
 Bischweiler, 5, 474, 475
 Bissaker, Robert, 193
 Blauschiefer, 264
 Bluntschli, F., 90
 Bogen, 133, 134, 135, 152, 171, 190, 196, 197,
 202, 219, 237, 245, 250, 262, 265, 270, 335,
 366, 368, 381, 439, 440, 441, 468, 471, 493,
 494, 501, 521, 522
 Bogen, kontinuierlicher, 524
 Bogen, elastischer, 507
 Bogenbrücke, 42, 43, 134, 233, 289, 348, 438,
 441, 444, 445, 533
 Bogentheorie, 447
 Bogentheorie, Culmannsche, 94, 162, 189, 233,
 438
 Bogenträger, 392, 398, 493, 503, 510, 530
 Böhme, Jakob, 10
 Böhmen, 428
 Böll, Julie, 9, 10
 Böll, Karoline Emilie, 2, 8, 9
 Böll, Lebrecht, 9
 Bologna, 241
 Bonn, 420
 Bordeaux, 39, 275
 Boston, 41, 314
 Bourgeois, 185
 Bow, Robert H., 232, 244, 245, 409, 484, 508
 Brandt, Heinrich, 409
 Brasilien, 338
 Brauer, Ernst, 484
 Braunmühl, Anton, 485
 Braunschweig, 189, 419, 428, 429, 432, 467,
 473, 476, 478, 479, 480, 490, 497, 512, 518,
 520, 526, 531, 532
 Bremerhaven, 423
 Bremiker, Carl, 223, 224, 226, 410, 485
 Brennerbahn, 414
 Breslau, 419, 424, 430, 431
 Bretten, 20, 421
 Breysig, J. A., 20
 Briosci, Francesco, 186, 501
 Brisse, Charles-Michel, 410, 485
 Bristol, 39, 275
 Brooklyn, 313, 320, 355, 427
 Brücke, 32, 34, 39, 42, 43, 44
 Brücke, Aare-, 74
 Brücke, Bogensprengwerk-, 287
 Brücke, Britannia-, 59, 61, 290, 486, 490, 528
 Brücke, Burrsche, 47, 50, 346, 348
 Brücke, Conway-, 59, 60, 61, 290, 486, 490, 528
 Brücke, eiserne, 39, 42, 43, 48, 145, 310, 436,
 437, 438, 439, 441, 444, 451, 452, 453, 454,
 455, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464,
 520, 530, 533
 Brücke, hölzerne, 43, 46, 272, 287, 348, 366,
 374, 436, 437, 439, 441, 451, 452, 453, 454,
 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463,
 464
 Brücke, Howesche, 47, 50, 133, 343, 346, 350,
 366, 368, 439, 441, 494
 Brücke, Longsche, 346, 350
 Brücke, Neckar-, 74

- Brücke, Norrissche, 327
 Brücke, Remington-, 352
 Brücke, Rhein-, 387
 Brücke, Thayersche, 348
 Brücke, Townsche, 47, 343, 346
 Brücke von Javroz, 77
 Brückenbau, 1, 2, 17, 24, 25, 32, 34, 35, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 54, 60, 66, 69, 71, 76, 79, 206, 233, 257, 258, 350, 373, 383, 384, 387, 388, 394, 395, 400, 408, 415, 417, 420, 423, 424, 427, 431, 433, 444, 451, 465, 467, 480, 490, 492, 494, 498, 502, 508, 509, 514, 521, 522, 523, 528, 529
 Brückenbau, amerikanischer, 494
 Brückenbau, Schweizer, 47
 Brückeneinsturz, Mönchensteiner, 197, 521
 Brückeneinstürze, 47
 Brückenkatastrophe, Mönchensteiner, 521
 Brücke, 97
 Bubendey, Johann Friedrich, 76, 410
 Bückeburg, 408
 Buffalo, 41, 250, 369
 Bukarest, 78
 Burg, Adam, 18, 485
 Burgau, 66
 Burgdorf, 20
 Bürgi, Jost, 192
 Burkhardt, Heinrich, 485
 Burkhardt, Jakob, 68
 Bürklen, Otto, 485
 Bürkli-Ziegler, 78, 86
 Burlington, 41
 Burmester, Ludwig, 131, 387, 410
 Burr, Theodore, 46
 Burr, William, 47
 Busch, Carl, 485
 Caernarfon, 40
 Cairo, 41, 360
 Californien, 277
 Cambridge, 422
 Carolina, 347, 349
 Cauchy, Augustin-Louis, 18
 Cavalli, Ernesto, 485
 Chalmers, J. B., 485
 Chalou, 39, 275
 Chambéry, 426
 Charleston, 40, 347
 Charlton, T. M., 3, 485
 Châtelain, Friedrich August, 84, 283
 Chattanooga, 41, 350, 365
 Chemie, 17, 25, 253, 335, 354, 371
 Chemnitz, 414, 419
 Cherbullez, Atoine-Elisée, 70
 Cherest, Ed., 209, 223, 230, 485
 Chester, 40, 289, 290
 Chicago, 41, 365, 366, 367, 368, 369, 427
 Chile, 89
 Cincinnati, 41, 250, 361, 420
 Civilingenieur, 19
 Clapeyron, Benoit Paul Émile, 46, 49, 106, 107, 108, 112, 232, 410, 421, 486, 491
 Clark, Ed., 60, 290, 486
 Clarke, George Sydenham, 180, 246, 247, 248, 410, 466, 467, 469, 486, 514
 Clausius, Rudolf, 68, 83, 84, 282
 Claussen, E., 470, 486
 Clay, Henry, 342
 Clebsch, Alfred, 19
 Clericetti, Celeste, 241, 410, 486
 Cold Springs, 41
 Collège Wissembourg, 15, 16, 257, 411
 Collegium Carolinum, 380, 473, 478, 480
 Collignon, Edouard, 243, 411, 467, 486, 521
 Colmar, 10
 Colonnetti, Gustavo, 241, 411
 Coulomb, Charles Augustin de, 107, 110, 111, 136, 137, 486
 Coulombsches Prinzip, 111, 136
 Cousinery, Barthélemy Édouard, 143, 144, 146, 149, 150, 151, 154, 198, 411, 486, 487
 Cowan, Henry, 487
 Cranz, Carl, 239, 411
 Cremona, Luigi, 3, 4, 126, 156, 160, 161, 172, 186, 187, 188, 190, 198, 240, 241, 242, 243, 246, 247, 248, 376, 411, 438, 448, 466, 470, 483, 487, 509, 523
 Crewe, 40, 289
 Crofton, 245
 Croton, 318, 319
 Crugnola, Gaetano, 110, 241, 411, 467, 487, 488
 Culmann, August, 10
 Culmann, August Ferdinand, 2, 8, 27, 36, 85
 Culmann, Berta Louise, 2, 70
 Culmann, Carl Wilhelm, 2, 7, 8, 9
 Culmann, Christian, 2, 8
 Culmann, Elsie, 36
 Culmann, Eugen Heinrich, 2, 70
 Culmann, Friedrich Jacob, 2, 7, 9, 15
 Culmann, Ilse Berta, 70
 Culmann, Jean Alexander, 70
 Culmann, Jean René, 70
 Culmann, Ludwig Johann, 2, 5, 8
 Culmann, Paul, 2, 70, 88
 Culmann, Philipp Friedrich, 2, 6, 7, 9
 Culmann, Philipp Theodor, 2, 10
 Culmann, Theodor, 2
 Culmann-Gerade, 172, 173, 235
 Dachstuhl, 43, 45, 55, 105, 159, 160, 285, 296, 298, 328, 382, 390, 438, 456, 460, 527, 528
 Dalkey, 293
 Dalwigk, Friedrich von, 406, 412, 488
 Damm, 34, 137, 152, 263, 265, 267, 306, 307, 318, 319, 322, 343, 345, 348, 356, 360
 Dammbau, 1, 32, 152, 307
 Dammböschung, 264
 Dampf, 302, 310, 311, 315, 316, 318, 321, 322,

- 356, 361
 Dampfboot, 359
 Dampfhammer, 30
 Dampfmaschine, 30, 46, 59, 61, 64, 193, 194,
 287, 293, 299, 304, 310, 311, 315, 317, 318,
 319, 320, 334, 341, 353, 356, 362, 367, 503,
 518
 Dampfschiff, 42, 43, 45, 272, 312, 315, 349, 353,
 355, 446
 Dänemark, 89, 252, 412, 426
 Danzig, 420
 Darmstadt, 417, 433
 Dedekind, Richard, 381
 Dee, 39, 275, 290
 Dehn, Max, 79, 406, 412, 516
 Delaware, 320
 Dell, Henriette Margarete, 6, 7
 Denis, Paul, 28
 Derby, 40, 288, 289
 Deschwanden, Joseph Wolfgang von, 61, 69, 91,
 94, 95, 127, 393, 412, 443, 475, 488
 Desplain, 366
 Detroit, 41, 369, 370
 Deutschland, 4, 15, 16, 19, 37, 55, 63, 68, 89,
 123, 124, 147, 181, 187, 192, 193, 202, 204,
 233, 242, 245, 250, 251, 281, 295, 309, 364,
 371, 475, 476, 480, 481, 497, 500, 514, 530
 Diagramm, Wattsches, 112
 Diagramme, reziproke, 141, 156, 157, 158, 160,
 176, 232, 242, 245, 246, 252, 378, 403, 509,
 512, 525
 Differentiation, graphische, 513
 Dijon, 413
 Dinting, 306, 319
 Dioptrik, Adolf, 406
 Distell, Martin, 391, 406, 412
 Dobbs, William John, 248, 413, 470, 471, 488
 Doehlemann, Adolf, 79, 83, 406, 413, 488
 Doehlemann, Karl, 406, 488
 Donau, 344
 Donauwörth, 28
 Doppler, Christian, 18
 Dordogne, 39, 275
 Drahtbrücke, 273, 323
 Drehbrücke, 273, 368
 Drehspiegel, 56, 58
 Drei-Kräfte-Verfahren, 102, 171
 Dresden, 68, 95, 415, 416, 423, 424, 432, 433
 Dreyer, Georg, 413, 471, 488
 Drucklinie, 106, 185, 390, 437, 440
 Du Bois, Augustus Jay, 249, 250, 413, 466, 467,
 468, 488, 489
 Du Bois-Reymond, Paul, 489
 Du Bois-Reymond, R., 474
 Dualität, 3, 123, 155, 156, 158, 159, 160, 161,
 178, 187, 189, 191, 375, 385, 525
 Dualität, Culmann-, 160, 187
 Dualität, Maxwell-, 156, 160, 187
 Dublin, 40, 59, 292, 293, 294, 297, 353
 Dudley, 287
 Durchlaufräger, 172, 179, 202, 240, 245, 246
 Dürig, F. J., 28
 Durlach, 22
 Düsseldorf schiefe Ebene, 349
 Dyck, Walthar von, 194, 195, 219, 251, 482, 485,
 489
 Dynamik, graphische, 3, 239, 376, 388, 411, 427,
 434, 466, 472, 508, 518, 533
 Dziobek, 378
 East River, 313, 355
 Ebene, euklidische, 155
 Ebene, projektive, 155
 École d'application Metz, 9, 15, 16, 411, 427,
 509
 École des Ponts et Chaussées, 149, 242, 408,
 410, 411, 421, 425
 École des Travaux Publics St. Petersburg, 49,
 106, 410, 421
 École polytechnique Paris, 9, 16, 17, 18, 19, 149,
 242, 281, 410, 411, 421, 424, 425, 426, 427,
 516
 Écoles d'applications, 17, 19
 Eddy, Henry T., 250, 251, 413, 467, 489
 Edinburgh, 409, 418, 422, 427, 484, 493, 500,
 508, 526, 528
 Eiffel, Alexandre Gustave, 234, 235, 236, 413,
 419, 490, 506
 Eiffel-Turm, 234, 236, 413, 419, 486
 Einflußlinie, 382, 383, 393, 397, 424, 472, 497,
 505
 Einsteighalle, 270, 295, 298, 347
 Eisenbahn, 24, 27, 28, 30, 39, 47, 55, 60, 64, 73,
 77, 87, 88, 89, 94, 286, 290, 292, 297, 299,
 304, 326, 330, 346, 351, 360, 364, 369, 432,
 448, 484, 488, 529, 534
 Eisenbahn, Baltimore-Ohio-, 323, 327, 494
 Eisenbahn, bayerische, 2, 24, 27, 28, 29, 35, 51,
 142, 152, 205, 231, 518
 Eisenbahn, bayerischer, 257
 Eisenbahn, belgische, 32, 39, 275
 Eisenbahn, Berlin-Frankfurt-, 32
 Eisenbahn, Chester-Holyhead-, 528
 Eisenbahn, Chur-Locarno-, 76, 446
 Eisenbahn, Gätzer-Mürzzuschlager-, 32
 Eisenbahn, Georgia-, 350, 360
 Eisenbahn, Great Western, 39, 289
 Eisenbahn, Kingstown-Dalkey-, 39, 275
 Eisenbahn, Manchester-Sheffield-, 303
 Eisenbahn, Michigan-, 370
 Eisenbahn, Moskau-St. Petersburg-, 49
 Eisenbahn, New York-Erie-, 134
 Eisenbahn, Northwestern, 289
 Eisenbahn, Nürnberg-Bamberg-, 28, 30
 Eisenbahn, Nürnberg-Fürth-, 55
 Eisenbahn, Nürnberg-Grenze-, 32
 Eisenbahn, Nürnberg-Hof-, 28

- Eisenbahn, Nürnberg-Lichtenfels-, 32
 Eisenbahn, Pfälzische, 28
 Eisenbahn, Seebach-Zürich-, 76, 448
 Eisenbahn, Süd-, 39
 Eisenbahn, Ulm-Augsburg, 51
 Eisenbahn, Venlo-Hamburg-, 419
 Eisenbahn, Washington-Baltimore-, 55
 Eisenbahn, württembergische, 414
 Eisenbahn Nürnberg-Regensburg-Passau, 66
 Eisenbahn Seebach-Zürich-, 78
 Eisenbahnbau, 1, 3, 24, 27, 28, 35, 38, 39, 45,
 47, 49, 53, 66, 68, 69, 71, 76, 79, 107, 195,
 258, 259, 260, 270, 276, 277, 309, 344, 398,
 400, 410, 412, 415, 421, 422, 423, 424, 426,
 428, 436, 438, 439, 441, 444, 450, 451, 452,
 453, 454, 455, 457, 458, 459, 460, 461, 462,
 463, 464
 Eisenbahnbau-Kommission, 24, 28, 33, 35, 38,
 43, 44, 94, 257, 260, 267, 275
 Eisenbahnen, Schweizer, 528
 Eisenbahnstrecke, atmosphärische, 30, 37, 59,
 292, 483
 Eisenglimmer, 264
 Elastizität, 46, 179, 189, 192, 240, 248, 301, 332,
 353, 385, 392, 397, 399, 402, 411, 433, 437,
 514
 Elastizitätstheorie, 107, 240, 401
 Elektrizitätslehre, 45, 55, 58, 213
 Elementarmathematik, 23, 210, 211, 212, 214,
 218, 228, 377, 418, 429, 499, 502, 517, 527,
 531
 Ellet, Charles, 323, 341, 490
 Ellipsen-Zirkel, 449
 Elsaß, 15, 35, 70, 271, 412, 419, 421
 Emilie Gummi, 5
 Engel, Friedrich, 127, 217, 413, 490
 England, 10, 30, 32, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44,
 45, 55, 58, 63, 64, 117, 193, 194, 205, 232,
 244, 245, 246, 247, 248, 275, 285, 286, 287,
 289, 291, 292, 295, 298, 301, 304, 309, 311,
 312, 327, 354, 364, 368, 414, 418, 426, 442,
 446
 England-Reise, 2, 9, 30, 40, 62, 276, 353
 Engländer, 85, 287, 290, 354, 362, 364
 Erdarbeiten, 35
 Erdbau, 71, 72, 73, 79, 138, 152, 189, 391, 397,
 424, 433, 436, 437, 440, 443, 447, 450, 451,
 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460,
 461, 462, 463, 464, 514
 Erddruck, 107, 110, 111, 136, 150, 178, 196,
 197, 217, 250, 266, 376, 379, 380, 381, 385,
 386, 388, 392, 399, 400, 437, 451, 468, 482,
 503, 510, 511, 513, 515, 519, 527, 533
 Erddrucktheorie, graphische, 73, 107, 109, 111,
 112, 138, 178, 209, 252, 427, 499, 519
 Erddrucktheorie, 533
 Erlangen, 431
 Escher-Linth-Kanal, 399, 532
 ETH-Bibliothek, 2, 3, 20, 42, 45, 48, 49, 50, 70,
 84, 88, 142, 148, 177, 240, 251, 323, 336,
 345, 371, 393, 396, 402, 436, 443, 465, 475,
 476, 486
 ETH Bibliothek, 285
 ETH Zürich, 2, 12, 20, 36, 61, 66, 67, 68, 69, 70,
 71, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 91,
 95, 112, 127, 128, 129, 131, 136, 138, 175,
 195, 197, 212, 233, 235, 238, 239, 283, 284,
 371, 372, 377, 381, 385, 387, 393, 396, 399,
 402, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 414, 416,
 417, 419, 420, 421, 423, 424, 426, 427, 428,
 430, 431, 432, 433, 445, 446, 447, 450, 451,
 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 474,
 475, 477, 480, 481, 509, 530
 Etzel, Carl von, 37, 66, 67, 414, 490
 Euklid, 96, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 123,
 211, 220
 Europa, 2, 4, 17, 32, 33, 46, 61, 64, 79, 314,
 318, 322, 329
 Eyth, Max, 38
 Fachwerk, 2, 42, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 55,
 94, 106, 132, 133, 134, 144, 156, 159, 160,
 165, 171, 172, 173, 179, 184, 196, 197, 209,
 232, 236, 240, 242, 244, 245, 248, 298, 348,
 372, 375, 381, 382, 383, 385, 389, 390, 398,
 401, 418, 426, 440, 441, 444, 468, 470, 484,
 492, 493, 495, 497, 505, 510, 511, 512, 513,
 515, 521, 525, 529, 533
 Fachwerk, räumliches, 376, 382, 392, 471, 496,
 511, 523
 Fachwerkbogen, 507
 Fachwerkbrücke, 47, 48, 49, 51, 132
 Fachwerktheorie, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 93, 94,
 132, 134, 373, 386, 387, 392, 393, 409, 415,
 430, 481
 Fachwerkträger, 501
 Fairbairn, William, 37, 60, 299, 490, 528
 Fairbairnkran, 171, 182, 184, 185
 Fairmount, 322, 323
 Fais, Antonio, 414
 Favaro, Antonio, 2, 3, 4, 12, 14, 112, 141, 148,
 177, 178, 186, 187, 188, 190, 192, 198, 200,
 202, 219, 221, 240, 241, 242, 243, 250, 388,
 414, 466, 467, 468, 486, 490, 491, 525
 Favero, Giovanni Battista, 414, 491
 Feiltschbach, 260, 262, 263
 Fichtelgebirge, 28, 30, 32, 62, 143, 408
 Fichtelgebirge, Wasserscheide, 28
 Fiedler, Wilhelm, 75, 94, 127, 128, 129, 130,
 131, 177, 190, 372, 378, 384, 390, 393, 403,
 414, 442, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461,
 462, 491
 Finger, Josef, 401, 402, 414, 492
 Finsterwalder, Sebastian, 210
 Fischer, Ernst, 209, 219, 221, 229, 492
 Fischer, Joachim, 221, 492
 Fischer-Benzon, R., 468, 469, 516, 517

- Flanschschiene, 180
 Flußbau, 451, 457, 458, 459, 463, 464
 Föppl, August, 207, 245, 375, 392, 393, 397,
 398, 415, 470, 471, 472, 475, 492
 Forbach, 8
 Forstakademie Mariabrunn, 176, 177, 429
 Förster, Christian Friedrich Ludwig, 69, 414
 Fort Hamilton, 312
 Fort Tompkins Lafayette, 312
 Fourier, Jean-Baptiste-Joseph de, 18
 Fox, 287
 Francke, Adolf, 415, 492, 493
 Fränkel, Wilhelm, 94, 175, 180, 239, 387, 415,
 477, 493
 Frankenholzer Bergwerksgesellschaft, 8
 Frankfurt, 39, 275, 433
 Frankreich, 7, 8, 9, 15, 16, 18, 30, 61, 89, 205,
 212, 241, 411
 Frankreich-Reise, 39
 Französische Republik, 7
 Französische Revolution, 7
 Frauenholz, 79
 Fraunhofer, Josef von, 426
 Freiburg, 448
 Fribourg, 74, 76, 77, 423, 445
 Friedhof, 62, 86, 87, 90
 Friedhof Sihlfeld, 90
 Friedrichshafen, 74
 Frougton, 333
 Fürstenfeldbruck, 421
 Fürth, 28
 Futtermauer, 110, 360, 397, 427, 450, 451, 514,
 519
 Gattiker, 70
 Gauß, Carl Friedrich, 26, 27
 Gebbia, Michele, 241, 415, 493, 494
 Geistesgymnastik, 22
 Generalstab der Artillerie, 10
 Genf, 70, 408
 Gent, 422
 Geodäsie, 70, 85, 210, 253, 256, 281, 386, 408,
 409, 429, 433, 441
 Geometrie, analytische, 25, 118, 122, 123, 124,
 128, 189, 191, 253, 374, 456, 517
 Geometrie, darstellende, 20, 21, 25, 75, 94, 122,
 125, 127, 128, 129, 130, 131, 149, 175, 177,
 210, 240, 253, 258, 371, 372, 373, 374, 375,
 376, 377, 378, 379, 382, 383, 384, 385, 387,
 390, 391, 393, 403, 405, 406, 409, 410, 412,
 413, 414, 416, 418, 419, 420, 422, 424, 426,
 428, 429, 430, 431, 433, 442, 453, 491, 494,
 496, 511, 512, 514, 523
 Geometrie, Elementar-, 25, 118, 211, 248, 375,
 390, 512
 Geometrie, neuere, 81, 82, 124, 128, 130, 151,
 173, 174, 176, 177, 178, 181, 188, 190, 191,
 214, 215, 378, 384, 388, 397, 399, 401, 443,
 496, 514, 516, 523
 Geometrie, nicht-euklidische, 125, 211, 217, 502
 Geometrie, praktische, 20, 116, 119, 128, 149,
 210, 253, 412, 418, 499, 525
 Geometrie, projektive, 4, 94, 96, 122, 123, 124,
 125, 131, 151, 152, 155, 156, 160, 170, 176,
 177, 187, 190, 191, 197, 198, 200, 203, 211,
 214, 215, 217, 237, 238, 240, 241, 248, 249,
 372, 373, 375, 376, 378, 379, 382, 384, 387,
 388, 390, 392, 394, 396, 397, 398, 399, 400,
 403, 423, 424, 426, 491, 512, 514
 Geometrie, synthetische, 127, 217, 406, 503
 Geometrie der Lage, 14, 75, 81, 94, 123, 127,
 128, 129, 130, 175, 176, 178, 188, 190, 191,
 196, 198, 211, 215, 217, 219, 241, 371, 372,
 373, 374, 375, 387, 388, 389, 393, 395, 396,
 400, 401, 403, 414, 418, 419, 420, 428, 429,
 430, 431, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459,
 460, 461, 462, 491, 514, 520, 528
 Geometrographie, 209, 210, 495, 508
 Georgetown, 336
 Georgia, 349, 354
 GEP, 2, 74, 87, 88, 89, 90, 233, 408, 411, 416,
 417, 419, 420, 423, 426, 427, 428, 432, 474,
 475, 481
 Geradführung, 99, 499
 Gerber, Heinrich, 52, 53, 54, 415, 426, 494, 498
 Gerber-Träger, 415
 Geschütztechnik, 9
 Gewerbeschule Chemnitz, 128, 414, 416, 419,
 491
 Gewerbeschule Darmstadt, 417
 Gewerbeschule Görlitz, 419
 Gewerbeschule Gotha, 433
 Gewerbeschule Hagen, 418
 Gewerbeschule Hamburg, 429
 Gewerbeschule Kaiserslautern, 17, 18, 19, 257,
 258, 412
 Gewerbeschule Schweidnitz, 416
 Gewölbe, 54, 79, 103, 106, 107, 108, 109, 116,
 134, 135, 138, 139, 144, 150, 152, 161, 162,
 178, 179, 184, 197, 209, 232, 236, 262, 263,
 264, 266, 290, 325, 335, 381, 385, 388, 390,
 392, 393, 394, 397, 440, 446, 456, 468, 483,
 486, 492, 494, 495, 498, 513, 514, 515, 521,
 533
 Gewölbe, Backstein-, 351
 Gewölbe, elliptische, 440
 Gewölbetheorie, 398
 Gewölbetheorie, Paulische, 54, 483
 Gewölbetheorie, Ponceletsche, 134
 Ghega, Carl, 50, 494
 Gießen, 414
 Girard, Stephen, 323, 324, 325
 Gitterbrücke, 43, 444
 Gleichgewicht, 50, 72, 96, 98, 99, 101, 102, 104,
 105, 132, 133, 136, 137, 139, 163, 172, 173,
 176, 310, 320, 353, 398, 446, 513
 Gleichgewichtsventil, 315, 316

- Gloucester, 32, 40
 Gneis, 264
 Göllitzbach, 263
 Gonnella, Tito, 187, 220, 221
 Gonnella-Scheibe, 220
 Görlitz, 427
 Gorton, 303, 304
 Göttingen, 419, 428
 Grages, F., 470, 494
 Graham, Robert Hudson, 117, 119, 246, 247, 468, 469, 494, 495
 Graphoballistik, 379
 Graphostatik, 147, 148, 176, 181, 208, 215, 238, 242, 371, 372, 373, 377, 378, 379, 383, 385, 387, 388, 398, 413, 424, 430, 457, 458, 465, 468, 469, 471, 472, 488, 490, 493, 500, 501, 503, 507, 509, 518, 523, 528
 Grashof, Franz, 1, 19, 213, 415
 Grassmann, Hermann, 405, 415
 Gravelius, Harry, 388
 Gray, John Y., 247, 415, 469, 495
 Graz, 124, 388, 427, 431, 434, 468, 477, 478, 493, 533
 Grazer Lyceum, 388
 Greene, Charles Ezra, 249, 251, 415, 466, 467, 495
 Grenze, sächsische, 24, 28, 32, 33, 34, 276
 Griffin, 41, 350, 351
 Grossmann, 239, 377, 378, 416
 Grubenmann, 47
 Grübler, Martin, 172, 387, 416, 495
 Grünstein, 264, 320
 Grüson, Johann Philipp, 116, 118, 507
 Gummi, Emille, 2, 5, 10, 475
 Gummi, Karl Friedrich Gustav, 8, 10, 11
 Gunter, Edmund, 192
 Gunter-Lineal, 192
 Gunterskala, 192, 500
 Gürtbögen, 52
 Güterbahnhof, 447
 Güterzüge, 32
 Gymnasium Ansbach, 431
 Gymnasium Berlin, 416
 Gymnasium Bipontinum, 6, 8
 Gymnasium Braunschweig, 419
 Gymnasium Celle, 418
 Gymnasium Clausthal, 418
 Gymnasium Darmstadt, 430
 Gymnasium Dresden, 496
 Gymnasium Elberfeld, 418
 Gymnasium Erlangen, 27
 Gymnasium Hof, 26, 524
 Gymnasium Kaiserslautern, 17, 27, 426
 Gymnasium Karlsruhe, 22, 418
 Gymnasium Magdeburg, 418
 Gymnasium Nürnberg, 431
 Gymnasium Schaffhausen, 221, 407
 Gymnasium St. Gallen, 412
 Gymnasium Stuttgart, 414
 Gymnasium Wertheim, 483
 Gymnasium Würzburg, 431
 Haas, Richard, 17
 Halberstadt, 20
 Hambacher Fest, 8
 Hamburg, 201, 332, 409, 410, 412, 420, 425, 429
 Hamel, Georg, 376
 Hammer, Ernst, 495
 Hängebrücke, 60, 77, 236, 258, 323, 436, 438, 525
 Hängebrücke, Drahtkabel-, 323
 Hankel, Herrmann, 123
 Hannover, 419, 425
 Happel, Hans, 406, 416
 Harlacher, Andreas Rudolf, 76, 81, 174, 178, 184, 231, 232, 239, 242, 394, 395, 402, 416, 455, 456, 457, 458, 495
 Harlem, 314
 Hauck, Guido, 130, 131, 191, 196, 198, 199, 200, 210, 216, 217, 239, 377, 378, 379, 416, 496, 527, 534
 Haussser, A. E., 243, 416, 469, 496, 521
 Hebmascchine, 288, 304, 305, 310, 311, 319, 320
 Heidelberg, 20, 418
 Heilbronn, 74, 414, 416
 Heinzerling, Friedrich, 53, 54, 373, 374, 416, 496, 497
 Hellmer, Karl, 383, 417
 Henderson, 287
 Henkel, Otto, 417, 467, 470, 471, 472, 497
 Henneberg, Lebrecht, 3, 172, 385, 386, 417, 469, 470, 471, 472, 484, 497, 500
 Henrici, Olaus, 245, 417
 Henry, 41, 64, 334, 365
 Hermann, 41, 64, 362, 365
 Hermann, Johann Martin, 219, 220, 222, 417
 Herrmann, Gustav, 193, 194, 199, 200, 212, 239, 374, 417, 467, 468, 469, 484, 497, 531
 Herrmann, Hans-Werner, 8, 36, 475, 476, 481
 Heßler, Ferdinand, 18
 Hildesheim, 429
 Hilgard, Karl Emil, 76, 417, 464
 Hirn, G.-A., 223, 498
 Hodgkins, Eaton, 60
 Hof, 24, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 39, 59, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 276, 412, 415
 Holyhead, 39, 40, 275, 290, 292
 Holzmüller, Gustav, 214, 215, 418, 499, 517, 530
 Hönig, Johann, 18
 Hooke, Robert, 106
 Horgen, Rutschungen bei, 76, 448
 Hornblendenschiefer, 264
 Hoskins, L. M., 248, 470, 499
 Howe, William, 46
 Hudson, 313, 355

- Hug, A., 86
 Hugentobler, 70
 Hugentobler, Franz, 70
 Hydrometrischer Flügel, 482, 534
 Hyperboloid, 258
 Illinois, 361, 365, 366, 367, 412, 427
 Index, 16, 18
 Industrieschule Zürich, 61, 278, 279, 280, 412
 Ingenieur, 3, 16, 20, 21, 26, 28, 32, 34, 37, 47,
 55, 59, 63, 66, 68, 70, 88, 97, 136, 142, 152,
 181, 200, 201, 206, 210, 214, 216, 238, 242,
 272, 275, 289, 297, 298, 299, 303, 309, 310,
 328, 373, 389, 399, 408, 409, 410, 411, 414,
 415, 416, 417, 419, 420, 421, 423, 424, 426,
 427, 428, 430, 432, 433, 441, 443, 447, 448
 Ingenieur, Militär-, 328
 Ingenieurschule Karlsruhe, 21, 22, 23
 Ingenieurwesen, 1, 17, 19, 38, 46, 90, 91, 130,
 131, 176, 239, 379, 420, 425, 479
 Instrumente, 69, 119, 154, 200, 203, 204, 209,
 219, 221, 222, 223, 231, 239, 284, 332, 336,
 340, 407, 421, 429, 442, 485, 489, 492, 499,
 506, 522, 523, 524, 525, 533
 Instrumente, astronomische, 115, 117, 120, 125
 Instrumente, integrierende, 219
 Instrumente, mathematische, 489
 Integration, graphische, 108, 165, 177, 187, 200,
 201, 202, 203, 204, 214, 220, 244, 388, 402,
 407, 422, 425, 466, 482, 507, 513, 517, 522,
 526
 Integration, mechanische, 529
 Integration, numerische, 108, 144, 152, 204, 388
 Integrationsmaschine, 154, 161, 165
 Integrator, 215, 222, 223, 231, 395, 408, 481,
 482, 490, 493, 508, 526
 Integrator, Amslerscher, 513
 Interpolation, 406, 487
 Interpolation, graphische, 149, 150, 500, 508
 Italien, 4, 14, 89, 411
 James-River, 343, 344
 Jenkin, Fleeming, 156, 232, 244, 418, 500
 Jersey, 313, 314
 Joliet, 41, 366
 Jolles, Stanislaus, 373, 378, 379, 418, 500
 Jourawski, D. I., 49, 50
 Jung, Giuseppe, 209, 230, 240, 241, 418, 470,
 487, 500, 501
 Jung, W., 10
 Jura-Seen, 77
 Kaiserslautern, 14, 17, 19, 27, 36, 91, 473, 476
 Kalkstein, 90, 264, 350
 Kalkül, baryzentrischer, 123, 187, 423
 Kalorimetrie, graphische, 503
 Kanada, 89
 Kappeler, Johann Karl, 84, 86, 89, 450, 475
 Karlsruhe, 18, 19, 20, 21, 22, 50, 421, 432, 433,
 443, 475, 479, 480
 Karsten, Carl Johann Bernhard, 9
 Kassel, 412
 Kayser, Carl Heinrich Albert, 19, 20, 22, 23, 50,
 93, 104, 105, 212, 253, 418, 443, 501
 Keck, Wilhelm, 239, 249, 250, 389, 418, 470,
 501
 Kennigott, Gustav Adolf, 83, 84, 282
 Kesselblechbalken, 287
 Kettenbrücke, 43, 60, 103, 104, 145, 258, 445,
 531
 Kettenbrücke, Wheelinger, 341
 Kettenlinie, 104, 106, 195, 219, 373, 383
 Kiel, 425
 Kiepert, Ludwig, 239, 389, 419
 Killing, Wilhelm, 406, 419
 Kinematik, 99, 131, 132, 172, 193, 211, 377,
 383, 387, 410, 416, 427, 500, 517, 520, 530,
 531, 533
 Kinematik, graphische, 508, 511
 King's College London, 422
 Kingston, 293
 Kirsch, Bernhard, 402
 Kirsch, Ernst Gustav, 209, 419, 501, 502
 Kissling, Richard, 90
 Klein, Felix, 18, 123, 191, 210, 213, 218, 228,
 376, 383, 390, 401, 414, 499, 502, 517
 Klein, Franz, 400
 Klett & Co, 54
 Knochenbälkchen, 181
 Knochenbau, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 509
 Koechlin, Maurice, 233, 235, 236, 237, 244, 419,
 470, 486, 502
 Köln, 39, 275, 427
 Konikograph, 534
 Konstruktionsaufgabe, 22
 Konstruktionslehre, geometrische, 20, 22
 Köpcke, Klaus, 53, 503
 Kopenhagen, 425, 426, 434
 Körner, Karl, 239, 380, 381, 382, 419
 Korrektur, 73, 77, 78, 509
 Korrektur, Jura-, 76, 77, 446
 Korrektur, Oberrhein-, 432
 Korrektur, Reuse-, 77
 Korrektur, Rhein-, 530
 Korrektur, Saale-, 264
 Korrektur in Rumänien, 78
 Korseit, Alwin, 503
 Kostenvorschläge, 35
 Kötter, Ernst, 123, 375, 376, 379, 419, 503
 Kötter, Fritz, 110, 111, 112, 136, 138, 375, 379,
 380, 420, 486, 488, 503
 Kräfte- und Seilpolygon, 93, 100, 101, 102, 103,
 104, 106, 107, 112, 141, 147, 151, 154, 156,
 157, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166,
 167, 169, 173, 176, 178, 189, 200, 233, 235,
 240, 245, 372, 373, 375, 378, 380, 381, 382,
 383, 384, 390, 398, 399, 401, 404, 410, 411,
 421, 422, 432, 490
 Kräftegleichgewicht, 401

- Kräfteparallelogramm, 3, 27, 48, 97, 99, 100,
103, 143, 192, 447, 485, 496, 528
- Kratzer, Adolf, 406, 420
- Kreiselpumpe, 469
- Kroatien, 89, 420
- Krohn, Reinhard, 373, 384, 420, 503
- Krümmungsradius, 30, 33
- Kulmbach, 28, 30, 32, 33
- Kupferkies, 264
- Küppers, Karl Josef, 395, 420, 503
- Kurrer, Karl-Eugen, 3, 106, 133, 503
- Kurvenlineal, Steinersches, 200
- Kusel, 6
- Küss, Emilie Mathilde, 70
- Kussevich, Marcell von, 71, 73, 93, 403, 420,
437
- Kutta, Wilhelm, 376, 420
- Ladomus, Johann Friedrich, 19, 20, 21, 22, 27,
118, 119, 120, 121, 127, 218, 253, 254, 421,
443, 503, 504
- Laisle u. Schübler, 233, 504
- Lake Erie, 41
- Lake Huron, 41, 369
- Lake Michigan, 41, 365, 367, 369
- Lalanne, Léon Louis Chrétien, 200, 421, 501,
504, 514, 531
- Lambert, Johann Heinrich, 504
- Lamé, Gabriel, 49, 106, 107, 108, 112, 232, 410,
421, 490, 504, 505
- Lanchester, Frederick William, 505
- Landau, 8, 10
- Lastsysteme, bewegte, 202, 392, 523, 532, 533
- Lateinschule Kaiserslautern, 17
- Lattenbrücke, 43
- Lattenbrücke, Townsche, 47
- Laurein, Jeanne, 70
- Lausanne, 77, 240, 278, 423, 445, 472, 508, 517
- Laves, Ludwig, 51, 52, 53, 244, 502, 503
- Laves-Balken, 51
- Leeds, 39, 40, 275, 303, 308, 309
- Lehranstalt Stettin, 421
- Lehrgerüst, 104, 105, 106, 138, 139, 144, 441,
446, 533
- Lehrgerüst, Culmannsches, 93, 139
- Leidner-Flasche, 56
- Leipzig, 28, 432
- Lemoine, Emilie, 209, 210, 495, 506, 508
- Lévy, Maurice, 136, 242, 243, 244, 421, 466,
469, 506, 519
- Liège, 103, 251
- Likey-Steige, 32
- Limmatbrücke, 441
- Limmatquai, 76, 426, 441
- Limoges, 39, 275
- Lincke, Felix, 385, 421, 457, 458
- Lindau, 271
- Linie, elastische, 105, 172, 195, 397, 399, 492,
520, 521
- Linienführung, 33
- Linsenträger, 52, 244
- Linz, 431
- Liverpool, 39, 40, 275, 297, 299, 303, 319, 320,
355
- logarithmische Rechentafel, 518
- Lokomotive, 1, 30, 32, 45, 59, 61, 74, 107, 166,
236, 285, 286, 289, 292, 293, 294, 295, 301,
302, 303, 304, 310, 311, 313, 315, 317, 320,
321, 322, 325, 334, 346, 347, 348, 349, 350,
362, 410
- Lokomotive, amerikanische, 327
- Lokomotive, Baldwinsche, 347, 348
- Lokomotive, Cramptonsche, 322
- Lokomotive, Engerthsche, 166
- Lokomotive, Jenny-Lind, 308
- Lokomotive, Lokomotive, 322
- Lokomotive, Norrissche, 32, 33, 321, 322, 348,
349
- Lokomotive, Sharpsche, 301
- Lokomotive, Stephensonsche, 60, 326
- Lokomotiven-Remise, 303
- Lokomotivenfabrik Esslingen, 74
- Lokomotivsystem, Wetli's, 447
- London, 39, 40, 192, 195, 275, 285, 288, 290,
320, 333, 354, 417
- Long Island, 313
- Lorber, Franz, 209, 230, 506
- Loria, Gino, 506
- Lothringen, 8
- Ludewig, Heinrich Carl, 83, 283
- Ludwig XVIII, 7
- Ludwigs Südnordbahn, 27, 28
- Ludwigsbahn, Hessische, 430
- Luftpumpe, 315
- Lüneburg, 428
- Lynchburg, 343
- Lyon, 39, 275
- Madrid, 251
- Mailand, 408, 418
- Managementaufgaben, 35
- Manchester, 40, 299, 303, 306, 307, 308, 319,
344
- Manhattan, 313
- Mannheim, Amédée, 132, 193, 195, 205, 496
- Mansion, Paul, 422, 506, 507
- Marktschorgast, 30, 31, 38
- Marktschorgast, Schiefe Ebene bei, 31, 33, 37
- Marseille, 39, 275, 411
- Mascheroni, Lorenzo, 116, 117, 118, 119, 124,
125, 149, 422, 493, 507
- Maschinenbau, 18
- Maschinenfabrik, Hawthornssche, 311
- Maschinenfabrik, Stephensonsche, 311
- Maschinengetriebe, graphische, 239, 374
- Massau, Junius, 201, 422, 507
- Massennivellement, 153, 372
- Mathematik, angewandte, 23, 125, 202, 203,

- 204, 213, 238, 240, 250, 371, 376, 383, 385, 389, 391, 405, 409, 412, 413, 414, 415, 417, 418, 420, 421, 423, 425, 428, 429, 432, 433, 453, 479, 488, 496, 506, 514, 519, 527
- Matthiesen, Ludwig, 406, 422
- Maurer, Maurice, 165, 166, 243, 252, 422, 468, 507
- Maury, 42, 66, 88, 205, 277, 335, 336, 338, 339, 340, 507
- Maximalmoment, 164, 207, 252, 392, 405, 482, 523, 527, 532, 533
- Maximilian II, 66
- Maxwell, James Clerk, 3, 92, 156, 157, 158, 160, 172, 219, 232, 242, 244, 246, 393, 422, 492, 508, 534
- Mayer, Rudolf F., 401, 422
- Mayor, Benjamin, 240, 422, 472, 508
- Mechanik, 16, 19, 20, 22, 23, 25, 50, 97, 99, 104, 126, 136, 185, 186, 212, 244, 252, 253, 283, 372, 375, 376, 377, 378, 379, 382, 386, 387, 388, 392, 397, 399, 401, 406, 459, 460, 501, 503
- Mechanik, analytische, 23, 191, 392, 408, 513
- Mechanik, technische, 3, 22, 23, 91, 92, 124, 203, 212, 214, 238, 239, 373, 375, 376, 379, 380, 382, 387, 388, 389, 391, 392, 397, 398, 401, 405, 406, 408, 409, 413, 422, 428, 433, 469, 470, 471, 472, 482, 492, 497, 499, 511, 519, 520, 522, 525, 527, 533
- Mechanik, theoretische, 531
- Mehmke, Rudolf, 195, 200, 202, 203, 204, 210, 213, 384, 386, 423, 479, 495, 508
- Mehrtens, Georg Christoph, 54, 55, 92, 387, 388, 423, 471, 472, 508, 509
- Mehrtens, Herbert, 509
- Melan, Joseph, 383, 423
- Memphis, 41, 359, 360
- Menai-Strait, 40, 59, 290, 292
- Merian, Christoph Matthäus, 402, 439, 440, 441
- Merriman, Mansfield, 423, 509
- Mersey, 297
- Metallurgie, 9
- Methoden, graphische, 3, 4, 50, 99, 108, 121, 132, 134, 136, 141, 142, 147, 153, 154, 170, 178, 179, 184, 187, 188, 189, 197, 202, 203, 204, 205, 206, 210, 211, 215, 232, 233, 241, 244, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 260, 374, 376, 377, 379, 380, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 394, 395, 398, 399, 404, 417, 418, 421, 424, 426, 484, 495, 498, 518, 519, 522
- Methodenreinheit, 118, 125, 126, 127, 130, 154, 192, 202, 214, 385
- Metz, 7, 9, 10, 15, 16, 426
- Meyer, Gotthold, 509
- Meyer, Jean, 2, 12, 14, 15, 16, 27, 68, 75, 76, 77, 78, 83, 88, 141, 233, 423, 509
- Meyer&Zeller, 196
- Michigan Mining School, 249, 251, 473, 481
- Michot, Felix, 15, 16, 50, 112, 232, 509
- Militärtechnische Akademie Berlin, 379, 411
- Minnesota, 413
- Mississippi, 62, 341, 351, 356, 359, 360, 361, 362, 369
- Missouri, 277, 330, 362, 364, 365
- Mobile, 41, 354, 355
- Möbius, August Ferdinand, 123, 127, 160, 198, 393, 401, 414, 423, 509, 510
- Modigliano, Cesare, 241, 424, 510
- Mohr, Georg, 116, 125, 510
- Mohr, Otto, 3, 92, 94, 126, 172, 173, 174, 180, 181, 195, 239, 242, 243, 383, 387, 388, 393, 397, 398, 399, 415, 424, 442, 442, 508, 510, 511
- Mohrmann, Hans, 391
- Momentenfläche, 163, 164, 165, 166
- Momentenplanimeter, 231, 482, 524
- Momentenplanimeter, Amslersches, 490
- Monge, Gaspard, 18, 21, 96, 122, 123, 124, 129, 424, 426, 503, 511, 516
- Montesano, Domenico, 424, 511
- Montgomery, 41, 347, 351, 352, 354
- Moritz von Oranien, 97
- Mörsch, Emil, 404, 405, 424, 483, 511
- Morse, Samuel, 55, 340
- Mörtel, hydraulischer, 351
- Moschendorf, 34, 39, 276
- Moschendorfer Viadukt, 34, 261, 262
- Mottram, 307
- Müller, Emil, 175, 424, 512
- Müller, Felix, 512
- Müller, Johann, 512
- Müller-Bertossa, J. August, 512
- Müller-Breslau, Heinrich, 3, 92, 110, 111, 197, 207, 208, 376, 379, 380, 389, 424, 468, 469, 475, 495, 512, 513
- Münchberg, 260
- München, 2, 25, 35, 44, 66, 68, 81, 83, 194, 251, 267, 270, 276, 277, 278, 393, 408, 409, 410, 412, 417, 428
- Näherungskonstruktion, Tullas, 22
- Napier, John, 192
- Napoleon, 7, 9, 16, 18
- Narrows, 312
- Nasmyth, James, 30
- Nationalversammlung, deutsche, 8
- Nationalversammlung, französische, 10
- Naturforschende Gesellschaft in Zürich, 181
- Naturforschende Gesellschaft Zürich, 73, 86, 88, 94, 152, 187, 221, 231, 395, 480, 529
- Navier, Louis, 46, 51, 139, 404, 513
- Neapel, 241, 424, 425, 428
- Neger, 65, 314, 354, 359, 364, 365
- Nehls, Christian, 201, 202, 425, 466, 513
- Neper, John, 192
- Neu-England, 314, 346, 354
- Neuchâtel, 76, 77

- Neuendorff, Richard, 425, 513
 Neuenkirchen, 6
 Neuenmarkt, 24, 30, 38
 Neumann, Franz, 221
 Neumann, Paul, 383, 425
 New Castle upon Tyne, 311
 New Haven, 41
 New Jersey, 313, 355
 New Orleans, 41, 343, 351, 354, 355, 356, 358,
 359, 360, 361
 New York, 40, 48, 55, 312, 313, 314, 318, 319,
 320, 338, 347, 355, 365
 Newcastle, 39
 Newcastle upon Tyne, 40
 Niagara Falls, 41
 Niederlande, 97, 311
 Nienburg, 428, 429
 Nietmaschine, Fairbairnsche, 299
 Nîmes, 6
 Nivellement, 258
 Nivellier- und Meßinstrumente, 25
 Nomographie, 203, 204, 384, 391, 402, 425, 514,
 523
 Nördlingen, 28
 Norris, 32, 62, 259, 321
 North Carolina, 412
 Norwegen, 251, 412
 Nullsystem, 160, 191, 248, 382, 488
 Nürnberg, 24, 28, 35
 Obenrauch, F. J., 514
 Oberfranken, 10, 12, 24
 Oberhein-Regulation, 20
 Ocagne, Maurice d', 203, 204, 384, 425, 514,
 523
 Oechsli, Wilhelm, 12, 14, 16, 36, 66, 67, 68, 69,
 73, 82, 283, 477
 Ohio, 326, 360, 361, 413
 Ohio River, 323
 Opelika, 41, 351, 352
 Oppikofer, 220
 Oregon, 277
 Orleans, 39, 275
 Os metatarsi I, 182
 Osnabrück, 419
 Ostende, 39, 275
 Ostfeld, 252, 425, 471, 514
 Österreich, 7, 32, 186, 280, 314, 371, 383, 395,
 414, 415, 428, 475, 477, 481, 509, 512
 Ostschweiz, 446
 Ott, Karl von, 81, 175, 178, 179, 180, 187, 193,
 198, 216, 246, 395, 425, 465, 466, 467, 468,
 514, 515
 Otzen, Robert, 389, 472, 515
 Oughtred, William, 193
 Ouse, 310, 311, 346
 Padeletti, Dino, 172, 425, 515
 Padua, 414
 Palermo, 241
 Parabelschablone, 528
 Parabelträger, 398, 438, 500
 Parallelogramm, Wattsches, 532
 Paris, 7, 10, 17, 20, 21, 39, 70, 107, 234, 235,
 275, 410, 411, 413, 414, 421, 424, 425, 427,
 432
 Partridge, Seth, 193
 Paschoud, Maurice, 240, 472, 508
 Pasquay, Emille, 2, 8, 85
 Pasquay, Ludwig, 8, 85, 444
 Passaic, 320
 Paterson, 40, 320
 Pauli, Friedrich August, 24, 27, 28, 30, 32, 33,
 34, 35, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 54,
 69, 260, 275, 276, 277, 426, 445, 503, 516
 Pauli-Brücke, 51, 54, 145, 439, 501
 Pauli-Träger, 51, 52, 53, 54, 55, 244, 398, 415,
 426, 439, 440, 494
 Paulskirchen-Parlament, 36
 Paulus, Christian, 131
 Pavia, 116, 186, 241, 411, 422
 Pennsylvania, 324
 Person, Benjamin, 516
 Perspektive, 21
 Peru, 89
 Peru (USA), 41, 365, 366
 Pestalozzi, Johann Heinrich, 20, 21, 218, 503,
 516
 Pestalozzi, Karl, 66, 71, 78, 79, 80, 87, 88, 91,
 218, 402, 426, 436, 439, 441, 450, 451, 452,
 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461,
 462, 463, 464, 477
 Petersen, Julius, 127, 426, 468, 469, 516, 517
 Petrovitch, Michel, 517
 Pfalz, 36, 38, 65, 80
 Pfender, 9, 15
 Pferdebetrieb, 30
 Philadelphia, 10, 32, 46, 321, 322, 323, 324, 325,
 348, 490, 528
 Phoronomie, graphische, 501
 Photogrammetrie, 376, 384, 391, 523
 Physik, 17, 25, 27, 68, 70, 83, 107, 186, 217,
 244, 253, 282, 335, 354, 385, 388, 406, 527,
 529
 Piccard u. Cuénoud, 220, 223, 228, 517
 Pletzker, Felix, 215, 517
 Pirani, 379
 Pisa, 241
 Pittsburg, 41
 Planimeter, 153, 154, 178, 200, 201, 203, 209,
 214, 219, 220, 221, 222, 223, 226, 230, 231,
 393, 407, 410, 417, 418, 429, 483, 484, 490,
 493, 498, 506, 527, 530, 534
 Planimeter, Amslersches, 498, 528, 531
 Planimeter, Koordinaten-, 220, 223, 224
 Planimetertheorie, 3, 153, 214, 219, 222, 231
 Planimetertheorie, Amslersches, 519
 Plücker, Julius, 123, 189, 191, 517

Pohlke, Karl Wilhelm, 128, 377, 426
 Poinsot, Louis, 517
 Poisson, Simeon Denis, 18
 Polarensystem, 382
 Polarograph, 534
 Polarplanimeter, 153, 200, 215, 221, 222, 223,
 226, 227, 228, 229, 230, 396, 407, 482, 498,
 501, 506, 509
 Polarplanimeter, Amslersches, 221, 223, 484,
 485, 501, 513, 529, 530
 Poleni, Giovanni, 106
 Polonceau, 426, 503
 Polonceau-Binder, 426
 Polytechnische Schulen, 18
 Poncelet, Jean Victor, 15, 16, 18, 103, 104, 107,
 108, 109, 111, 112, 123, 124, 125, 134, 136,
 137, 138, 143, 144, 149, 150, 152, 189, 206,
 243, 425, 426, 501, 517, 518
 Pöschel, 239
 Pöschl, 434
 Pöschl, Theodor, 427, 518
 Prag, 423, 430
 Praktiker, 47, 116, 174, 181, 184, 189, 233, 236,
 298, 525
 Prandtl, 401
 Pressburg, 442
 Presse, hydraulische, 286, 290, 296, 298, 304
 Preu, Friedrich, 32, 37
 Preußen, 8, 32, 36, 343
 Privatunternehmer, 34, 35
 Pröll, Reinhold, 239, 388, 427, 466, 518
 Pröllsche Regulatorien, 518
 Proportionalzirkel, 154
 Pumpe, 30, 194, 269, 286, 289, 292, 293, 296,
 298, 301, 302, 304, 309, 311, 315, 316, 317,
 320, 322, 323, 347, 356, 361, 367, 374, 497
 Pumpe, Kessel-, 302
 Quadratur des Kreises, 114
 Rankine, William John Macquorn, 136, 156, 232,
 242, 244, 427, 518, 519
 Rauchtogas, 264
 Realgymnasium, 279, 280, 409
 Realgymnasium München, 409
 Rebhann, Georg, 111, 400, 401, 427, 433, 519
 Rechenknecht, Herrmanns, 374, 497
 Rechenmaschine, 192, 203, 204, 393, 507, 508,
 517, 525
 Rechenmaschine, Thomassche, 192
 Rechenschieber, 115, 154, 188, 189, 192, 193,
 194, 195, 200, 203, 205, 214, 374, 393, 429,
 447, 448, 497, 498, 512, 514, 515, 521, 529,
 534
 Rechenstab, Hornerscher, 534
 Rechentafel, 194, 199, 200, 214, 374, 421, 497,
 518
 Rechentafel, graphische, 154, 200
 Rechnen, graphisches, 3; 4, 55, 111, 115, 126,
 141, 142, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 174,

175, 176, 177, 178, 179, 180, 187, 188, 189,
 190, 192, 198, 199, 200, 202, 203, 204, 210,
 217, 237, 239, 240, 241, 242, 243, 247, 335,
 372, 376, 379, 381, 384, 385, 386, 391, 393,
 395, 396, 400, 401, 402, 407, 408, 409, 411,
 413, 415, 417, 421, 422, 423, 425, 426, 428,
 429, 430, 431, 434, 435, 436, 437, 445, 448,
 465, 466, 467, 468, 469, 472, 477, 482, 484,
 485, 489, 492, 500, 506, 507, 510, 515, 519,
 523, 532, 534
 Redtenbacher, Ferdinand, 19, 22, 147, 205, 283,
 412
 Regensburg, 68, 344
 Regierungsblatt, bayerisches, 25
 Regnitzbach, 263
 Reichenhall, 426
 Reißner, Hans, 379, 427, 472, 519
 Reißrechnen, 141, 142, 143, 144, 149, 154, 191,
 205, 226, 227, 442
 Rektifikation, graphische, 513
 Remington, Eliphalet, 62, 63, 352, 353, 354
 Reppuschbahn, 74
 Résal, H., 519
 Reuleaux, Franz, 1, 68, 89, 92, 131, 132, 139,
 145, 146, 147, 148, 166, 167, 168, 176, 192,
 213, 214, 216, 239, 242, 249, 374, 377, 378,
 385, 387, 427, 447, 465, 466, 485, 500, 519,
 520, 531
 Reuschle, Carl, 520
 Revolution, 18
 Revolutionsheer, 18
 Reye, Theodor, 128, 129, 131, 188, 191, 216,
 239, 249, 371, 372, 403, 428, 453, 454, 455,
 456, 457, 477, 506, 520
 Reziprozität, 155, 156, 247, 248, 390, 411, 422
 Rhein, 320
 Rheinhaussen, 286
 Rheinland Pfalz, 7
 Rheinpfalz, 5, 7, 16, 27, 28, 91
 Rhône, 275
 Rhône-Tal, 39
 Richmond, 40, 343, 344, 347, 349
 Ricken, Herbert, 409, 415, 424, 426, 428, 480
 Riesbach, 70
 Riga, 75, 195, 382, 387, 409, 438, 454, 459
 Risch, Eisie, 2, 9, 10, 15
 Ritter, August, 50, 172, 212, 373, 376, 389, 428,
 520
 Ritter, Wilhelm, 46, 75, 76, 88, 138, 172, 175,
 184, 185, 193, 195, 196, 197, 202, 237, 239,
 240, 249, 251, 381, 396, 399, 402, 403, 404,
 422, 428, 437, 438, 457, 458, 459, 469, 470,
 471, 477, 520, 521, 522
 Rochester, 41
 Rohrschach, 271
 Rom, 186, 414, 428
 Rom (USA), 360
 Rostock, 422

- Rothenburg ob der Tauber, 431
 Rühlmann, Moritz, 3, 22, 23, 53, 103, 104, 106,
 112, 123, 418, 477, 522, 532
 Rumänien, 78, 79
 Runge, Carl, 202, 204, 213, 386, 428, 522
 Rußland, 251, 329, 411
 Rußlandfeldzug, 16, 426
 Ržiha, Franz, 428
 Saale, 32, 34, 74, 260, 261, 262, 263
 Salmon, George, 190
 San Diego, 277
 Sandusky, 41
 Sardinien, 414
 Säulenordnung, griechische, 65, 344
 Savannah, 348, 349
 Saviotti, Carlo, 172, 240, 241, 428, 467, 468,
 469, 487, 522, 523
 Sayner Hütte, 532
 Schachenmeler, 391
 Schaden, E. A. v., 10
 Schaffhausen, 343, 407, 408, 447, 448, 480
 Scheffler, Hermann, 66, 67, 380, 428
 Schell, Anton, 230, 396
 Schell, Wilhelm, 396, 523
 Schieberdiagramm, 484
 Schieberdiagramm, Zeunersches, 484
 Schienenlegen, 34, 35
 Schiffsbau, 17, 45, 120, 231, 360, 362, 407, 425
 Schiffspumpe, 315
 Schilling, Friedrich, 210, 218, 383, 384, 390, 405,
 429, 470, 471, 523
 Schleiermacher, Ludwig, 429
 Schlesinger, 130, 148, 175, 176, 177, 178, 191,
 198
 Schlesinger, Josef, 130, 131, 175, 176, 177, 191,
 239, 400, 429, 445, 465, 523
 Schleußen, 273, 320, 366
 Schlink, Wilhelm, 382, 429, 471, 480, 523
 Schlotke, Julius, 429, 470, 471, 523
 Schlußlinie, 154, 163, 164, 165, 167, 168
 Schnabel, Franz, 19
 Schnittverfahren, Rittersches, 50, 172, 373
 Schnürlein, Ludwig Christoph, 26, 27, 407, 524
 Schnykill, 322
 Scholz, Erhard, 3, 156, 160, 162, 192, 378, 443,
 515, 517, 525
 Schopfloch, 420
 Schreiber, Guido, 19, 20, 128, 253, 525
 Schröter, Karl, 282
 Schulwesen, Französisches, 18
 Schulwesen, Züricher, 83, 278, 279, 280, 281,
 282, 284
 Schulz v. Straszniczki, Leopold, 18, 194, 429,
 525
 Schur, Friedrich, 374, 375, 376, 390, 391, 430,
 472, 477, 525
 Schuykill, 323
 Schuykill River, 323
 Schwarz, H. A., 90
 Schweden, 251
 Schwedler, Johann Wilhelm, 49, 93, 208, 233,
 430, 442, 497, 525
 Schwedler-Träger, 209, 398, 498, 501, 523, 527
 Schweiz, 2, 12, 27, 35, 37, 44, 61, 66, 67, 68, 69,
 70, 75, 77, 78, 82, 84, 85, 87, 90, 91, 95,
 202, 220, 233, 240, 271, 278, 279, 312, 321,
 371, 407, 411, 416, 421, 422, 426, 428, 432,
 444, 445, 448, 473, 475, 476, 480, 481, 489,
 492, 530
 Schweizerischer Ingnieur- und
 Architekten-Verein, 87, 89
 Seefehlnr, Julius, 430, 526
 Seefeld, 70
 Seileck, 23, 100, 103
 Seilpolygon, 23, 103, 104, 106, 107, 134, 154,
 165, 397, 489
 Sellpyramide, 401
 Selma, 41, 355
 Semper, Gottfried, 68, 90, 91, 95, 282, 526
 Seraing, 286
 Serbien, 89
 Shaw, Henry Selly Hele, 247, 248, 251, 526
 Sheffield, 39, 40, 275, 308
 Sheilds, Francis W., 245, 526
 Simpson, Thomas, 108, 231, 494, 532
 Sklaverei, 2, 59, 64, 65, 362, 364
 Smethwick, 287
 Snowdon, 40
 Soho-Lineal, 193
 Solin, Josef M., 201, 395, 396, 430, 471, 526,
 527
 Soldner, Johann Georg von, 27
 Sommerfeld, Arnold, 107, 148, 238, 376, 430,
 527
 Sorbonne Paris, 16, 408, 419, 427
 Spanien, 97, 251
 Speyer, 5, 9, 17, 28, 35, 426
 Spongiosa, 183, 184, 185
 spongiöses Gewebe, 182, 183, 185
 Springfield, 41
 St. Etienne, 39, 275
 St. Gallen, 70, 73, 77, 271
 St. Germain, 30
 St. Louis, 41, 351, 356, 358, 359, 361, 362, 365
 St. Petersburg, 49, 106, 107, 251
 Staatsaudienst, bayerischer, 12, 14, 25, 32, 33,
 69, 257, 258
 Stabilitätsuntersuchung, 208, 498
 Stahl, Wilhelm, 76, 131, 191, 372, 373, 374, 430,
 520, 527
 Stambach, J. J., 223, 527
 Stangenplanimeter, 493, 503, 522
 Stark, Franz Xaver, 239, 388, 394, 395, 400,
 430, 480, 528
 Statik, 19, 22, 23, 25
 Staub, Anna Helena, 70

- Staudigl, Rudolf, 131, 175, 431
 Staudt, Karl Georg Christian von, 123, 128, 129, 178, 191, 217, 399, 431, 503, 528
 Steiermark, 388, 427, 434
 Steigung, 30, 33
 Steiner, Friedrich, 46, 249, 250, 395, 400, 401, 431, 528
 Steiner, Jacob, 123, 125, 127, 129, 216, 528
 Steizel, Carl, 388, 431, 468, 528
 Stenzel, Georg, 431
 Stephenson, Robert, 37, 60, 486, 528
 Sternwarte Bogenhausen, 27
 Sternwarte Genf, 221
 Sternwarte Göttingen, 26
 Stettin, 21
 Steuerung, Stephenson'sche, 289, 301
 Stevin, Simon, 3, 97, 98, 99, 528
 Straßburg, 9, 10, 35, 271, 272, 372, 391, 420, 432, 474, 520
 Straßenbahn, 61, 76, 313, 446
 Straßenbau, 24, 25, 79
 Straub, Hans, 3, 97, 529
 Streckenführung, 33, 35
 Stromgeschwindigkeit, 56
 Stummer, Josef, 18
 Sturm, Rudolf, 125, 191, 239, 243, 384, 385, 405, 431, 529
 Stüssi, Fritz, 41, 47, 70, 91, 93, 480, 529
 Stuttgart, 74, 397, 404, 408, 416, 423, 424, 432, 433
 Stützlinie, 398, 410, 421, 442, 495, 503, 533
 Stützmauer, 111, 136, 138, 197, 263, 264, 307, 533
 Südpfalz, 7
 Swindon, 40
 System, amerikanisches, 30, 32, 33
 System, englisches, 30, 33
 Szávits, Georg, 71, 74, 93, 402, 431, 437, 438, 439, 442
 Tafel, graphische, 115, 203, 530
 Tafel, numerische, 203
 Tafel, Parabel-, 152, 189, 447
 Taylor, W. P., 156, 232, 244
 Taylor, Zachary, 341, 342
 Taylorsches Theorem, 524
 Technikum Hamburg, 429
 Technikum Winterthur, 70
 Technologie, 22
 Telegraphie, 42, 43, 44, 45, 46, 55, 56, 58, 69, 285, 332, 333, 340, 446, 528
 Tennessee, 350, 365
 Terrier, Paul, 148, 200, 240, 243, 466, 468, 491, 525
 Tetmajer, Ludwig, 2, 12, 14, 35, 71, 76, 79, 86, 88, 93, 94, 111, 136, 141, 154, 165, 166, 184, 193, 194, 197, 205, 214, 233, 234, 401, 402, 409, 432, 436, 439, 440, 446, 448, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 466, 480, 521, 529
 TH Aachen, 50, 131, 194, 238, 239, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 379, 384, 390, 409, 410, 417, 418, 419, 420, 423, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 457, 476, 477, 478, 484, 517
 TH Berlin, 83, 128, 130, 148, 198, 212, 214, 239, 250, 283, 373, 374, 377, 378, 400, 410, 411, 412, 416, 417, 418, 419, 420, 424, 426, 427, 428, 430, 433, 434, 478, 492, 522
 TH Braunschweig, 66, 67, 239, 380, 381, 382, 419, 422, 428, 429, 432, 433, 435, 475
 TH Breslau, 412, 418, 420, 422, 480
 TH Brünn, 239, 383, 408, 417, 423, 425
 TH Budapest, 252, 422
 TH Danzig, 373, 383, 384, 420, 429, 473
 TH Darmstadt, 239, 382, 384, 385, 386, 389, 416, 417, 419, 421, 423, 429, 431, 433, 478, 480, 497
 TH Dresden, 53, 68, 83, 94, 131, 175, 208, 212, 239, 283, 386, 387, 388, 391, 393, 398, 400, 407, 410, 413, 415, 416, 418, 422, 423, 424, 427, 432, 433, 445, 475
 TH Graz, 239, 427, 434
 TH Hannover, 53, 83, 212, 238, 239, 283, 397, 401, 408, 409, 418, 419, 423, 424, 425, 428, 433, 445, 475, 480
 TH Karlsruhe, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 61, 66, 68, 83, 104, 128, 131, 147, 212, 214, 218, 239, 253, 254, 257, 258, 283, 375, 376, 390, 391, 409, 412, 413, 415, 417, 418, 420, 421, 422, 426, 427, 429, 430, 432, 433, 445, 478, 498, 533
 TH Kopenhagen, 425
 TH Mailand, 186, 241, 408, 411, 418
 TH München, 1, 24, 25, 32, 54, 68, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 131, 180, 181, 197, 212, 213, 239, 283, 387, 391, 392, 397, 408, 409, 410, 412, 413, 415, 420, 421, 432, 434, 445, 473
 TH Pisa, 411
 TH Prag, 18, 81, 212, 239, 393, 395, 400, 414, 416, 420, 423, 425, 427, 430, 431, 433, 474
 TH Riga, 239, 396, 409, 416, 428
 TH Rom, 186, 187, 241, 411, 428
 TH Stockholm, 407
 TH Stuttgart, 1, 61, 83, 212, 239, 283, 379, 383, 387, 396, 397, 398, 399, 408, 411, 412, 414, 415, 421, 423, 424, 433, 445, 473, 476, 479, 481, 510
 TH Turin, 241, 411
 TH Wien, 18, 46, 83, 175, 176, 194, 197, 212, 239, 282, 283, 377, 399, 400, 401, 402, 414, 415, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 431, 432, 433, 434, 481
 TH Zürich, 68
 Thompson, D'Arcy Wentworth, 185, 186, 530
 Tiefbauschule Rendsburg, 417
 Timerding, Heinrich Emil, 126, 382, 432, 472, 530
 Timoshenko, Stephen P., 48, 49, 50, 530

- Tintwistle, 307
 Tobler, Hans Werner, 88, 448, 474
 Tolle, Max, 214, 530
 Tours, 421
 Town, Ithiel, 46, 47
 Träger, kontinuierlicher, 206, 208, 249, 381, 397, 399, 466, 468, 493, 495, 506, 515, 526, 528, 532
 Trägheitskreis, 397
 Trägheitsmoment, 144, 169, 202, 223, 372, 375, 381, 382, 391, 397, 404, 437, 482, 499, 511, 513, 516, 520, 521, 524, 532
 Trajektorie, 182, 183, 184
 Trefftz, Erich, 376, 432
 Triangulation, 258
 TU Berlin, 18, 522
 Tübingen, 408
 Tulla, Johann Gottfried, 20, 21, 22, 77, 118, 120, 121, 122, 421, 432, 504, 530
 Tunnel, Birmenstorfer, 74
 Tunnel, Geisslinger, 74
 Tunnelbau, 32, 73, 74, 79, 391, 428, 436, 437, 440, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464
 Turbinen, 343, 374, 497
 Turbinentheorie, graphische, 469
 Turin, 241, 410, 414
 Türkel, 364
 Ulm, 74
 Ungarn, 89, 195, 252, 422, 428, 431, 432, 459, 476
 Unglücksfall, 290
 Union Point, 40
 Universität Basel, 407, 482
 Universität Berlin, 183, 213, 281, 372, 407, 411, 413, 417, 419, 420, 425, 427, 428, 430, 484, 522
 Universität Bethlehem, 250
 Universität Bologna, 186, 411, 414, 424
 Universität Bonn, 427
 Universität Breslau, 385, 405, 422, 430, 431
 Universität Caligari, 414
 Universität Dorpat, 374, 430
 Universität Erlangen, 26, 431
 Universität Frankfurt, 412, 425
 Universität Freiburg, 419, 432
 Universität Gent, 422
 Universität Gießen, 372, 405, 414, 415, 416, 417, 427, 430, 433
 Universität Glasgow, 427
 Universität Göttingen, 6, 8, 9, 26, 27, 204, 212, 281, 383, 405, 409, 410, 412, 426, 428, 429, 430, 431
 Universität Greifswald, 414
 Universität Halle, 405, 410, 415, 418, 420, 434
 Universität Heidelberg, 20, 21, 212, 372, 410, 417, 421, 430
 Universität Jena, 221, 405, 407, 415, 418, 420
 Universität Kiel, 405, 412, 417, 422, 425
 Universität Königsberg, 221, 281, 405, 407, 424, 430
 Universität Kopenhagen, 252, 426, 434
 Universität Leipzig, 127, 212, 406, 413, 414, 415, 419, 420, 421, 423, 430, 490
 Universität Leyden, 97
 Universität Marburg, 406, 412
 Universität München, 27, 406, 409, 420, 426, 429, 430, 431
 Universität Münster, 385, 406, 412, 419, 431
 Universität Neapel, 418, 424, 425
 Universität Padua, 187, 241, 414, 424
 Universität Paris, 421
 Universität Pavia, 422
 Universität Rom, 186, 424
 Universität Rostock, 406, 422
 Universität Straßburg, 8, 9, 391, 406, 409, 412, 418, 420, 428, 430, 432, 433
 Universität Tübingen, 26, 212, 371, 377, 406, 408, 411, 416, 423, 474, 479, 489
 Universität Wien, 445
 Universität Würzburg, 8, 420
 Universität Zürich, 86, 175, 221, 399, 407, 412, 422, 485, 494
 University Bethlehem, 250
 University Cambridge, 422
 University Cincinnati, 250
 University College London, 417, 418
 University Edinburgh, 418
 University Idaho, 412
 University Illinois, 251
 University Michigan, 250
 University New Haven, 250
 Unterkotzau, 260, 261
 Unterkotzauer Viadukt, 34, 260, 261, 262, 265
 Valat, Amédé, 402, 432, 438, 439, 440, 448, 460, 461, 462, 463, 467
 Varignon, Pierre, 23, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 432, 530
 Verbindungsbahn, Berliner, 399, 433
 Vermessung, 24, 28, 33
 Vermessungsaufgaben, 35
 Verrückung, virtuelle, 532
 Viadukt, 32
 Viadukte, Besigheimer, 74
 Vilshofen, 45, 66
 Virginia, 344
 Vischer, Theodor, 68
 Visualisierung, 133, 134
 Vogler, Christian August, 209, 530, 531
 Volkert, Klaus, 217, 531
 Vonderlinn, Jakob, 432, 471, 531
 Vormärz, 8, 18
 Vorstellungsvermögen, 129, 131, 133, 217, 218
 Waadt, 76
 Ward, 185
 Washington, 40, 341

- Wasserbau, 24, 25, 32, 61, 68, 70, 71, 73, 76,
 78, 79, 201, 231, 233, 241, 356, 394, 395,
 398, 407, 410, 418, 424, 425, 450, 451, 452,
 453, 454, 455, 456, 530
- Watt, James, 193
- Wednesbury, 287
- Wegebau, 17
- Weierstraß, Karl, 213, 217, 428
- Weißenstephan, 413
- Weilenmann, August, 448, 449, 531
- Weinbrenner, Friedrich, 22
- Weinsberg, 74
- Weisbach, Julius, 19, 20, 212, 531
- Wellstein, Josef, 405, 432
- Weltausstellung in Chicago, 521
- Weltausstellung in Paris, 235, 509
- Weltausstellung in Philadelphia, 46, 249, 431,
 528
- Weltausstellung in Wien, 448
- Wenck, Julius, 433, 467, 531
- Werebia, 49
- Werner, R. R., 532
- Wernike, Alexander, 532
- Wertheim, 131
- West Point, 41
- Wetzlar, 432, 433
- Wexford, 293
- Weyrauch, Jacob J., 3, 76, 103, 127, 131, 145,
 146, 147, 148, 150, 151, 172, 174, 176, 177,
 179, 188, 207, 208, 209, 216, 232, 233, 236,
 239, 249, 250, 393, 399, 433, 481, 489, 493,
 498, 499, 509, 526, 530, 532
- Wheatstone, Charles, 55, 56
- Wheeling, 323
- Whipple, Squire, 48, 49, 532
- Wicklow, 293, 295
- Widder, hydraulischer, 294, 298
- Wiebe, H., 433
- Wiegardt, Karl, 376, 389, 401, 433, 533
- Wiegmann-Binder, 426
- Wien, 32, 148, 175, 390, 400, 417, 422, 431, 433
- Wiener, Christian, 131, 239, 390, 433, 473, 533
- Wild, Johannes, 70, 85, 284, 441, 442, 443, 450,
 451, 452
- Wildbäche, 73, 77, 78, 189, 396, 447
- Willers, F. A., 204, 222, 533
- Williamsburg, 313, 355
- Willmann, Leo, 386, 433
- Wilmington, 40, 347
- Wilson&Comp., 308
- Wingate, 192, 193
- Winkler, Emil, 46, 89, 110, 136, 178, 206, 207,
 208, 233, 239, 242, 249, 377, 379, 380, 386,
 387, 393, 394, 395, 397, 400, 423, 424, 427,
 431, 433, 465, 533
- Wislicenus, 371
- Wissembourg (Weißenburg), 9, 14, 15, 16, 70,
 258, 411
- Wittenbauer, Ferdinand, 239, 388, 434, 472, 533
- Wittmann, Wilhelm, 392, 434, 467, 533
- Wolf, Rudolf, 68, 284, 476, 534
- Wolfenbüttel, 417
- Wolff, Julius, 181, 183, 184, 185, 233, 234, 534
- Woltmann, 534
- Woltmannscher Flügel, 231, 395, 524
- Woodhead, 306, 307, 308
- Woolwich, 289
- Worcester, 39, 275
- Woverhampton, 287
- Württemberg, 74, 314, 378, 411, 479, 481, 496,
 517
- Wüst, Albert, 434, 534
- Wymann, Jeffries, 186
- Yale College, 413
- Yale College New Haven, 250
- York, 40, 310, 311, 319, 327
- Zeicheninstrumente, 116, 154
- Zeichnen, 12, 35, 68, 73, 96, 113, 114, 115, 119,
 122, 131, 135, 142, 150, 151, 152, 155, 164,
 182, 189, 191, 199, 202, 205, 206, 215, 249,
 270, 279, 321, 330, 331, 337, 339, 362, 380,
 400, 419, 424, 517
- Zeichnen, technisches, 491
- Zeichnungen, 25
- Zeichnungsproben, 24
- Zentralbahn, schweizerische, 180
- Zeuner, Gustav, 68, 83, 84, 112, 143, 282, 283,
 387, 410, 479
- Zeuthen, Hieronymus G., 114, 252, 434, 491,
 534
- Zillich, 470, 472, 534
- Zinner, Ernst, 534
- Zirkel, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 124, 125,
 142, 149, 152, 154, 192, 209, 219, 400, 422,
 507
- Zirkel, Peaucellier-, 499
- Zöllner, Johann Karl Friedrich, 217
- Zschetzsche, Anton, 401, 434
- Zucchetti, F., 467, 534
- Zürich, 6, 41, 45, 70, 76, 77, 78, 79, 80, 84, 85,
 86, 88, 89, 91, 278, 282, 285, 371, 412, 414,
 417, 418, 426, 444, 445, 447, 448, 465, 466,
 475, 531
- Zürich Ingnieur- und Architekten-Verein, 78
- Züricher Quaiprojekt, 447
- Zweibrücken, 5, 6, 8, 27
- Zweigelenkbogen, 484

Berichte des Instituts für Baustatik der Universität Stuttgart

- 74-1 **M. Becker, J. Bühler, G. Lang-Lendorff, K. Papailiou, J. M. Sättele**
Kontaktkurs EDV im konstruktiven Ingenieurbau.
- 74-2 **G. Werner**
Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Ermittlung des
Tragverhaltens biege- und verdrehbeanspruchter Stäbe mit I-Quer-
schnitt.
- 74-3 **K. Tompert**
Berechnung kreiszylindrischer Silos auf elastischer Unterlage.
- 74-4 **W. Riehle**
Studie über verallgemeinerte Variationsfunktionale und ihre Anwen-
dung bei der Methode der finiten Plattenelemente.
- 75-1 **G. Müller, R. W. Rembold, J. M. Sättele, K. H. Schweizerhof, W.
Wissmann**
Platten-Theorie, Berechnung, Bemessung. Teil I.
- 75-2 **G. Müller**
Numerische Behandlung der Kirchhoffschen und Reissnerschen Plat-
tentheorie nach einer diskretisierten und erweiterten Trefftz-Methode.
- 75-3 **E. A. Castrillón O.**
Beitrag zur Berechnung langer dünnwandiger dreizelliger Träger unter
Berücksichtigung der Profilverformung.
- 76-1 **W. Block, G. Eisenbiegler, R. D. Kugler, H. Lieb, G. Müller, J.
Müller, K.-H. Reineck, J. Schlaich, K. H. Schweizerhof, F. Seible**
Platten-Theorie, Berechnung, Bemessung. Teil II.
- 76-2 **E. Ramm**
Geometrisch nichtlineare Elastostatik und finite Elemente.
- 77-1 **B.-M. Sulke**
Berechnung dünnwandiger prismatischer Falwerke mit verformbarem
mehrzelligen Querschnitt.
- 78-1 **F. Fujii**
Anwendung der Methode der finiten Elemente auf die Berechnung von
Stahlbetonplatten.
- 79-1 **B. Brendel**
Geometrisch nichtlineare Elastostabilität.
- 9-2 **H. G. Berg**
Tragverhalten und Formfindung versteifter Kuppelschalen über qua-
dratischem Grundriß auf Einzelstützen.
- 79-3 **F. W. Bornscheuer, B. Brendel, L. Häfner, E. Ramm, J. M. Sättele**
Fallstudien zu Schalentragwerken (in englischer Sprache).
- 80-1 **R. I. Del Gaizo**
Liegende zylindrische Behälter und Rohre auf Sattellagern endlicher
Breite.
- 80-2 **R. W. Rembold**
Beitrag zum Tragverhalten ausgewählter Plattentragwerke unter Be-
rücksichtigung der Reissnerschen Theorie und der Methode der ge-
mischten finiten Elemente.

- 80-3 J. M. Sättele**
Ein finites Elementkonzept zur Berechnung von Platten und Schalen bei stofflicher und geometrischer Nichtlinearität.
- 82-1 L. Häfner**
Einfluß einer Rundschweißnaht auf die Stabilität und Traglast des axialbelasteten Kreiszyllinders.
- 82-2 K. Schweizerhof**
Nichtlineare Berechnung von Tragwerken unter verformungsabhängiger Belastung mit finiten Elementen.
- 82-3 H.-P. Andrä**
Zum Tragverhalten des Auflagerbereichs von Flachdecken.
- 1 (1983) P. Osterrieder**
Traglastberechnung von räumlichen Stabwerken bei großen Verformungen mit finiten Elementen.
- 2 (1983) T. A. Kompfner**
Ein finites Elementmodell für die geometrisch und physikalisch nichtlineare Berechnung von Stahlbetonschalen.
- 3 (1983) A. Diack**
Beitrag zur Stabilität diskret längsversteifter Kreiszyllinderschalen unter Axialdruck.
- 4 (1984) A. Burmeister, F. W. Bornscheuer, E. Ramm**
Traglasten von Kugelbehältern mit Stützen und Formabweichungen unter Innendruck und Stützenlängskraft.
- 5 (1985) H. Stegmüller**
Grenzlastberechnungen flüssigkeitsgefüllter Schalen mit "degenerierten" Schalenelementen.
- 6 (1987) A. Burmeister**
Dynamische Stabilität nach der Methode der finiten Elemente mit Anwendungen auf Kugelschalen.
- 7 (1987) G. Kammler**
Ein finites Elementmodell zur Berechnung von Trägern und Stützen mit offenem, dünnwandigem Querschnitt unter Berücksichtigung der Interaktion zwischen globalem und lokalem Versagen.
- 8 (1988) A. Matzenmiller**
Ein rationales Lösungskonzept für geometrisch und physikalisch nichtlineare Strukturberechnungen.
- 9 (1989) D. Tao**
Die Technik der reduzierten Basis bei nichtlinearen finiten Element-Berechnungen.
- 10 (1989) K. Weimar**
Ein nichtlineares Balkenelement mit Anwendung als Längsstreifen axialbelasteter Kreiszyllinder.
- 11 (1990) K.-U. Bletzinger**
Formoptimierung von Flächentragwerken.
- 12 (1990) S. Kimmich**
Strukturoptimierung und Sensibilitätsanalyse mit finiten Elementen.
- 13 (1991) U. Andelfinger**
Untersuchungen zur Zuverlässigkeit hybrid-gemischter finiter Elemente für Flächentragwerke.

- 14 (1992) N. Büchter**
Zusammenführung von Degenerationskonzept und Schalentheorie bei endlichen Rotationen.
- 15 (1992) Th. J. Hofmann**
Beitrag zur verfeinerten Balkentheorie.
- 16 (1994) D. Roehl**
Zur Berechnung von großen elastoplastischen Deformationen bei Flächentragwerken und Kontinua.
- 17 (1994) R. Reitinger**
Stabilität und Optimierung imperfektionsempfindlicher Tragwerke.
- 18 (1995) R. Suanno**
Ein dreidimensionales Simulationsmodell für Stahlbeton mit Plastizität und Schädigung.
- 19 (1995) M. Braun**
Nichtlineare Analysen von geschichteten, elastischen Flächentragwerken.
- 20 (1996) N. Rehle**
Adaptive Finite Element Verfahren bei der Analyse von Flächentragwerken.
- 21 (1996) C. Haußer**
Effiziente Dreieckselemente für Flächentragwerke.
- 22 (1996) D. Kuhl**
Stabile Zeitintegrationsalgorithmen in der nichtlinearen Elastodynamik dünnwandiger Tragwerke.
- 23 (1998) H. Schmidts**
Zur effizienten Modellierung und Analyse von Hochhausragwerken.
- 24 (1998) Hongkai Wang**
Interaktion des lokalen und globalen Stabilitätsverhaltens dünnwandiger Stäbe
- 25 (1998) K. Maute**
Topologie- und Formoptimierung von dünnwandigen Tragwerken

Hans-Liudger Diemel

Herrschaft über die Natur?

Naturvorstellungen deutscher Ingenieure 1871-1914

255 Seiten, 29 Abbildungen, Pb., 25,00 DM
ISBN 3-928186-03-5

Die Ingenieure im Kaiserreich verstanden sich gleichzeitig als Gestalter und Bewunderer der Natur, wie der Autor durch Auswertung einer breiten Palette gedruckter und ungedruckter Quellen zeigen kann. Sahen sie sich den Naturwissenschaftlern gegenüber als die pragmatischen Realisten, die in direktem Kampf mit der Natur standen, so verstanden sie sich gegenüber den kaltrechnenden Kaufleuten als die idealistischen Träumer von einer besseren Welt. Gleichzeitig lehnten sie aber das technikfeindliche Kulturverständnis des Bildungsbürgertums ab. Die Untersuchung wird vertieft durch die vergleichende Betrachtung der wichtigsten Berufsgruppen der Ingenieure, wodurch deutliche Unterschiede etwa zwischen den landchaftsgestaltenden Ingenieuren und den eher naturwissenschaftlich orientierten Elektrotechnikern zutage treten.

Helmut Maier

Erwin Marx (1893-1980),

Ingenieurwissenschaftler in Braunschweig, und die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der elektrischen Energieübertragung auf weite Entfernungen zwischen 1918 und 1950

353 Seiten, zahlr. Abb., Gb., 80,00 DM
ISBN 3-928186-11-6

Jürgen Ruby

Maschinen für die Massenfertigung

Die Entwicklung der Drehautomaten bis zum Ende des 1. Weltkrieges

218 Seiten, 88 Abb., Gb., 60,00 DM
ISBN 3-928186-25-6

Lin Qing

Zur Frühgeschichte des Elektronenmikroskops

163 Seiten, 34 Abb., Pb., 35,00 DM
ISBN 3-928186-02-7

Die erste unparteiische Darstellung des Wettlaufs um das »Übermikroskop« zwischen Ernst Ruska und Ernst Brüche.

Christoph Meinel und Peter Voswinkel (Hrsg.)

Medizin, Naturwissenschaft und Technik und Nationalsozialismus

Kontinuitäten und Diskontinuitäten

332 Seiten, Gb., 55,00 DM
ISBN 3-928186-24-8

In dem Sammelband werden die Versuche der Nationalsozialisten untersucht, die ideologische Herrschaft über Medizin, Naturwissenschaft und Technik zu gewinnen und sie für ihre Zwecke einzusetzen.

Aachener Beiträge zur Wissenschafts- und Technikgeschichte des 20. Jahrhunderts

Band 1

Andreas Fickers

»Der Transistor« als technisches und kulturelles Phänomen

Die Transistorisierung der Radio- und Fernsehempfänger in der deutschen Rundfunkindustrie von 1955 bis 1965

150 Seiten, Abb., Pb., 35,00 DM
ISBN 3-928186-30-2

Das Transistorradio hatte einen großen Einfluß auf die Jugendkultur im Nachkriegsdeutschland. Transistorradio und UKW-Sendungen führten gemeinsam zu einer kulturellen Revolution: Der »Transistor« wurde zum ständigen Wegbegleiter einer immer mobiler werdenden Gesellschaft und zum Statussymbol der jugendlichen Subkultur der 60er Jahre.

Norbert Gilson

Konzepte von Elektrizitätsversorgung und Elektrizitätswirtschaft

Zur Entstehung eines neuen Faches der Technikwissenschaften zwischen 1880 und 1945

475 Seiten, zahlr. Abb., Gb., 120,00 DM
ISBN 3-928186-20-5

Volker Benad-Wagenhoff (Hrsg.)

Industrialisierung – Begriffe und Prozesse

Festschrift Akos Paulinyi zum 65. Geburtstag

264 Seiten, 54 Abb., Pb., 35,00 DM
ISBN 3-928186-17-5

Klaus Pitzner (Hrsg.)

Technik · Politik · Identität

Funktionalisierung von Technik für die Ausbildung regionaler, sozialer und nationaler Selbstbilder in Österreich

217 Seiten, 31 Abb., Pb., 50,00 DM
ISBN 3-928186-27-2

Ausführliche Titelinformationen im Internet:
<http://www.gnt-verlag.com>

Bitte fordern Sie unser vollständiges Verlagsprogramm an:

GNT-Verlag

Schloßstraße 1
D-49356 Diepholz
Telefon (0 54 41) 92 71 29
Telefax (0 54 41) 92 71 27
service@gnt-verlag.com

Stephen F. Mason

Geschichte der Naturwissenschaft

732 Seiten, Gb., 38,00 DM
ISBN 3-928186-00-0

Der bis heute unübertroffene Klassiker der Wissenschaftsgeschichte. Dargestellt wird die Entwicklung der Wissenschaft von den frühen Kulturen des Altertums bis zu den wissenschaftlichen Revolutionen in unserem Jahrhundert in fundierter und verständlicher Form.

Philipp Lenard

Gesammelte Werke Band IV

Herausgegeben und kritisch kommentiert von Charlotte Schönbeck

550 Seiten, Gb., Subskriptionspreis 90,00 DM
(bis 1. Juli 1999), danach 120,00 DM
ISBN 3-928186-35-3

Klaus Plitzner (Hrsg.)

Elektrizität in der Geistesgeschichte

220 Seiten, Abb., Pb., 55,00 DM
ISBN 3-928186-36-1

Verschiedene Autoren stellen in dieser Sammlung einige jener geschichtlich wirksamen Ideen und geistigen Strömungen vor, die durch die Elektrizität ausgelöst bzw. beeinflusst wurden.

Dieter Hoffmann (Hrsg.)

Gustav Magnus und sein Haus

135 Seiten, zahlr. Abb., Gb., 50,00 DM
ISBN 3-928186-26-4

Gudrun Wolfschmidt (Hrsg.)

Nicolaus Copernicus (1473-1543)

Revolutionär wider Willen

350 Seiten, 184 Abb., Pb., 39,80 DM
ISBN 3-928186-16-7

Mit der copernicanischen Wende ist heute eine der größten Umwälzungen der abendländischen Geistesgeschichte verbunden, obwohl sich Copernicus keineswegs als Revolutionär begriffen hatte. Kompetente Autoren vermitteln in diesem allgemeiner verständlichen und reich bebilderten Werk den heutigen Wissensstand über den vielseitigen Fraunburger Domherren, Astronom und Mathematiker.

Max Caspar

Johannes Kepler (1571-1630)

591 Seiten, 4 Abb., Gb., 75,00 DM
ISBN 3-928186-28-0

Die Neuauflage der klassischen Kepler-Biographie, der sich viele Jahrzehnte intensiv mit Kepler beschäftigte und, wie er im Vorwort schrieb, »eine gewisse Konformität im Wesen und Denken« mit seinem Helden besaß. In Zusammenarbeit mit der Kepler-Gesellschaft ist diese unübertroffene und seit langem vergriffene Darstellung nun um ein vollständiges Quellenverzeichnis ergänzt und neu aufgelegt worden.

Christoph Meinel und Monika Renneberg (Hrsg.)

Geschlechterverhältnisse in Medizin, Naturwissenschaft und Technik

350 Seiten, 7 Abb., Gb., 48,00 DM
ISBN 3-928186-31-0

Die Autorinnen und Autoren beleuchten die Bedeutung des Geschlechts in diesen typischen Männerdomänen. Die besonderen Schwierigkeiten von Wissenschaftlerinnen, Ärztinnen und Ingenieurinnen in Studium und Beruf werden ebenso behandelt wie das Bild der Frau als Hexe, Patientin oder als Objekt der Wissenschaft. Betrachtet werden u. a. exemplarische Lebensentwürfe, einzelne Disziplinen, Facetten der Geschlechterpolitik sowie die Historiographie selbst.

Marie-Ann Maushart

»Um mich nicht zu vergessen«

Hertha Spöner – ein Frauenleben für die Physik im 20. Jahrhundert

183 Seiten, 8 Abb., Pb., 39,00 DM
ISBN 3-928186-37-X

Die Autorin hat es verstanden, das bewegende Lebensbild einer Physikerin im 20. Jahrhundert zu zeichnen.

Burkhard Stautz

Untersuchungen von mathematisch-astronomischen Darstellungen auf mittelalterlichen Astrolabien islamischer und europäischer Herkunft

287 Seiten, 128 Abb., Gb., 95,00 DM
ISBN 3-928186-29-9

Klaus-Dieter Herbst

Die Entwicklung des Meridiankreises 1700-1850

Genesis eines astronomischen Hauptinstrumentes unter Berücksichtigung des Wechselverhältnisses zwischen Astronomie, Astro-Technik und Technik

255 Seiten, zahlr. Abb., Pb., 70,00 DM
ISBN 3-928186-21-3

Ausführliche Titelinformationen im Internet:
<http://www.gnt-verlag.com>

Bitte fordern Sie unser vollständiges Verlagsprogramm an:

GNT-Verlag

Schloßstraße 1
D-49356 Diepholz
Telefon (0 54 41) 92 71 29
Telefax (0 54 41) 92 71 27
service@gnt-verlag.com