

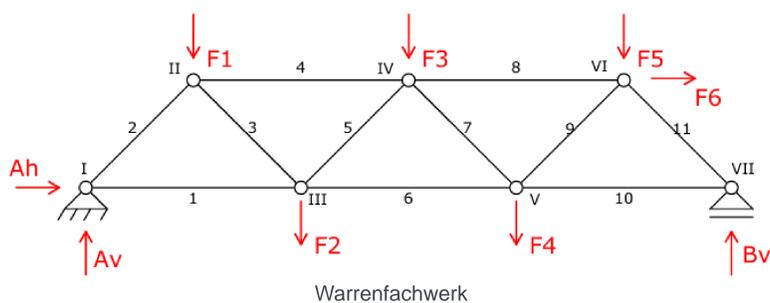


## Motivation und Zielsetzung

Die grafische Statik ist ein Teilgebiet der Statik, mithilfe dessen statische Probleme auf grafischem Weg gelöst werden können. Sie umfasst verschiedene Methoden, die auf Karl Culmann und Luigi Cremona zurückgehen:

- Culmann-Schnittverfahren ohne und mit Culmann-Gerade,
- Cremona-Plan.

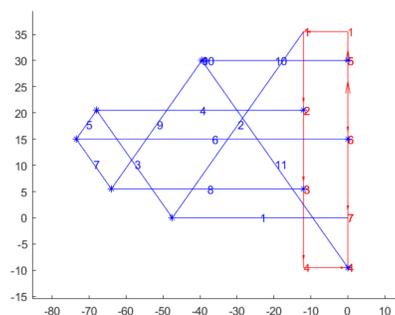
Drei Fachwerkmuster (Warrenfachwerk, Prattfachwerk, K-Träger), die für eine Fachwerkbrücke infragekommen können, in Kombination mit unterschiedlichen Laststellungen, wurden mithilfe dieser Methoden untersucht. Damit sollen die Methoden miteinander verglichen werden, um ihre Vor- und Nachteile als Entwurfsinstrumente herauszufinden.



## Cremona-Plan

Beim Cremona-Plan werden die äußeren Kräfte nach einer Reihenfolge um einen gewählten Drehsinn im Uhrzeigersinn oder Gegenuhrzeigersinn so vektoriell aneinandergelängt, dass sie ein geschlossenes Krafteck bilden. Das gleiche Vorgehen wird für alle Kräfte wiederholt, die an einem einzelnen Knoten wirken. Jeder Knoten wird auf diese Weise abgearbeitet, bis alle Stabkräfte bestimmt werden. Das Endergebnis wird Kräfte diagramm genannt.

### Cremona-Plan mit Matlab



Kräfte diagramm in Matlab für das oben dargestellte Warrenfachwerk

Mit Matlab wird das Verfahren programmtechnisch für alle Stabkräfte automatisiert. Die äußeren Kräfte (im Bild rot dargestellt) besitzen immer einen Anfangspunkt, eine Länge gleich dem Betrag der Kraft und einen Endpunkt. Der Endpunkt einer Kraft wird zum Anfangspunkt der nächsten Kraft. Die Stabkräfte (im Bild blau dargestellt) basieren auf der Fallunterscheidung, dass bestimmte Stabkräfte an dem Endpunkt einer äußeren Kraft oder an dem Schnittpunkt zweier Stabkräfte aus dem Schritt davor beginnen.

Betreuung:

Simon Briem, M.Sc.

Tamara Prokosch, M.Sc.

## Methoden Culmanns

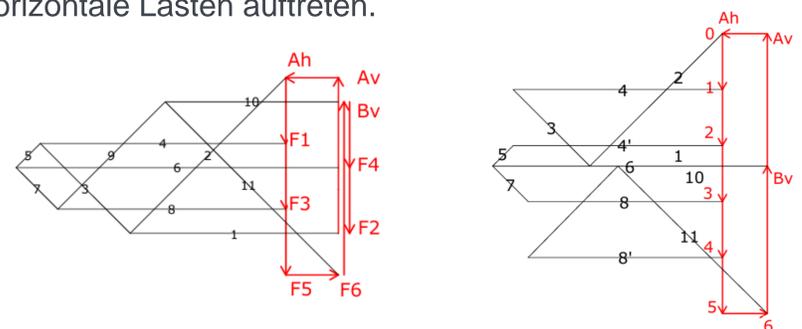
Das Culmann-Schnittverfahren ist eine weitere mögliche Methode, bei der das Fachwerk reihenweise von links nach rechts freigeschnitten wird. Die resultierende Kraft aus den äußeren Kräften, die in jedem Schnitt auftreten, müssen mit den freigeschnittenen Stabkräften ein geschlossenes Polygon bilden.

Eine weitere Variante des Culmann-Schnittverfahrens sieht die Verwendung der Culmann-Gerade vor. Mithilfe dieser Methode ist es möglich, bis zu drei Stabkräfte an einem beliebigen Schnitt durch das Fachwerk grafisch zu bestimmen.

## Vergleich der Methoden

Der Cremona-Plan und das Culmann-Schnittverfahren liefern das gleiche Ergebnis, solange die Lasten entweder nur am Obergurt oder am Untergurt wirken, das Culmann-Schnittverfahren bietet jedoch eine einfachere Vorgehensweise von links nach rechts. Eine komplexere Laststellung, bei der die Lasten nicht nur am Ober- oder Untergurt wirken, führt beim Culmann-Schnittverfahren jedoch zu Einschränkungen, da bestimmte Stabkräfte wiederholt werden müssen. Der Cremona-Plan gibt in diesem Fall ein kohärenteres Kräfte diagramm ohne überflüssige Wiederholungen.

Das Culmann-Schnittverfahren mit Culmann-Gerade kann ohne Kräfte diagramm spezifische Stabkräfte im Vorfeld bestimmen. Die Methode geht jedoch mit einem erhöhten Aufwand einher, sobald in der Laststellung nicht nur rein vertikale oder rein horizontale Lasten auftreten.



Kräfte diagramm nach Cremona (links) und nach Culmann (rechts)

## Literatur

D. Gross u.a., Technische Mechanik, Band 1. 1998

K. Culmann, Die graphische Statik. 1864

E. Salikis, Structures: A geometric Approach, Graphical statics and analysis. 2018