

Entwicklung und Implementierung eines isogeome- trischen Seil- und Membranelements zur Strukturanalyse mit Kangaroo2

Motivation und Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit sollen isogeometrische finite Elemente implementiert werden, die mit dem Löser des Grasshopper-Plug-ins Kangaroo Physics berechnet werden können. Damit lassen sich Strukturanalysen auf Basis von B-Splines und NURBS direkt in der CAD-Umgebung durchführen.

NURBS-Geometrien

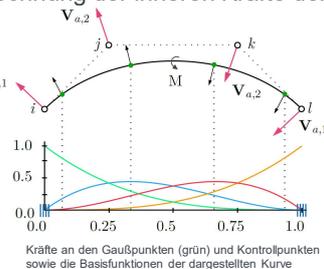
NURBS-Geometrien werden definiert durch ihren Polynomgrad, deren Knotenvektor Ξ und die Anzahl und Lage der Kontrollpunkte. Die einer Kurve zugehörigen Basisfunktionen dienen als Grundlage der Elementformulierung.

Kangaroo Physics

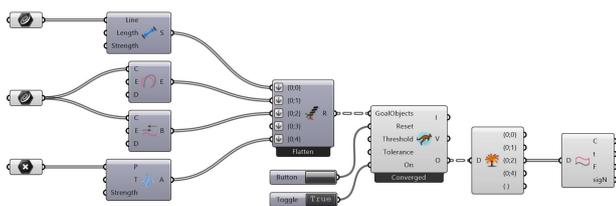
Kangaroo Physics ist ein Plug-in für die Rhino-Grasshopper-Umgebung und ermöglicht Strukturanalysen, Formfindungen, Optimierungen etc. direkt in der CAD-Umgebung. Darin werden einzelne Ziele, sogenannte Goals bestimmt, z. B. biegeaktives Verhalten eines gekrümmten Balkens. Dazu wird jedem Kontrollpunkt der Geometrie ein Move-Vektor und ein entsprechender Wert der Gewichtung zugeteilt. Stellt ein Goal das Verhalten eines Strukturelements dar, entspricht der Move-Vektor den Verzerrungen und das Weighting der Steifigkeit des Querschnittes. Über diese Werte werden die inneren Kräfte im Element berechnet und den äußeren Lasten gegenübergestellt.

K2IGA – Plug-in zur Strukturanalyse

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein vollständiges Grasshopper-Plug-in entwickelt und implementiert, das neben einem Seil-, Stab-, Balken- und Membranelement auch Last- und Auflagerkomponenten beinhaltet. Zur Berechnung der inneren Kräfte der einzelnen Elemente, wird die Dehnung an jedem Gaußpunkt berechnet und mit den Steifigkeitswerten multipliziert. Die Aufteilung dieser Kräfte auf die Kontrollpunkte erfolgt anschließend über die Werte der Basisfunktionen an den Stellen der Gaußpunkte.



Als Löser dient der Standardlöser aus Kangaroo2. Die Berechnung basiert auf der Methode der „Projective Dynamics“. Im Zusammenspiel zwischen K2IGA und Kangaroo2 lassen sich diverse Strukturanalysen und Formfindungen mit überschaubarem Modellierungsaufwand berechnen.

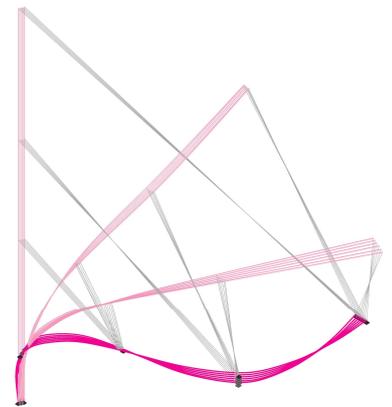


Grasshopper-Skript zur rechts abgebildeten Formfindung von biegeaktiven GFK-Stäben

Abschlussarbeit: unter Betreuung von
Renate Sachse, M.Sc. (Universität Stuttgart)
Anna Bauer, M.Sc. (TU München)
Philipp Längst, M.Sc. (str.ucture GmbH)
<https://www.ibb.uni-stuttgart.de>

Numerisches Beispiel

Als Anwendungsbeispiel soll hier die Formfindung biegeaktiver GFK-Stäbe gezeigt werden. Diese sind Teil des tschechischen Pavillons für die Expo in Dubai 2020. Die Ausgangslänge sowie die Lage der Auflager sowohl auf den Stäben, als auch im Raum ist dabei bekannt. Diese Punkte werden nun über Linien miteinander verbunden (vgl. Abbildung unten rechts). Über die *Length*-Komponente aus Kangaroo lassen diese Linien auf eine Länge gleich null verkürzen. Dabei ziehen die sich verkürzenden Linien die tatsächlichen biegeaktiven Stäbe in ihre finale Form, unter Berücksichtigung deren biegeaktiver Eigenschaften. In der Abbildung rechts erkennt man die Zwischenstände der Formfindung. Ganz links die Ausgangsgeometrie und im Anschluss die Zustände bei Verkürzung der Linien um ein und zwei Drittel der Ausgangslänge.



Die hervorgehobenen Linien stellen die finale Form der Geometrie dar. Im Anschluss können Schnittgrößen und Spannungen infolge Biegung der Stäbe ausgelesen werden.

Kooperationspartner

Diese Arbeit entstand in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Statik der TU München und dem Ingenieurbüro str.ucture GmbH aus Stuttgart.

Literatur

[1] Wüchner, R.; Breitenberger, M.; Bauer, A.M.: Isogeometric Structural Analysis and Design – Vorlesungsunterlagen 2016
Lehrstuhl für Statik, Technische Universität München

