Universität Stuttgart
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Aline Hinz

Chancen und Grenzen der isogeometrischen Analyse in industriellen Anwendungen

Motivation und Zielsetzung

Die isogeometrische Analyse (IGA) bietet im Vergleich zur Finite-Elemente-Analyse (FEA) einige Vorteile. Durch die Integration von CAD und Analyse kann der Zeitaufwand der Modellierung deutlich reduziert werden. Außerdem führt die Verwendung von Ansatzfunktionen wie z.B. NURBS zu einer exakten Darstellung der Geometrie. Die höhere Kontinuität zwischen den Elementen soll außerdem eine genauere Vorhersage von Ergebnisgrößen bei einer geringeren Netzfeinheit und damit weniger Freiheitsgraden ermöglichen.

Theorie

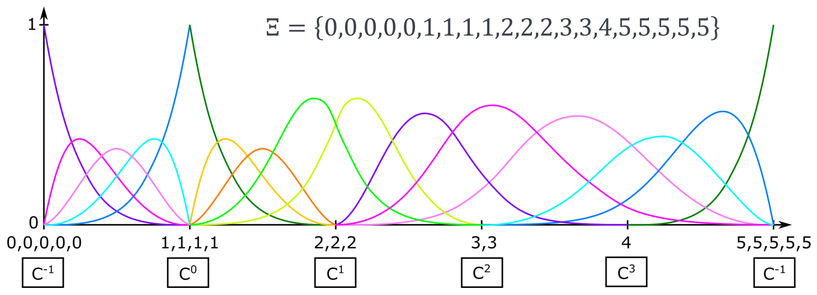
NURBS als Ansatzfunktionen
Knotenvektoren:

- Für die Erzeugung von B-Splines und NURBS wird ein eindimensionaler Knotenvektor benötigt:

$$\Xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{n+p+1}\}$$

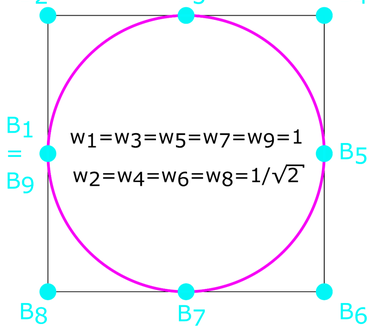
B-Splines:

- B-Spline-Basisfunktionen werden rekursiv definiert, beginnend mit einem Polynomgrad p=0:
  - Für p=0: $$N_{i,0}(\xi) = \begin{cases} 1 & \text{wenn } \xi_i \le \xi \le \xi_{i+1}, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$
  - Für $p \ge 1$: $$N_{i,p}(\xi) = \frac{\xi - \xi_i}{\xi_{i+p} - \xi_i} N_{i,p-1}(\xi) + \frac{\xi_{i+p+1} - \xi}{\xi_{i+p+1} - \xi_{i+1}} N_{i+1,p-1}(\xi)$$



NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines):

- NURBS werden aus B-Splines konstruiert. Mittels projektiver Transformation können sie in höherdimensionale Räume erweitert werden, um gewünschte Kurven und Oberflächen exakt darzustellen.
- NURBS-Kurve: $$C(\xi) = \sum_{i=1}^{n} R_i^p(\xi) \cdot B_i$$
  - $R_i^p(\xi)$: i-te NURBS-Basisfunktion
  - B_i: Kontrollpunkte



Das isoparametrische Konzept
Die Basis, welche für die exakte Darstellung der Geometrie verwendet wird, wird anschließend auch als Grundlage für die Analyse verwendet.

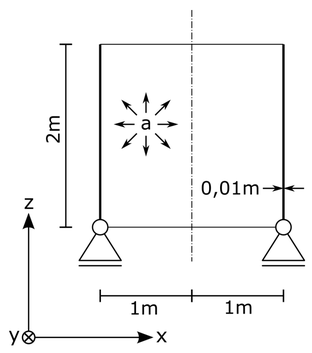
Betreuung:
Maximilian Schilling, M.Sc.

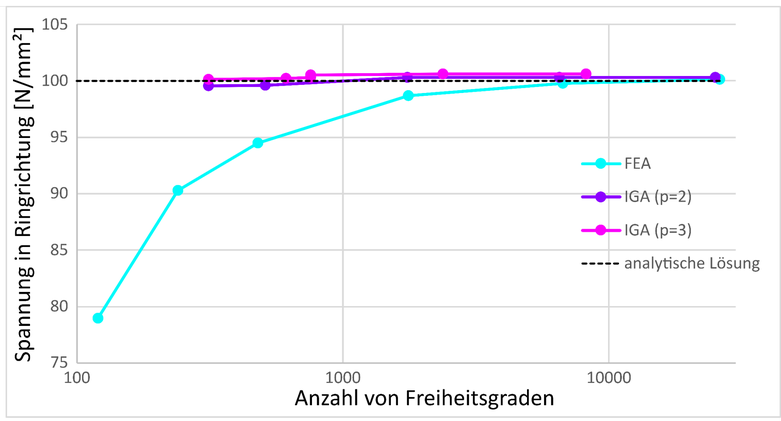
https://www.ibb.uni-stuttgart.de

Numerische Beispiele

Zylinder unter Innendruck
In dieser Masterarbeit werden verschiedene numerische Beispiele, die sich an Benchmarks aus der Automobilindustrie orientieren, mittels IGA simuliert und in Hinblick auf die Ergebnisgenauigkeit mit Simulationen mittels FEM verglichen.

In den Beispielen, insbesondere bei gekrümmten Geometrien, zeigt sich, dass die isogeometrische Analyse bereits bei einer geringeren Anzahl von Freiheitsgraden präzisere Ergebnisse liefert. Bei der Simulation einer Kreiszylinderschale unter Innendruck und elastischem Materialverhalten liefert IGA im Vergleich zur FEA beispielsweise schon bei einer niedrigeren Anzahl von Freiheitsgraden und weniger Elementen deutlich genauere Ergebniswerte für die Aufweitung.





Die Simulationen mittels IGA in LS-DYNA bringt aktuell allerdings auch noch Schwierigkeiten mit sich. So liefert die Simulation mittels FEA bei einer Kreiszylinderschale für Eigenfrequenzen und Eigenmodi präzisere Ergebnisse. Außerdem ist die Anordnung der Kontrollpunkte bei einer getrimmten Scheibe mit Loch unter Zugbeanspruchung aktuell noch entscheidend für die Ergebnisgenauigkeit.

Literatur

Hughes, T.J.R.; Cottrell, J. A.; Bazilevs, Y.: Isogeometric analysis: CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement. In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 194 (2005), Nr. 39-41, S. 4135–4195.

Cottrell, J. A.: Isogeometric analysis: Toward integration of CAD and FEA. Chichester, West Sussex, U.K and Hoboken, NJ : Wiley, 2009.

Baustatik und Baudynamik