

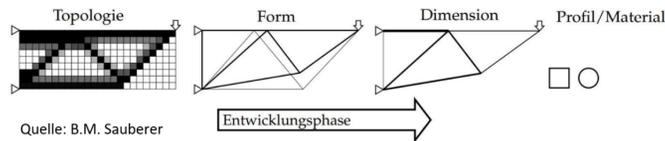


SPLINES IN DER FORMOPTIMIERUNG

Das Ziel: Bei Formoptimierungen muss die Kontur eines Bauteils mittels einer mathematischen Funktion dargestellt werden. In den meisten Fällen benutzt man dafür Splines. Es gibt im Allgemeinen zwei verschiedene Splinetypen. Der normale Spline und der B-Spline. In diesem Projekt werden die Unterschiede dieser Splines und ihre Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse untersucht.

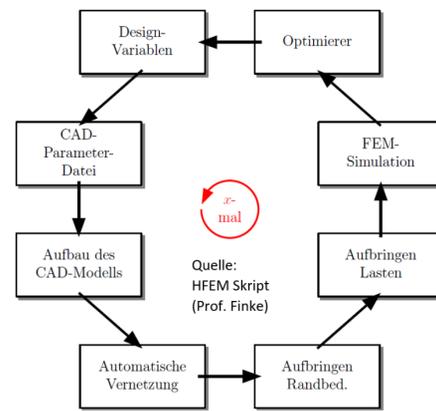
STRUKTUROPTIMIERUNG

Was ist das überhaupt?: Die Strukturoptimierung hat das Ziel, die zu optimierenden Bauteile hinsichtlich gewählter Eigenschaften optimal auszugestalten. Sie teilt sich in drei Phasen auf, welche zusammen die Strukturoptimierung ausmachen. Begonnen wird mit der Topologieoptimierung, bei der ein Designraum vorgegeben wird und Material lastgesteuert angeordnet wird. Die genaue Form des entstehenden Bauteils wird in der Formoptimierung ermittelt. Im dritten Schritt erfolgt die Dimensionierung, bei der beispielsweise auf druck belastete Stellen größer dimensioniert werden (Knickgefahr).



FORMOPTIMIERUNG

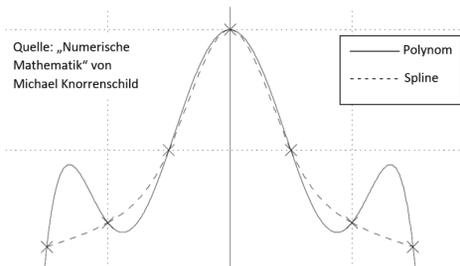
Vorgehen: Bei der Formoptimierung in Simulationsprogrammen handelt es sich meistens um ein numerisches Verfahren. Der Solver folgt einer Iterationschleife. Dieser startet eine statische Analyse, interpretiert die Ergebnisse, verändert die Geometrie und startet, je nach Erfüllung der Anforderung, eine neue Analyse mit veränderter Geometrie oder gibt die neue Geometrie aus.



Quelle: HFEM Skript (Prof. Finke)

SPLINES

Was sind Splines überhaupt?: Splines werden zur Lösung von Interpolationsproblemen eingesetzt. Um ein präzises Ergebnis zu erhalten, müssen Interpolationsstellen eingesetzt werden. Das führt bei der klassischen Polynominterpolation zwangsläufig zu Polynomen höheren Grades, die zu starken Oszillationen in den Randbereichen führt. Bei der Splineinterpolation wird dieses Problem umgangen, indem dieser nicht aus einem einzigen Polynom höheren Grades besteht, sondern aus der Aneinanderreihung von vielen Polynomen maximal k -ten Grades.



AUFGABENSTELLUNG

Was wird untersucht?: Die Auswirkungen verschiedener Splinetypen auf das Simulationsergebnis können hinsichtlich verschiedener Gesichtspunkte betrachtet werden.

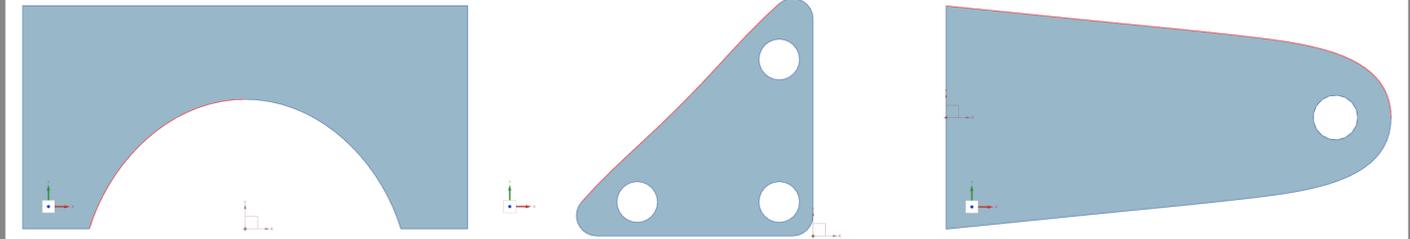
Splines vs B-Splines: Zu Beginn wird der Einfluss durch die unterschiedlichen Splinetypen untersucht.

Anzahl der Knoten: Ein Spline entsteht durch die Definition von Kontrollpunkten (Knoten). Die Knotenanzahl kann variieren und das Simulationsergebnis beeinflussen, weswegen als nächstes die Auswirkungen durch Variation der Knotenanzahl untersucht wird.

Vernetzungsdichte: Die Vernetzungsdichte kann einen Einfluss auf das Simulationsergebnis haben und wird bei beiden Splinetypen analysiert und miteinander verglichen.

Grad der Splines: Abschließend wird die Beeinflussung durch den Grad der Splines untersucht.

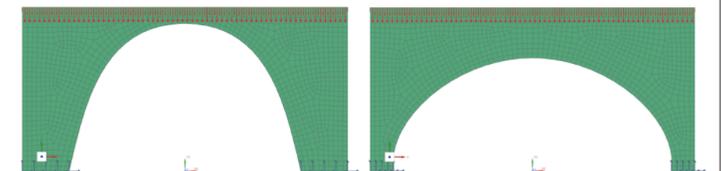
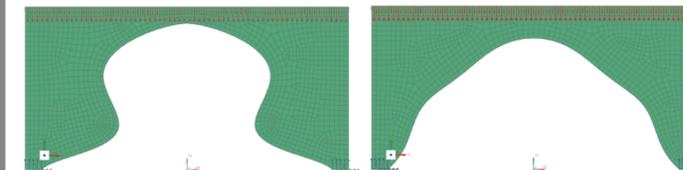
UNTERSUCHUNGEN



Berechnungsmodell: Die Untersuchung der drei Fragestellungen erfolgt mithilfe der obigen drei Modelle. Die Brücke auf der linken Seite wird an den beiden Stützen eingespannt und von oben mit einer Streckenlast belastet. Der rot markierte Bogen wird in der Form optimiert. Das Halblech in der Mitte wird in den beiden Bohrungen auf der rechten Seite fest eingespannt und in der linken Bohrung mit einer Kraft belastet. Die rot markierte Schräge wird zur Formoptimierung freigegeben. Der Balken auf der rechten Seite wird an der linken Seite fest eingespannt und in der Bohrung rechts mit einer Kraft belastet. Bei diesem Modell wird die gesamte Außenkontur in der Form optimiert. Zur Übersichtlichkeit wird nur die Brücke vorgestellt.

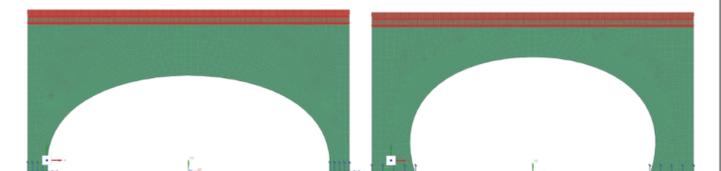
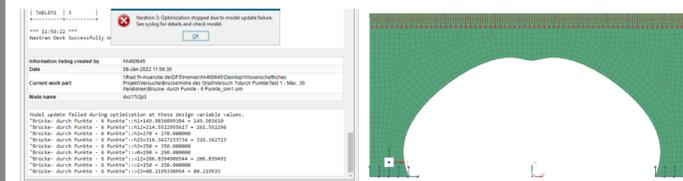
ERGEBNISSE UND FAZIT

Splines vs B-Splines: Die Splines und B-Splines liefern beide gute Ergebnisse, weswegen diesbezüglich immer individuell abgewägt werden muss. Der normale Spline führt jedoch häufig zu Fehlern während der Iteration. Im Gegensatz dazu generiert der B-Spline zuverlässig Ergebnisse. Dies erklärt die breite Nutzung der B-Splines in der Praxis.



Anzahl der Knoten: Die Erhöhung der Knotenanzahl führt beim konventionellen Spline zu starken Oszillationen. Im Gegensatz dazu bleibt der B-Spline relativ stabil, weil dieser ein deutlich lokaleres Verhalten aufweist. Der B-Spline ist in dieser Frage dem normalen Spline vorzuziehen.

Vernetzungsdichte: Eine variierende Vernetzungsdichte kann zu unterschiedlichen Simulationsergebnissen führen - muss aber nicht. Wichtig ist, dass der Berechnungsingenieur darüber informiert ist und bei Komplikationen testet, ob die Variation der Vernetzungsdichte zu Unterschieden in den Simulationsergebnissen führt.



Grad der Splines: Der konventionelle Spline liefert bei Erhöhung des Grades kaum Ergebnisse. Häufig tritt nach einigen Iterationen ein Fehler auf, weil dieser bei kleinen Änderungen der Knoten zu stark oszilliert. Der B-Spline hingegen liefert auch hier zuverlässig Ergebnisse. Dieses Ergebnis unterstreicht nochmal die besondere Flexibilität der B-Splines.

Fazit: Im Allgemeinen ist der B-Spline dem konventionellen Spline aufgrund der höheren Zuverlässigkeit vorzuziehen. Die Ergebnisse der normalen Splines sind jedoch nicht zwangsweise schlechter.