

Optimierung von Strukturen mit erweiterten FE-Methoden und Modellreduktion

Bianca Weidner

1. Motivation

Die Phasenfeldmethode stellt eine Grundlage zur Topologieoptimierung zur Verfügung. Die sich einstellende Struktur besitzt dabei ein vorgegebenes Volumen. Im Rahmen dieser Arbeit soll die Struktur mittels Transformation in Fachwerk- und Balkenelemente weiter optimiert werden, um somit einer Bemessung als Stabtragwerk zu genügen.

2. Mittelung der Phasenfeldergebnisse

Um die Auswirkungen der verschiedenen Eingangsparameter der Phasenfeldmethode beurteilen zu können, können die Phasenfeldparameter mit Hilfe des Programms gemittelt und wiederum optisch ausgegeben werden. Dies ist aufgrund des kontinuierlichen Phasenübergangs der verwendeten Methode möglich. Somit kann die Verteilung der gemittelten Phasenfeldparameter über dem Designraum eingesehen werden.

Die erzielten Strukturen können gegebenenfalls für die Transformation weiterverwendet werden. Dies ist möglich, falls die gemittelte Topologie keine Unterbrechungen aufweist und der Phasenfeldparameter im Designraum nicht zu weit gestreut liegt.

3. Transformation

Zunächst wird die Phasenfeldtopologie in eine Fachwerkstruktur auf Grundlage des FE-Netzes transformiert. Die restlichen Informationen über Last und Lagerung bleiben dabei erhalten. Im Folgenden bilden sich die Normalkraft-Spannungsverläufe in den Elementen unterschiedlich aus. Diejenigen Elemente mit geringen Spannungen, welche in vorgegebenen Grenzen liegen, bekommen Materialien mit reduzierten Steifigkeiten zugewiesen, so bleiben die nicht mehr benötigten Elemente in Form eines Hilfsnetzes vorhanden, um die Struktur weiterhin zu stützen und um eine Kinematik zu verhindern. Nun wird die Fachwerkstruktur nach diesem Vorgehen automatisch iterativ so weit wie möglich reduziert, ohne dass dabei die Grundgestalt der Phasenfeldtopologie verändert wird.

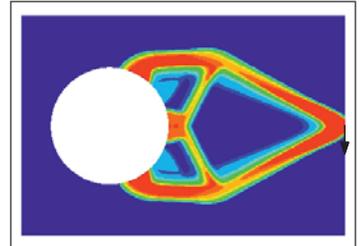
Wenn eine weitere Reduktion der Fachwerkelemente nicht mehr möglich ist, werden die Elemente in Timoshenko-Balkenelemente transformiert. Das weitere Vorgehen entspricht dem mit Fachwerkelementen, dabei kann jedoch das Hilfsnetz entweder erhalten bleiben, oder die Elemente gelöscht werden, je nach dem welches Vorgehen zielführender ist. In einer abschließenden Iteration werden die Hilfselemente gelöscht.

Diese Methode führt auf eine reduzierte Topologie auf Grundlage der Grundstruktur der Phasenfeldmethode. Letztendlich sind nur noch wenige Knoten vorhanden. Diese können nun zu einer neuen Topologie mit Timoshenko-Balkenelementen verbunden werden.

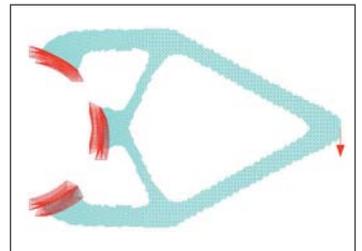
Um den Verlauf der Reduktion der Elemente mit voller Steifigkeit bzw. Zunahme der Elemente mit reduzierter Steifigkeit über die Iterationen einsehen zu können, kann eine Statistik erstellt werden.

4. Numerisches Beispiel

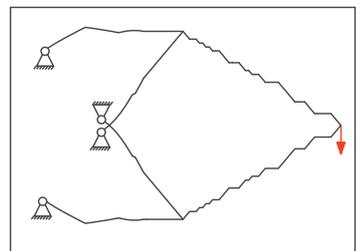
Zu Beginn der Anwendung der Phasenfeldmethode ist der Designraum mit 43.200 Flächen-Elementen gefüllt. Die Lagerung ist kreisförmig angeordnet und die Einzellast befindet sich am rechten Ende des Designraumes. Die Mittelung der Phasenfeldtopologie für Strafparameter $\gamma=1$ bis $\gamma=20$ & $\gamma=30$ und einem Füllgrad $K=0,13$ ist aufgrund kontinuierlicher Phasenübergänge gut darstellbar.



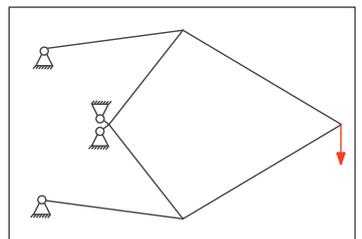
Nach der Transformation der gemittelten Phasenfeldtopologie sind nur noch 7.848 Elemente vorhanden. Lagerung und Last bleiben gleich.



Nach 23 Iterationen mit Fachwerk- und 4 weiteren mit Balkenelementen kann eine vollständige Reduktion erreicht werden. Dabei wurden für das Hilfsnetz Faktoren zur Steifigkeitsreduktion von 10.000 und 100.000 verwendet. Die Begrenzung für die Spannungen lag zwischen 1/10 und 1/6.



Die neue Timoshenko-Balkenstruktur wurde zwischen die besonderen Knoten (Last-, Lager- und Kreuzungsknoten) gelegt.



In der Statistik ist die manuelle Änderung des Spannungskriteriums anhand des sprunghaften Verlaufs zu erkennen.

