

Integration von Fertigungsrestriktionen bei 3D-Fräsverfahren in der Topologieoptimierung mit der Level-Set-Methode

Autoren: Christopher Colling, Klaus Mecking

Topologieoptimierung; was ist das?

Eine Topologieoptimierung von mechanischen Strukturen hat das Ziel, unter Vorgabe von Ziel- und Restriktionsfunktionen eine optimierte Lage und Anordnung der Strukturelemente zu ermitteln. Eine dabei populäre Aufgabenstellung ist die Minimierung der mittleren Nachgiebigkeit (Zielfunktion) bei gleichzeitiger Reduktion des Volumens (Restriktionsfunktion) einer belasteten, mechanischen Struktur. In mehreren Iterationen wird die Form sowie die Topologie der Struktur über einen Optimierungsalgorithmus dahingehend geändert (Änderung der Strukturgrenzen/Erzeugung oder Verschmelzung von Löchern), dass die vorgegebenen Ziel- und Restriktionsfunktionen erfüllt werden.

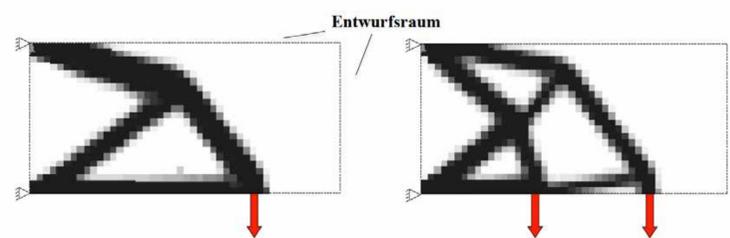


Abb. 1: Ergebnisse zweier Topologieoptimierungen. Die roten Pfeile kennzeichnen die Belastung (nach [SCH05, S. 215])

Fertigungsrestriktionen; wozu werden die benötigt?

Werden bei Topologieoptimierungen Fertigungsmöglichkeiten wie z.B. die zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren und damit die für jedes Fertigungsverfahren spezifischen »Fertigungsrestriktionen« nicht berücksichtigt, ist die Herstellbarkeit der optimierten Topologien häufig nicht gewährleistet. In einem solchen Fall müsste die optimierte Topologie manuell, in einem zusätzlichen Arbeitsschritt, in einer CAD-Software auf die zur Verfügung stehenden Fertigungsmöglichkeiten angepasst werden. Dadurch wird das ermittelte Optimum »verlassen« und die mechanischen Eigenschaften negativ beeinflusst.

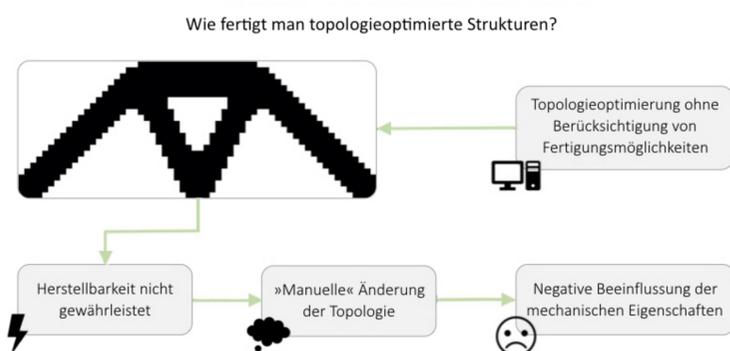


Abb. 2: Topologieoptimierung ohne Berücksichtigung von Fertigungsmöglichkeiten

Fertigungsrestriktionen bei 3D-Fräsverfahren

Zu den »harten« Fertigungsrestriktionen (bei einer Verletzung der Restriktion ist eine Fertigung nicht möglich) zählen:

- Das Fräswerkzeug muss zu jedem Bearbeitungspunkt des Werkstücks gelangen können (siehe Abbildung 3).
- Die Randradien der optimierten Topologie dürfen den Radius des Fräswerkzeugs nicht unterschreiten.

Als »weiche« Fertigungsrestriktion (bei einer Verletzung der Restriktion ist eine Fertigung mit erhöhten Kosten/Fertigungszeit möglich) zählt:

- Die Nichtunterschreitung einer vorgegeben, minimalen Wandstärke.

Die genannten Fertigungsrestriktion sollen in Zukunft in den Optimierungsprozess integriert werden.

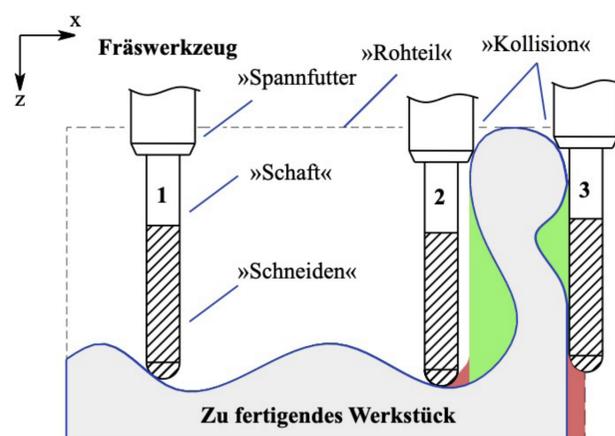


Abb. 3: Werkzeugzugänglichkeit an einem Werkstück. Die roten (Kollisionsbereiche) und grünen Bereiche (Unterschneidungen) sind für das Fräswerkzeug unzugänglich

Rückführung der optimierten Topologie in ein CAD-System

Um die optimierten Topologien zu fertigen, wird von diesen ein CAD-Modell benötigt. Daraus lassen sich CNC-Programme erstellen, die zur Steuerung der Fertigungsmaschinen benötigt werden. In dieser Arbeit wird untersucht, ob die Topologieoptimierung mit der Level-Set-Methode (LSM) unter Verwendung von unstrukturierten Finite-Elemente-Netzen diesen Arbeitsschritt erleichtern kann. In Abbildung 4 ist ein erstes Ergebnis dieses Ansatzes gezeigt.



Abb. 4: Ein mit der LSM optimierter Biegebalken im STEP-Format. (Minimierung der Nachgiebigkeit bei einer Reduktion der Masse auf 15% des Vollmaterials. Optimierung ohne Fertigungsrestriktionen!)

