

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

Autoren: Christopher Colling, Klaus Mecking

Was versteht man unter Topologieoptimierung?

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. Um das Optimierungsziel zu erreichen, werden iterativ die Form sowie die Topologie der Struktur zielgerichtet durch einen Optimierungsalgorithmus verändert. Ein dazu häufig verwendetes Verfahren ist die Topologieoptimierung mit der Level-Set-Methode (siehe Infovideo).

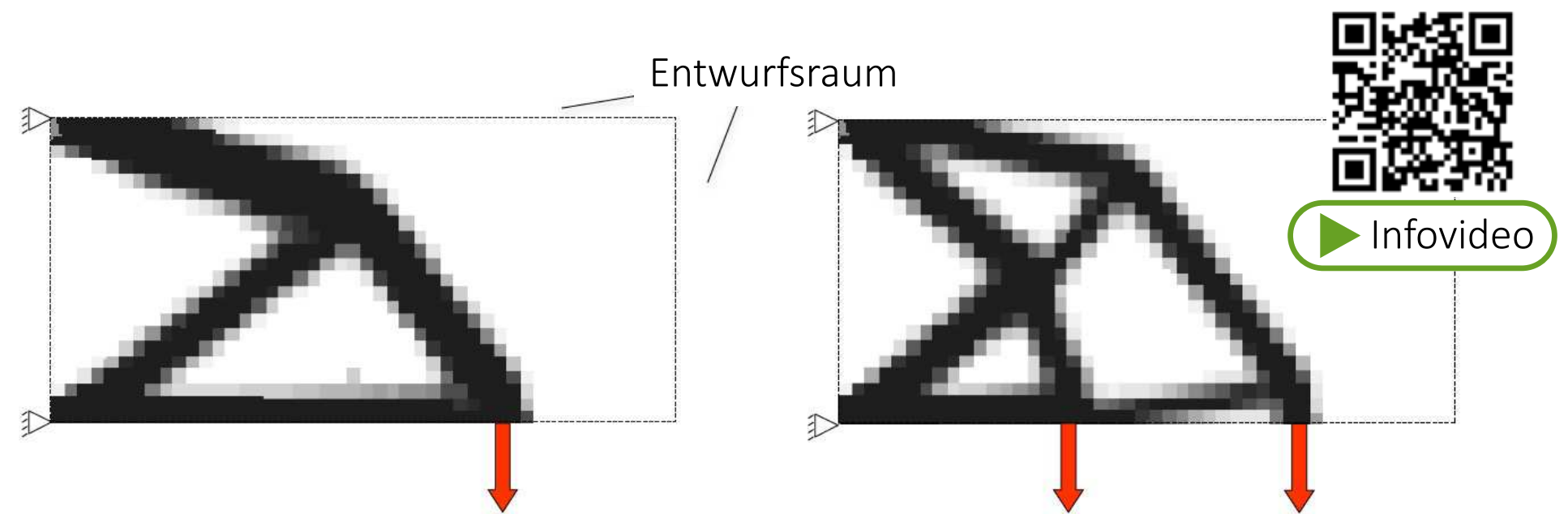


Abb 1: Ergebnisse zweier Topologieoptimierungen. Die roten Pfeile kennzeichnen die Belastung (nach [SCH05, S. 215])

Lassen sich die optimierten Strukturen fertigen?

Werden bei Topologieoptimierungen die zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren und die damit spezifischen »Fertigungsrestriktionen« nicht berücksichtigt, ist die Herstellbarkeit der optimierten Topologien nicht gewährleistet. Zur Herstellung müssen dann je nach Fertigungsverfahren verschiedene konstruktive Änderungen vorgenommen werden, die jedoch die zuvor optimierten mechanischen Eigenschaften negativ beeinflussen. Von daher ist die Integration von Fertigungsrestriktionen in die Topologieoptimierung seit einigen Jahren Gegenstand zahlreicher Forschungsarbeiten.

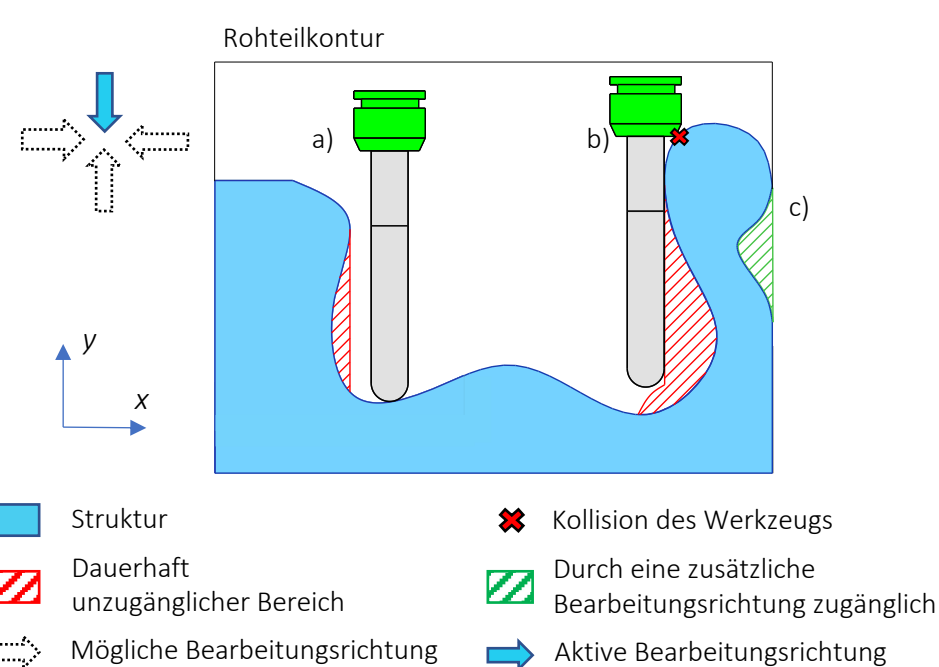


Abb 2: Werkzeugzugänglichkeit an einem Werkstück. Die roten Bereiche a) und b) sind für alle Bearbeitungsrichtungen unzugänglich. Der Bereich c) kann durch eine weitere Bearbeitungsrichtung erreicht werden.

Fertigungsrestriktionen bei 3D-Fräsverfahren

Zu den »harten« Fertigungsrestriktion (bei einer Verletzung der Restriktion ist eine Fertigung durch 3-Achs-Bearbeitung nicht möglich) zählen:

- Das Fräswerkzeug muss zu jedem Bearbeitungspunkt des Werkstücks gelangen können (siehe Abbildung 2).
- Die Randradien der optimierten Topologie dürfen den Radius des Fräswerkszeugs nicht unterschreiten.

Als »weiche« Fertigungsrestriktion (bei einer Verletzung der Restriktion ist eine Fertigung durch 3-Achs-Bearbeitung möglich, jedoch mit erhöhten Kosten/Fertigungszeit) zählt:

- Die Nichtunterschreitung einer vorgegeben, minimalen Wandstärke.

Optimierung eines Kragträgers mit Fertigungsrestriktionen

Zur Demonstration sind unten die Ergebnisse zweier Topologieoptimierungen dargestellt. Ziel beider Optimierungen war die Minimierung der mittleren Nachgiebigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der Bauteilmasse um 85 % (im Vergleich zum Vollmaterial). Auf der linken Seite ist das Ergebnis für eine Optimierung ohne Fertigungsrestriktionen und auf der rechten Seite mit Fertigungsrestriktionen für 3D-Fräsverfahren dargestellt. Für letzteres wurden die 3 gekennzeichneten Bearbeitungsrichtungen sowie eine zuvor definierte Werkzeuggeometrie (Schneidenlänge, Durchmesser, Form der Werkzeughalterung) vorgegeben.

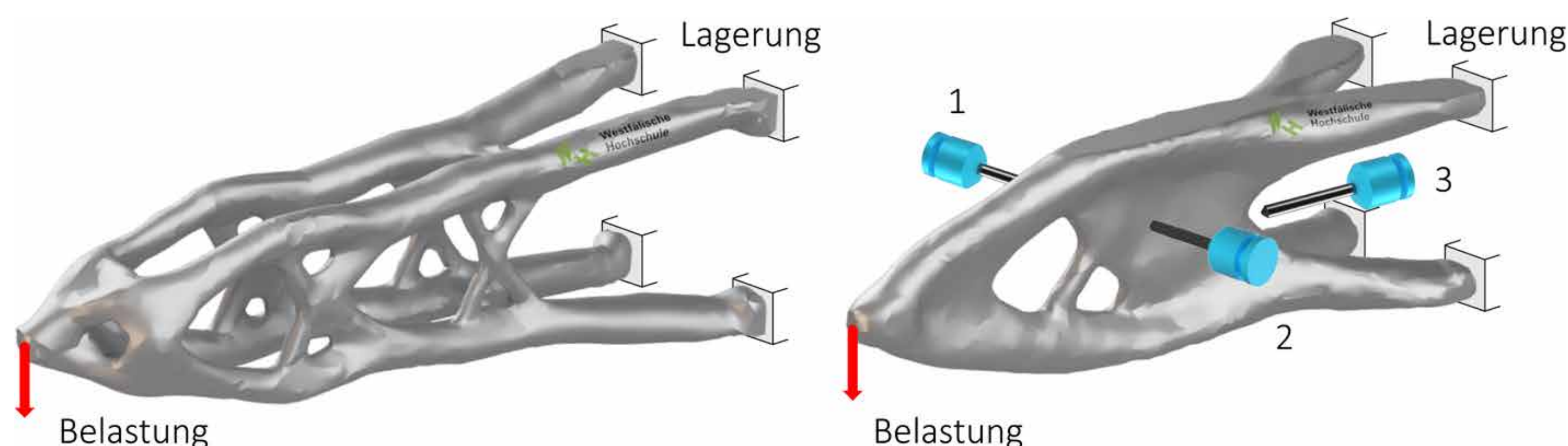


Abb. 3: Topologieoptimierung ohne Fertigungsrestriktionen (links) und mit Fertigungsrestriktionen (rechts). Die Fertigung erfolgt nacheinander aus den 3 Bearbeitungsrichtungen (1,2,3).

Quelle

[SCH05] Schumacher, Axel; Optimierung mechanischer Strukturen – Grundlagen und industrielle Anwendungen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

