Topologieoptimierung und Entwicklung eines Leichtbaukonzepts für das Tiefziehwerkzeug einer Dachbeplankung im Automobilbau

Diplomarbeit von Giancarlo Ciccotelli
entstanden am DaimlerChrysler Forschungszentrum Ulm

Motivation

Die Notwendigkeit der Ressourcenschonung in der Fertigung und während des gesamten Produktlebenszyklusses erfordert im Bereich des Automobilbaus die Entwicklung von leichtbauorientierten und funktionsintegrierten Bauteilen.
Im Automobilbau schließt dies nicht nur die Fahrzeugstruktur selbst, sondern auch alle zur Herstellung benötigten Werkzeuge ein. Ein besonderer Stellhebel liegt hier bei großen und schweren Werkzeugsystemen, wie z.B. für die Umformung von Dach und Seitenwand.
Das Ziel dieser Arbeit war die Topologieoptimierung und die Entwicklung eines Leichtbaukonzepts für das Tiefziehwerkzeug der Dachbeplankung für die Mercedes-Benz C-Klasse. Eine Gewichtsreduktion bedeutet hier bei gleich bleibender Werkzeugfunktion und Bauteilqualität eine Verringerung der einzusetzenden Stahlmenge und damit eine Kostenreduktion bzw. Ressourcenschonung.

Topologieoptimierung mit der SKO-Methode

Topologieoptimierungen finden kontinuierlich in der Natur statt, z.B. beim Baumwachstum oder der Bildung von Knochen (Abb. 1).

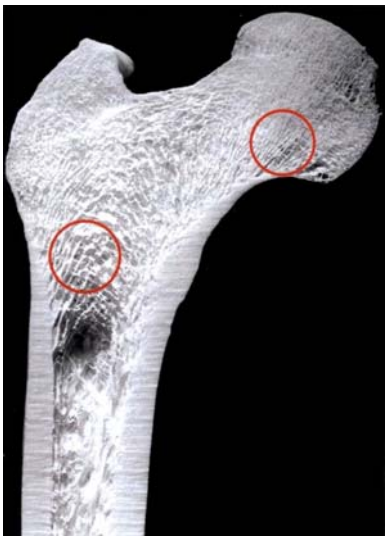

Abb. 1: Menschlicher Oberschenkelknochen

Die in Abb. 1 gekennzeichneten Bereiche verdeutlichen die Tatsache, dass der menschliche Knochen nicht völlig homogen aufgebaut ist. Die so genannten Fresszellen im Knochen sorgen dafür, dass an den Stellen Material abgebaut wird, an denen die Belastungen geringer sind. Dies kommt einer optimalen Gewichtsreduzierung gleich. Das Verfahren, dass diese Art von Topologieoptimierung beschreibt wird SKO-Methode (Soft Kill Option) genannt. Dabei werden im Wesentlichen gewisse Bereiche einer Struktur „gekillt“. Es handelt sich hierbei um diejenigen Bereiche eines Bauteils, die keine oder nur wenig Belastung erfahren. In Abb. 2 wird ein typischer Verfahrensablauf der SKO-Methode dargestellt.

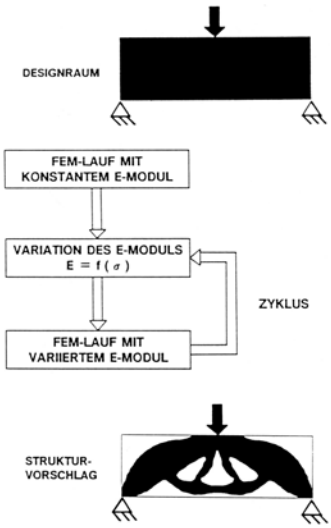

Abb. 2: Flussdiagramm der SKO-Methode

Bei dieser Methode dürfen allerdings nicht rigoros Elemente entfernt werden, sondern es muss darauf geachtet werden, welche konstruktiven Vorgaben bei dem vorgegebenen Bauteil zu erfüllen sind. Die Variation in den Lagerungsmöglichkeiten und den Stellen des Kraftangriffspunkts können jeweils zu verschiedenen Ergebnissen führen (Abb. 3).

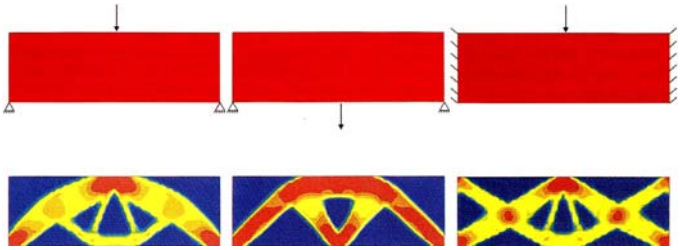

Abb. 3: Abhängigkeit der Struktur von den konstruktiven Vorgaben

Grundsätzlich sollte geklärt sein welche Gebiete im Modell optimiert werden sollen und welche nicht. Die zu optimierenden Bereiche gehören zum Bauraum (Designraum) und die unberührten Bereiche werden als „Frozen-Areas“ bezeichnet. Abschließend muss bekannt sein, wie viel Prozent des Bauraums mit Strukturelementen befüllt sein dürfen. Man spricht hier auch vom so genannten Füllgrad.

Ergebnisse

Im Rahmen der Diplomarbeit konnte für das genannte Tiefziehwerkzeug ein Gewichtseinsparpotential von ca. 10% identifiziert werden, welches im Nachgang zur Diplomarbeit konstruktiv ausgestaltet und verifiziert wird.