

Neue Ansätze in der Entwicklung und Optimierung mechanischer Bauteile

Anwendung der Level-Set-Methode in der Topologieoptimierung

Autoren: Christopher Colling, Klaus Mecking

Topologieoptimierung: Was ist das?

Ziel der Topologieoptimierung ist es, eine optimale Bauteilgestalt für einen gegebenen Lastfall zu bestimmen. Das bedeutet, dass ein Bauteil für die jeweilige Anforderung „maßgeschneidert“ wird, wobei eine Größe wie z.B. das Gewicht minimiert wird.

[CHA10] CHALLIS, Vivien. A discrete level-set topology optimization code in Matlab. In: *Struct Multidisc Optim* 41(3): 453–464

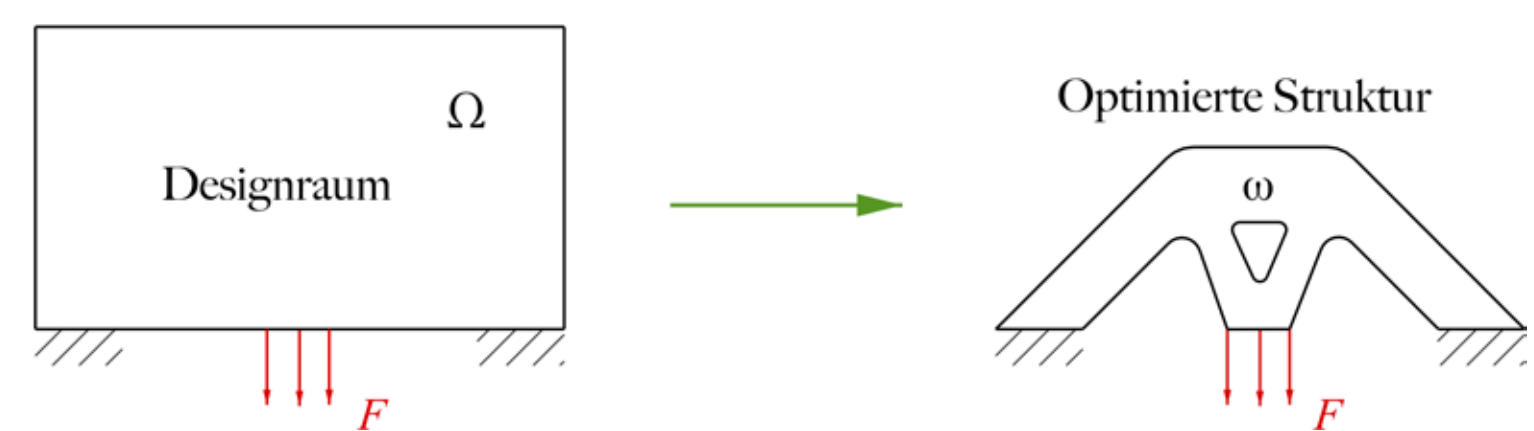


Abb. 1: Für eine Ausgangsgeometrie (links), wird eine optimierte Struktur (rechts) berechnet (nach [CHA10])

Level-Set-Methode: Was ist das?

Die **Level-Set-Methode** (LSM) ist ein in den 1980er Jahren von S. Osher und J. Sethian entwickeltes Verfahren, zur numerischen Beschreibung der Bewegung von Kurven und Oberflächen. Die ursprüngliche Idee war es, LSM zur Bildverarbeitung – z.B. die Verfolgung von Flammfronten – zu nutzen. Diese Idee kann auch zur Optimierung mechanischer Strukturen genutzt werden. Die Grenzen des Bauteils werden dann durch das Nullniveau „Zero-Level“ (siehe rote Linie in Abbildung 2) einer **Level-Set-Funktion** (LSF) beschrieben.

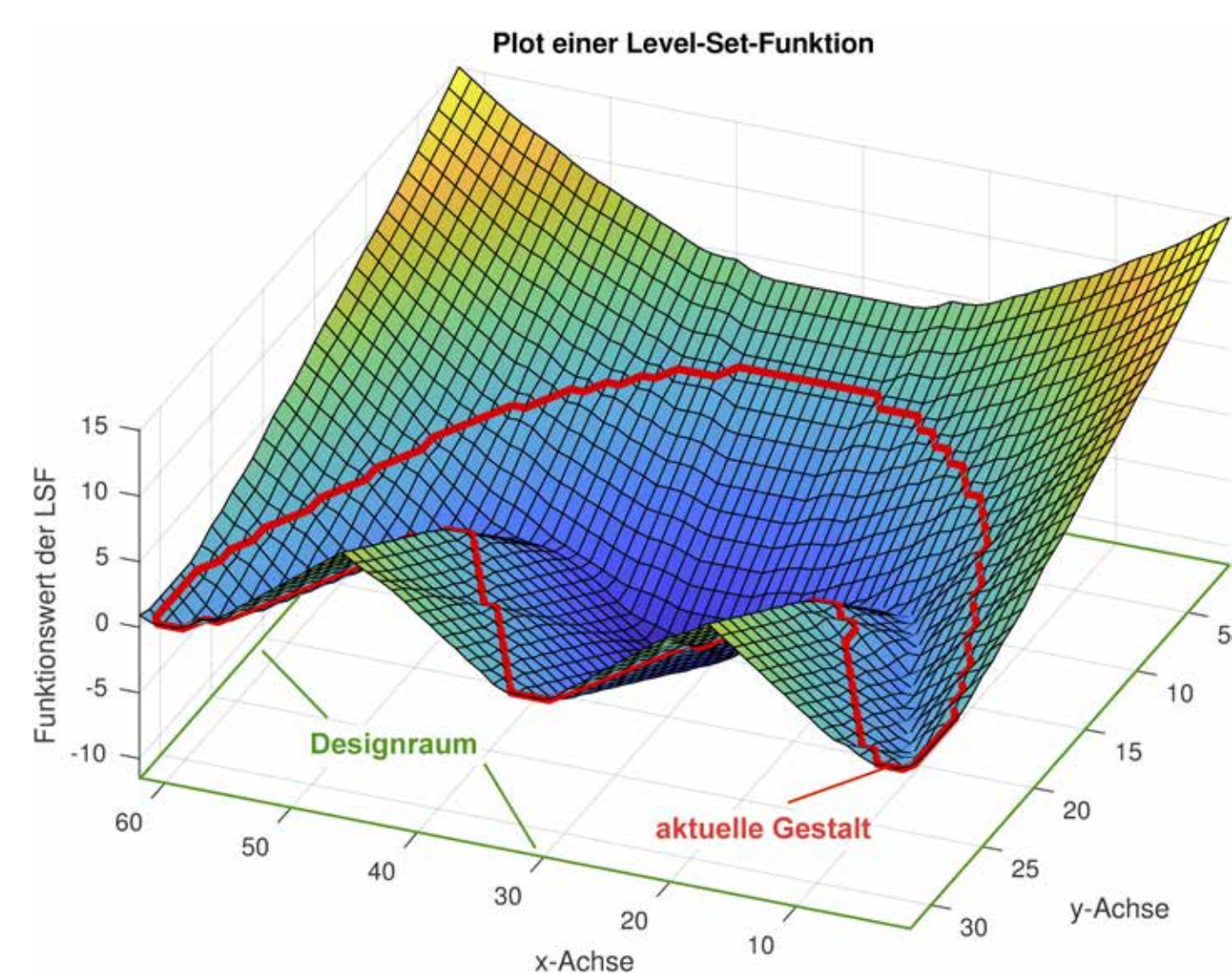


Abb. 2: Eine beispielhafte Level-Set-Funktion

Einsatz der Level-Set-Methode in der Topologieoptimierung

Mit der **Finite-Elemente-Methode** (FEM) lassen sich z.B. die Spannungen und Verformungen in einem Bauteil berechnen. Zwar können mit der FEM keine Optimierungen durchgeführt werden, die Ergebnisse lassen sich jedoch zur Berechnung sog. Gestalt ableitungen nutzen. Mithilfe der Gestalt ableitung können Aussagen darüber getroffen werden, welche gezielten Veränderungen der Bauteilgestalt durchgeführt werden müssen, damit eine Zielgröße optimiert wird – z.B. eine maximale Bauteilstabilität bei einer Reduktion des Gewichts (s. Abb. 3). Daraufhin lässt sich dann die Gestalt des Körpers verändern, was einer Änderung der LSF entspricht (vgl. Abb. 2).



Abb. 3: Ein mit der LSM optimierter Biegebalken. (Minimierung der Nachgiebigkeit bei einer Reduktion der Masse auf 30 % des Vollmaterials)

Die Zukunft der Level-Set-Methode in der Topologieoptimierung

In Zukunft soll eine Prozesskette (s. Abb. 4) entwickelt werden, die eine Topologieoptimierung über eine LSM aus einer CAD-Software heraus umfasst.

Dadurch erhält der Optimierungsalgorithmus benötigte Randbedingungen (z.B. einzuhaltende Bohrungen) und berechnet durch Anwendung der LSM eine klar definierte und optimierte Bauteilstruktur.

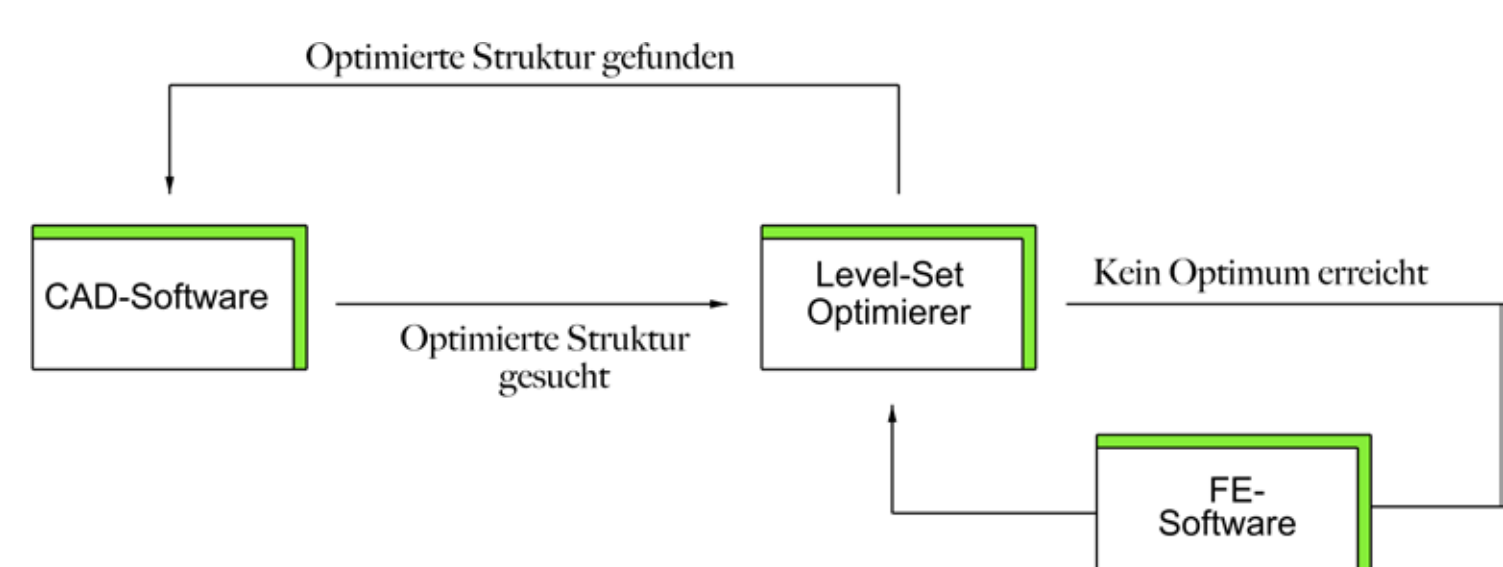


Abb. 4: Eine mögliche Prozesskette zur Topologieoptimierung mit der LSM

