

## Kurzfassung

Leichtbau ist eine Voraussetzung für einen niedrigen Ressourcenverbrauch und einer dadurch nachhaltigen Mobilität. Dieser Leichtbau lässt sich mit Hilfe einer Strukturoptimierung kostengünstig erzielen. Im vorliegenden Fall bedient sich die Strukturoptimierung, für die Grundlagen der Topologieoptimierung, der Vorbilder aus der Natur. Bei der Optimierung steht, neben dem minimalen Gewicht, das optimale Schwingungsverhalten im Vordergrund. Das Schwingungsverhalten von Bauteilen ist besonders durch die Lage der Bauteileigenfrequenzen und dem Dämpfungsverhalten der Bauteilstruktur geprägt. In der nachfolgenden Arbeit nimmt die Topologieoptimierung exakt diese beiden Hauptfaktoren zum Mittelpunkt. Es werden verschiedene Ansätze und Methoden zur Frequenzoptimierung, d.h. Optimierung der Eigenfrequenzlage, hergeleitet und auf ihre Verwendbarkeit in einem bionischen Topologieoptimierungsprogramm untersucht. Gleiches wird auch für den optimalen Einsatz von Dämpfungsmaterial gemacht. Die gefundenen Ansätze und Methoden werden in einem Programm (FreedOpt) umgesetzt. Dieses Programm setzt auf den Grundzügen der SKO-Methode auf. Die korrekte Umsetzung der neuen Optimierungsansätze wird an einem konkreten Prinzipbauteil sowohl rechnerisch als auch im Versuch überprüft. Abschließend werden die bestätigten Optimierungsmethoden zur Optimierung der Eigenfrequenzlage und zum optimalen Einsatz von Dämpfungsmaterial an realen Bauteilen erprobt.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Optimierungsmethoden auf evolutionären Prinzipien in einigen Bereichen Begrenzungen aufweisen, welche durch die Verwendung von bionischen Prinzipien überwunden werden können. Eine der häufigsten Nachteile ist die geringe Geschwindigkeit mit welcher ein Optimum gefunden wird. So wurde bei der Frequenzoptimierung nachgewiesen, dass die vorgestellte bionische Optimierungsmethode wesentlich schneller – in Einzelfällen bis zu Faktor 25 – ein Optimum findet. Darüber hinaus gibt es Fälle, in denen dieses Optimum noch besser war als das langsam gefundene. Bei der Dämpfungsoptimierung zeigte sich, dass mit der vorgestellten Optimierung – wiederum im Gegensatz zu den evolutionären Methoden – auch dreidimensionale Dämpfungsstrukturen optimieren lassen. So konnte der als Dämpfungsmaterial eingesetzte Kunststoff einer Hybridstruktur dämpfungsoptimal platziert werden. Die durchgeführten Versuche bestätigten die in der Rechnung gefundenen Ergebnisse. Die vorgestellte Optimierungsmethode hat sich, konkret umgesetzt in FreedOpt, auch im industriellen Alltag beim Optimieren von realen Bauteilen bewährt.

## **Abstract**

Lightweight design is a key factor for a fuel and resource efficient and sustainable mobility. Such a lightweight design can be achieved at low cost through structural optimization. In the current case, the structural optimization uses for the theoretical background of its topology optimization the blue print from nature. Besides minimal weight, optimal vibration behavior of a component is important for the optimization. The vibration behavior of a component is characterized through the natural frequency levels and the damping capacity of the structure. The following thesis focuses on these two main factors for the topology optimization. Different mathematical formulations are derived for the frequency optimization, i.e. optimization of the natural frequency level. They are examined for their usability in a bionic topology optimization program. The same is done for the optimal usage of damping material. The formulations found are implemented into a tool (FreedOpt). This program uses the basics of the SKO-Method. The actual implementation is checked in the simulation as well as in physical tests with a principle component. The tested and confirmed optimization methods are finally used on real parts. The natural frequency level optimization and the optimal usage of damping material are tested.

The completed investigations showed that the optimization methods based on evolutionary principles have limitations. These limitations can be overcome with the usage of bionic principles. One typical disadvantage is the low speed in finding an optimal solution. In the case of the frequency optimization, it is shown that the presented bionic optimization method is significantly faster in finding an optimal solution – in some cases up to factor 25. Furthermore, there are cases in which the fast found optimum was even better than the slowly found. The presented bionic damping optimization shows again a better performance compared to evolutionary methods. The new damping optimization method enables the user to optimize also three-dimensional damping structures. It was so possible to place the polymer used in a hybrid structure in a damping optimal location. The examined tests proved the results found with the help of FEA calculations to be correct. The presented optimization method is implemented into the FreedOpt optimization tool. This tool showed its day-to-day usability during the optimization of real automotive components.