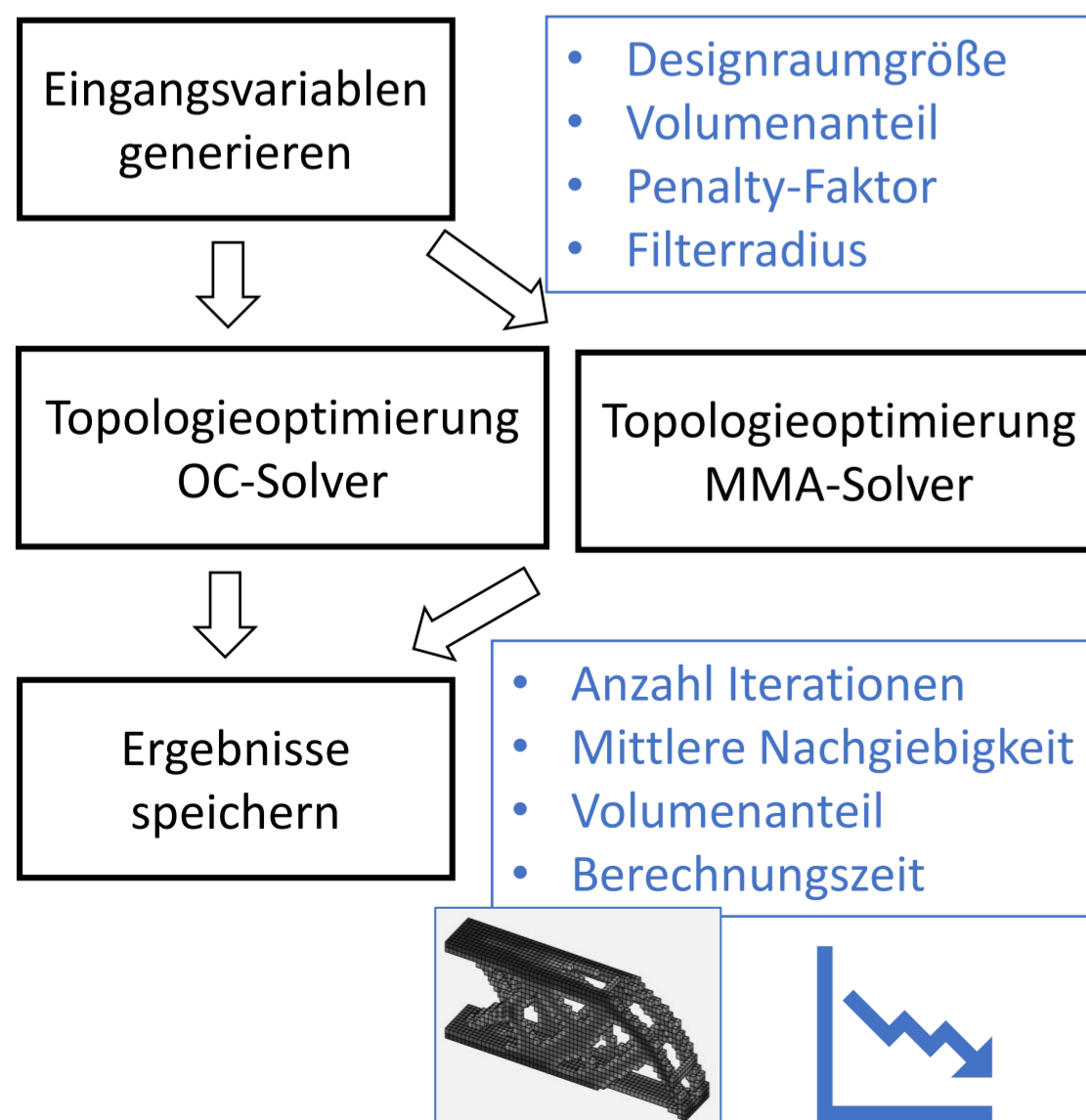


LÖSUNGsalgorithmen für die Topologieoptimierung

Das Ziel: Die Optimality Criteria Method (OC) und die Method of Moving Asymptotes (MMA) finden Anwendung in der Topologieoptimierung. Dabei handelt es sich um Optimierungsalgorithmen, die unter Einhaltung von Restriktionen die optimale Struktur mechanischer Bauteile annähern. So kann beispielsweise die Bauteilstruktur berechnet werden, die unter einer bestimmten Belastung die minimale Nachgiebigkeit bietet und dennoch ein bestimmtes Gewicht nicht überschreitet. Die beiden Solver werden hinsichtlich Berechnungszeit, mittlerer Nachgiebigkeit, Anzahl der Iterationen, Volumenanteil und Charakteristika untersucht und miteinander verglichen. Dazu steht ein Matlab-Programm von Liu und Tovar zur Verfügung, das für die Erstellung einer Versuchsreihe mit beiden Lösungsalgorithmen angepasst wird.

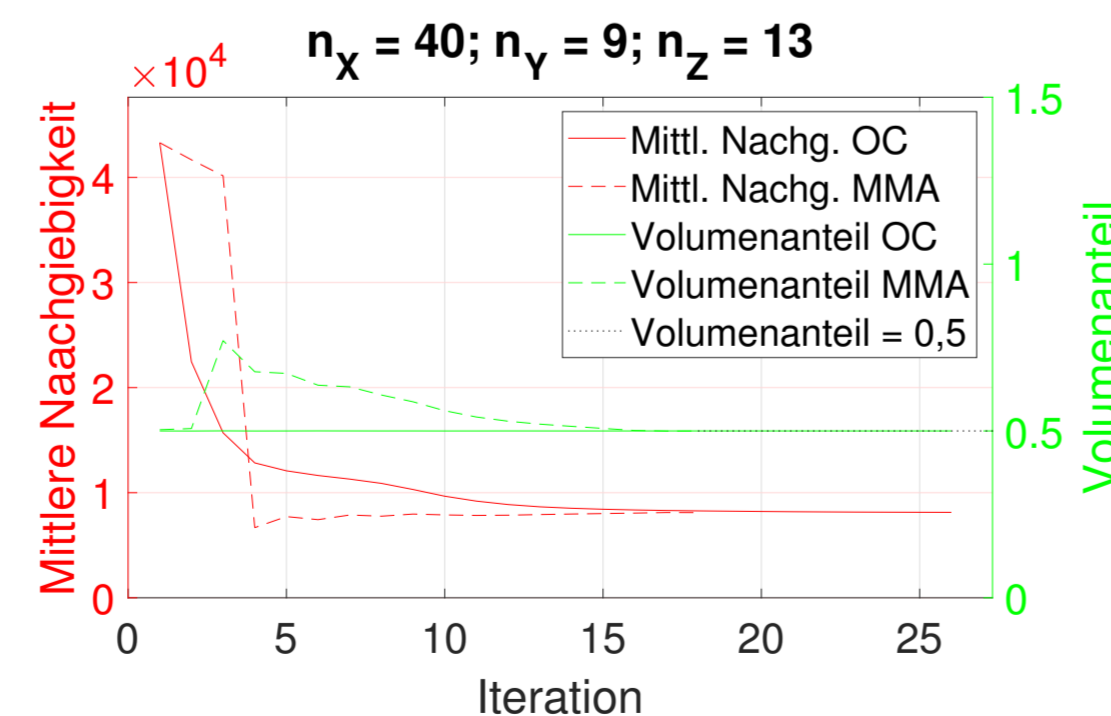
VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Der Ablauf. Beide Solver werden nacheinander mit den gleichen Eingangsvariablen ausgeführt, sodass Ergebnispaaire entstehen, die im Nachgang verglichen werden. Die Größe des quaderförmigen Designraumes wird fortlaufend in den drei Raumrichtungen verändert. Der Volumenanteil (50%), der Penalty-Faktor (3,0) sowie der Filterradius (1,2) bleiben konstant. Nach Durchführung der Versuchsreihe werden die Ergebnisdaten gespeichert. Anschließend werden die OC und die MMA für unterschiedliche Designräume hinsichtlich der Iterationsanzahl, mittlere Nachgiebigkeit, Volumenanteil und Berechnungszeit verglichen. Für die Auswertung der Ergebnisse wird die Statistic-Toolbox von Matlab genutzt.



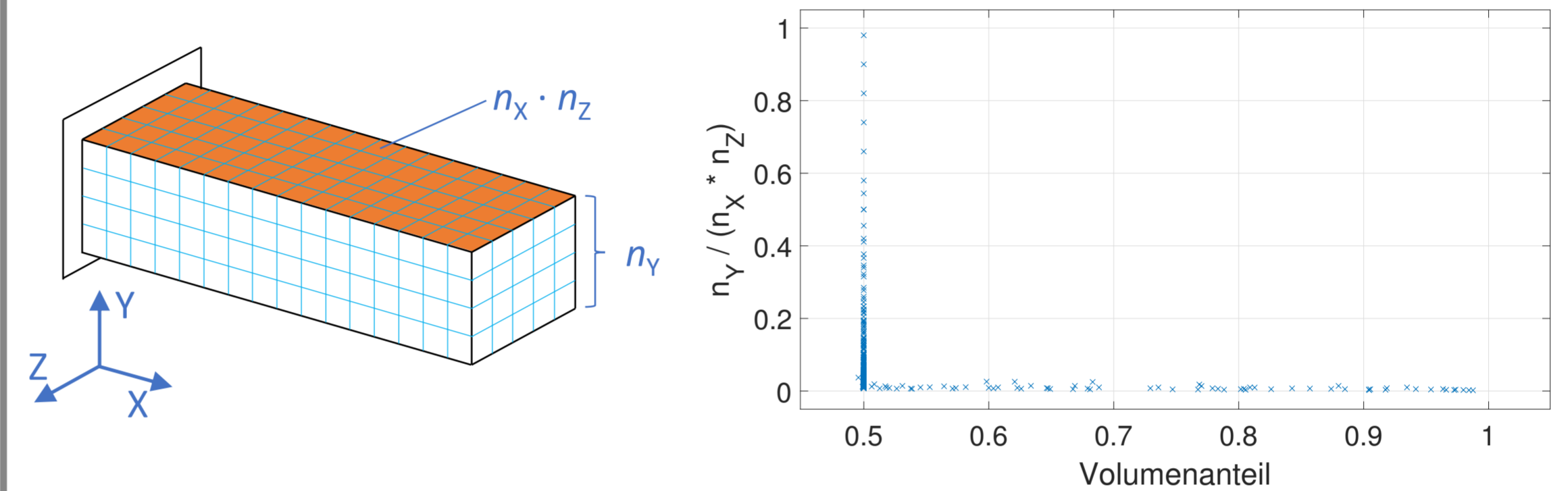
CHARAKTERISTIKEN

Unterschiedliche Wege. Der Verlauf der mittleren Nachgiebigkeit und des Volumenanteils während der Optimierung zeigen sowohl bei der OC als auch bei der MMA kennzeichnende Merkmale. Bei der OC fällt die mittlere Nachgiebigkeit monoton ab, während der Volumenanteil konstant auf dem Niveau des zulässigen Volumenanteils beharrt. Bei der MMA hingegen fällt die mittlere Nachgiebigkeit zunächst leicht und anschließend stark ab. Der Volumenanteil nimmt währenddessen zu, sodass in den Zwischenlösungen der maximale Volumenanteil (50%) überschritten wird. So entstehen Zwischenlösungen im unzulässigen Bereich. In den darauffolgenden Iterationen fällt der Volumenanteil wieder ab und konvergiert im zulässigen Bereich. Die mittlere Nachgiebigkeit steigt währenddessen leicht an. In den Endergebnisse der Optimierungen stimmen die mittleren Nachgiebigkeiten beider Lösungsalgorithmen trotz ihrer unterschiedlichen Herangehensweisen in guter Näherung überein.



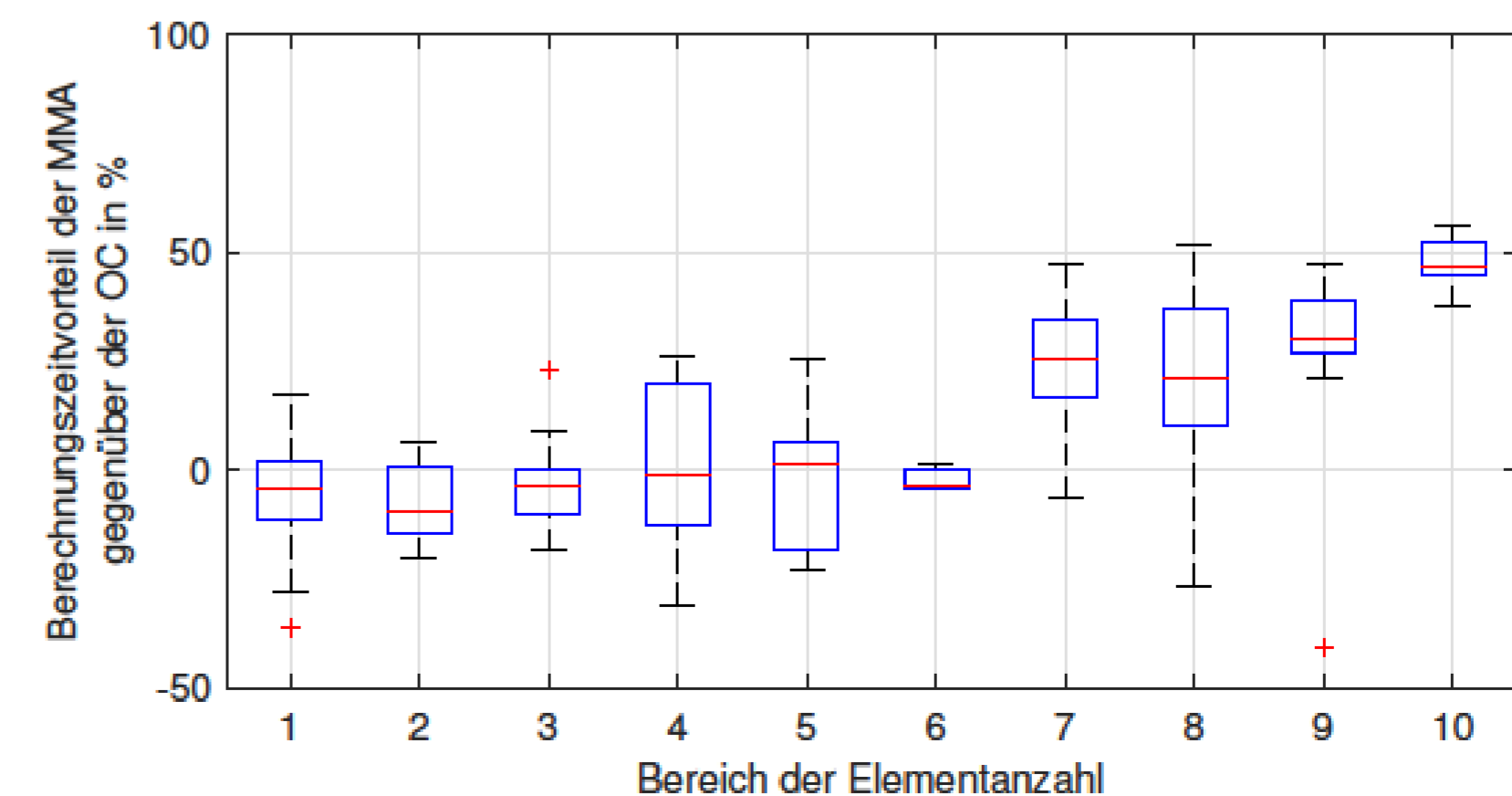
UNGÜLTIGE ERGEBNISSE BEI FLACHEN DESIGNRÄUMEN

Verletzte Restriktionen. Die Optimierung mit dem Lösungsalgorithmus MMA führt in einigen Fällen zu Ergebnissen, in denen der maximale Volumenanteil überschritten wird. Das unten dargestellte Diagramm zeigt, dass ungültige Ergebnisse lediglich bei flachen Designräumen auftreten. Der Ausdruck $n_y / (n_x \cdot n_z)$ gibt an, wie groß das Verhältnis der Designraumhöhe zu ihrer Grundfläche ist. Je kleiner der Wert, desto flacher ist der Designraum. Unter einem Wert von 0,026 treten fehlerhafte Optimierungen auf. Der Lösungsalgorithmus OC verhält sich unabhängig von der Geometrie des Designraumes stabil.



ZEITVORTEIL DER MMA

Viele Voxel, wenig Zeit. Eine Topologieoptimierung macht bei praktischen Anwendungen nur dann Sinn, wenn ihre Berechnungszeit in einem akzeptablen Bereich liegt. Die Dauer einer Berechnung hängt neben der Rechnerleistung stark von der Anzahl der Voxel sowie vom verwendeten Lösungsalgorithmus ab. Um einen Vergleich der Lösungsalgorithmen OC und MMA in Bezug auf die Berechnungsdauer zu schaffen, werden die Daten aus der Versuchsreihe verwendet um Box-Plots zu erstellen. Dazu werden die Anzahlen der Elemente in Bereiche von 10000 unterteilt. Im Bereich 4 befinden sich beispielsweise Daten zu denen Designräume mit einer Voxelanzahl von 30000 bis 40000 Voxeln gehören. Anschließend wird der prozentuale Zeitvorteil der MMA gegenüber der OC berechnet. Aus diesen Daten wird für jeden Bereich ein Boxplot erstellt.



Auffällig ist, dass gerade bei Designräumen mit hohen Elementzahlen die MMA deutlich schneller konvergiert als die OC. Bei kleineren Designräumen laufen Optimierungen über die OC tendenziell schneller ab. Die Berechnungszeit ist jedoch deutlich geringer, sodass der prozentuale Zeitvorteil nicht ins Gewicht fällt.