

Die Topologieoptimierung ist ein Teilgebiet der Strukturoptimierung und dient zur Lösung des Problems, wie die Materiale sich in einer Struktur effizient verteilen sollen. Diese Bachelorarbeit versucht ein Programm in Matlab mit SQP-Algorithmus zu programmieren und die Probleme zu lösen.

### • SIMP-Ansatz

In der Topologieoptimierung wird die Dichte am meistens als Entwurfsvariablen verwendet. Durch dem SIMP-Ansatz wird das Verhältnis zwischen dem Elastizitätsmodul und der Dichte gut interpoliert.

$$\mathbf{E}_{ijkl}(\mathbf{x}) = \left(\frac{\rho(\mathbf{x})}{\rho_0}\right)^p \cdot \mathbf{E}_{ijkl}^{(0)}$$

### • Sensitivitätsanalyse

In der Numerik wird die Berechnung der Gradienten von der Zielfunktion durch finite Differenzen durchgeführt. Aber ist es sehr zeitaufwändig. Mit Hilfe des (Semi-)analytischen Verfahrens kann man die Berechnung der Gradienten vereinfachen und die Zeit reduzieren.

$$\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_i} = -p \cdot x_i^{p-1} \cdot \mathbf{u}(\mathbf{x})_{ele(i)}^T \cdot \mathbf{K} \mathbf{e} \cdot \mathbf{u}(\mathbf{x})_{ele(i)}$$

### • SQP-Algorithmus

Der SQP-Algorithmus ist einen der beliebten und effektivsten Algorithmen für nichtlineare Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen. Die Grundidee liegt darin, dass die Berechnung der Suchrichtung in jeder Iteration in einem quadratischen Optimierungsproblem umgesetzt wird.

### • Checkerboard Problem

Das Checkerboard Problem kommt oft bei der Topologieoptimierung mit SIMP-Ansatz vor. Die Schachbrettmusterartige Materialverteilung ist unwirksam für die praktische Anwendung. Die Ursache wird auf die falsche Modellierung der finiten Elemente zurückgeführt. Es gibt zwei Maßnahmen, das Problem zu erheben.

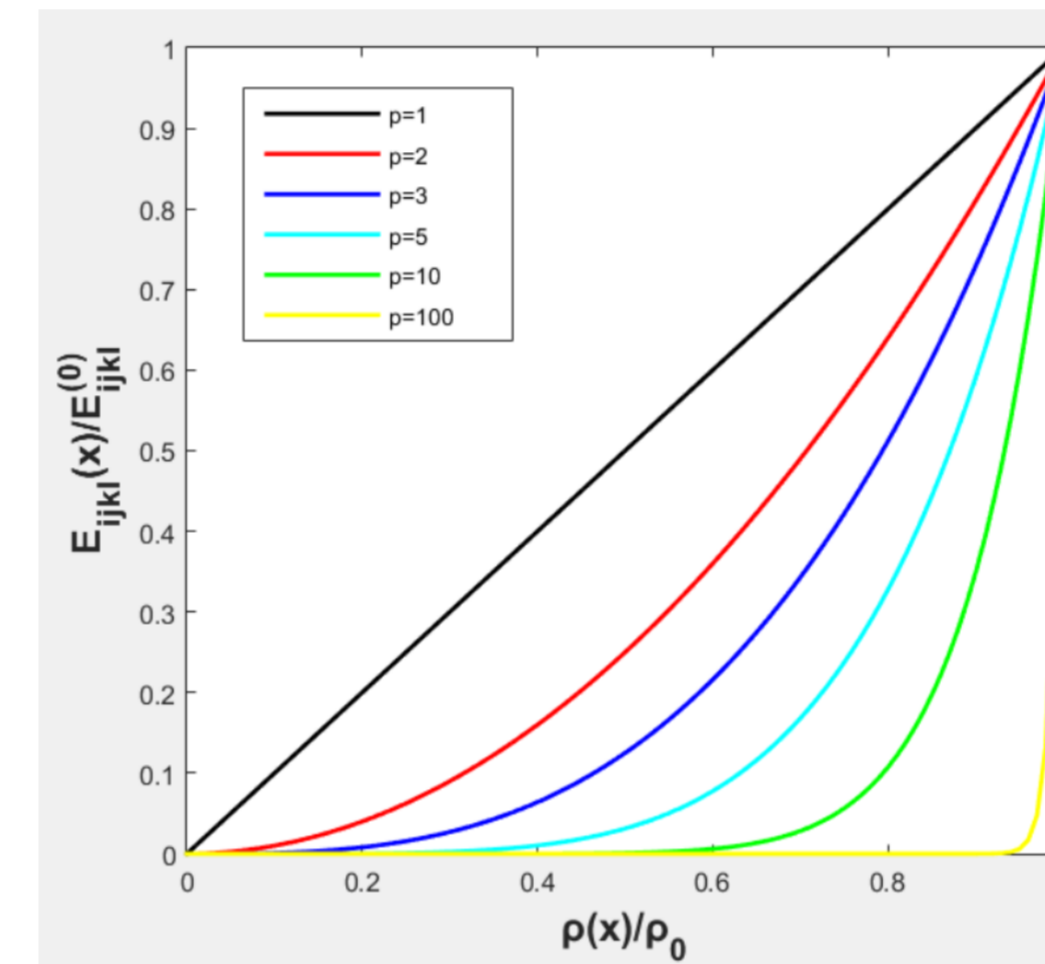
- Verwendung der finiten Elemente höherer Ordnung

- Filtermethode:  $\bar{\rho}_i = \frac{\sum fac(i,j)\rho_j}{\sum fac(i,j)}$

Betreuer: M.Sc. Jan Gade

<https://www.ibb.uni-stuttgart.de>

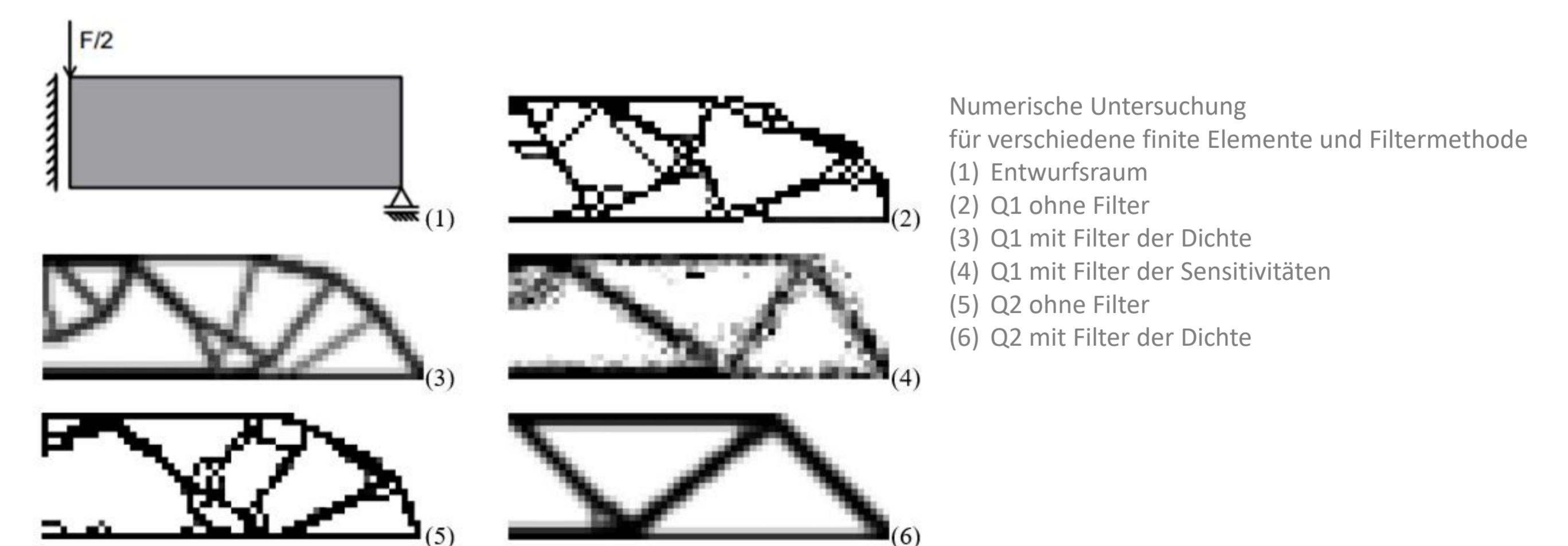
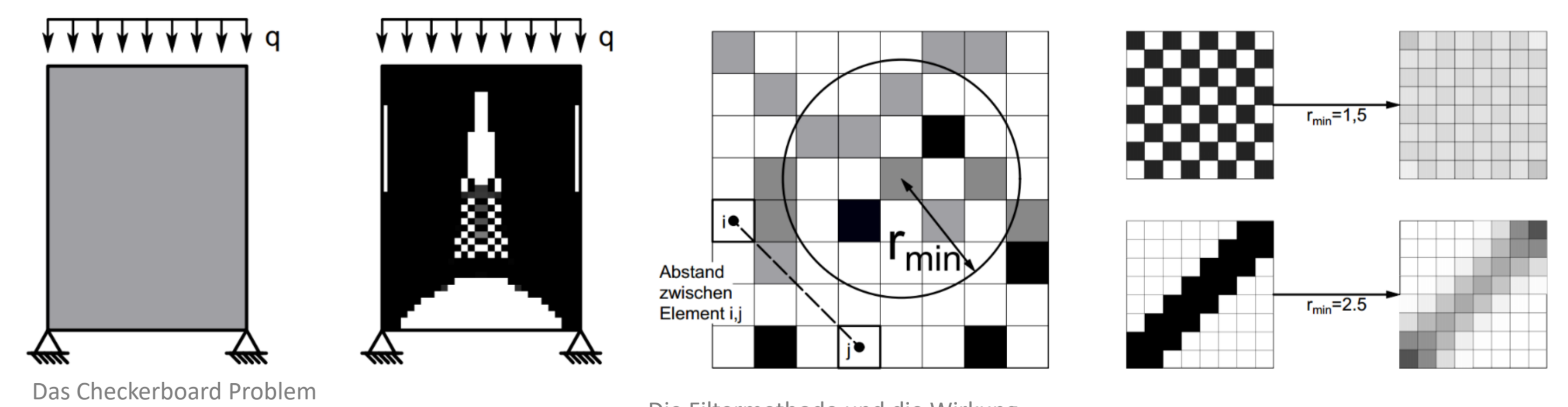
### Numerisches Beispiel



Die Verläufe der Elastizitätsmodulswerten gegen Dichte nach SIMP-Ansatz



Ein Iterationsverfahren der Topologieoptimierung durch SQP-Algorithmus



### Literatur

Bendsoe, M. P.; Sigmund, O.: *Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications*. Springer Berlin Heidelberg, 2004

Nocedal, J.; Wright, S.: *Numerical Optimization*. Springer New York, 2006