

# Redundanz- basierte Optimierung von Stabtragwerken

## Motivation und Zielsetzung

Die Optimierung von Tragwerken hinsichtlich klassischer Zielfunktionen führt oft zu Strukturen, die empfindlich auf Störungen und unvorhergesehene Einwirkungen reagieren. Die Robustheit von Tragwerken soll mithilfe von Zielfunktionen basierend auf der Redundanzverteilung verbessert werden. Als Verfahren für die Optimierung wird eine Evolutionsstrategie aus dem Bereich der evolutionären Algorithmen verwendet.

## Berechnung der Redundanzmatrix

Die Diagonaleinträge der Redundanzmatrix beschreiben die Verteilung der statischen Unbestimmtheit in Tragwerken und somit den inneren Zwang des Tragwerks auf einzelne Stäbe.

$$\mathbf{R}_{ij} = \frac{\Delta l_{0,i} - \Delta l_i}{\Delta l_{0,j}} = \frac{-N_i \frac{l_i}{E_i A_i}}{\Delta l_{0,j}}$$

## Berechnung der gewichteten Redundanzmatrix

Die gewichtete Redundanzmatrix beinhaltet die Normalkräfte als Reaktion auf die Längenänderungen jeden Stabs. Die Berechnung der Eigenwerte führt auf  $n_s$  Eigenspannungszustände als charakteristische Eigenschaft  $n_s$ -fach statisch unbestimmter Tragwerke.

**CR** mit  $\mathbf{C}_{ii} = k_i = \frac{E_i A_i}{l_i}$

## Vergleichsmaße für die Robustheit

- Flexibilitätsellipsen der Knoten
- Spektralnorm der Flexibilitätsmatrix
- Betrachtung einzelner Imperfektionslasten

## Verwendeter Optimierungsalgorithmus

Evolutionsstrategie mit:

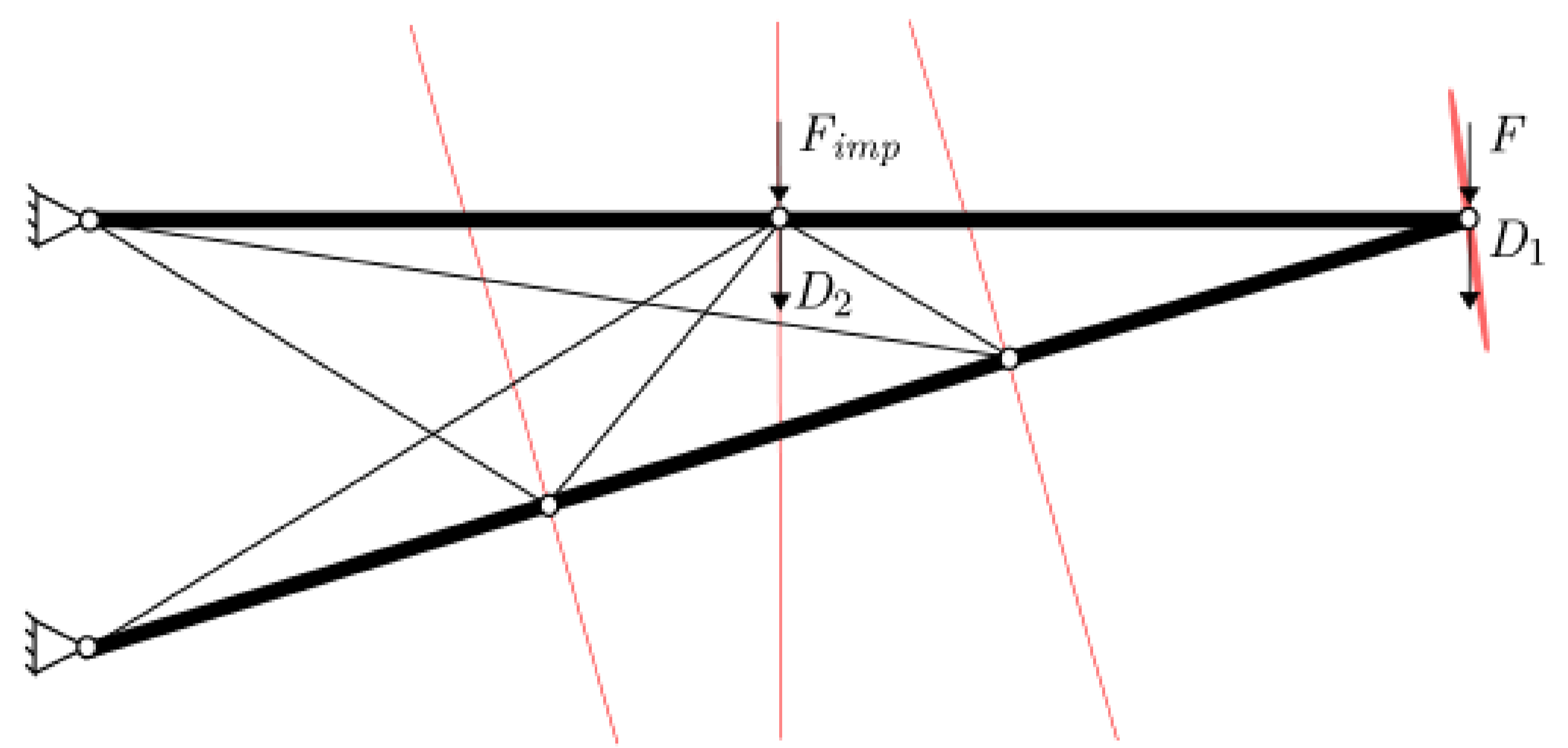
- Mutationsoperator mit selbstadaptiver, achsenbezogener Schrittweite
- Rekombinationsoperator
- Reihenfolgebasierter Fitnesszuweisung
- Elite-Selektionsschema

## Literatur

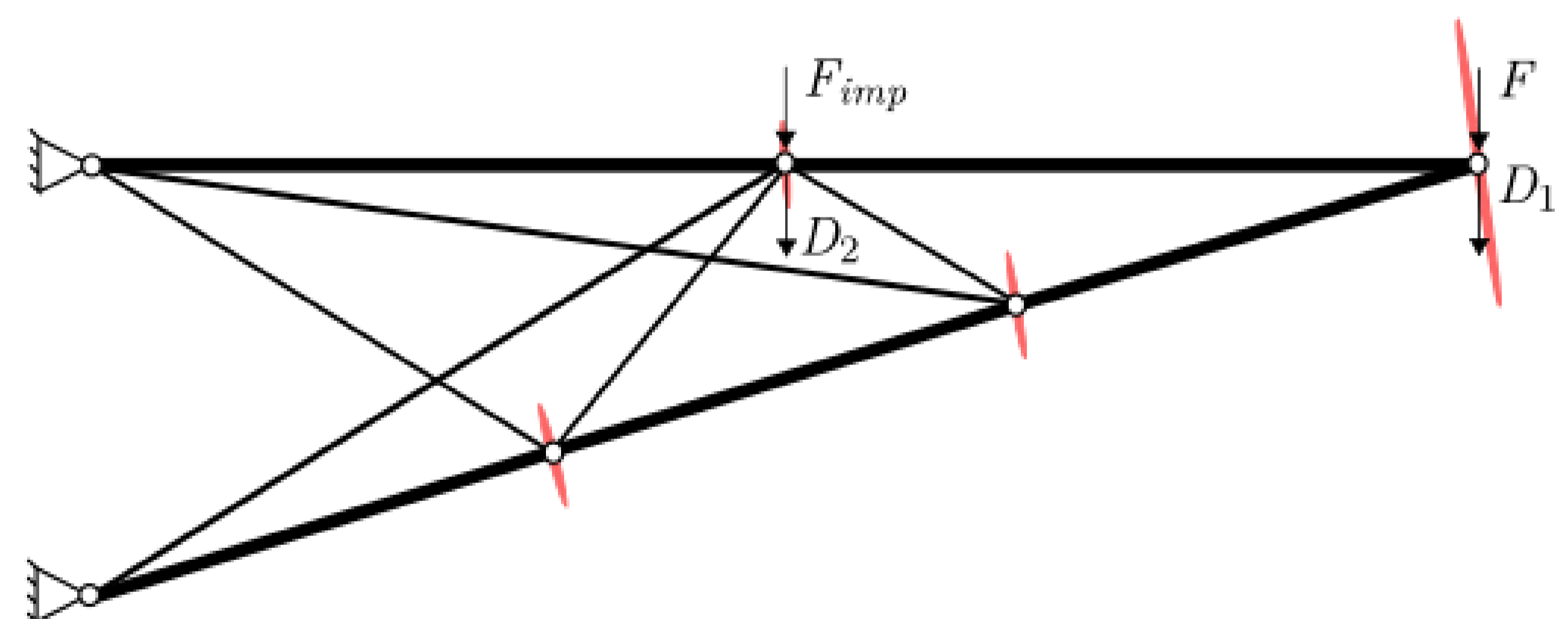
D.Ströbel, Die Anwendung der Ausgleichsrechnung auf elastomechanische Systeme. Doktorarbeit. Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen, Universität Stuttgart, 1995.

## Numerisches Beispiel

Optimierte Struktur mit dem Ziel minimaler Nachgiebigkeit in Richtung der Designlast  $F$



Optimierung mit Verwendung von 10% der Gesamtmasse für die Maximierung der Steifigkeit der Eigenspannungszustände



Vergleich der gemittelten Verschiebung mit Berücksichtigung der Imperfektionslast  $F_{imp}$

