Universität Stuttgart
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

David Forster

Entwicklung einer Methode zur optimierten Platzierung von Aktoren in adaptiven Tragwerken

Motivation und Zielsetzung

Im Bauwesen sind Energieverbrauch und Ressourcenverbrauch sehr hoch und tragen zur globalen Klimaerwärmung bei. Durch die Entwicklung adaptiver Strukturen kann der Materialverbrauch drastisch gesenkt werden. Die adaptiven Strukturen passen sich dabei den äußeren Einflüssen wie Wind oder Schnee optimal an. Die Platzierung der Aktoren innerhalb des Tragwerks ist dabei von zentraler Bedeutung, weshalb die bestehenden Methoden untersucht und erweitert werden sollen.

Aktormodellierung

- Rechte Seite besteht aus äußerer Last und Aktoreingang

$$\mathbf{Kd} = \mathbf{Bu} + \mathbf{Ez}$$

- Im Ausgang Kräfte oder Verschiebungen wählbar

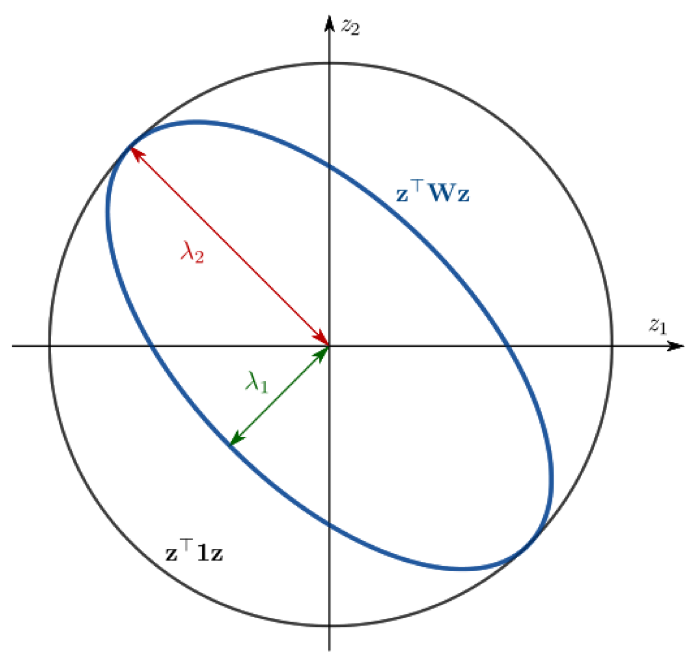
$$\mathbf{y}_{\text{ist}} = \underbrace{(\mathbf{CK}^{-1}\mathbf{B} + \mathbf{D})\,\mathbf{u}}_{\text{Teil Aktorik}} + \underbrace{\mathbf{CK}^{-1}\mathbf{Ez}}_{\text{Teil externe Lasten}}$$

- Minimales Fehlerquadrat mit Gramscher Matrix W:

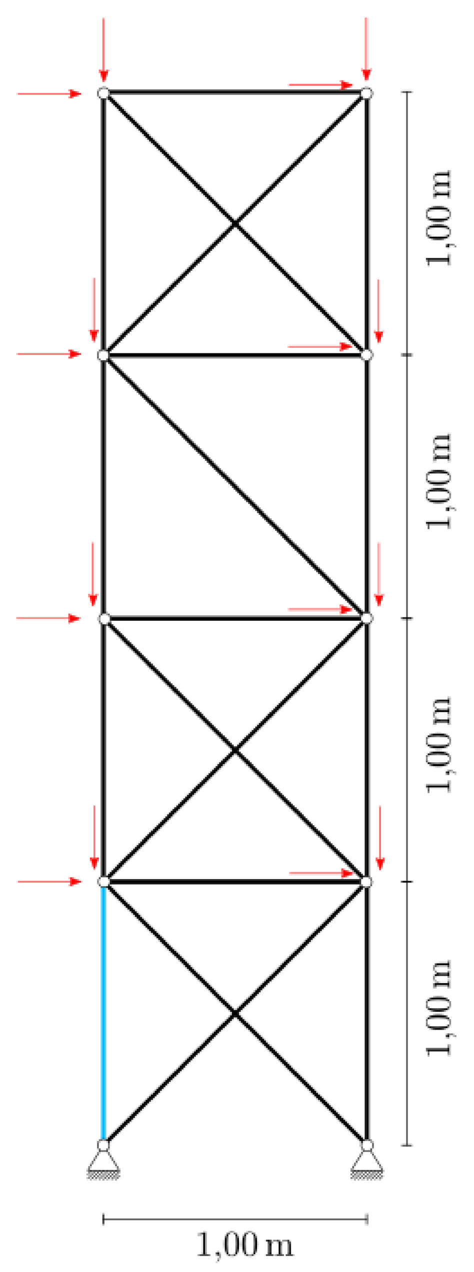
$$\|\mathbf{e}^*\|_2^2 = \mathbf{e}^{*\top}\mathbf{e}^* = \mathbf{z}^\top\mathbf{H}^\top\mathbf{H}\mathbf{z} = \mathbf{z}^\top\mathbf{W}\mathbf{z}.$$

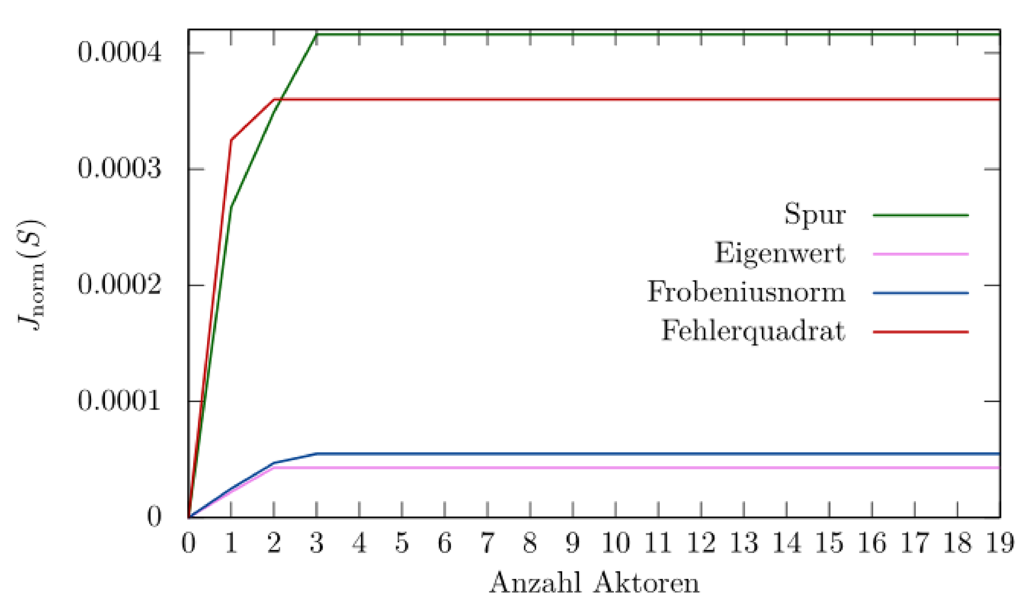
Gütemaße zur Aktorplatzierung

- Minimales Fehlerquadrat
- Spur von W
- Maximaler Eigenwert von W
- Frobeniusnorm von W



Numerisches Beispiel





Diskrete Aktorplatzierung

- Greedy und inverser Greedy Algorithmus
- Brute Force
- Simulated Annealing

Numerische Beispiele

- Greedy-Algorithmus trifft Optimum am verlässlichsten
- Inverser Greedy-Algorithmus problembehaftet aufgrund einer Vielzahl an optimalen Aktorkombinationen
- Brute Force Methode zu zeitaufwändig

Kontinuierliche Aktorplatzierung

- Diskretes Problem → kontinuierliches Problem
- Optimierungsmatrizen notwendig

$$\mathbf{H} = (((\mathbf{CK}^{-1}\mathbf{B} + \mathbf{D}\mathbf{X}((\mathbf{CK}^{-1}\mathbf{B} + \mathbf{D}\mathbf{Y})^{+} - \mathbf{1})\mathbf{CK}^{-1}\mathbf{Ez}$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_{11} & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & X_{22} & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \cdots & \cdots & X_{mm} \end{bmatrix} ; \text{mit } X_{ii} = [0{,}1]$$

Literatur

Julia Laura Wagner, Jan Gade, Michael Heidingsfeld, Florian Geiger, Malte von Sheven, Michael Böhm, Manfred Bischoff and Oliver Sawodny: *On steady-state disturbance compensability for actuator placement in adaptive structures.* In: at – Automatisierungstechnik 2018; 66(8): 591-603

Betreuung: M.Sc. Florian Geiger & M.Sc. Jan Gade