

Bill Bender

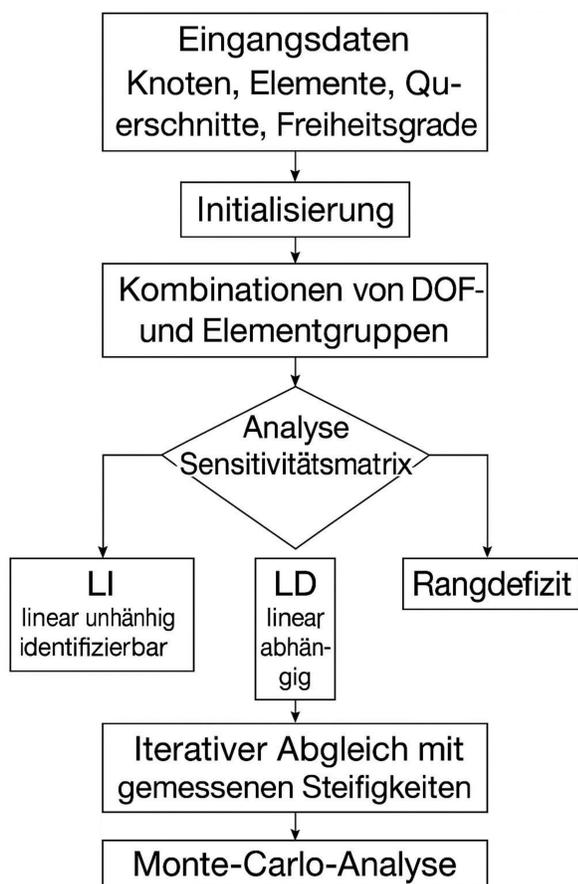
Theoretische Grundlagen

Die Bestimmung von Systemeigenschaften aus Messdaten stellt ein *inverses Problem* in der Statik dar. Hier sind Kräfte und Verschiebungen bekannte Größen, während die Elementsteifigkeiten unbekannt sind.

Masoud Sanayei und Richard B. Nelson beschrieben 1986 ein Verfahren zur Bestimmung unbekannter Elementsteifigkeiten anhand statischer Messdaten. Dieses Verfahren nutzt gemessene Kräfte und Verschiebungen an einer begrenzten Anzahl von Freiheitsgraden, um Änderungen der Elementsteifigkeiten zu erkennen.

Ein zentrales Kriterium für die eindeutige Lösbarkeit des inversen Problems ist die *Sensitivitätsmatrix*.

Die Sensitivitätsmatrix beschreibt, wie empfindlich die berechneten Steifigkeitswerte auf Änderungen der unbekannt Parameter reagieren.



MATLAB-Programm als Strukturdiagramm

Zunächst werden die Eingangsdaten initialisiert.

Anschließend werden alle möglichen Kombinationen aus gemessenen Freiheitsgraden (DOFs) und unbekannt Elementgruppen gebildet. Jede Kombination wird analysiert und entsprechend ihrem Rang kategorisiert in: linear unabhängig identifizierbar (LI), linear abhängig (LD) oder Rangdefizit (nicht lösbar). Für die linear unabhängigen Kombinationen wird ein iterativer Abgleich mit den messfehlerbehafteten Steifigkeiten durchgeführt, um die unbekannt Parameter zu bestimmen. Abschließend erfolgt eine statistische Auswertung der Ergebnisse durch eine Monte-Carlo-Simulation.

Methodik

Zur Lösung der inversen Aufgabe wird das Verfahren iterativ angewendet. Ausgehend von einem initialen Schätzwert für die unbekannt Elementsteifigkeiten werden die Verschiebungen berechnet. Die berechneten und gemessenen Verschiebungen werden verglichen; aus der Abweichung der Modelantwort von den Messungen wird mithilfe einer Taylor-Reihenentwicklung eine Parameterkorrektur berechnet. Die Parameter werden aktualisiert, und der Vorgang wird so lange wiederholt, bis die Abweichungen hinreichend klein sind (Konvergenz).

Ergebnisse

Anhand von Anwendungsbeispielen zeigte sich, dass eine eindeutige Identifikation nur mit ausreichend unabhängigen Messdaten möglich ist. Zudem erwies sich eine gezielte Wahl der Messpunkte als entscheidend:

Je höher der Informationsgehalt (Sensitivität) der gewählten Messstellen in Bezug auf einen unbekannt Parameter, desto präziser fällt dessen Identifikation aus.

Das Verfahren reagiert empfindlich auf Messrauschen – Ungenauigkeiten in den Eingangsdaten führen zu Streuungen in den ermittelten Steifigkeitswerten.

Insgesamt kann das Verfahren dennoch als nützliches Werkzeug dienen, um Steifigkeitsänderungen in Tragwerken zu identifizieren

Literatur

Sanayei, M. und Nelson, R. B.:
Identification of Structural Element Stiffnesses from Incomplete Static Test Data. SAE Transactions, Vol. 95, 1986.

Ferreira, A. J. M.:
MATLAB Codes for Finite Element Analysis: Solids and Structures. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

Betreuung:

Lisa-Marie Reinken, M.Sc. und Maximilian Schilling, M.Sc.