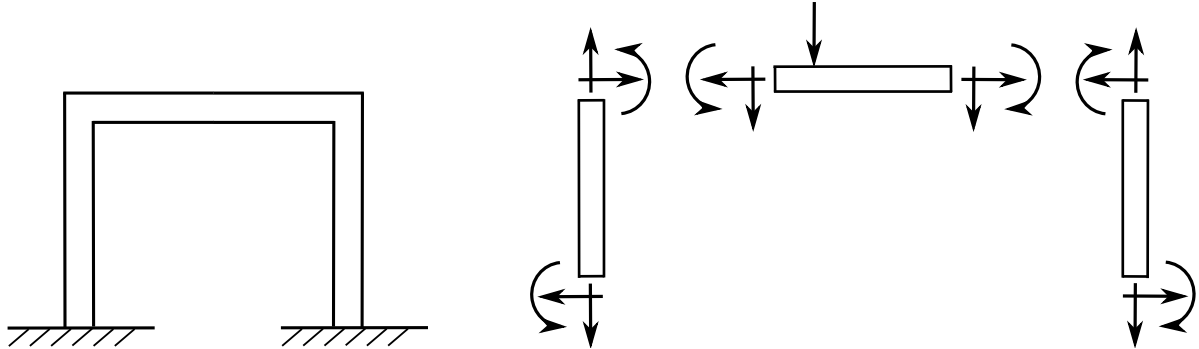


Master-/Diplomarbeit

Nichtlineare Theorie der Statik und Dynamik von Tragwerken



Mathematische Modellierungen technischer Probleme bestehen aus der physikalischen Simulation und darauf bezogenen Berechnungsverfahren. Im Gegensatz zur üblichen Biegetheorie werden hier die Differentialgleichungen (DGLn) der Biegung im verformten System (Theorie 2.Ordnung) aufgestellt insbesondere mit dem Auftreten der lösungsabhängigen Längskraft eines Balkens in dieser DGL. Aus den Kopplungen der Balken und Seile ergeben sich dadurch nichtlineare Systeme von DGLn und Randbedingungen (RB) mit daher insbesondere Wechselwirkungen, die in der üblichen Theorie nicht vorkommen. Im Zusammenhang mit den solchen zweiseitigen Wirkungen zwischen elastostatischen und elastodynamischen Verformungen entsteht so eine einheitliche Theorie beider Gebiete.

Als Standardbeispiel wird der “einfache Rahmen” behandelt, eventuell mit zusätzlichen diagonalen Seilen. Allen Schnittkräften und -momenten in den Knoten des Rahmens werden Einflussfunktionen zugeordnet, die (i) explizite Lösungen linearer gewöhnlicher DGLn sind und (ii) freie Kopplungskoeffizienten der Balken und Seile als Koeffizienten haben. Sie werden aus den Kopplungsbedingungen der Balken und Seile bestimmt, dadurch wird das erwähnte nichtlineare DGL-System auf ein gewöhnliches System, d.h. ohne Ableitungen, zurückgeführt. Zu dessen Lösung dient als Standardverfahren die Kombination geeigneter Parameterfortsetzungen (Homotopien) und Iterationsverfahren. Die Fortsetzung beginnt dabei mit “leicht zugänglichen” Lösungen zu entsprechend gewählten Parametern, die anschließend schrittweise geändert werden während der Ausführung der Iteration. Diese Experimente beruhen auf jetzt vollständig vorliegenden Simulationen, Verfahren und Algorithmen. Die zugehörigen Rechenprogramme liegen im elastostatischen Fall vor, im elastodynamischen Fall unter einer Einschränkung des Problems. Ergebnisse der zu erstellenden neuen Programme können mit solchen vorhandener verglichen werden: da diese schrittweise in den letzten Jahren entwickelt worden sind, sollten die neuen Programme systematisch organisiert werden. Aus quantitativen Ergebnissen der numerischen Experimente und qualitativen Inspektionen der Gleichungssysteme lassen sich Folgerungen zur Struktur der zu behandelnden nichtlinearen Verformungen und Kräfte gewinnen. Bei der Bearbeitung der im folgenden beschriebenen Themenvorschläge wird der sich dabei ergebende Zeitaufwand berücksichtigt. Die Themen (I) und (II) sind unabhängig voneinander, Thema (III) setzt die Bearbeitung der Themen (I) und (II) voraus. Die gleichzeitige Bearbeitung aller drei Themen durch eine Gruppe ist möglich. Es wird eine intensive Betreuung geboten.

Thema (I) - Erweiterung einer Diplomarbeit zur nichtlinearen elastostatischen Verformung eines statisch unbestimmten Rahmens

Die Diplomarbeit von Y. Akada enthält ein in der Sprache FORTRAN entwickeltes Rechenprogramm für ebene Verformungen einfacher Rahmen ohne und mit zusätzlichen Seilen oder inneren Vorspannungen. Das Programm umfasst die Simulation mittels der Biegetheorien 1. und 2. Ordnung. Dazu sollen durchgeführt werden:

1. weitere numerische Experimente,
2. die Entwicklung eines Programms auf der Grundlage von FEM und
3. ein Einstieg in die Behandlung allgemeinerer Rahmenverformungen.

Zu (1): In Kontakt mit dem Betreuer soll eine Folge numerischer Experimente zu verschiedenen Wahlen der Parameter der Mechanik durchgeführt werden. Dabei geht es insbesondere um die Auswirkungen der Seile und der Vorspannungen.

Zu (2): Hier kann vermutlich auf die Literatur zurückgegriffen werden.

Zu (3): Dabei geht es um nichtebene Verformungen, um zusätzliche Stäbe im Rahmen und - im Hinblick auf Rahmenknicken - um die Behandlung von Verzweigungen der nichtlinearen Lösungen.

Ziele der Arbeit sind insbesondere Klärungen zum Rahmenknicken und Einblicke in die nichtlineare Elastostatik.

Literatur:

- Adams E., *Nichtlineare Tragwerksschwingungen*, Vorlesungsskriptum, Karlsruhe, 2011
- Akada Y., *Nonlinear Elastostatic Deformation Analysis for Frames by Use of a Euler-Bernoulli Analysis of Second Order*, Diplomarbeit, Karlsruhe 2012
- Timoshenko S.P., *Theory of Elastic Stability*, Dover Publications, 2009
- Chivers I. D., *Introduction to programming with Fortran*, Springer London, 2005
- Bolotin W.W., *Kinetische Stabilität elastischer Systeme*, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1961
- Bronstein I.N. und Semendjajew K.A., *Taschenbuch der Mathematik*, 23. Auflage, Harri Deutsch Verlag, Frankfurt/Main, 1987
- Grosche G., *Ergänzende Kapitel zu Bronstein/Semendjajew*, Teubner Verlag, Frankfurt/Main, 1979

Voraussetzungen: MATLAB-Kenntnisse, Spaß am Programmieren und Abschluss einer der Lehrveranstaltungen: Mathematische Methoden der Dynamik (MMD), der Schwingungslehre (MMS), Technische Festigkeitslehre, Nichtlineare Schwingungen oder Kontinuumsschwingungen

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Ernst Adams, Prof. Dr.-Ing. Jens Wittenburg

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Dominik Kern (kern@kit.edu)