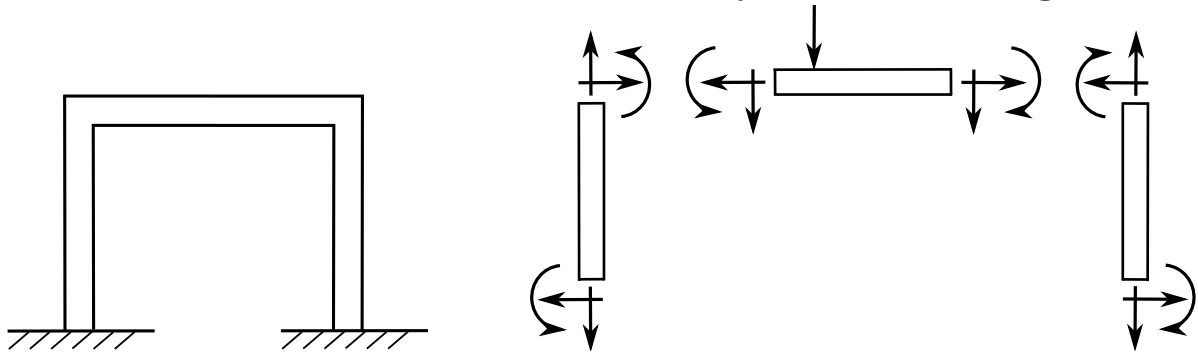


# Master-/Diplomarbeit

## 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 zweiseitigen solchen 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 mit dadurch Zurückführung des erwähnten nichtlinearen Systems mit DGL auf ein gewöhnliches System, d.h. ohne Ableitungen. 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 mit jeweils dabei 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) - Elastostatische Verformungen des einfachen Rahmens und seiner Erweiterungen

Dieser Rahmen ist statisch unbestimmt, kann aber durch Gelenke in den Knoten statisch bestimmt gemacht werden. Es sollen behandelt werden:

1. Durch numerische Experimente die Bestimmung von Grenzen der Anwendbarkeit des Verfahrens in Abhängigkeit von den geometrischen und physikalischen Parametern des Problems. Wenn möglich, sollen kontinuumsmechanische Erklärungen dieser Grenzen gefunden werden.
2. Durch numerische Experimente sollen Zusammenhänge zwischen Verformungen und Kräften gefunden werden, und zwar insbesondere zu Rahmenneigungen und Rahmenknicken.
3. Es interessiert der theoretische und eventuell auch numerische Vergleich mit üblichen baustatischen Simulationen und Verfahren, bei denen die Längskraft durchweg nicht in der Biege-DGL berücksichtigt ist.
4. Der einfache Rahmen kann durch Seile, innere Vorspannungen oder durch zusätzliche Balken ergänzt werden.
5. Das Auftreten von Rahmen-/Fachwerkknicken (mathematisch handelt es sich um Lösungsverzweigungen) interessiert qualitativ und quantitativ.

### Literatur:

- Adams E., *Nichtlineare Tragwerksschwingungen*, Vorlesungsskriptum, Karlsruhe, 2011
- 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](mailto:kern@kit.edu))