

Ein Profil der Abteilung Festigkeitslehre

In seiner klassischen Auslegung beschäftigt sich das Fach Festigkeitslehre mit der Beurteilung der Sicherheiten von Bauteilen unter Zuhilfenahme geeigneter Festigkeitshypothesen der verwendeten Materialien.

von

Klaus Hackl,

Gerhard A. Holzapfel,

Martin Schmidt

Zum Begriff „Festigkeitslehre“

Heutzutage, und auch was die Forschungs-
tätigkeit an der Abteilung anbelangt, ist
diese Auslegung zu eng. Zutreffender wäre
der Begriff „Festkörpermechanik“ oder
„Kontinuumsmechanik“, die sich mit Bewe-
gungen und Kräften fester, verformbarer Kör-
per beschäftigt. Dazu gehört als wichtiger
Bestandteil die Beschreibung von Spannungs-
und Verzerrungszuständen in Materialien.

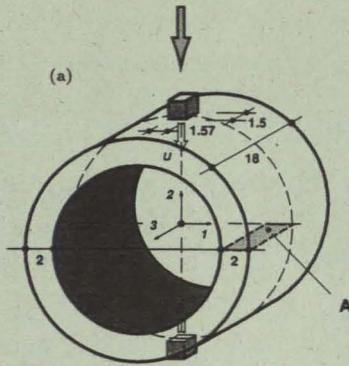
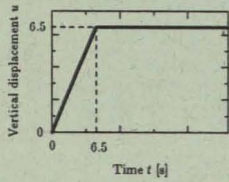
Als moderne Hilfsmittel werden dazu im Zeit-
alter von leistungsfähigen Computern nume-
rische Berechnungsverfahren wie die Finite-
Elemente-Methoden, die Randelemente-Me-
thoden, sowie die Differenzenverfahren und
neuerdings auch „mesh-free methods“ wie
Wavelets effizient eingesetzt. Damit lassen
sich nichtlineare mechanische Eigenschaften
von Ingenieurstrukturen erfassen, die im Zeit-
alter der Rechenschieber nur sehr vereinfacht
oder gar nicht beschrieben werden konnten.

Forschung an der Abteilung Festigkeitslehre

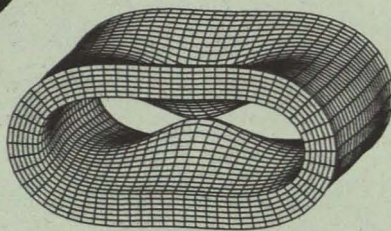
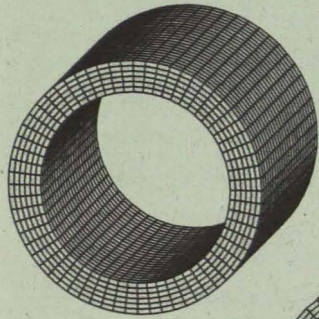
Den größten Teil unserer Arbeit kann man als
Forschung hinsichtlich der Entwicklung von
immer „genaueren“ Berechnungskonzepten
in den Ingenieurwissenschaften bezeichnen.
Dabei geht es auch darum, wissenschaftli-
ches Neuland zu erschließen. Wir haben da-
bei das Ziel, neue Materialien numerisch zu
simulieren, neue Algorithmen und Methoden
zu implementieren und neue Berechnungsan-
sätze für komplexe Strukturen anzugeben.
Das Gemeinsame all dieser Probleme ist, daß
sie nichtlinear sind. Nichtlineare Systeme wei-
sen oft ein völlig unerwartetes Verhalten auf,
an dessen Beschreibung und Verständnis wir
interessiert sind. Dabei behandeln wir Pro-
bleme, die in kommerzieller Finite-Elemente-
Software noch nicht aufgegriffen wurden,
jedoch nachdem sie genügend gereift sind, in
praktische Anwendungen einfließen sollen.
Dies erfordert eine gründliche Aufarbeitung
der zugrundeliegenden Theorie. Manchmal
muß die Theorie auch erst entwickelt werden.
Erst in zweiter Linie interessieren wir uns für
die Lösung von praktischen Fragestellungen
mittels kommerzieller Software, obwohl das
auch zu unserer Tätigkeit gehört. Ein weite-
rer Aspekt unserer Arbeit ist die Veröffentli-
chung der Forschungsergebnisse in interna-
tionalen Fachzeitschriften. Die eingereichten
Artikel werden dabei einer Prüfung durch
unabhängige Gutachter unterzogen.

Über unsere Forschungstätigkeiten hinaus
erfüllen wir als Grundlagenfach auch „Dienst-
leistungen“ und stehen für Fragen der Fe-
stigkeitslehre beratend zur Verfügung.

Ogden-material
 $\Delta t = 0.1 \text{ s}$
 $\tau_1 = 30 \text{ s}$
 $\tau_2 = 20 \text{ s}$
 $\beta_{\infty}^1 = \beta_{\infty}^2 = 1$



(a)



(b)

Radial gedrückter dickwandiger Gummizylinder:
 (a) Geometrie, Lastgeschichte, (b) Finite-Elemente Netz,
 (c) verformte Figur

Diplomarbeiten und Dissertationen an der Abteilung Festigkeitslehre

In der Regel erstreckt sich die Aufgabe einer Diplomarbeit auf die Entwicklung und Implementierung eines neuartigen Finiten Elementes in vorhandene Computercodes. Konkret handelt es sich dabei z.B. um die numerische Simulationen von thermomechanischen Prozessen, von mechanischen Eingriffsmethoden in der Chirurgie (Biomechanik), von elasto-(visko)plastischen Vorgängen sowie vergleichende Untersuchungen mit Hilfe eines symbolischen Programmsystems oder auch die Lösung von grundlegenden Fragestellungen in der nichtlinearen Kontinuumsmechanik. Auf jeden Fall sind in einem ersten Schritt die wichtigsten theoretischen Grundlagen aus Mechanik, Mathematik und numerischen Methoden zu erarbeiten. Dies ist notwendig, um die darauffolgende Programmierarbeit effizient durchzuführen. Schließlich werden numerische Beispiele (sogenannte benchmarks) untersucht und die Ergebnisse in einer Arbeit zusammengefaßt. Der Zeit-

aufwand sollte in der Regel 6 Monate nicht überschreiten.

Was bringt das konkret?

Numerische Simulationen, im speziellen die Methode der Finiten Elemente, spielen in Entwicklung und Konstruktion eine immer größere Rolle. Bei uns lernen Diplomanden die Finiten Elemente von „innen“ kennen und sehen die Leistungsfähigkeit und Grenzen der Methodik.

Wer Spaß an der angewandten Mechanik hat, wird bei uns sein Wissen vertiefen können. Er erhält einen Einblick in momentan forschungsrelevante Themen in der modernen nichtlinearen Kontinuumsmechanik und „Computational Mechanics“.

Bei uns ist eine sehr individuelle und intensive Betreuung gegeben.

Wer Interesse an der Forschung hat, bekommt bei uns einen Einblick wie die Forschung an der „frontier of knowledge“ in angewandter Mechanik vor sich geht und was die Spielregeln in der internationalen Forschergemeinde sind.

Wer großes Interesse an der Materie hat, kann einen Teil seiner Diplomarbeit auch publizieren — dies dauert erfahrungsgemäß jedoch länger als die übliche Zeit für eine Diplomarbeit. In der Vergangenheit sind aus Diplomarbeiten schon mehrere Veröffentlichungen in anerkannten internationalen Fachzeitschriften entstanden.

Eine an der Abteilung Festigkeitslehre geschriebene Diplomarbeit bietet eine gute Voraussetzung für eine Erweiterung im Rahmen einer daran anschließenden Dissertation. Den in einer Diplomarbeit erworbenen Überblick im Fachgebiet sowie die erworbenen Kenntnisse hinsichtlich numerischer Methoden, Kontinuumsmechanik und EDV (Arbeiten an Workstations) bilden eine effiziente Basis für eine Doktorarbeit.

Eine Dissertation wird auf Antrag beim „Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung“, FWF, oder bei anderen Institutionen über sogenannte „Drittmittel“ finanziert. Die Zeitdauer für eine Dissertation kann mit einer entsprechenden Diplomarbeit und der individuellen Unterstützung des Betreuers auf drei Jahre beschränkt werden.

Themen für Diplomarbeiten und Dissertationen:

Entwicklung eines axialsymmetrischen elastoplastischen Schalenelementes für große Verzerrungen (Hackl). Ein Schalenmodell, welches sowohl für große elastische als auch plastische Verzerrungen Gültigkeit besitzt, soll innerhalb einer bestehenden Programmumgebung als Finites Element realisiert werden. Mit der so entwickelten Software werden anschließend einige Probleme des Stabilitätsverlusts unter Plastifizierung simuliert.

Ableitung und Vergleich konstitutiver Modelle für Schalen mit großen elastischen Verzerrungen mit Hilfe des symbolischen Programmsystems Mathematica (Hackl). Ausgehend von dreidimensionalen Kontinuumsmodellen elastischer Materialien bei großen Verzerrungen sollen zweidimensionale Schalenmodelle entwickelt werden. Dabei ist eine Reihe verschiedener Ansätze und Vereinfachungen möglich, die oft zu so komplizierten Aufdrücken führen, daß eine Bewältigung von Hand nicht mehr machbar ist und auf symbolisches Rechnen zurückgegriffen werden muß. Die gefundenen Schalenmodelle sollen anhand semianalytischer Benchmarks verglichen und diskutiert werden.

Untersuchung der Rißbildung in Schraubengewinden im Motorblock (Hackl, als Diplomarbeit bezahlt). Es ist bekannt, daß sich ausgehend von Schraubengewinden (Stahlschrauben) in einem Motorblock aus Aluminium Risse bilden. Der genaue Mechanismus ist nicht bekannt, wird aber der Plastifizierung

im Gewinde zugesprochen. Es soll das Gewinde-Schraube-System in dieser Hinsicht mittels Finiter Elemente untersucht werden, wobei, da es sich um ein hochgradig lokalisiertes Phänomen handelt, besondere Umsicht bei der Modellierung notwendig ist.

Ballonkatheter — Angioplastie: Mathematische Modellbildung und Computersimulation (Holzapfel, als Diplomarbeit bezahlt). Die durch Arteriosklerose verursachte Verengung (Stenose) einer Arterie kann zu Verminderung der Durchblutung eines Gewebes oder Organs führen. Eine sehr gebräuchliche Methode in der Gefäßchirurgie zur Beseitigung dieser Verkalkung ist die sogenannte Ballonkatheter-Angioplastie, bei der ein Ballonkatheter in eine Gefäßstenose plaziert und dort aufgeblasen wird. Dabei wird das Gefäßlumen erweitert und für den Blutstrom wieder frei gegeben. Ziel ist die Computersimulation dieses Prozesses.

Physikalische Modellierung arteriosklerotischer Gewebe: Formulierung und Finite-Elemente-Berechnung (Holzapfel, als Diplomarbeit bezahlt). Basierend auf einem Plastizitätsmodell der Kontinuumsmechanik, das große Verzerrungen beschreibt, soll ein geeignetes Modell für arteriosklerotische Veränderungen in einem Gewebe entwickelt werden. Vergleichsrechnungen mit experimentellen Datenmaterial sollen das entwickelte Werkstoffgesetz fundieren. Algorithmen und Berechnungsweisen, die aus dem Maschinenbau und dem Bauwesen bekannt sind, können dabei direkt übernommen werden.

Numerische Simulationen von elastomeren Strukturen (Holzapfel). Elastische Strukturen, mit häufigem Anwendungsbereich im konstruktiven Ingenieurbau, werden oftmals Belastungen und Verformungen ausgesetzt, unter denen sie Kriechen und Relaxieren. Die zeitabhängigen Beziehungen zwischen den Spannungen und Dehnungen sowie Materialschädigungen von gummiartigen Materialien, die auf Überlastungen beruhen, sollen näher untersucht werden.