



Universität Karlsruhe (TH)

# INSTITUT FÜR MECHANIK



## INSTITUTSBERICHT 2004

Berichtszeitraum Oktober 2003 bis September 2004

© Institut für Mechanik, Universität Karlsruhe (TH)

Postadresse:

Institut für Mechanik  
Universität Karlsruhe  
Kaiserstr. 12  
76128 Karlsruhe

Telefon:

|                                |                      |
|--------------------------------|----------------------|
| Sekretariat                    | +49 (0) 721-608-2071 |
| Prof. Dr.-Ing. K. Schweizerhof | +49 (0) 721-608-2070 |
| Prof. Dr.-Ing. P. Vielsack     | +49 (0) 721-608-3714 |
| Fax                            | +49 (0) 721-608-7990 |

e-mail:

[ifm@uni-karlsruhe.de](mailto:ifm@uni-karlsruhe.de)

www:

[www.ifm.uni-karlsruhe.de](http://www.ifm.uni-karlsruhe.de)

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. ORGANISATION UND PERSONAL.....</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1. GLIEDERUNG DES INSTITUTES.....   | 3         |
| 1.2. WISSENSCHAFTLICHE MITARBEITER.....   | 3         |
| 1.3. WISSENSCHAFTLICHE ANGESTELLTE.....   | 3         |
| 1.4. STIPENDIATEN .....   | 3         |
| 1.5. VT-PERSONAL.....   | 3         |
| 1.6. SEKRETARIAT .....  | 3         |
| 1.7. STUDENTISCHE HILFSKRÄFTE .....   | 4         |
| 1.8. TUTOREN .....  | 4         |
| <b>2. LEHRE UND STUDIUM .....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1. LEHRVERANSTALTUNGEN .....  | 5         |
| 2.2. BESCHREIBUNG DER LEHRVERANSTALTUNGEN .....   | 6         |
| <b>2.2.1. Statik starrer Körper.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2.2.2. Festigkeitslehre.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.2.3. Dynamik.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2.2.4. Grundlagen der Baudynamik.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>2.2.5. Einführung in die Kontinuumsmechanik.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>2.2.6. Finite Elemente.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2.2.7. Finite Elemente für feld- und zeitvariante Probleme .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2.2.8. Plastizitätstheorie.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.2.9. Modellbildung in der Festigkeitslehre.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2.10. Kinetische Stabilitätskriterien.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>2.2.11. Kreisel- und Satellitentheorie für Geodäten .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>2.2.12. Seminar für Mechanik.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2.2.13. Messtechnisches Praktikum.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>2.2.14. Laborpraktikum.....</b>  | <b>17</b> |
| 2.3. PRÜFUNGEN .....  | 18        |
| 2.4. DIPLOMARBEITEN.....  | 18        |
| 2.5. PROMOTIONEN.....   | 18        |
| <b>3. FORSCHUNG .....</b>   | <b>20</b> |
| 3.1. GRUNDLAGENFORSCHUNG .....  | 20        |
| <b>3.1.1. Mehrskalenberechnungen bei halporösen Schaumstoffen unter Berücksichtigung großer Deformationen.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>3.1.2. Schwingungsgestützte Identifikation von Delaminationen.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>3.1.3. Weiterentwicklung und Nutzung von Schalenelementen für Großdeformationsprobleme bei starken Zwängungen.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>3.1.4. Entwicklung leichter durchstichfester bzw. schussfester Schutzkleidung mit Hilfe der rechnergestützten Simulation .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>3.1.5. Dreidimensionale Finite-Element-Modellierung der Kiefermuskulatur zur Simulation realistischer Belastungszustände im stomatognathen System.....</b>                 | <b>23</b> |
| <b>3.1.6. Adaptive Verfahren in Raum und Zeit für Schalenträgerwerke.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>3.1.7. Sensitivität stabiler Gleichgewichtslagen von beliebigen Schalenträgerwerken unter hoher Druckbelastung.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>3.1.8. Adaptive Finite-Element-Methoden mit Solid-Shell-Elementen.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>3.1.9. Development of the Covariant Description for Contact Problems of Bodies with Arbitrarily Shaped Surfaces.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>3.1.10. Fluid-Struktur Kopplung in der nichtlinearen FE-Analyse.....</b>   | <b>29</b> |
| <b>3.1.11. Untersuchung der Sprengauswirkung im Nahbereich Entwicklung effizienter und robuster 3D-Elemente, Adaptive Berechnung, Kopplung mit Starrkörpersimulation.....</b> | <b>29</b> |
| 3.2. PUBLIKATIONEN .....  | 30        |
| 3.3. WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE .....   | 32        |
| 3.4. MITHERAUSGEBER UND GUTACHTER WISSENSCHAFTLICHER PUBLIKATIONEN.....   | 33        |
| <b>4. AKTIVITÄTEN IN ORGANISATIONEN VON LEHRE UND FORSCHUNG .....</b>   | <b>34</b> |
| 4.1. UNIVERSITÄRE SELBSTVERWALTUNG .....  | 34        |

|           |  |   |
|-----------|--|---|
| 4.2.      | AKTIVE MITARBEIT BEI NATIONALEN UND INTERNATIONALEN ORGANISATIONEN ..... | 34  |
| 4.3.      | MITGLIED BEI WISSENSCHAFTLICHEN VEREINIGUNGEN .....                      | 35  |
| <b>5.</b> | <b>TAGUNGEN UND KONTAKTE .....</b>                                       | <b>37</b>                                 |
| 5.1.      | DURCHGEFÜHRTE TAGUNGSVERANSTALTUNGEN .....                               | 37  |
| 5.2.      | SEMINARVORTRÄGE .....  | 40  |
| 5.3.      | AUSLANDSBEZIEHUNGEN .....  | <b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b> |
| 5.4.      | INDUSTRIEKOOPERATIONEN .....   | 40  |
| <b>6.</b> | <b>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT .....</b>                                       | <b>41</b>                                 |
| 6.1.      | SCHÜLERINNEN -TECHNIK TAG 2003 .....                                     | 41  |

# **1. Organisation und Personal**

## **1.1. Gliederung des Institutes**

Kollegiale Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof  
Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Vielsack

Lehrkörper

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof  
Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Vielsack  
Dr.-Ing. Hans Schmiegl

Interne Forschungsabteilungen

Labor für elektronisches Rechnen  
Labor für experimentelle Mechanik

## **1.2. Wissenschaftliche Mitarbeiter**

Dr.-Ing. Hans Schmiegl, Akad. Oberrat  
Dipl.-Ing. Johann Bitzenbauer (ab 01.03.2004)  
Dipl.-Ing. Eduard Ewert  
Dipl.-Ing. Marc Haßler  
Dipl.-Ing. Stephan Kizio

## **1.3. Wissenschaftliche Angestellte**

Dipl.-Ing. Johann Bitzenbauer (bis 31.01.2004)  
Dipl.-Ing. Gunther Blankenhorn  
Dipl.-Ing. Mathias Harnau (bis 31.03.2004)  
Dipl.-Ing. Ingolf Müller  
Dipl.-Ing. Stefan Rues

## **1.4. Stipendiaten**

Dr. Alexander Konyukhov, Rektorstipendium

## **1.5. VT-Personal**

Willi Wendler, Feinmechanikermeister  
Dipl.-Inf. Klaus Neidhardt (halbtags)

## **1.6. Sekretariat**

Rosemarie Krikis (halbtags)  
Pirjo Polletin (halbtags)

### **1.7. Studentische Hilfskräfte**

cand.-ing. Teresa Buckel  
cand.-ing. Frank Eckardt  
cand.-ing. Gunnar Gebhardt  
cand.-ing. Sven Janson  
cand.-ing. Saskia Käpplein  
cand.-ing. Michael Keilhack  
cand.-ing. Axel Kramer  
cand.-ing. Steffen Mattern  
cand.-phil. Irina Papakhova  
cand.-ing. Jürgen Schmidt  
cand.-ing. Stephan Stathel

### **1.8. Tutoren**

cand.-ing. Gunnar Gebhardt  
cand.-ing. Philipp Grosser  
cand.-Ing. Tobias Klatt  
cand.-ing. Oliver Krüger  
cand.-ing. Klaus Luxenburger  
cand.-ing. Steffen Mattern  
cand.-ing. Marco Pastorini  
cand.-ing. Johannes Schrade

## 2. Lehre und Studium

### 2.1. Lehrveranstaltungen

Die Lehrveranstaltungen des Instituts für Mechanik werden primär für den Studiengang Bauingenieurwesen angeboten. Im Grundstudium sind sie außerdem Pflicht für Gewerbelehrer Bau und wählbar für Geologen und Technomathematiker. Eine Vorlesung ist Wahlpflicht für den Studiengang Geodäsie.

#### Tabellarische Übersicht der Lehrveranstaltungen

| Lehrveranstaltung                                   | im                | Dozent                    | V *    | Ü * | Sem.  | Prüfung |
|---|-------------------|---------------------------|--------|-----|-------|---------|
| <b>Grundstudium, Pflicht</b>                        |                   |                           |        |     |       |         |
| Statik starrer Körper                               | WS 03/04          | Schweizerhof<br>Haßler    | 3      | 2   | 1.    | P, K    |
| Festigkeitslehre                                    | SS 04             | Schweizerhof<br>Haßler    | 4      | 2   | 2.    | P, K    |
| Dynamik   | WS 03/04          | Vielsack<br>Kizio         | 2      | 2   | 3.    | P       |
| <b>Vertiefung, Pflicht</b>                          |                   |                           |        |     |       |         |
| Grundlagen der Baudynamik                           | SS 04             | Vielsack<br>Müller        | 2      | 0   | 6.    | S       |
| Einführung in die Kontinuumsmechanik                | WS 03/04          | Vielsack<br>Müller        | 1      | 1   | 5.    | S       |
| <b>Vertiefung, Wahlpflicht</b>                      |                   |                           |        |     |       |         |
| Finite Elemente                                     | WS 03/04          | Schweizerhof<br>Ewert     | 2      | 2   | 5./7. | P       |
| Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme | SS 04             | Schweizerhof<br>Ewert     | 2      | 2   | 8.    | P       |
| Plastizitätstheorie                                 | SS 04             | Schweizerhof              | 2      | 2   | 8.    | P       |
| Modellbildung in der Festigkeitslehre               | WS 03/04          | Vielsack                  | 2      | -   | 8.    | P       |
| Kinetische Stabilitätstheorie                       | SS 04             | Vielsack                  | 2      | -   | 7.    | P       |
| Kreisel- und Satellitentheorie für Geodäten         | SS 04             | Vielsack                  | 2      | -   | 6.    | P, S    |
| Seminar für Mechanik                                | WS 03/04<br>SS 03 | Schweizerhof,<br>Vielsack | 2<br>2 | -   | 6.-8. |         |
| <b>Vertiefung, Wahl</b>                             |                   |                           |        |     |       |         |
| Meßtechnisches Praktikum für Bauwerkschwingungen    | SS 04             | Schmieg<br>Wendler        | -      | 10  | 5.    | S       |
| Laborpraktikum 3. FS.                               | WS 03/04          | Müller<br>Wendler         |        | 2   | 3     | S       |

\* Angabe der Semesterwochenstunden    V = Vorlesung  
 Ü = Übung    P = Prüfungsleistung  
 K = semesterbegleitende Klausur    S = Studienleistung

## 2.2. Beschreibung der Lehrveranstaltungen

### 2.2.1. Statik starrer Körper

**Ziel:** Es sollen die Grundbegriffe des Tragverhaltens von Strukturen am Modell des starren Körpers erlernt werden. Aufbauend auf wenigen physikalischen Grundprinzipien werden ausgehend vom einfachen Körper auch Systeme starrer Körper untersucht. Erlernt werden soll die synthetische und analytische Vorgehensweise und deren Umsetzung in Ingenieurmethoden. Neben dem prinzipiellen methodischen Vorgehen steht dabei die Betrachtung technischer Tragwerke insbesondere des Bauwesens im Vordergrund. Zentral ist die selbständige Erarbeitung des Lehrstoffes durch die Studierenden in Vortragsübungen und betreuten Gruppenübungen.

**Inhalt:**

- Einführung der Kraft – Kräftegruppen
- Schnittprinzip
- Kräftegleichgewicht: ebene/räumliche Probleme
- Kräftegruppen an Körpern – Resultierende
- Kräftepaar – Moment
- Reduktion räumlicher Kräftesysteme
- Gleichgewicht an starren Körpern
- Technische Aufgaben: Lagerarten, statisch bestimmte Lagerung, Gleichgewichtsbedingungen
- Der Schwerpunkt, Streckenlasten/Flächenlasten
- Ebene Systeme starrer Körper – Technische Systeme
- Innere Kräfte und Momente
- Ideale Fachwerke – Aufbau/Abbauprinzip – Ritter'sches Schnittverfahren
- Schnittgrößen im Balken – Schnittgrößenverläufe – Differentieller Zusammenhang
- Superpositionsprinzip
- Haftkräfte und Gleitreibungskräfte – Seilreibung
- Energiemethoden
- Kinematik der ebenen Bewegung – Prinzip der virtuellen Arbeiten
- Potentialkraft, Potential, potentielle Energie
- Stabiles und instabiles Gleichgewicht

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Studienvoraussetzungen:</b> | Schulkenntnisse (Mathematik und Physik)   |
| <b>Semester:</b>               | 1. Fachsemester   |
| <b>Prüfungsform:</b>           | Studienbegleitende Klausur oder schriftliche Teilfachprüfung im Rahmen der Prüfung Technische Mechanik I-III. |
| <b>Sonstiges:</b>              | Freiwillige, zusätzliche, studienbegleitende Tutorien 2Ü  |
| <b>Lehr- u. Lernform:</b>      | Vorlesungen und Übungen in integrierter Form zu jeweils gleichen Anteilen.                                    |
| <b>Dozent/en:</b>              | Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof  |
| <b>Betreuer:</b>               | Dipl.-Ing. Marc Haßler  |
| <b>Turnus:</b>                 | Wintersemester  |
| <b>Kursdauer:</b>              | 1 Semester  |
| <b>Umfang:</b>                 | 4 SWS   |
| <b>ECTS:</b>                   | 6 Punkte  |

## 2.2.2. Festigkeitslehre

**Ziel:** Aufbauend auf den Kenntnissen der Statik starrer Körper werden die Grundbegriffe der Festigkeitslehre und der Elastostatik erarbeitet. Verzerrungs- und Spannungszustände werden definiert und mittels der Materialgesetze verknüpft. Damit können Verschiebungen unter allgemeiner Belastung zusammengesetzt aus den Grundbeanspruchungen Zug/Druck, Biegung, Schub und Torsion bestimmt werden. Dies erlaubt auch die Berechnung statisch unbestimmter Systeme. Die Energiemethoden, wie das Prinzip der virtuellen Arbeit, bieten ein sehr vielseitiges Instrument zur Berechnung allgemeiner Systeme und der Stabilitätsuntersuchung elastischer Strukturen. Die Herleitung und Anwendung der Methoden erfolgt gezielt mit dem Blick auf Bauingenieurprobleme. In den semesterbegleitenden Vorlesungsübungen und freiwilligen betreuten Gruppenübungen lernen die Studierenden, die erarbeiteten Methoden auf praktisch technische Probleme des Bauwesens anzuwenden.

### Inhalt:

- Einführung der Kraft – Kräftegruppen
- Schnittprinzip
- Kräftegleichgewicht: ebene/räumliche Probleme
- Kräftegruppen an Körpern – Resultierende
- Kräftepaar – Moment
- Reduktion räumlicher Kräftesysteme
- Gleichgewicht an starren Körpern
- Technische Aufgaben – Lagerarten – statisch bestimmte Lagerung, Gleichgewichtsbedingungen
- Der Schwerpunkt, Streckenlasten/Flächenlasten
- Ebene Systeme starrer Körper – Technische Systeme
- Innere Kräfte und Momente
- Ideale Fachwerke – Aufbau/Abbauprinzip – Ritter'sches Schnittverfahren
- Schnittgrößen im Balken – Schnittgrößenverläufe – Differentieller Zusammenhang
- Superpositionsprinzip
- Haftkräfte und Gleitreibungskräfte – Seilreibung
- Energiemethoden
- Kinematik der ebenen Bewegung – Prinzip der virtuellen Arbeiten
- Potentialkraft, Potential, potentielle Energie
- Stabiles und instabiles Gleichgewicht

### Studienvoraussetzungen:

- Vorlesung Technische Mechanik I und Bearbeitung der Übungsblätter
- Teilnahme an der Klausur zu Technischer Mechanik I
- Vorlesung Höhere Mathematik I und Teilnahme an der Klausur Höhere Mathematik I

**Semester:** 2. Fachsemester

**Prüfungsform:** Studienbegleitende Klausur oder schriftl. Teilfachprüfung im Rahmen der Prüfung Techn. Mechanik I-III.

**Lehr- u. Lernform:** Vorlesungen und Übungen in integrierter Form zu jeweils gleichen Anteilen.

|                   |                                  |
|-------------------|----------------------------------|
| <b>Dozent/en:</b> | Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof |
| <b>Betreuer:</b>  | Dipl.-Ing. Marc Haßler           |
| <b>Turnus:</b>    | Sommersemester                   |
| <b>Kursdauer:</b> | 1 Semester                       |
| <b>Umfang:</b>    | 4 SWS                            |
| <b>ECTS:</b>      | 6 Punkte                         |

### 2.2.3. Dynamik

**Ziel:** Die Vorlesung beschränkt sich auf ausgewählte Themenkreise der klassischen Kinetik, die für Bauingenieure von Interesse sind. Alle Anwendungen und Beispiele orientieren sich an bauingenieurspezifischen Problemstellungen. So werden z.B. im Problembereich "Massenpunkt" die Dynamik von Fahrzeugen und der Einfluß der Fahrbahngeometrie bevorzugt behandelt. Die synthetische und analytische Methode zielt auf die Aufstellung von Bewegungsgleichungen von Bauwerken hin. Die Schwingungslehre gibt den ersten unerläßlichen Einblick für das Verständnis von Schwingungserscheinungen im Bauwesen.

#### Inhalt:

- Kinematik des Massenpunktes: Fahrdynamik bei gerader und gekrümmter Fahrbahn, Ruck
- Kinetik des Massenpunktes: Trägheitskräfte, Kräftegleichgewicht, Energiebilanzgleichung, Reibung
- Impulsbilanz: Stoßgesetze
- Relativbewegung: translatorisch und rotatorisch bewegte Bezugssysteme, Trägheitskräfte
- Kinematik und Kinetik des ebenen starren Körpers: Trägheitsmomente, Drall, Schwerpunktssätze, Kräfte- und Momentengleichgewicht
- Systeme starrer Körper: synthetische (Schnittprinzip) und analytische (Lagrangesche Gleichungen) Vorgehensweise, Zwangsbedingungen, Freiheitsgrade, Potential- und Nichtpotentialkräfte
- Einführung in die Schwingungslehre: Modellbildung, freie und un- wucherregte Schwingungen von Baukonstruktionen mit bis zu zwei Freiheitsgraden

#### Studienvoraussetzungen:

- Vorlesung Technische Mechanik I und II und Bearbeitung der Übungsblätter
- Teilnahme an der Klausur zu Technischer Mechanik I und II
- Vorlesung Höhere Mathematik I und II und Teilnahme an der Klausur Höhere Mathematik I und II

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Semester:</b>          | 3. Fachsemester   |
| <b>Prüfungsform:</b>      | Prüfungsleistung  |
| <b>Sonstiges:</b>         | Freiwillige, zusätzliche, studienbegleitende Tutorien 2 SWS |
| <b>Lehr- u. Lernform:</b> | Vorlesung, wöchentliche Sprechstunden                       |
| <b>Dozent/en:</b>         | Prof. Dr.-Ing. Peter Vielsack                               |
| <b>Betreuer:</b>          | Dipl.-Ing. Stephan Kizio                                    |
| <b>Turnus:</b>            | Wintersemester  |
| <b>Kursdauer:</b>         | 1 Semester  |
| <b>Umfang:</b>            | 2 SWS   |
| <b>ECTS:</b>              | 3 Punkte  |

## 2.2.4. Grundlagen der Baudynamik

**Ziel:** Im Vordergrund steht die Phänomenologie von Bauwerksschwingungen. Durch Kenntnis der Ursachen werden Konzepte erarbeitet, wie Schwingungen vermieden oder auf ein erträgliches Maß reduziert werden können. In der Ingenieurpraxis auftretende Problemfälle werden diskutiert und durch Videos illustriert. Grundsätzliche Phänomene werden mit kleinmaßstäblichen Bauwerksmodellen im Hörsaal anschaulich demonstriert.

### **Inhalt:**

#### Kinematik

- harmonische Schwingungen
- periodische Schwingungen (harmonische Analyse)
- Darstellung im Frequenzbereich
- nicht periodische Schwingungen (Spektraldarstellung)

#### Schwingungen mit einem Freiheitsgrad

- Modellbildung
- ungedämpfte und gedämpfte Eigenschwingungen
- Stoßanregungen
- harmonische Erregung, Übertragungsfunktionen
- Schwingungsabschirmung (Isolierung)
- Filterwirkung des Bauwerks
- periodische Erregung (Frequenzbereich)

#### Schwinger mit zwei Freiheitsgraden

- freie Schwingungen
- harmonische Erregung
- Schwingungstilgung

#### Schwinger mit endlichen vielen Freiheitsgraden

- Aufstellen der Bewegungsgleichungen
- Eigenfrequenzen und Eigenformen
- Fremderregung
- Beteiligung
- Dämpfung

#### Eigenschwingungen von Balken mit FEM

#### **Studienvoraussetzungen:**

- Technische Mechanik I - II
- Höhere Mathematik I - II

**Prüfungsform:** mündliche Prüfung als Teil des Faches „Baustatik und Baudynamik“

**Semester:** 6. Fachsemester

**Lehr- u. Lernform:** Vorlesung, wöchentliche Sprechstunden

**Dozent/en:** Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Vielsack

**Betreuer:** Dipl.-Ing. Ingolf Müller

**Turnus:** Sommersemester

**Kursdauer:** 1 Semester

**Umfang:** 2 SWS

**ECTS:** 3 Punkte

### 2.2.5. Einführung in die Kontinuumsmechanik

**Ziel:** Aufbauend auf den Grundbegriffen Gleichgewicht, Spannungen, Stoffgesetz, Verzerrungen und Verschiebungen im R3 werden im Wesentlichen Lasteinleitungsprobleme und Spannungskonzentrationen behandelt. Diese Kenntnisse sind erforderlich zur Wahl geeigneter FE Netze bei der numerischen Berechnung. Im zweiten Teil der Vorlesung werden nach einer Einführung in die Variationsrechnung die Grundlagen der FE Methode beispielhaft vorgeführt.

**Inhalt:**

- Vektoren und Tensoren
- Spannungen und Gleichgewicht
- Verschiebungen und Verzerrungen
- Stoffgesetze
- Randwertaufgaben der Elastizitätstheorie
- Lokale Spannungskonzentrationen bei ebenen Problemen
- Grundlagen der Variationsrechnung
- Prinzip der virtuellen Arbeit
- Direkte Methode der Variationsrechnung
- Finite Elemente Form der Ritz'schen Methode

**Studienvoraussetzungen:**

- Technische Mechanik
- Höhere Mathematik

**Semester:** 5. Semester

**Prüfungsform:** mündlich

**Lehr- u. Lernform:** Vorlesung, wöchentliche Sprechstunden

**Dozent/en:** Prof. Dr.-Ing. Peter Vielsack

**Betreuer:** Dipl.-Ing. Ingolf Müller

**Turnus:** Sommersemester

**Kursdauer:** 1 Semester

**Umfang:** 2 SWS

**ECTS:** 3 Punkte

### 2.2.6. Finite Elemente

**Ziel:** Es sollen die mathematischen und mechanischen Grundlagen der Finite Element Methode am Beispiel strukturmechanischer Problemstellungen dargestellt werden. Dabei wird der gesamte Bereich der hierzu erforderlichen Methoden angesprochen und auszugsweise auch programmtechnisch umgesetzt. Die Studierenden sollten danach in der Lage sein, erstens selbständig mit FE Berechnungen durchzuführen und zweitens an einem Finite Element Programm Änderungen vorzunehmen und eigene Elemente hinzufügen.

**Inhalt:**

- Übersicht - Allgemeine Anwendungen - Generelles Vorgehen
- Finite Elemente für eindimensionale Randwertprobleme
- Differentielle Formulierung - schwache Form/Variationsprinzipie, Diskretisierung mit Ritz und Galerkin Verfahren, globale - lokale Ansätze, Zusammenbau
- Einbau von Randbedingungen

- Numerische Fehler – Rechengenauigkeit
- Möglichkeiten für Ansatzfunktionen - Lagrange, Hermite-Polynome
- Zur Genauigkeit der Ergebnisse - optimale Spannungspunkte
- Ansätze für DGI 2-ter Ordnung, Kontinua / DGI. 4-ter Ordnung Balken
- FE-Ansätze für 2- und 3- dimensionale Elastizitätsprobleme
- Schwache Form, Anforderungen an Ansätze, Lagrange Ansätze für Dreieck- und Viereckelemente, Volumenelemente (Tetraeder, Hexaeder)
- Isoparametrische Elemente
- Numerische Integration, Flächen- und Volumenintegrale, erforderliche Integrationsordnung
- Voraussetzungen für Konvergenz am 2-dim. Beispiel
- Diskretisierung und Diskretisierungsfehler - a-priori und a-posteriori Fehler, Fehlerschätzung – Fehlerkonvergenz
- Instationäre Vorgänge, Elastodynamik, Massen- und Dämpfungsmatrix
- Einführung der Zeitintegration

#### **Studienvoraussetzungen:**

- Technische Mechanik IV
- FORTRAN
- Höhere Mathematik III und IV
- sinnvoll: Baustatik IIIa

**Semester:** 5./7. Fachsemester

**Prüfungsform:** Prüfungsleistung

**Lehr- u. Lernform:** Vorlesungen und Übungen in integrierter Form zu jeweils gleichen Anteilen.

**Dozent/en:** Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

**Betreuer:** Dipl.-Ing. Eduard Ewert

**Turnus:** Wintersemester

**Kursdauer:** 1 Semester

**Umfang:** 2 SWS

**ECTS:** 3 Punkte

### **2.2.7. Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme**

#### **Inhalt:**

##### Feldprobleme

- Finite Elemente für allgemeine Feldprobleme, Wärmetransportprobleme, Fluide, Quasi-harmonische Gleichung
- Wärmeleitung, Elastische Torsion prismatischer Stäbe - FE Diskretisierung

##### Zeitvariante Probleme

- Zeitintegration semidiskreter Gleichungen - Gleichungen 1. Ordnung
- Einfache Zeitintegrationsalgorithmen: Finite Elemente, Kollokation, Stabilität von Algorithmen, Genauigkeit/Fehler
- Newmark-Familie, Verallgemeinerte Algorithmen, Modifikationen
- Stabilität, numerische Dissipation und Dispersion

- Beurteilung an Hand von Beispielen; Modifikation von Parametern

#### Gemischte Elemente in der Elastostatik

- Probleme bei der Verwendung von Elementen mit Verschiebungsansätzen, Versteifungsproblematik
- Grundbegriffe der Funktionalanalysis, gemischte Funktionale, Hu-Washizu, Hellinger-Reissner Funktional, Lösbarkeit, Stabilität
- Diskretisierung mit Finiten Elementen, Erkennung von Versteifungseffekten
- Scheibenelemente aufbauend auf Hellinger-Reissner Funktional, Spannungsansätze, Erweiterte Verzerrungsansätze (EAS), Angenommene Verzerrungsansätze in Lokalkoordinaten (ANS)
- Ausblick auf dreidimensionale Platten- und Schalenprobleme

#### Studienvoraussetzungen:

- Technische Mechanik IV
- FORTRAN
- Höhere Mathematik III und IV
- Finite Elemente I
- sinnvoll: Baustatik IIIa

**Semester:** 8. Fachsemester

**Prüfungsform:** Prüfungsleistung

**Lehr- u. Lernform:** Vorlesungen und Übungen in integrierter Form zu jeweils gleichen Anteilen.

**Dozent/en:** Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

**Betreuer:** Dipl.-Ing. Eduard Ewert

**Turnus:** Sommersemester

**Kursdauer:** 1 Semester

**Umfang:** 2 SWS

**ECTS:** 3 Punkte

#### 2.2.8. Plastizitätstheorie

**Ziel:** Materiell nichtlineares Verhalten ist für das Versagen von Tragwerken von großer Bedeutung. Mit dem Begriff Plastizität läßt sich das Verhalten von vielen Werkstoffen, die über eine bestimmte Grenze hinaus belastet werden, beschreiben. In der Vorlesung Plastizitätstheorie sollen neben einführenden, phänomenologischen Betrachtungen vor allen Dingen Grundlagen für das Vorgehen bei Vorliegen derartiger Materialien mit modernen numerischen Verfahren wie Finiten Elementen gegeben werden. Es werden dabei Werkstoffgesetze für bleibende Formänderungen vor allem für metallische Werkstoffe dargestellt und nach bekannten Kriterien untersucht. Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt auf der algorithmischen Umsetzung der Werkstoffgesetze für den Einsatz in Finite Element Programmen.

#### Inhalt:

- Einführung, stoffunabhängige Grundgleichungen, geometrische und statische Feld- und Randbedingungen
- Hauptbegriffe der Plastizitätstheorie, Fließbedingung, Fließgesetz, isotrope/kinematische und gemischte Verfestigungsgesetze
- Rheologische Modelle der Elastoplastizität mit Verfestigung

- Prinzip der maximalen plastischen Dissipation, Postulate von Drucker, Beurteilung von Stoffgesetzen nach thermodynamischen Restriktionen
- Diskussion verschiedener Fließbedingungen, Stoffgesetz nach Prandl-Reuß, Stofftensor
- Umsetzung der Stoffgesetze für numerische Analysen
- Übergang von eindimensionaler zu dreidimensionaler Beschreibung
- Ausblick auf große plastische Formänderungen

**Studienvoraussetzungen:**

- Analyse und Numerik von Feldproblemen (Kontinuumsmechanik)
- Sinnvoll: Finite Elemente Kenntnisse

**Semester:** 8. Fachsemester

**Prüfungsform:** Schein über eine erfolgreiche Teilnahme an der Vorlesung

**Lehr- u. Lernform:** Vorlesungen und Übungen in integrierter Form zu jeweils gleichen Anteilen.

**Dozent/en:** Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

**Turnus:** Sommersemester

**Kursdauer:** 1 Semester

**Umfang:** 2 SWS

**ECTS:** 3 Punkte

**2.2.9. Modellbildung in der Festigkeitslehre**

**Ziel:** Modelle der Festigkeitslehre (z.B. Stab, Balken, Scheibe, Platte oder Schale) basieren auf der Vorgabe einer speziellen geometrieangepaßten Kinematik. Damit kann das allgemeine kontinuumsmechanische Problem aus der Sicht der Ordnung der problembeschreibenden Randwertaufgaben je nach Modelltyp erheblich reduziert werden. Andererseits besitzen alle Modelle aufgrund der gewählten Kinematik Einschränkungen bezüglich ihres Anwendungsbereiches. Die Grenzen der in der Festigkeitslehre üblichen Modelle werden aufgedeckt, und Übergänge zwischen Modellvorstellungen werden diskutiert.

**Inhalt:**

Ordnungsprinzipien für die Modellbildung

Mathematische Hilfsmittel

- reguläre Störungsrechnung
- singuläre Störungsrechnung

Linienförmige Kontinua

- ebene Elastika (lineare und nichtlineare Theorien)
- Spannungskonzentration bei Berücksichtigung von Schubdeformationen
- Bettungstheorien
- momentenfreie Gleichgewichtszustände
- lokale Biegeeffekte in Seilen
- räumliche Elastika

Flächenförmige Kontinua

- Spannungs- und Verformungskonzentrationen bei verschiedenen Plattentheorien
- Ecksingularitäten als Grenzschichtproblem
- Nichtlineare Plattentheorie (Membraneinfluss)
- Nichtlineare Theorie schwach gekrümmter Schalen

**Studienvoraussetzungen:**

- Vorlesung Technische Mechanik I und Bearbeitung der Übungsblätter
- Teilnahme an der Klausur zu Technischer Mechanik I
- Vorlesung Höhere Mathematik I und Teilnahme an der Klausur Höhere Mathematik I

|                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| <b>Semester:</b>          | 8. Fachsemester                      |
| <b>Prüfungsform:</b>      | mündlich                             |
| <b>Lehr- u. Lernform:</b> | Vorlesungen, Sprechstunden           |
| <b>Dozent/en:</b>         | Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Vielsack |
| <b>Turnus:</b>            | Wintersemester                       |
| <b>Kursdauer:</b>         | 1 Semester                           |
| <b>Umfang:</b>            | 2 SWS                                |
| <b>ECTS:</b>              | 3 Punkte                             |

**2.2.10. Kinetische Stabilitätskriterien**

**Ziel:** Für eine mathematisch abgesicherte Theorie der Stabilität von Gleichgewichtslagen bieten sich zwei duale Methoden an, nämlich die Erste und die Zweite Methode von Liapunov. Auf der Basis beider Methoden werden ingenieurpraktische Begriffe definiert und an einfachen mechanischen Modellen erläutert. Die Vorlesung soll ein grundsätzliches Verständnis für die Begriffe Gleichgewicht, Stabilität und Sensitivität vermitteln.

**Inhalt:**

Stabilitätsdefinition nach Lyapunov

- anschauliche Stabilitätsdefinition
- Lyapunovsche Stabilitätsdefinition
- asymptotische Stabilität

Erste Methode

- Imperfektion und gestörte Verzweigung
- Methode der kleinen Schwingungen
- Imperfektionsempfindlichkeit bei symm., unsymm. und schiefer Verzweigung
- Stabilitätsgrad und praktische Instabilität
- einseitige Bindungen
- wechselnde Bindungen
- richtungsabhängige Kraftgesetze
- Verzweigung vom nichttrivialen Zustand
- Interaktionsbeziehungen

Zweite Methode

- Energieintegral
- Prinzip vom Minimum der pot. Energie
- inneres und äußeres Potential (Beispiele)

- Kugelanalogie
- Nulleigenwerte
- nichtlineare Bindungen
- Sensitivität von Gleichgewichtslagen
- lokale und globale Instabilität
- Übergang vom Spannungs- zum Stabilitätsproblem

Plastisches Knicken

- Diskussion im Phasenraum

**Studienvoraussetzungen:**

- Vorlesungen in Mechanik und Baustatik

**Prüfungsform:** mündlich  
**Semester:** 7. Fachsemester  
**Lehr- u. Lernform:** Vorlesung, wöchentliche Sprechstunden  
**Dozent/en:** Prof. Dr.-Ing. Peter Vielsack  
**Turnus:** Sommersemester  
**Kursdauer:** 1 Semester  
**Umfang:** 2 SWS  
**ECTS:** 3 Punkte

**2.2.11. Kreisel- und Satellitentheorie für Geodäten**

**Ziel:** Die kinematischen und kinetischen Grundlagen der Drehbewegung starrer Körper (Kreisel) und der Bewegung von Satelliten auf kreisförmigen Bahnen werden hergeleitet. Partikuläre Lösungen und deren kinetische Stabilität werden diskutiert. Anwendungsgebiete sind Himmels- und Satellitendynamik und die Grundlagen von Kreiselgeräten.

**Inhalt:**

Massenpunkt

- Kinematik und Kinetik
- Keplersche Gesetze

Punkthaufen

- anschauliche Stabilitätsdefinition
- Massenmittelpunktsatz
- Drallsatz
- Hantelsatellit auf ebener Umlaufbahn
- Stabilität partikulärer Bewegungen
- Lyapunovsche Stabilität und reguläre Störungsrechnung

Der starrer Körper (Kreisel)

- Kinematik (Eulerwinkel)
- Winkelgeschwindigkeit
- Klassifikation von Kreiseltypen
- die Grundgleichungen
- Stabilität permanenter Drehungen des kräftefreien Kreisels
- der symmetrische Kreisel (Präzession und Nutation)

Kreiselbewegungen von Satelliten

- Bewegungsgleichungen
- partikuläre Bewegungen für die Kreisbahn und deren Stabilität

### Kreiselgeräte

- Grundgleichungen
- das Prinzip des Wendezeigers
- das Prinzip des Kreiselkompasses

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Semester:</b>          | 6. Fachsemester  |
| <b>Prüfungsform:</b>      | Mündliche Einzelfachprüfung oder schriftl. Semesterbegleitende Klausur |
| <b>Lehr- u. Lernform:</b> | Vorlesung, wöchentliche Sprechstunden                                  |
| <b>Dozent/en:</b>         | Prof. Dr.-Ing. Peter Vielsack  |
| <b>Turnus:</b>            | Sommersemester   |
| <b>Kursdauer:</b>         | 1 Semester   |
| <b>Umfang:</b>            | 2 SWS  |
| <b>ECTS:</b>              | 3 Punkte   |

### 2.2.12. Seminar für Mechanik

**Ziel:** Ziel des Seminars ist es aktuelle Themen der Mechanik aus Lehre, Forschung und Industrie den Seminarteilnehmer näher zu bringen. Das Seminar gibt den Teilnehmer Einblicke in moderne praktische und wissenschaftliche Methoden auf dem Gebiet der klassischen und computergestützten Mechanik und erweitert ihre Kenntnisse in Theorie und Praxis.

#### **Inhalt:**

- Referate über Studien- und Diplomarbeiten
- Vorträge aus Wissenschaft und Industrie

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Semester:</b>     | 6.-8. Fachsemester  |
| <b>Prüfungsform:</b> | Begutachtung, mündlich  |
| <b>Dozent/en:</b>    | Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof<br>Prof. Dr.-Ing. Peter Vielsack |
| <b>Turnus:</b>       | Wintersemester  |
| <b>Kursdauer:</b>    | 1 Semester  |
| <b>Umfang:</b>       | 2 SWS   |
| <b>ECTS:</b>         | 3 Punkte  |

### 2.2.13. Messtechnisches Praktikum

**Ziel:** Es sollen die Kenntnisse aus der Vorlesung Baudynamik und Technische Mechanik III auf reale baupraxisähnliche Strukturen angewandt werden. Wert wird insbesondere auf den Vergleich theoretisch berechneter und experimentell gewonnener Ergebnisse gelegt, sowie auf die Interpretation von Abweichungen. Komplexe Phänomene der Theorie, wie z.B. Eigenformen, sollen veranschaulicht werden. Es wird den Studierenden die Möglichkeit geboten, selbst Experimente durchzuführen.

#### **Inhalt:**

##### Schwingungen eines Kragträgers

- Einführung in die benötigten Sensoren
- Erfassung und Darstellung der Messsignale
- Eigenfrequenz
- Einfluss der Masse, Steifigkeit und Dämpfung

- Resonanz
- Phase

#### zweistöckiger Rahmen

- Einführung in die benötigten Sensoren
- Erfassung und Darstellung der Messsignale
- Eigenfrequenz
- Einfluss der Masse, Steifigkeit und Dämpfung
- Resonanz
- Phase

#### Eigenfrequenzen und Eigenformen

- verschiedene Anregungsmechanismen

Messung des Bewegungsverhaltens realer, kleinmaßstäblicher Bauwerksmodelle. Untersucht werden lineare, diskrete Ein- und Mehrfreiheitsgradsysteme. Dazu benötigte Informationen über Sensoren, ihr Bauprinzip, ihre Wirkungsweise und die elektronische Aufbereitung, Weiterverarbeitung und Darstellung der gewonnenen Signale werden vermittelt. Gemessen werden Dehnungen, Kräfte, Momente, Wege, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen. Zur Aufbereitung, Simulation und Visualisierung benötigte Meßgeräte (Oszilloskop, Signalanalyser, Verstärker, Zähler, Plotter, Funktionsgenerator) und deren Eigenschaften und Grenzen werden vorgestellt. Behandelt werden freie und zwangserregte Systeme, letztere mit harmonischer -, periodischer -, Stoß- und Sprung-Erregung und gewobbeltem Sinus. Verschiedene Arten der Erregung wie Fußpunkterregung, Massenkrafterregung und Stoßerregung werden behandelt, einschließlich der dazu benötigten Geräte (Shaker, Impulshammer).

#### Studienvoraussetzungen:

- Technische Mechanik I – III
- Höhere Mathematik I – II

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| <b>Prüfungsform:</b>      | Studienleistung                       |
| <b>Semester:</b>          | 5. Fachsemester                       |
| <b>Lehr- u. Lernform:</b> | Seminar                               |
| <b>Dozent/en:</b>         | Dr.-Ing. Hans Schmiegl, Willi Wendler |
| <b>Turnus:</b>            | Sommersemester                        |
| <b>Kursdauer:</b>         | 1 Semester                            |
| <b>Umfang:</b>            | 2 SWS                                 |
| <b>ECTS:</b>              | 3 Punkte                              |

#### 2.2.14. Laborpraktikum

**Ziel:** Messung mechanischer Größen (Wege, Dehnungen ...) und Systemparameter (Eigenfrequenz, Dämpfung ...) von einfachen dynamischen Systemen.

#### Inhalt:

Schwingungen eines Kragträgers

- Einführung in die benötigten Sensoren
- Erfassung und Darstellung der Messsignale
- Eigenfrequenz
- Einfluss der Masse, Steifigkeit und Dämpfung
- Resonanz

- Phase

zweistöckiger Rahmen

- Eigenfrequenzen und Eigenformen
- verschiedene Anregungsmechanismen

**Semester:** 3. Fachsemester  
**Prüfungsform:** Studienleistung  
**Lehr- u. Lernform:** Seminar  
**Dozent/en:** Dipl.-Ing. Ingolf Müller, Willi Wendler  
**Turnus:** Wintersemester  
**Kursdauer:** 1 Semester  
**Umfang:** 2 SWS  
**ECTS:** 3 Punkt

### 2.3. Prüfungen

|                                      | Zahl der Teilnehmer |      |
|--------------------------------------|---------------------|------|
|                                      | F 04                | H 04 |
| Statik starrer Körper                | 140                 | 26   |
| Festigkeitslehre                     | 33                  | 123  |
| Dynamik                              | 51                  | 23   |
| Prüfung Baudynamik                   | -                   | 17   |
| Einführung in die Kontinuumsmechanik | 13                  | -    |

### 2.4. Diplomarbeiten

Schmidt, Jürgen: Numerische Simulation des Schwingungsverhaltens delaminierter Balkenstrukturen unter Berücksichtigung der Kontaktphänomene im Schädigungsbereich. (Betreuer : Vielsack, Müller)

Scheffs, Klaudiusz: Untersuchungen zum Einfluss der Lagerungs und Lastimperfektionen auf das Beulverhalten von Kreiszyllindern. (Betreuer: Schweizerhof, Ewert)

Ubert, Andreas: Stabilisierung unterintegrierter Finite Elemente und deren Einbau in FEAP-MEKA, (Betreuer: Schweizerhof, Blankenhorn)

### 2.5. Promotionen

Betreut durch Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof:

*Hauptreferent*

Matthias Harnau: Finite Volumen-Schalenelemente für große Deformationen und Kontakt, Universität Karlsruhe (TH), Februar 2004.  
 (Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger, TU München)

*Korreferat*

Thorsten Rumpel: Effiziente Diskretisierung von statischen Fluid-Struktur-Problemen bei großen Deformationen. Universität Karlsruhe (TH) , Oktober 2003

(Hauptreferent Prof. Dr.-Ing. Jens Wittenburg, Uni Karlsruhe(TH))

Frank Koschnick: Geometrische Locking-Effekte bei Finiten Elementen und ein allgemeines Konzept zu ihrer Vermeidung, TU München, Juni 2004

(Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger)

Michael Groß: Conserving time integrators for nonlinear elastodynamics, März 2004

(Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. Paul Steinmann, Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Peter Betsch)

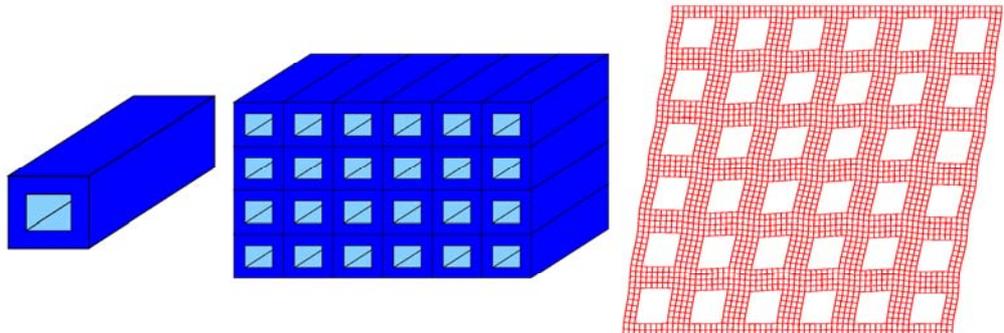
### 3. Forschung

#### 3.1. Grundlagenforschung

##### 3.1.1. Mehrskalnberechnungen bei halbporösen Schaumstoffen unter Berücksichtigung großer Deformationen

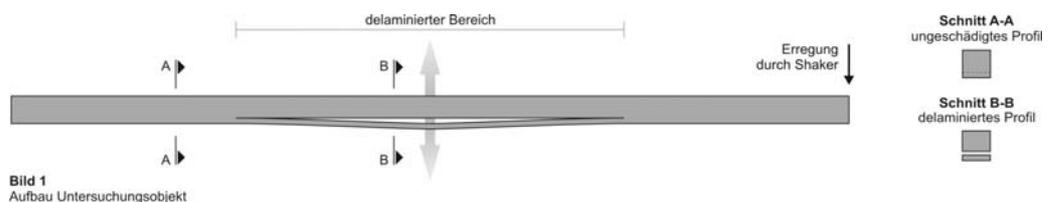
*DFG Schw 307/11-1, Schw 307/11-2,  
Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),  
Gemeinschaftsprojekt „Schaumstoffe“ der Universitäten:  
Stuttgart (Prof. Ehlers), Karlsruhe und Hannover (Prof. Wriggers)  
Bearbeitung: J. Bitzenbauer, K. Schweizerhof*

Viele Schaumstoffe können idealisiert als aus Mikrostrukturen (Linkes Bild) aufgebaute Hohlkörper angenommen werden (mittleres Bild). Das Deformationsverhalten poröser Schaumstoffe wird in Teilen des betrachteten Körpers stark von der Mikrostruktur beeinflusst. Angesichts der Vielzahl der zur Modellierung der lokalen Geometrie erforderlichen Finite Elemente stellt die direkte Berechnung solcher Hohlstrukturen auch für die heutige Rechnergeneration noch ein Problem dar. Im Projekt werden verschiedenen Lösungswege über Mehrskalmethoden (Homogenisierung, Multigrid, Gebietszerlegung) untersucht. Das rechte Bild zeigt das deformierte Netz einer Struktur unter Schubbelastung; die Lösung wurde mittels einer Mehrgittermethode berechnet.



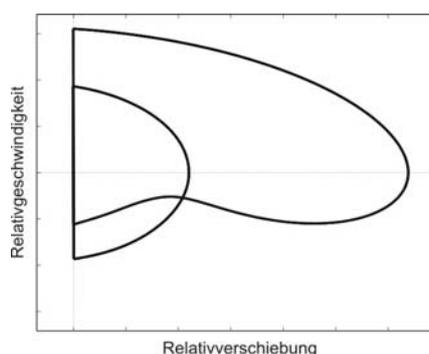
##### 3.1.2. Schwingungsgestützte Identifikation von Delaminationen

*DFG Schw 307/12-1  
Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),  
Bearbeitung: I. Müller, H. Schmiege, P. Vielsack, K. Schweizerhof*



Die Identifikation von delaminierten Bereichen in Laminatstrukturen (Bild 1) soll anhand ihres Schwingungsverhaltens erfolgen und durch geeignete me-

chanische Modelle unterstützt werden. Das Verhalten der untersuchten Strukturen zeichnet sich durch Nichtlinearitäten aus, die mit zunehmender Erregungsintensität stark anwachsen. Sie werden durch unilateralen Kontakt, Abrollbewegungen sowie dissipative Stoßvorgänge hervorgerufen. Zur experimentellen Untersuchung wird die Struktur sowohl breitbandig als auch monofrequent durch einen Shaker (Bild 1) angeregt und die erhaltenen Systemantworten ausgewertet. Die numerische Beschreibung der entstehenden Bewegung, welche durch dissipative Stöße dominiert wird, führt zum Problemkreis der nicht-glatten Dynamik (Bild 2).



**Bild 2**  
Phasenportrait der Relativbewegung  
von Restquerschnitt und delaminierter Schicht  
(semi-analytische Berechnung)

### 3.1.3. Weiterentwicklung und Nutzung von Schalenelementen für Großdeformationsprobleme bei starken Zwängungen

*DFG Schw 307/13-1*

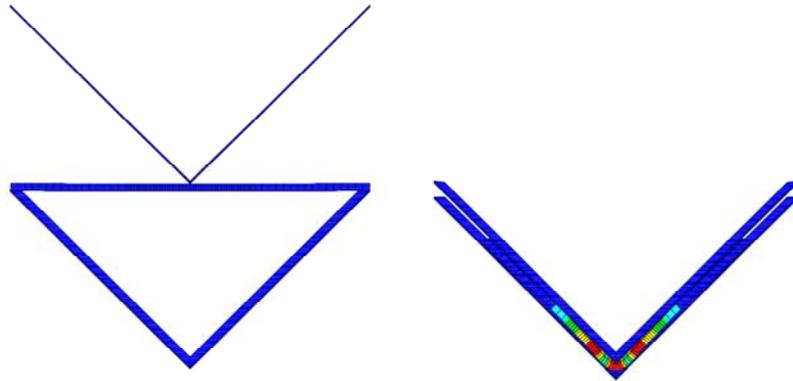
*Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),*

*Bearbeitung: M. Harnau, K. Schweizerhof*

Das Ziel des Projektes ist numerisch stabile Finite Volumen-Schalenelemente zu entwickeln, die eine Berechnung von Umformprozessen von geschichteten Stahlblechen ermöglichen. Es werden dabei gemischte Finite Elemente Formulierungen mit linearen und quadratischen Ansätzen eingesetzt. Die Volumen-Schalenelemente eignen sich hervorragend zur Simulation von Metallumformprozessen, da sie im Gegensatz zu herkömmlichen Schalenelemente aufgrund ihres dreidimensionalen Charakters auch den Spannungszustand in Dickenrichtung und die Dickenänderung der Bleche erfassen können. Außerdem können problemlos geschichtete Strukturen diskretisiert werden, so sind die Volumen-Schalenelemente z.B. auch für Berechnungen mit geklebten Verbundblechen einsetzbar.

Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Implementierung einer effizienten Kontaktformulierung dar, die ebenfalls innerhalb der Simulation der Umformprozesse zur Beschreibung der starren Umformwerkzeuge benötigt wird. Hierzu sollen an die Volumen-Schalenelemente angepasste Oberflächen-Kontakt-Elemente entwickelt werden, mit denen der Kontakt gegen die mittels analytischer Funktionen beschriebenen starren Werkzeugoberflächen abprüfbar sind. Hierzu werden unterschiedliche Vorgehensweisen getestet. Zum einen werden Penalty oder Augmented Lagrange Verfahren eingesetzt, zum anderen wird die Kontaktbedingung mittels eines Knotensegment Algorithmus oder alternativ unter Einbeziehung der Integration über einen Fläche-zu-Fläche Kontakt erfüllt.

In der nachfolgenden Abbildung wird die Simulation des Schmiedeprozesses eines Stahlblechstreifens gezeigt. Dargestellt wird die Struktur in der unverformten und in einer verformten Konfiguration mit deren plastifizierten Bereichen. Dieses Beispiel entspricht der Grundproblematik von 'Solid-Shell' Schalenelementen für Großdeformationsprobleme bei starken Zwängungen.



Simulation des Schmiedeprozesses eines Stahlblechstreifen

### 3.1.4. Entwicklung leichter durchstichfester bzw. schussfester Schutzkleidung mit Hilfe der rechnergestützten Simulation

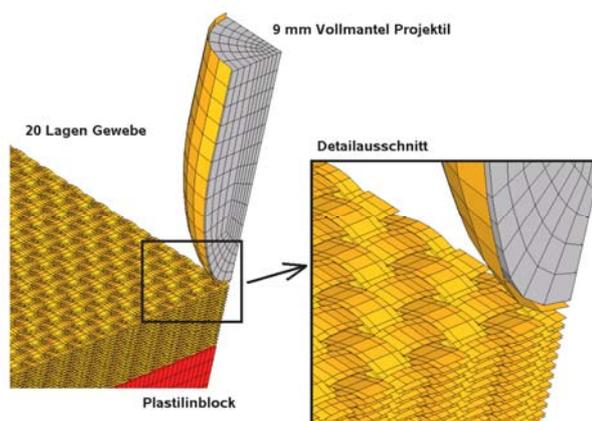
AIF 12813/N

Gefördert durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF)

Gemeinschaftsprojekt mit dem Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf

Bearbeitung: G. Blankenhorn, K. Schweizerhof

Ziel des Forschungsprojektes „Entwicklung leichter durchstichfester Schutzkleidung mit Hilfe der rechnergestützten Simulation“ ist die Untersuchung des Impaktvorganges textiler Strukturen durch Geschosse und Stichwaffen und das Herausarbeiten der grundlegenden Mechanismen der Schutzwirkung. Mit Hilfe der in diesem Projekt erarbeiteten Erfahrungen soll die bisher übliche „Trial and Error“ Methode bei der Entwicklung von Schutzbekleidung durch rechnergestützte Simulation verbessert werden, um den Herstellern ein Werkzeug zur effizienten Produktentwicklung an die Hand zu geben.



Modell einer ballistischen Schutzweste

### 3.1.5. Dreidimensionale Finite-Element-Modellierung der Kiefermuskulatur zur Simulation realistischer Belastungszustände im stomatognathen System

DFG Schw 307/15-1

Bearbeitung: S. Rues<sup>2</sup>, J. Lenz<sup>2</sup>, K. Schweizerhof<sup>1</sup>

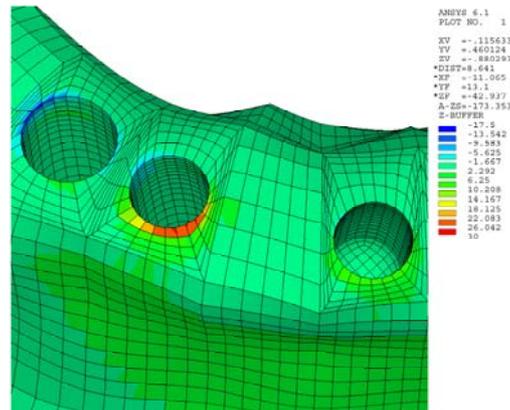
<sup>1</sup> Institut für Mechanik, Fakultät für Bauingenieurwesen

<sup>2</sup> Forschungsgruppe Biomechanik, Fakultät für Mathematik

Das linke Bild zeigt den für die FE-Analyse verwendeten Schädel und Unterkiefer, hier speziell bei Bestückung des Oberkiefers mit acht und des Unterkiefers mit vier Implantaten, die jeweils über einen Steg miteinander verblockt sind. Das rechte Bild zeigt die Verteilung der maximalen Zugspannungen im Unterkiefer bei einer symmetrischen Verteilung von Implantaten in regio 1,3,4, die miteinander verblockt sind. Die Belastung erfolgt mit jeweils 100 N über den Masseter-Muskel; der Unterkiefer steht in regio 5 mit dem Oberkiefer in Kontakt.



Schädel mit Implantaten



Detail Unterkiefer

### 3.1.6. Adaptive Verfahren in Raum und Zeit für Schalentragwerke

Internes Projekt

Bearbeitung: J. Neumann, K. Schweizerhof

Grundlagen der Untersuchungen ist die Grundgleichung der Strukturdynamik, die so genannte primale Gleichung

$$M\ddot{u} + h(u, \dot{u}) = f = R = 0$$

$u, \dot{u}, \ddot{u}$  sind die Verschiebungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen

$h(u)$  beinhaltet die geometrische Nichtlinearität,  $M$  ist die Massenmatrix,  $f$  ist eine gegebene äußere Erregung. Um diese gewöhnliche Differentialgleichung numerisch lösen zu können, wird auf die Petrov-Galerkin Methode zurückgegriffen,

$$\int_0^T w (M\ddot{u}_h + h(u_h, \dot{u}_h) - f) dt = 0$$

u in der Zeit wird durch ein Polynom 2.Grades approximiert:

$$u_n = u_n + (t - t_n) \dot{u}_n + \frac{1}{2} (t - t_n)^2 \ddot{u}_n$$

Mit Hilfe der Einführung einer speziellen Wichtungsfunktion  $w_h$  kann die Äquivalenz zum Newmarkverfahren gezeigt werden.

Der globale Zeitintegrationsfehler, der für eine adaptive Zeitschrittsteuerung notwendig ist, wird mit Hilfe des so genannten dualen/adjungierten Problems bestimmt,

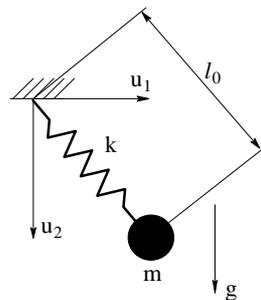
$$M\ddot{z} - C\dot{z} + Kz = J$$

$z, \dot{z}, \ddot{z}$  sind die Verschiebungen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des "Rückwärtsproblems"

C, K sind die Linearisierungen von  $h(u, \dot{u})$ . Daraus ist mit einer analogen Interpolation  $z_h$  einen Schätzer für den globalen Zeitintegrationsfehler  $e_g$  ermittelbar,

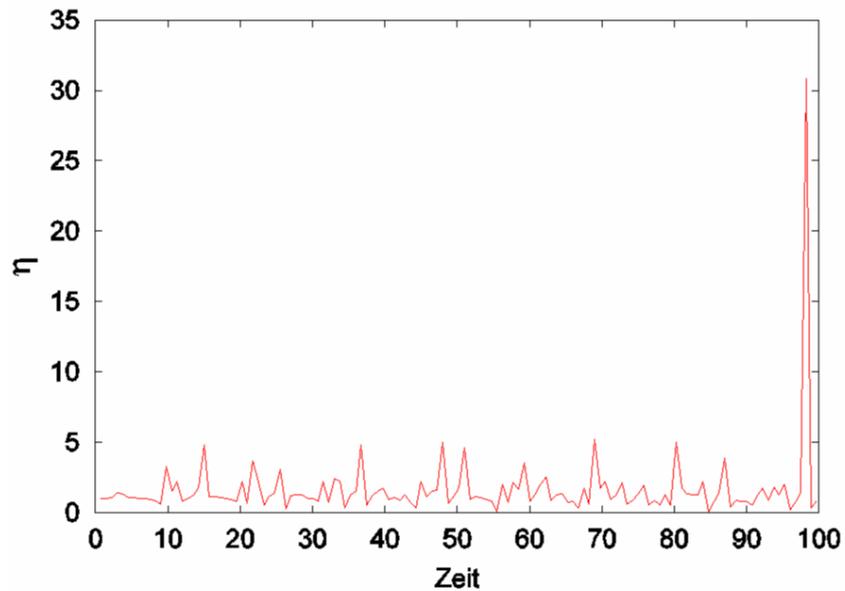
$$|e_g(t = t_m)| \approx \left| \int_0^{t_m} z_h R dt \right|$$

R ist dabei das Residuum der primalen Differentialgleichung. Am Beispiel des dominant vertikal schwingenden Federpendels mit einer kleinen horizontalen Störung wurde dieser Schätzer getestet,



Federpendel mit zwei Freiheitsgraden,  
Untersuchung des Verhaltens in der Zeit

Für gegebene Parameter und Anfangsbedingungen wurde der globale Verschiebungsfehler geschätzt. Der zugehörige Effektivitätsindex  $\eta$  wurde basierend auf einer Referenzlösung bestimmt,



Effektivitätsindex des Schätzers für den globalen Verschiebungsfehler

### 3.1.7. Sensitivität stabiler Gleichgewichtslagen von beliebigen Schalenträgwerken unter hoher Druckbelastung

*Internes Projekt*

*Bearbeitung: E. Ewert, K. Schweizerhof, P. Vielsack*

Werden Strukturen mit der FE Methode auf Stabilität untersucht, so wird zumeist nach Verzweigungs- und Durchschlagspunkten gesucht. Hierbei werden bei statischen Untersuchungen Pfadverfolgungsalgorithmen eingesetzt, um als Ergebnis eine Lastverformungskurve zu erhalten. Die Richtigkeit und Eindeutigkeit der erhaltenen Kurve ist aber oft problematisch, z.B. bei Tragwerken mit mehreren Verzweigungspunkten und Pfaden oder Problemen mit Kontakt. Für die Bemessung und Auslegung von Schalen bzgl. Stabilität ist nicht nur die Gleichgewichtslage (GGL) an sich, sondern vielmehr ihre Realisierbarkeit und Empfindlichkeit gegen Störungen von Interesse.

Besitzt ein System mehrere GGLn bei einem Lastniveau, so kann es durch Zuführen von Energie, z.B. über eine kinetische Störung, von einer stabilen GGL in eine andere überführt werden, oder zu einer freien Bewegung angeregt werden. Der Kehrwert der minimalen kinetischen Energie, die hierzu notwendig ist, wird als Sensitivität definiert.

Der gegenwärtige Forschungsschwerpunkt liegt bei der Suche nach Methoden, mit denen sich die nach der Störung einstellenden Bewegungen möglichst effizient und eindeutig beschreiben und beurteilen lassen.



Kreiszyylinder in einer stabilen Gleichgewichtslage im Vorbeulbereich (links), Beulenbildung nach Zuführen kinetischer Störung (rechts) dargestellt

### 3.1.8. Adaptive Finite-Element-Methoden mit Solid-Shell-Elementen

*Internes Projekt*

*Bearbeitung: S. Kizio, K. Schweizerhof*

Erstes Ziel des Projekts ist die Erweiterung der adaptiven Version des Finite Element Programms FEAP auf die am Institut entwickelten sogenannten Solid Shell Elemente.

Hierfür sind zunächst geeignete Fehlerschätzer und Netzverfeinerungsalgorithmen in FEAP zu implementieren. Ein entscheidender Vorteil des Solid Shell Konzeptes liegt darin, dass im Rahmen einer Dimensionsadaptivität der Übergang auf Kontinuumelemente ohne spezielle Übergangselemente möglich ist. Bei gekrümmten Schalenstrukturen kann durch die bereichsweise Netzverfeinerung bei der Verwendung von Elementen mit bilinearen Ansatzfunktionen ein zusätzlicher geometrischer Fehler auftreten, der eventuell dazu führt, dass die adaptive Berechnung schlechtere Ergebnisse liefert, als die gleichmäßige Netzverfeinerung. Dieser geometrische Fehler lässt sich durch die Verwendung von Elementen mit biquadratischen Ansatzfunktionen stark verringern. Künftig sollen deshalb Solid Shell Elemente mit biquadratischen Ansatzfunktionen in die adaptive Version von FEAP eingebunden werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei adaptiven Finite Element Berechnungen ist der Datentransfer zwischen verschiedenen Finite Element Netzen. Während bei einer linearen, statischen Berechnung sämtliche bisherigen Berechnungsergebnisse bei der Netzveränderung verworfen werden, müssen bei einer nichtlinearen Berechnung die im Laufe der Berechnung ermittelten Variablen auf das neue Netz übertragen werden, wenn die Berechnung nicht auf dem neuen Netz vollständig wiederholt werden soll.

### 3.1.9. Development of the Covariant Description for Contact Problems of Bodies with Arbitrarily Shaped Surfaces

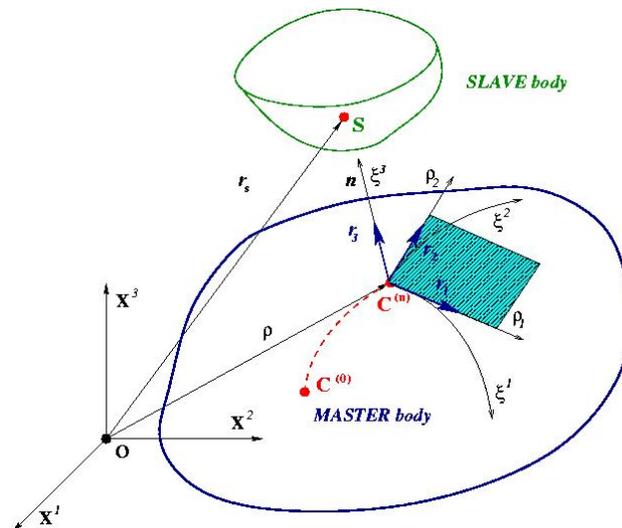
*Internes Projekt*

*Bearbeitung: A. Konyukhov, K. Schweizerhof*

Contact problems are important in engineering practice when the interaction of two and more bodies is considered. This leads to the formulation of contact conditions on the unknown contact surfaces, which makes the problem nonlinear. A great variety of methods is available to solve the problem numerically. There are e.g. the direct solution of the variational inequalities by

nonlinear programming, the Lagrangian multiplier method, the penalty method and the augmented Lagrangian method. In order to apply these methods a "measure" of contact has to be introduced. According to the "master-slave" concept, a shortest distance  $\mathbf{C}^{(n)}\mathbf{S}$  between contacting surfaces, or the, so-called, penetration is chosen as a "measure" for the non-frictional contact. In order to define the penetration, one of the contact bodies is taken as a "master body", while another one is taken as a "slave body". The closest point procedure allows then to define a projection point  $\mathbf{C}^{(n)}$  as well as the value of penetration  $\xi^3$ . It is necessary to introduce additionally a tangential measure, if the frictional problems have to be considered. This is a line  $\mathbf{C}^{(0)}\mathbf{C}^{(n)}$ , obtained as a scratch by the slave point  $\mathbf{S}$ . The contact forces between bodies are formulated then via these measures. The main difficulty of contact problems is that neither a penetration, nor a sliding path  $\mathbf{C}^{(0)}\mathbf{C}^{(n)}$  are not known a-priori. They have to be defined in accordance with the equilibrium conditions of contact bodies. Formulation of the equilibrium conditions leads to the nonlinear contact functional. Therefore, the whole problem requires an iterative solution, e.g. by a Newton iterative scheme.

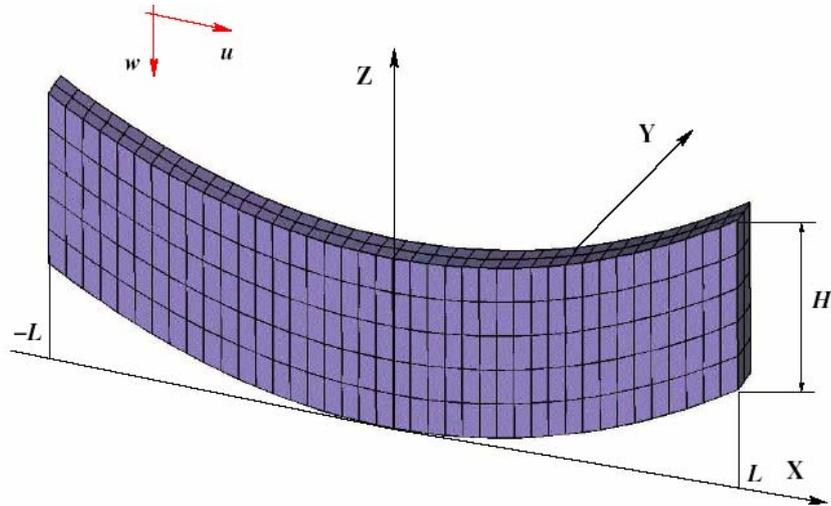
The core of **the covariant description** is to describe all necessary contact measures and equilibrium conditions in a specially defined spatial local coordinate system. This coordinate system is defined locally after the closest-point procedure, at the contact point  $\mathbf{C}^{(n)}$ . The spatial coordinate vectors  $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3$  inherit then geometry of the surface coordinate vectors  $\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2$  and the normal vector  $\mathbf{n}$ . The apparatus of differential geometry and tensor calculus is applied to obtain all contact characteristics. The solution method is based on the iterative scheme of Newton's type and, therefore, requires derivatives of the contact functional. Derivation of the functional, or, the so-called linearization procedure, is obtained as a covariant differential operation in the spatial coordinate system. When these mathematical operations are fulfilled, application of the finite element discretization to the derived equations leads to effective numerical scheme for contact problems.



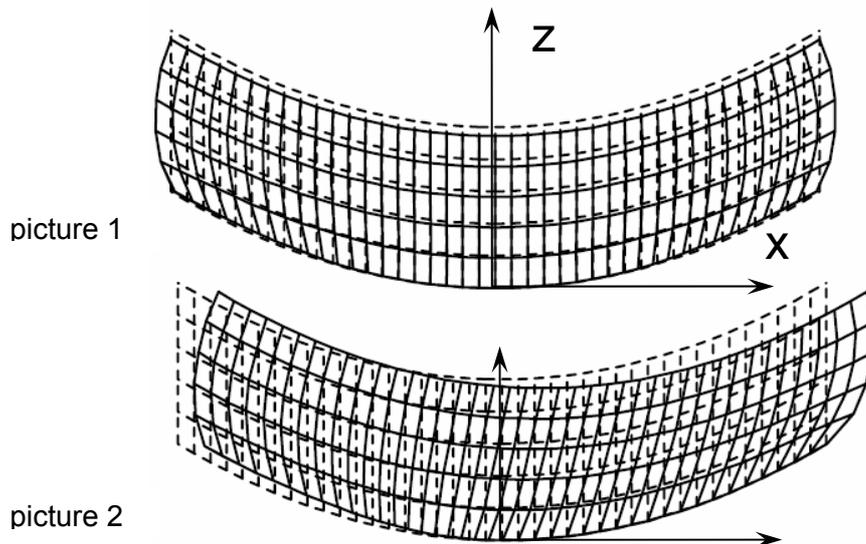
Introduction of the spatial surface coordinate system

Numerical example:

Beginning of the sliding.



The parabolic elastic block is pressed down into a rigid parabolic base by the vertical displacements  $w$  applied on the upper surface (picture 1):  
*Two symmetrical sliding zones appear on the left-hand side and on the right-hand side.*



Horizontal displacements  $u$  are applied incrementally on the upper surface (picture 2):  
*The right sliding zone is vanished, while the left sliding zone is spreading till the block begins to slide completely.*

### 3.1.10. Fluid-Struktur Kopplung in der nichtlinearen FE-Analyse

*Kooperation, Institut für Mechanik und Institut für Technische Mechanik (Prof. Wittenburg), Universität Karlsruhe (TH),  
Bearbeitung: T. Rumpel, K. Schweizerhof*

Technische Entwicklungen in der Hydraulik und Pneumatik verlangen nach effektiven Berechnungsverfahren um neue Produkte schnell und zuverlässig auf den Markt zu bringen. Die bislang vorliegenden numerischen Verfahren sind für geometrisch nichtlineare Problemstellungen nur bedingt geeignet. Am Institut wird deshalb an der Lösung des nichtlinearen Gleichgewichtsproblems zwischen Struktur und Fluid (Flüssigkeit und Gas) bei großen Strukturdeformationen gearbeitet. Das neu entwickelte Verfahren unterscheidet sich von üblichen Diskretisierungen, durch die elementfreie Darstellung des Fluids. Neben pneumatischen und hydraulischen Strukturen ist die Analyse von elastischen Strukturen unter hydrostatischer Belastung, sowie die Berechnung von großen hydraulischen Strukturen im Schwerfeld möglich.



Torsion einer elastischen Doppelkammer mit (linkes Bild) und ohne (rechtes Bild) Gasfüllung

### 3.1.11. Untersuchung der Sprengauswirkung im Nahbereich Entwicklung effizienter und robuster 3D-Elemente, Adaptive Berechnung, Kopplung mit Starrkörpersimulation

*DFG Schw 307/16-1*

*Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),  
Teilprojekt 2 innerhalb der Forschergruppe „Computergestützte Destruktion komplexer Tragwerke durch Sprengung“ in Kooperation mit Prof. Dr.-Ing. Lothar Stempniewski, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Karlsruhe (TH), Prof. Dr.-Ing. Friedhelm Stangenberg, Lehrstuhl für Stahlbeton- und Spannbetonbau, Ruhr-Universität Bochum, Prof. Dr.-Ing. habil. Bernd Möller, Lehrstuhl für Statik, Technische Universität Dresden, Prof. Dr.-Ing. Dietrich Hartmann, Lehrstuhl für Ingenieurinformatik, Ruhr-Universität Bochum*

*Bearbeitung: G. Blankenhorn, K. Schweizerhof*

Gesamtproblemstellung der Forschergruppe:

Der gezielte Abbruch von Bauwerken am Ende ihrer Nutzungs- bzw. Lebensdauer – hier als Destruktion bezeichnet – hat in den letzten Jahren zu-

nehmend an Bedeutung gewonnen. Dies hängt damit zusammen, dass die Anzahl der Bauwerke, die durch Schädigung oder Umwelteinflüsse unbrauchbar geworden sind oder die nicht mehr den heutigen Anforderungen an Funktionsfähigkeit, Ästhetik oder Qualität genügen, ständig wächst. Ein weiter Grund liegt darin, dass die Ressourcen an Bauland begrenzt sind und somit ein Neubau – auch bei noch intakter Bebauung – oft nur durch Destruktion vorhandener Bausubstanz möglich bzw. finanzierbar wird. Diese Situation trifft insbesondere auf innerstädtische Bereiche dichter Bebauung, starkem öffentlichen Verkehr und intensivem Geschäftsbetrieb zu.

#### Ziele der Forschergruppe:

Der Forschungsverbund hat die Erhöhung der Zuverlässigkeit von Simulationsmodellen für das Sprengen komplexer Tragwerke zum Ziel. Hierzu wird die „Destruktion von Komplextragwerken durch Sprengung“ als mehrstufiges Problem (Multi-Level-Problem) modelliert und dieses dann durch Einsatz mehrerer, moderner Methoden der Ingenieurinformatik sowie der computerorientierten Mechanik mit Hilfe der numerischen Simulation gelöst.

#### Projekthalte Teilprojekt 2:

Bei der Sprengung von Tragwerken treten nicht nur Fragestellungen unmittelbar im Bereich der Sprengladung bzw. nach der globalen Kollapsform auf, sondern es ist auch dafür Sorge zu tragen, dass die lokale Sprengung nicht weitere ungeplante Zerstörungen in den unmittelbar angrenzenden Tragwerksteilen zur Folge hat. Die Beobachtung des Einflusses der lokalen Sprengung auf diesen Nahbereich ist für eine gute Planung des zeitlichen Sprengablaufs unerlässlich. Hierzu sind systematische Untersuchungen von Sprengvorgängen im Hinblick auf Wellenausbreitung und Schwingungsvorgänge in der deformierten geschädigten Struktur zu berücksichtigen. Ziel des Teilprojekts ist, die in Teilprojekt 1 vorgenommene lokale Untersuchung im Sinne eines Meso Modells grob abzubilden, die Auswirkungen im Nahbereich durch weiterentwickelte robuste und effiziente Volumen- bzw. 3D Schalenelemente abzubilden und die Fehler der expliziten FE-Berechnung mit adaptiven Verfahren zu verbessern. Die dabei vorliegende Modellunschärfe soll mit Hilfe der deterministischen Grundlösung im Rahmen eines Unschärfe Analyse Algorithmus aus Teilprojekt 4 berücksichtigt werden. Außerdem soll das Projekt die im Teilprojekt 5 angenommenen Rechenmodelle absichern.

### **3.2. Publikationen**

B. Göttlicher, K. Schweizerhof: Stable Analysis of Long Duration Motions of FE-Discretized Structures in Central Force Fields, Engineering Computations, Vol. 21, 6, p. 708-717, 2004

T. Rumpel, K. Schweizerhof: Hydrostatic Fluid Loading in Non-Linear Finite Element Analysis, Int. J. for Numerical Methods in Engineering, Volume 59, Issue 6, 2004, p. 849-870

A. Konyukhov, K. Schweizerhof: Contact Formulation via a Velocity Description Allowing Efficiency Improvements in Frictionless Contact Analysis, Computational Mechanics, 33, p. 165-173, 2004

- M. Harnau, A. Konyukhov, K. Schweizerhof: Algorithmic Aspects in Large Deformation Contact Analysis using "Solid-Shell" Elements, *Computers and Structures*, 83, p. 1804-1823, 2005
- I. Müller, H. Schmiege, P. Vielsack, A. Konyukhov: Experimentelle und numerische Untersuchung delaminierter Strukturen zur schwingungsbasierten Schadenidentifikation, *VDI-Berichte*, 1825: 157-176, 2004
- A. Konyukhov, K. Schweizerhof, M. Harnau: Large Deformation Frictional Contact Formulation for Low Order "Solid Shell" Elements, *Proc. ECCOMAS 2004* eds. P. Neittanmäki, T. Rossi, K. Majava, O. Pironneau, 2004
- T. Rumpel, K. Schweizerhof, M. Hassler: Efficient Finite Element Modelling and Simulation of Gas and Fluid Supported Membrane and Shell Structures, *Recent Advances in Textile Membranes and Inflatable Structures*, E. Onate, B. Kröplin (eds.), Barcelona, 2004
- K. Schweizerhof, J. Neumann, S. Kizio: On Time Integration Error Estimation and Adaptive Time Stepping in Structural Dynamics, *GAMM Tagung*, Dresden, 2004
- A. Konyukhov, K. Schweizerhof: Large Deformation Frictional Contact Formulation Based on Velocity Description, *PAMM*, 4, 334-335, 2004
- S. Rues, J. Lenz, H. P. Schierle, H. J. Schindler, K. Schweizerhof: Knochenbeanspruchung und Implantatverteilung im augmentierten Sinusboden, *GAMM Tagung*, Dresden, 2004
- A. Konyukhov, K. Schweizerhof: Covariant Description for Frictional Contact Problems, *Computational Mechanics*, Vol. 35, 3, p. 190-213, 2004
- J. Neumann, K. Schweizerhof: Computation of Eigenvalues and Eigenfunctions of Plate and Shell Structures using Adaptive FE-Methods, submitted for publication, July, 2004
- T. Rumpel, J. Wittenburg, K. Schweizerhof: Finite-Element Simulation of Flexible Fluid Actuators, *IROS 2004, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Tohoku University, Tokyo, Japan, 2004
- K. Schweizerhof, E. Ewert, P. Vielsack: Measures to Judge the Sensitivity of Thin-Walled Shell Structures Concerning Stability under Different Loading Conditions, *Proceedings WCCM VI World Congress on Computational Mechanics 2004*, Beijing / China, Tsinghua University, Press & Springer Verlag, 2004
- B. Göttlicher, K. Schweizerhof: Analysis of Flexible Structures with Occasionally Rigid Parts under Transient Loading, to appear in *Computers Structures*, submitted for publication, July 2004
- E. Ewert, K. Schweizerhof: Sensitivity Investigations Concerning the Stability of Thin-Walled Shell Structures, *Proceedings 4th. Inter. Conf. on Thin-Walled Structures*, UK, Loughborough, 2004
- I. Müller, H. Schmiege, P. Vielsack : Verzweigungen in einem kontinuierlichen dynamischen System mit flächenhaftem, dissipativem Stoßkontakt, *PAMM - Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*, 4, 105-106, 2004

I. Müller: Vibration-Based Experimental Detection of Delaminations, Journal of Sound and Vibration, submitted for publication, 2004

I. Müller: Clapping in Delaminated Sandwich-Beams due to Forced Oscillations, submitted for publication, 2005

I. Müller, A. Konyukhov, P. Vielsack, K. Schweizerhof, Parameter estimation for finite element analyses of stationary oscillations of a vibro-impacting system, Engineering Structures, 27, pp.191-201, 2005

G. Blankenhorn, K. Schweizerhof, H. Finckh, Impact analysis of projectiles on textiles with different discretization of the textile structure, Proceedings of the International symposium on crashworthiness of light-weight automotive structures, Trondheim 2004

### **3.3. Wissenschaftliche Vorträge**

E. Ewert, Sensitivity Investigations Concerning the Stability of Thin-Walled Shell Structures, Fourth International Conference on Thin-Walled Structures, Loughborough, United Kingdom, 23.06.2004

A. Konyukhov, Large deformation frictional contact formulation based on a velocity description, GAMM, Dresden, 22.03.2004

A. Konyukhov, Large deformation frictional contact formulation for low order solid-shell elements, ECCOMAS 2004, Jyväskylä, 25.07.2004

A. Konyukhov, Covariant theory of contact interaction, Seminar, Moscow state university, Department for composite materials, Moscow, 22.11.2004

S. Rues, Simulation der Sinusboden-Elevation, FE im Schnee, Hirschegg, 15.01.2004

S. Rues, Simulation der Sinusboden-Elevation, Kick-off-Meeting Biomechanik, Ulm, 20.02.2004

S. Rues, Simulation der Sinusboden-Elevation, GAMM, Dresden, 24.03.2004

S. Rues, Thermal and Load Stresses in All-Ceramic Premolar Crown Models, IADR Annual Meeting, Genf, 22.10.2004

S. Rues, Wärme- und Lastspannungen in vollkeramischen Kronen, First GAMM seminar of continuum biomechanics, Freudenstadt, 26.11.2004

I. Müller, Experimentelle und numerische Untersuchung delaminierter Strukturen zur Schwingungsbasierten Schadensidentifikation, VDI - Schwingungstagung 2004, Wiesloch bei Heidelberg, März 2004

I. Müller, Verzweigungen in einem kontinuierlichen dynamischen System mit flächenhaftem, dissipativem Stoßkontakt, GAMM, Dresden, 03.2004

G. Blankenhorn, Impact analysis of projectiles on textiles with different discretization relating to the textile, International Symposium Crashworthiness of Light-Weight Automotive Structures, Trondheim, Norway, 18.06.2004

G. Blankenhorn, Untersuchung der Sprengauswirkung im Nahbereich, Workshop Abbruchsprengen, 24.11.2004, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe

K. Schweizerhof, On time integration error estimation and adaptive time stepping in structural dynamics, GAMM Tagung, Dresden, 2004

K. Schweizerhof, Computational Mechanics - Solving Nonlinear Quasistatic and Transient Problems in Science and Industry, Abschlussfeier MSc in Computational Mechanics, Materials and Structures, Uni Stuttgart, 2004

K. Schweizerhof, On developments in explicit dynamics and applications in the German automotive industry, 1st Japanese - German Workshop on Computational Mechanics, Hannover, 2004

K. Schweizerhof, Measures to judge the sensitivity of thin-walled shell structures concerning stability under different loading conditions, WCCM VI World Congress on Computational Mechanics 2004, Beijing, China, 2004

K. Schweizerhof, Akkreditierung und Qualitätsmanagement, Impulsreferat, Symposium des Hochschulverbandes: Qualität durch Akkreditierung, Bonn-Bad Godesberg, 10.11.2004

### **3.4. Mitherausgeber und Gutachter wissenschaftlicher Publikationen**

#### **Prof. Dr.-Ing. K. Schweizerhof**

- Engineering Structures (Editorial Board, Gutachter)
- Structural Eng. Review (Gutachter)
- Engineering Computations (Gutachter)
- Engineering Mechanics (Gutachter)
- Computers & Structures (Gutachter)
- Int. J. Solids and Structures (Gutachter)
- Int. J. Num. Meth. Eng. (Gutachter)
- Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering (Editorial Board, Gutachter)
- Crashworthiness of Light-Weight Automotive Structures (Symposium, in Scientific Advisory Board)

#### **Prof. Dr.-Ing. P. Vielsack**

- Int. Journ. Nonlin. Mech. (Gutachter)
- Int. Journ. Sound and Vibration (Gutachter)
- Computational Mechanics (Gutachter)

## 4. Aktivitäten in Organisationen von Lehre und Forschung

### 4.1. Universitäre Selbstverwaltung

#### Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

- Mitglied des Fakultätsrates (seit 1993) und des erweiterten Fakultätsrates
- Mitglied verschiedener Berufungskommissionen
- Mitglied des Vorstandes des Instituts für Wissenschaftliches Rechnen und Mathematische Modellbildung (IWRMM), Universität Karlsruhe, seit 1993
- Vorsitzender des Auswahlausschusses der Fritz-Peter-Müller-Stiftung
- Prodekan der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften ab 1.10.02

#### Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Vielsack

- Mitglied des erweiterten Fakultätsrates
- Vorsitzender der Vorprüfungskommission
- Mitglied verschiedener Berufungskommissionen

#### Dipl.-Ing. Gunther Blankenhorn

- Mittelbauvertreter in der Hauptprüfungskommission

### 4.2. Aktive Mitarbeit bei nationalen und internationalen Organisationen

#### Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

- Mitglied der Ständigen Kommission des Fakultätentages Bauingenieur- und Vermessungswesen ab 1.1.2004
- Stellvertretender Vorsitzender des Fakultätentages Bauingenieur- und Vermessungswesen (FTBV) von 1.1.2000 bis 31.12.2000, von 1.1.2003 bis 31.12.2003
- Vorsitzender des Fakultätentages Bauingenieur- und Vermessungswesen (FTBV) von 1.1.2001 bis 31.12.2002
- Vertreter der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe beim Fakultätentag Bauingenieur- und Vermessungswesen (FTBV) seit 1996
- Mitglied des Lenkungs Ausschusses für das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS), seit März 2000
- Mitglied des Fachausschusses Bauingenieur- und Vermessungswesen in der Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschaften und der Informatik (ASIIN) e.V., seit Sommer 2000
- Mitglied des Vorstandes des ASBau (Akkreditierungsverbund für Studiengänge des Bauingenieurwesens) seit April 2002
- Mitglied des Fachausschusses Bauingenieurwesens des ASBau (Akkreditierungsverbund für Studiengänge des Bauingenieurwesens) seit April 2002
- Vertrauensdozent der Studienstiftung des Deutschen Volkes, seit 1990

- Gutachter für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Mitglied der Fachkommission Bauingenieurwesen im Akkreditierungsverbund für Ingenieurstudiengänge e.V., seit 1999

#### **4.3. Mitglied bei wissenschaftlichen Vereinigungen**

##### **Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof**

- GAMM-Mitglied
- GACM-Mitglied (German Association of Comput. Mechanics)
- EUROMECH-Mitglied
- Mitglied im Forschungsverbund „Wissenschaftliches Rechnen in Baden-Württemberg“ (WIR)
- Organisation Committee, Int. Symposium „Crashworthiness of Light-Weight Automotive Structures“, Trondheim, Juni 2004

##### **Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Vielsack**

- GAMM- Mitglied

##### **Dr.-Ing. Hans Schmiegl, Akad. Oberrat**

- GAMM-Mitglied

##### **Dipl.-Ing. Johann Bitzenbauer**

- GAMM-Mitglied

##### **Dipl.-Ing. Gunther Blankenhorn**

- GAMM-Mitglied
- GACM-Mitglied

##### **Dipl.-Ing. Eduard Ewert**

- GAMM-Mitglied

##### **Dipl.-Ing. Matthias Harnau**

- GAMM-Mitglied

##### **Dipl.-Ing. Marc Haßler**

- GAMM-Mitglied

##### **Dipl.-Ing. Stephan Kizio**

- GAMM-Mitglied

##### **Dr. Alexander Konyukhov**

- GAMM-Mitglied

**Dipl.-Ing. Ingolf Müller**

- GAMM-Mitglied

**Dipl.-Ing. Stephan Rues**

- GAMM-Mitglied

## 5. Tagungen und Kontakte

### 5.1. Durchgeführte Tagungsveranstaltungen

Workshop zu aktuellen Fragen der Baudynamik

Aus der Ankündigung:

Verleihung der Preise der "Professor Dr.-Ing. Fritz-Peter-Müller-Stiftung" am 9. Juli 2004, im Kollegiengebäude für Bauingenieure am Durlacher Tor (Gebäude-Nr. 10.50), Kleiner Hörsaal

Aktuelle Fragen der Baudynamik stehen im Mittelpunkt eines Kolloquiums, das die Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe am 9. Juli 2004 veranstaltet. Den Auftakt bildet zunächst die Verleihung der Preise der "Professor Dr.-Ing. Fritz-Peter-Müller-Stiftung". Die Stiftung honoriert seit 1983 herausragende wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Baudynamik, welche durch Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen der deutschen Hochschulen erbracht wurden. Gestiftet wurde der mit 2.000 Euro dotierte Preis von Berta Müller-Czerwenka zum Gedenken an Professor Dr.-Ing. Fritz Peter Müller, Inhaber des Lehrstuhls für Beton- und Stahlbeton an der Universität Karlsruhe von 1971 bis 1981. Der Preis wird im zweijährigen Turnus verliehen. Abgerundet wird die Veranstaltung durch Vorträge zu baulastdynamischen Fragestellungen von Professor Dr.-Ing. von Estorff, Universität Hamburg-Harburg, und Professor Dr.-Ing. Jehle, Technische Universität Dresden.

Die Preisträger der Jahre 2003 und 2004 würdigten der Dekan der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann, und der Prorektor der Universität Karlsruhe, Professor Dr. rer. nat. Norbert Henze. Die Preisverleihung fand um 14.00 Uhr statt.

Preisträger des Jahres 2003 ist Dr.-Ing. Hamid Sadegh-Azar. Er erhält den Preis für seine Doktorarbeit "Schnellbewertung der Erdbebengefährdung von Gebäuden", die er an der RWTH Aachen angefertigt hat. In seiner Arbeit entwickelte Dr.-Ing. Sadegh-Azar eine Methode, die es ermöglicht, die Erdbebengefährdung von Gebäuden einzuschätzen. Ferner entstand ein Verfahren zur funktionsorientierten seismischen Bemessung von Bauwerken für verschiedene Gefährdungsstufen. Mit dieser Bemessungsmethode können durch die Verknüpfung von Bebenstärken und Schädigungsstufen verschiedene Bemessungsziele definiert werden. Die Arbeit besticht durch hohe Praxisnähe.

Der Preisträger des Jahres 2004 heisst Dr.-Ing. Elmar Walhorn. Das Thema seiner an der TU Braunschweig angefertigten Doktorarbeit lautet "Ein simultanes Berechnungsverfahren für Fluid-Struktur-Wechselwirkungen mit finiten Raum-Zeit-Elementen". Dr.-Ing. Walhorn entwickelte ein Berechnungsmodell zur effizienten Analyse von starken, nichtlinearen Wechselwirkungen zwischen Fluid und Struktur. Dabei wird die Raum-Zeit-Finite-Elemente-Methode als einheitliches Diskretisierungsverfahren für beide Kontinua verwendet. Mit der einheitlichen Betrachtung von Raum und Zeit ist es möglich, das Fluidgebiet den Strukturverformungen kontinuierlich anzupassen. Mit dieser beeindruckenden theoretischen Arbeit wird ein wesentlicher Schritt in Richtung konsistenter Simulationsverfahren für die bessere Beurteilung von z.B. dem Verformungsverhalten von weichen Körpern in strömenden Flüssigkeiten getan.



Prorektor der Universität Karlsruhe (TH), Professor Dr. rer. nat. Norbert Henze würdigt den Preisträger 2003, Herrn Dr.-Ing. Hamid Sadegh-Azar



Prorektor der Universität Karlsruhe (TH), Professor Dr. rer. nat. Norbert Henze würdigt den Preisträger 2004, Herrn Dr.-Ing. Elmar Walhorn



Kaffepause zwischen den Vorträgen, Workshop zu aktuellen Fragen der Baudynamik



von links nach rechts: Vortragender Professor Dr.-Ing. Jehle, Preisträger 2003 Dr.-Ing. Hamid Sadegh-Azar, Stifterin Berta Müller-Czerwenka, Preisträger 2004 Dr.-Ing. Elmar Walhorn, Vortragender Professor Dr.-Ing. von Estorff, Leiter der Veranstaltung Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

## **5.2. Seminarvorträge**

Schmidt, Jürgen: Numerische Simulation des Schwingungsverhaltens delaminierter Balkenstrukturen unter Berücksichtigung der Kontaktphänomene im Schädigungsbereich, 10.05.2004

Scheffs, Klaudiusz: Untersuchungen zum Einfluss der Lagerungs und Lastimperfektionen auf das Beulverhalten von Kreiszyindern, 06.04.2004

Frank Koschnick, Geometrische Locking-Effekte bei Finiten Elementen und ein allgemeines Konzept zu ihrer Vermeidung.

Ubert, Andreas: Stabilisierung unterintegrierter Finite Elemente und deren Einbau in FEAP-MEKA, 08.12.2003

## **5.3. Industriekooperationen**

Fa. Arcelor, Luxemburg: Rammen von Spundwandprofilen

Fa. MTU Aero Engines GmbH, München: Reibdämpfung von Turbinenschaufeln

Fa. GERB Schwingungsisolierung GmbH & Co. KG, Berlin: Isolierung von Schienenfahrwegen

Fa. EADS, München/Ottobrunn

Fa. BASF, Ludwigshafen, Meßtechnische Untersuchungen an Rohrleitungen

## 6. Öffentlichkeitsarbeit

H. Schmiege, Schülerinnen-Technik Tag: Laborexperimente zum Thema „Erdbebenerregte Schwingungen“ (29. Nov. 2003)

P. Vielsack, „Was bringt den Bau in Schwung?“, Informationstag der Universität Karlsruhe (TH) für Schülerinnen und Schüler (19. Mai 2004)

P. Vielsack, „Bauwerke in Bewegung“, Vortrag, Karlsruhe Stadtgeburtstag (20. Juni 2004)

P. Vielsack, Einführungsvortrag für das 1. Semester

### 6.1. Schülerinnen -Technik Tag 2003

Zum 11. Mal fand am 29.11.2003 der Mädchen-Technik-Tag an der Universität Karlsruhe (TH) statt. In mehreren Workshops werden hier jungen Frauen konkrete Vorstellungen von einem technischen Berufsfeld vermittelt. Ihnen wird die Möglichkeit gegeben hinter die Kulissen einer technischen Universität zu blicken und die vielen Facetten und beruflichen Möglichkeiten kennen zu lernen.

Das Institut für Mechanik bietet im Kontext dieser Veranstaltung einen Workshop zum Thema Erdbeben an, in dem Phänomenologisches zu Erdbebenbeanspruchungen von Gebäuden gezeigt wurde und an einfachen Modellen und praktischen Beispielen die zugrunde liegende Gesetzmäßigkeiten erklärt wurden.



Schaukelversuch zur Veranschaulichung des Begriffs der Eigenfrequenz



Betrachtung eines Ein-Massen-Systems als Modell eines Turmes:  
Diskussion des Einflusses von Masse, Länge,  
Querschnitt und Material auf die Eigenfrequenz



Veranschaulichung der Schwingungsform der Millennium-Bridge  
anhand der Schwingungen einer Hängematte



Erdbebensicherung von Bauwerken:  
Aussteifung eines Gebäudemodells durch das Anbringen  
von Zugdiagonalen