

INSTITUT FÜR MECHANIK



INSTITUTSBERICHT 2009

Berichtszeitraum Oktober 2008 bis September 2009

© Institut für Mechanik, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Postanschrift:

Institut für Mechanik
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Campus Süd
Kaiserstr. 12
76131 Karlsruhe

Telefon:

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof
Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig
Sekretariat

+49 (0)721-608-2070
+49 (0)721 608-3714
+49 (0)721-608-7745/2071

Fax:

+49 (0)721-608-7990

E-mail: info@ifm.kit.edu

<http://www.ifm.kit.edu>

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	3
1. Organisation und Personal.....	5
1.1 Gliederung des Institutes	5
1.2 Wissenschaftliche Mitarbeiter	5
1.3 Weitere Institutsangehörige	5
1.4 VT-Personal	5
1.5 Wissenschaftliche Hilfskräfte	5
1.6 Studentische Hilfskräfte	6
1.7 Tutoren	6
2. Lehre und Studium.....	7
2.1 Lehrveranstaltungen	7
2.2 Beschreibung der Lehrveranstaltungen	8
2.2.1 Statik starrer Körper	8
2.2.2 Festigkeitslehre.....	8
2.2.3 Dynamik.....	9
2.2.4 Mechanik für Geodäten	9
2.2.5 Grundlagen der Baudynamik.....	9
2.2.6 Einführung in die Kontinuumsmechanik	10
2.2.7 Kontinuumsmechanik	10
2.2.8 Finite Elemente.....	11
2.2.9 Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme	11
2.2.10 Modellbildung in der Festigkeitslehre	12
2.2.11 Kinetische Stabilitätskriterien.....	13
2.2.12 Seminar für Mechanik.....	13
2.2.13 Rheologie.....	13
2.2.14 Anwendungsorientierte Materialtheorien des Bauwesens	14
2.2.15 Contact Mechanics I: Static Problems.....	14
2.2.16 Contact Mechanics II: 3D Problems and Dynamics	15
2.2.17 Messtechnisches Praktikum	15
2.2.18 Laborpraktikum	15
2.3 Prüfungen	16
2.4 Studienarbeiten	16
2.5 Diplomarbeiten/Masterarbeiten	16
2.6 Promotionen/Habilitationen	16
3. Forschung.....	17
3.1 Grundlagenforschung – ausgewählte Projekte	17
3.1.1 Contact interaction inside knot connections of cables	17
3.1.2 Trennung und Vereinigung fluidgefüllter Kammern mit Hilfe einer analytischen Fluidbeschreibung	19
3.1.3 Entwicklung hoch effizienter Schalenelemente mit quadratischer Ansatzordnung in Schalenebene für transiente Analysen - Aufbau einer Systematik zur programmunterstützten Entwicklung von Schalenelementen	21
3.1.4 Computergestützte Destruktion komplexer Tragwerke durch Sprengung	23
3.1.5 Stability of thin walled structures strongly coupled with contact.....	24
3.1.6 Behaviour and Modelling of Normalized Aluminum Die-Castings.....	26
3.1.7 Mehrskalige Modellierung talkpartikelmodifizierter thermoplastischer Kunststoffe.....	28
3.1.8 Die Erdbebengefährdung der Hagia Sophia in Istanbul, Verifizierung und Validierung numerischer Rechenmodelle für dynamische Beanspruchungen.....	30
3.2 Publikationen	34
3.3 Wissenschaftliche Vorträge	35
3.4 Auszeichnungen	36
3.5 Mitherausgeber und Gutachter wissenschaftlicher Publikationen, Prof.Schweizerhof	37
3.6 Gutachtertätigkeit, Prof. Seelig	37
4. Aktivitäten in Organisationen von Lehre und Forschung.....	38

4.1	Universitäre Selbstverwaltung	38
4.2	Aktive Mitarbeit bei nationalen und internationalen Organisationen	38
4.3	Mitgliedschaft bei wissenschaftlichen Vereinigungen	38
5.	Sonstige Aktivitäten und Kontakte	40
5.1	Seminarvorträge im Institut	40
5.2	Kooperationen	40
5.3	DAAD – Projektbezogener Austausch mit Schweden	40

1. Organisation und Personal

1.1 Gliederung des Institutes

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof (Sprecher)

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig

Lehrkörper

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig

Dr.-Ing. Ingolf Müller

Interne Forschungsabteilungen

Labor für elektronisches Rechnen

Labor für experimentelle Mechanik

1.2 Wissenschaftliche Mitarbeiter

Dr.-Ing. Ingolf Müller, Akad. Rat

Dr. Alexander Konyukhov (DFG)

Dipl.-Ing. Johann Bitzenbauer (Planstelle und DFG)

Dipl.-Ing. Gunther Blankenhorn (DFG)

Dipl.-Ing. Marc Haßler (Planstelle, bis 30.04.09)

M.Sc. Philipp Hempel (Planstelle, ab 01.04.09)

Dipl.-Ing. Ridvan Izi (Planstelle)

Dipl.-Ing. Octavian Knoll (Industriemittel, ab 01.05. 09)

Dipl.-Ing. Steffen Mattern (Planstelle und DFG)

Dipl.-Math. techn. Anne Maurer (Planstelle, ab 15.10.08)

Dipl.-Ing. Georgios Michaloudis (DFG)

Dipl.-Ing. Christine Ruck (50 %, aus Studiengebühren)

1.3 Weitere Institutsangehörige

Dr. rer.nat. Jürgen Lenz, Forschungsgruppe Biomechanik

Dr. med.dent. Hans J. Schindler, Forschungsgruppe Biomechanik

1.4 VT-Personal

Marianne Benk (50 %), Sekretariat

Rosemarie Krikis (50 %), Sekretariat

Dipl.-Inf. Klaus Neidhardt (50 %), IT-Systembetreuer

Willi Wendler, Feinmechanikermeister

1.5 Wissenschaftliche Hilfskräfte

Galina Gorbunova, B.Sc.

1.6 **Studentische Hilfskräfte**

cand. ing. André Blumenstock
cand. ing. Michael Dutzi
cand. ing. Anja Förderer
cand. ing. Valentin Heid
cand. ing. Alexander Hillenberg
cand. ing. Helen Hoof
cand. ing. Vasileios Karvounas
cand. ing. Matthias Kotlik
cand. ing. Andreas Ludwig
cand. ing. Susanne Müller
stud. ing. Nikola Nachkov
cand. ing. Pascal Ortmann
cand. ing. Christoph Schmied
cand. ing. Julia Schuler
cand. ing. Dominique Sghair
cand. ing. Michael Strobl
cand. ing. Kerstin Vonnieda
stud. ing. Halil Yeniavci

1.7 **Tutoren**

cand. ing. André Blumenstock
cand. ing. Marek Fassin
cand. ing. Frank Fickenscher
cand. ing. Alexander Hillenberg
cand. ing. Miriam Kleinhenz
cand. ing. Michael Krawiec
cand. ing. Christian Lorenz
cand. ing. Andreas Ludwig
cand. ing. Petra Mann
cand. ing. Michael Müller
cand. ing. Susanne Müller
cand. ing. Vitali Ruhl
cand. ing. Katrin Schmitt
cand. ing. Michael Strobl
cand. ing. Pol Tock
cand. ing. Kerstin Vonnieda
cand. ing. Jakob Weber
cand. ing. Tobias Wiegert
cand. ing. Kristina Wilke

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 die Studiengänge Angewandte Geowissenschaften und Technomathematik. Eine Vorlesung ist Wahlpflicht für den Studiengang Geodäsie.

Tabellarische Übersicht der angebotenen Lehrveranstaltungen

Lehrveranstaltung	im	Dozent	V *	Ü *	FS	Prüfung
Grundstudium, Pflicht						
Statik starrer Körper	WS 08/09	Müller Ruck	3	2	1	P
Festigkeitslehre	SS 09	Schweizerhof Hempel	4	2	2	P, K
Dynamik	WS 08/09	Seelig Izi	2	2	3	P
Mechanik für Geodäten	WS 08/09	Müller	2	2	3	P
Vertiefung, Pflicht						
Einführung in die Kontinuumsmechanik	WS 08/09	Seelig Haßler	1	1	5	S
Grundlagen der Baudynamik	SS 09	Müller	2	0	6	S
Kontinuumsmechanik	SS 09	Seelig Izi	2	1	6	P
Vertiefung, Wahlpflicht						
Finite Elemente	WS 08/09	Schweizerhof Maurer	2	2	5/7	P
Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme	SS 09	Schweizerhof Maurer	2	2	8	P
Modellbildung in der Festigkeitslehre (nicht stattgefunden)	WS 08/09	Schweizerhof	2	-	8	P
Kinetische Stabilitätskriterien (nicht stattgefunden)	SS 09	Schweizerhof	2	-	7	P
Seminar für Mechanik	WS 08/09 SS 09	Schweizerhof Seelig	2 2	-	6-8	
Vertiefung, Wahl						
Rheologie	WS 08/09	Seelig	2	-	6/8	
Anwendungsorientierte Materialtheorien des Bauwesens	SS 09	Seelig	2	2	6/8	
Contact Mechanics I	WS 08/09	Konyukhov	2	2	7	
Contact Mechanics II	SS 09	Konyukhov	2	2	8	
Laborpraktikum 3. FS.	WS 08/09	Müller, Ruck		2	3	S
Messtechnisches Praktikum für Bauwerksschwingungen	SS 09	Müller, Ruck	-	10	5	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: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Dr.-Ing. Ingolf Müller
Betreuer: Dipl.-Ing. Christine Ruck
Turnus: Wintersemester (1. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 5 SWS (3 SWS Vorlesung / 2 SWS Übungen)
ECTS: 7,5 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: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof
Betreuer: M.Sc. Philipp Hempel
Turnus: Sommersemester (2. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 6 SWS (4 SWS Vorlesung, 2 SWS Übung)
ECTS: 9 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 Problemkreis "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: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig
Betreuer: Dipl.-Ing. Ridvan Izi
Turnus: Wintersemester (3. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 4 SWS (2 SWS Vorlesung / 2 SWS Übung)
ECTS: 6 Punkte

2.2.4 Mechanik für Geodäten

Ziel:

Die Vorlesung behandelt ausgewählte Themenkreise der klassischen Mechanik (Kinematik, Kinetik) mit Blick auf mechanische Problemstellungen, die für Geodäten von besonderem Interesse sind. Die Anwendungen und Beispiele orientieren sich an diesen spezifischen Problemen. Insbesondere wird neben der Schwingungslehre auch die Zentralbewegung und die Relativbewegung besprochen sowie eine Einführung in die Statik starrer Körper vermittelt.

Es wird sowohl Wert auf das Verständnis von mechanischen Phänomenen gelegt, als auch die mechanisch-mathematische Modellierung und Berechnung behandelt und geübt.

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Dr.-Ing. Ingolf Müller
Turnus: Wintersemester (3. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 4 SWS (2 SWS Vorlesung / 2 SWS Übung)
ECTS: 3 Punkte

2.2.5 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: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Dr.-Ing. Ingolf Müller
Turnus: Sommersemester (6. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung
ECTS: 3 Punkte

2.2.6 Einführung in die Kontinuumsmechanik

Ziel:

Es werden die Grundlagen zur Analyse mehrachsiger Belastungs- und Verformungszustände in elastischen Festkörpern vermittelt. Dies umfasst die Formulierung technischer Fragestellungen als Randwertaufgaben sowie auch die ingenieurmäßige Interpretation der Lösungen – beispielsweise in Bezug auf Lasteinleitungsfragen oder Spannungskonzentrationen. Neben analytischen Lösungsmethoden bei ebenen Problemen werden insbesondere Variations- und Energiemethoden behandelt, die die Grundlagen numerischer Berechnungsverfahren wie der Finite-Elemente-Methode bilden.

Inhalt:

- Vektor- und Tensorrechnung, Indexnotation
- Spannungen und Gleichgewicht
- Verschiebungen und Verzerrungen
- Linear-elastisches Stoffgesetz
- Randwertaufgaben der Elastizitätstheorie
- Ebene Probleme, Airy'sche Spannungsfunktion
- Lokale Spannungskonzentrationen
- Arbeits- und Energieprinzipien der Elastizitätstheorie
- Näherungsmethoden

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig
Betreuer: Dipl.-Ing. Marc Haßler
Turnus: Wintersemester (5. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS (1 SWS Vorlesung / 1 SWS Übungen)
ECTS: 3 Punkte

2.2.7 Kontinuumsmechanik

(Vertiefungsrichtung Geotechnisches Ingenieurwesen)

Ziel:

Ziel der Vorlesung ist es, mit den allgemeinen kontinuumsmechanischen Konzepten (Kinematik der Deformation, Bilanzgleichungen, Materialgesetze) und ihrer Anwendung auf ingenieurwissenschaftliche Probleme vertraut zu machen. Die Lehrveranstaltung vermittelt die Grundlagen insbesondere zur Behandlung geotechnischer Fragestellungen.

Inhalt:

- Kinematik der Kontinuumsdeformation (allgemeine Verzerrungsmaße, geometrische Linearisierung)
- Bilanzgleichungen für Masse, Impuls, Drehimpuls und Energie

- Elastizität (isotrope und anisotrope Materialgesetze)
- Thermoelastizität (Fourier'sche Wärmeleitung, thermische Dehnungen, Duhamel-Neumann-Gesetz, thermisch-mechanische Kopplung)
- Linear-elastische Wellenausbreitung (d'Alembert'sche Lösung, zeitharmonische Wellen, Kompressions- und Scherwellen, Oberflächenwellen)
- Elemente der Bruchmechanik
- Ausblick auf inelastisches Materialverhalten (Plastizität, Viskoelastizität)

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig
Betreuer: Dipl.-Ing. Ridvan Izi
Turnus: Sommersemester (6. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 3 SWS (2 SWS Vorlesung / 1 SWS Übungen)
ECTS: 3 Punkte

2.2.8 Finite Elemente

Ziel:

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

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof
Betreuer: Dipl.-Math. techn. Anne Maurer
Turnus: Wintersemester (5./7. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 4 SWS (2 SWS Vorlesung / 2 SWS Übungen)
ECTS: 6 Punkte

2.2.9 Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme

Ziel:

Feldprobleme stellen in Verbindung mit den klassischen Fragestellungen der Strukturmechanik Hauptanwendungen dar. Am Beispiel von Temperaturproblemen – Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung soll das generelle Vorgehen der Lösung für Feldprobleme mit Finiten Elementen gezeigt werden. Abhängig von den Beanspruchungen sind unterschiedliche Typen der Differentialgleichung zu lösen; werden für die zeitabhängige Fragestellung der Differentialgleichung erster Ordnung in der Zeit die entsprechenden Matrizen entwickelt und die möglichen allgemeinen Lösungsverfahren diskutiert. Ein Schwerpunkt liegt auf den Zeitintegrationsverfahren bei einer Semidiskretisierung. Dieses Vorgehen wird für die Differentialgleichungssysteme zweiter Ordnung der Strukturmechanik weitergeführt und es wird die Entwicklung unterschiedlicher Zeitintegrationsverfahren – Finite Elemente in der Zeit sowie Differenzenverfahren – vorgeführt. Deren Eigenschaften bezüglich Stabilität, Genauigkeit, Dissipation und Dispersion werden diskutiert und exemplarisch aufgezeigt. Ein Schwerpunkt liegt auf der grundsätzlichen Untersuchung der unterschiedlichen Ver-

fahren, aus der sich ein Blick auf wünschenswerte und mögliche Entwicklungen ergibt.

Ausgehend von den Schwächen der klassischen Verschiebungselemente – vorwiegend deren Versteifungseffekten – werden sogenannte Gemischte Elemente betrachtet. Ein Schwerpunkt liegt auf der effizienten Weiterentwicklung von Verschiebungselementen niedriger Ansatzordnung mittels Hinzunahme von Ansätzen für Verzerrungen. Dabei werden die Grenzen der Abbildung von komplexen Verzerrungszuständen mit einfachen Verschiebungsansätzen genauer beleuchtet und versucht diese gezielt zu verändern. Dabei wird auf guten Kenntnissen der Kontinuumsmechanik und der Wärmelehre aufgebaut.

Begleitet wird die Vorlesung durch eigenes Programmieren in den wöchentlichen Übungen, die vorwiegend am Rechner erfolgen.

Am Ende der Vorlesung sollen die Studierenden A) in der Lage sein, für beliebige Feldprobleme eine Lösung mit Finiten Elementen in Grundzügen entwickeln zu können und auch schwierigere Feldprobleme und auch gekoppelte Probleme zu verstehen, B) sollen sie die wesentlichen Zeitintegrationsalgorithmen kennen und deren Vor- und Nachteile bei unterschiedlichen Fragestellungen verstehen, C) sollen die Studierenden sensibilisiert werden für die Grenzen und Schwächen der Methode der Finiten Elemente und auch mit Möglichkeiten, diese Schwächen zu beheben, vertraut gemacht werden. Mit den Übungen sollen die Studierenden neben der Vertiefung der Vorlesungsinhalte in die Lage versetzt werden, selbst Programmmodifikationen vorzunehmen und zu erkennen, welche Möglichkeiten bereits für Studierende bestehen. Mit den Übungen sollen die Studierenden auch Kenntnisse über einfache Testfälle für das Elementverhalten in komplexen Situationen erhalten.

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof
Betreuer: Dipl.-Math. techn. Anne Maurer
Turnus: Sommersemester (8. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 4 SWS (2 SWS Vorlesung / 2 SWS Übungen)
ECTS: 6 Punkte

2.2.10 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: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. K. Schweizerhof
Turnus: Wintersemester (7. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung
ECTS: 3 Punkte

2.2.11 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: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof
Turnus: Sommersemester (8. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung
ECTS: 3 Punkte

2.2.12 Seminar für Mechanik

Ziel:

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

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozenten: Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Seelig
Turnus: Wintersemester (6.-8. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung
ECTS: 3 Punkte

2.2.13 Rheologie

Ziel:

Viele reale Materialien zeigen ein Verhalten, das von der Zeit bzw. der Geschwindigkeit der Belastung abhängt. Die Vorlesung hat zum Ziel, mit mechanischen Modellen und der mathematischen Beschreibung eines solchen *rheonomen* Materialverhaltens vertraut und diese für die Behandlung von Ingenieurproblemen handhabbar zu machen.

Inhalt:

- Phänomenologie zeitabhängigen Materialverhaltens (Kriechen, Relaxation, ...)
- Rheologische Modelle (Maxwell, Kelvin-Voigt, Burgers, Bingham, ...)
- Anwendung zur Beschreibung von Polymerwerkstoffen, Bitumen und Asphalt
- Dreidimensionale Formulierung viskoelastischer und viskoplastischer Materialmodelle

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig
Turnus: Wintersemester (6. oder 8. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung
ECTS: 3 Punkte

2.2.14 Anwendungsorientierte Materialtheorien des Bauwesens

Ziel:

Moderne Fragestellungen des Ingenieurwesens erfordern eine theoretische Materialbeschreibung, die über das rein elastische Verhalten hinausgeht. Ziel der Vorlesung ist es, mit Methoden der kontinuumsmechanischen Modellierung inelastischen Materialverhaltens vertraut zu machen, wobei neben den unterschiedlichen Phänomenen auch deren physikalische Ursachen diskutiert werden.

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Seelig
Turnus: Sommersemester (6. oder 8. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung
ECTS: 3 Punkte

2.2.15 Contact Mechanics I: Static Problems

Goals:

Contact problems appear within a large number of engineering problems. The main difficulty in the solution of contact problems is the nonlinearity of the governing equilibrium equations even for small displacement problems. This nonlinearity is arising from a lack of a-priori knowledge about a contact area and contact stresses. Thus, an advanced mathematical modeling should be applied. Several contact approaches for modeling contact conditions within the finite element method are described during the course. Particular problems arising during the modeling are discussed and illustrated by numerical examples using also commercial FE programs. Numerical implementations for the FEAP code (**F**inite **E**lement **A**nalysis **P**rogram, version FEAP-MeKa) are done for 2-D examples.

Contents: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Dr. Alexander Konyukhov
Turnus: Wintersemester (7. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung, 2 SWS Übung
ECTS: 6 Punkte

2.2.16 Contact Mechanics II: 3D Problems and Dynamics

Goals:

- Understand modern contact algorithms for three-dimensional structures subjected to large deformations and dynamic loading.
- Understand specific FE-issues related to different contact approaches.
- Perform partially own implementation.

Contents: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozent: Dr. Alexander Konyukhov
Turnus: Sommersemester (8. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS Vorlesung, 2 SWS Übung
ECTS: 6 Punkte

2.2.17 Messtechnisches Praktikum

Ziel:

Es sollen die Kenntnisse aus der Vorlesung „Baudynamik“ und „Dynamik“ auf reale baupraxisähnliche Strukturen zuerst im Labor und abschließend im Feld angewandt werden. Wert wird insbesondere auf den Vergleich theoretisch berechneter und experimentell gewonnener Ergebnisse gelegt sowie auf die Interpretation von Abweichungen zwischen Rechenmodell und Experiment. Komplexe Phänomene der Theorie, wie z.B. Eigenformen, sollen veranschaulicht werden. Es wird den Studierenden die Möglichkeit geboten, an Experimenten teilzunehmen und insbesondere selbst Experimente durchzuführen. Zum Abschluss des Praktikums wird eine reale Struktur (Gebäude/Turm) auf ihre Schwingungseigenschaften mit der erarbeiteten Methode untersucht.

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozenten: Dr.-Ing. Ingolf Müller, Dipl.-Ing. Christine Ruck, Willi Wendler
Turnus: Sommersemester (6. Fachsemester)
Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS
ECTS: 3 Punkte

2.2.18 Laborpraktikum

Ziel:

Messung mechanischer Größen (Wege, Dehnungen ...) und Systemparameter (Eigenfrequenz, Dämpfung ...) von einfachen dynamischen Systemen im Schwingungslabor des Instituts für Mechanik.

Inhalt: siehe <http://www.ifm.kit.edu>

Dozenten: Dr.-Ing. Ingolf Müller, Dipl.-Ing. Christine Ruck, Willi Wendler
Turnus: Wintersemester (3. Fachsemester)

Kursdauer: 1 Semester
Umfang: 2 SWS
ECTS: 3 Punkte

2.3 Prüfungen

	Zahl der Teilnehmer	
	WS 08/09	SS 09
Statik starrer Körper	296	89
Festigkeitslehre	58	278
Festigkeitslehre, Studiengang Angewandte Geowissenschaften	2	15
Dynamik	134	74
Prüfung Baudynamik	3	37
Einführung in die Kontinuumsmechanik	30	9
Kontinuumsmechanik	1	-
Finite Elemente	6	
Finite Elemente für Feld- und zeitvariante Probleme	6	
Modellbildung in der Festigkeitslehre	-	
Kinetische Stabilitätskriterien	-	
Messtechnisches Praktikum	2	
Anwendungsorientierte Materialtheorien des Bauwesens	-	
Contact Mechanics I	-	
Contact Mechanics II	-	
Einführung in die Kreisel- und Satellitentheorie	-	

2.4 Studienarbeiten

2.5 Diplomarbeiten/Masterarbeiten

Mrkonjić, Marina, cand. ing.: Implementierung eines geometrisch nichtlinearen Volumenschalenelements mit orthotropem Schichtaufbau und Unidirektorkinematik, 16. März 2009

Allert, Baldur, cand. math. techn.: Modellierung gekrümmter Balken bei beliebigen großen Deformationen und Kontakt, 31. März 2009

2.6 Promotionen/Habilitationen

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

Hauptreferat

Haßler, Marc: Quasi-Static Fluid-Structure Interactions Based on a Geometric Description of Fluids, Universität Karlsruhe, 22. Juli 2009

Korreferat

Westermann, Karl: Betonbearbeitung mit hydraulischen Anbaufräsen, Universität Karlsruhe, 24. Juli 2009

Fleischer, Michael: Absicherung der virtuellen Prozesskette für Folgeoperationen in der Umformtechnik, TU München, Juli 2009

3. Forschung

3.1 Grundlagenforschung – ausgewählte Projekte

3.1.1 Contact interaction inside knot connections of cables

Internes Projekt

Bearbeitung: A. Konyukhov

Knots as a method for the fastening of ropes and other linear materials are widely appearing in practical applications - in sailing, in surgery, in textile and rope structures etc. The mechanics of knots, however, appears to be not sufficiently covered neither by analytical methods, nor by computational methods. From a computational mechanics point of view a knot is a perfect example requiring both a robust smooth cable element and a robust curve-to-curve contact algorithm. The current project is aimed on the development this combination - the isogeometric approach for curvilinear beams and the robust curve-to-curve contact algorithm for curvilinear cables. The developed model is applied studying the mechanics of various knots.

Among the possible finite element models for discretization of continuum and contact modeling the following combination is optimal for cable contact: Curve-To-Curve contact model as developed in [1] and finite beam element model allowing finite rotations together with isogeometric enrichment allowing C1-continuity. The curve-to-curve contact element is considered equivalently in each curvilinear coordinate system corresponding to the Closest Point Projection (CPP) procedure on a curve. The description is symmetric with respect to the choice of the curve. The model allows to define also arbitrary cross-sections in orthogonal planes. A special finite beam element formulation based on Timoshenko hypothesis allowing both finite rotations and enrichment with arbitrary curvilinear geometry is taken together with special isogeometric representation of the curve. A contact element is then considered as two opposite spline segments from the potentially contacting curves defining a beam-to-beam contact pair leading to a contact element possessing twice as many nodes as the corresponding beam element.

The developed model is applied to model a Square knot as an example requiring C1 continuity. The Square knot is modeled as follows, see Figure 1: A spline forming a loop is passing through characteristic nodes. Thus, each cable is modeled with 32 C1-smooth spline beam elements. Two loops are positioned initially without contact to form an opened Square knot. The material is linear elastic; however, shear softening is taken into account to model realistic cable behavior. During modeling it has been found that only C1-smooth spline finite elements are capable to represent the result and achieve convergence. Higher order finite elements (quadratic, cubic), but without C1-continuity are showing disconvergence during the first crossing of element boundaries even for reasonably small step size.

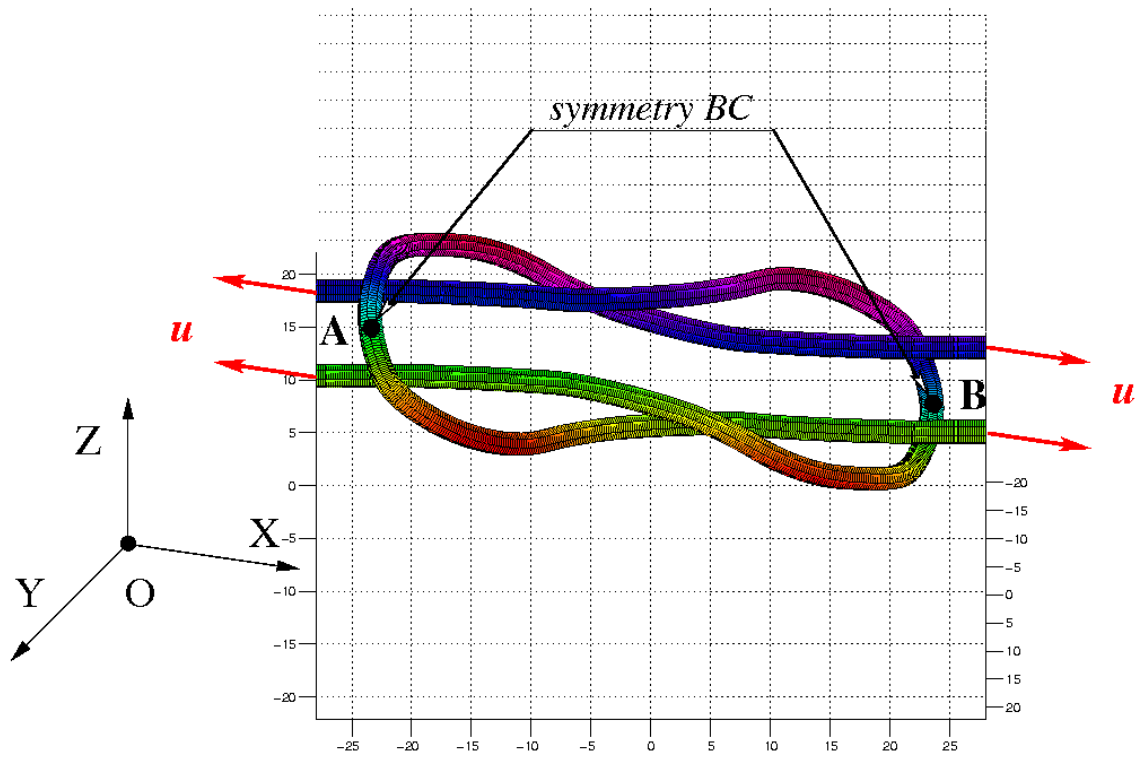


Fig. 1 Geometry of a knot. Reference configuration with symmetric boundary conditions (left) and deformed configuration (right).

3.1.2 Trennung und Vereinigung fluidgefüllter Kammern mit Hilfe einer analytischen Fluidbeschreibung

Internes Projekt

Bearbeitung: A.Maurer, K. Schweizerhof

Motivation

Membran- und Schalenstrukturen, die mit Fluid gestützt sind, finden Anwendung in verschiedenen Gebieten des Bauingenieurwesens und der Automobilindustrie wie z.B. in Schläuchen, mit Druckluft gefüllten Balken, Schlauchwehren und beim Hydroforming. Die betrachtete Struktur besteht aus einer oder mehreren Kammern, die jeweils mit unterschiedlichem Fluid gefüllt sein können. Eine Trennung und Öffnung dieser Kammern kann beim Füllprozess durch Faltenbildung erfolgen. Außerdem kann eine Trennung auch aktiv herbeigeführt werden, um die Füllzustände einzelner Teilkammern zu regulieren.

Kurzfassung

Die Fluidfüllung einer Kammer wird durch einen energetisch äquivalenten Lastvektor beschrieben. In diesen gehen die Zustandsgrößen Volumen, Dichte und Druck ein. Ausgehend von dieser Formulierung wird die Struktur vernetzt und diese für die Trennung mit einem ungerichteten Graphen beschrieben.

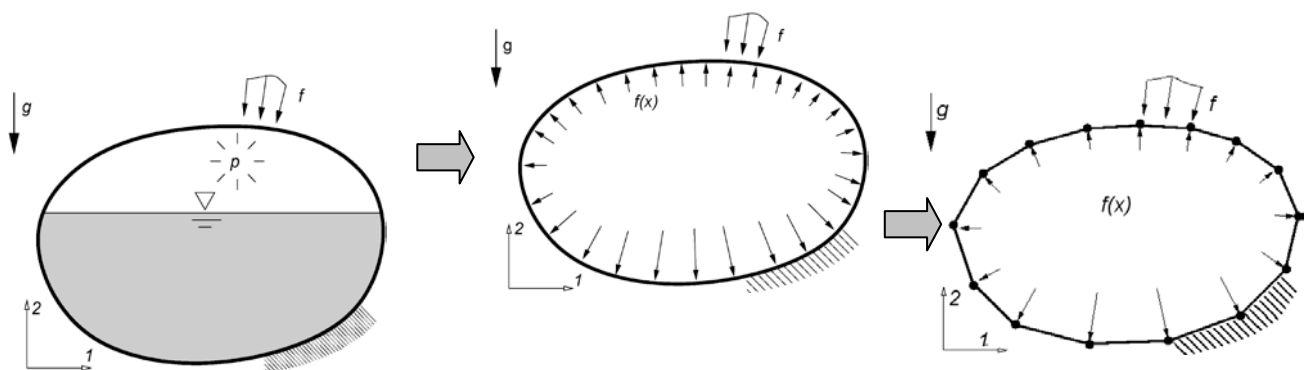


Abbildung 1: Von der mit Flüssigkeit und/oder Gas gefüllten elastischen Struktur zum Graphen

Über eine Kontaktformulierung wird die Trennung der Kammern beschrieben. In einem weiteren Schritt muss festgestellt werden, welche Elemente zu welcher Kammer gehören. Diese Zuordnung wird durch das Verständnis der Struktur als Graph vereinfacht, da dann der kleinste Kreis im Graph effizient gesucht werden kann. Danach muss die Fluidfüllung jeder Kammer neu zugeordnet werden.

Ein Beispiel ist eine flexible Schalenstruktur (Länge l , Höhe h), die auf einem festen Untergrund aufliegt. Zwei Kräfte erzwingen eine Trennung der Kammern.

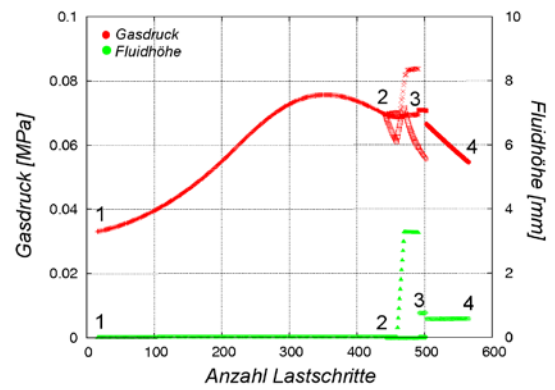
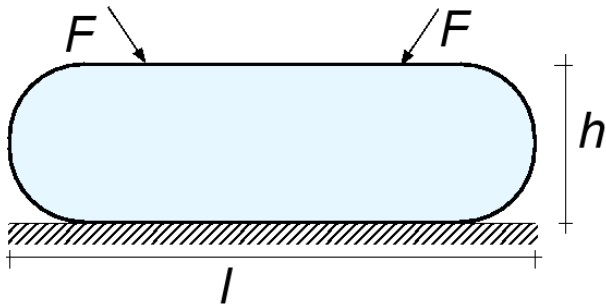


Abbildung 2: Beispiel der Trennung einer Kammer unter Veränderung des Gasdrucks und der Fluidhöhe

Die Kammer wird zuerst vom Zeitpunkt 1 bis 2 mit Gas gefüllt und getrennt. Zwischen Zeitpunkt 2 und 3 wird der Gasdruck in Kammer 3 erhöht und in Kammer 1 wird Fluid gefüllt. Zwischen Zeitpunkt 3 und 4 werden dann die Kammern wieder geöffnet.

3.1.3 **Entwicklung hoch effizienter Schalenelemente mit quadratischer Ansatzordnung in Schalenebene für transiente Analysen - Aufbau einer Systematik zur programmunterstützten Entwicklung von Schalenelementen**

DFG SCHW 307/20-1

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG),

Bearbeitung: S. Mattern, K. Schweizerhof

Kurzbeschreibung des Projektes

Das wesentliche Ziel des Forschungsvorhabens ist die Erstellung einer Systematik zur programmgestützten Implementierung von Schalenelementformulierungen – insbesondere mit quadratischen Ansatzfunktionen – in ein Finite Element Programm für explizite Zeitintegration. Mit Hilfe der Software ACEGEN, eines Zusatzsystems zum Computeralgebraprogramm MATHEMATICA sollen die Beziehungen sowohl degenerierter Schalenelemente als auch sogenannter Volumenschalenformulierungen in symbolischer Schreibweise direkt in Programmcode umgesetzt werden. Die Anwendung symbolischer Programmierung ersetzt in weiten Bereichen die Aufbereitung der Elementmatrizen und -vektoren für eine händische Implementierung, die üblicherweise sehr zeitaufwändig und auch fehleranfällig ist. So müssen Ableitungen sowie Vektor- und Matrizenoperationen nicht vorab ausgewertet und über Schleifen programmiert werden, sondern dieser Schritt wird von der Software bei gleichzeitiger Optimierung hinsichtlich der erforderlichen Rechenoperationen übernommen. Aus den notwendigen Schritten zur symbolischen Umsetzung einer Elementformulierung soll eine Implementierungssystematik abgeleitet werden, die eine schnelle und fehlerfreie Umsetzung von Elementvarianten erlaubt. Die Verwendung von ACEGEN führt durch die gleichzeitige Optimierung des erzeugten Programmcodes zu sehr effizienten Routinen, weshalb sich bei der Entwicklung der Implementierungsstrategie auf die Teile der Elementroutine konzentriert wird, die bei einer Simulation besonders „teuer“ im Sinne der Simulationszeit sind. Im Kontext eines expliziten Zeitintegrationsverfahrens ist dies die Routine zur Aufstellung des Residuums, die bei weitem den größten Anteil der Simulationszeit erfordert.

Stand der Arbeiten

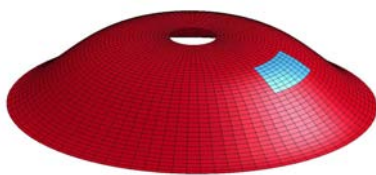
Für die Umsetzung der Routine zur Aufstellung des Knotenkraftvektors auf Elementebene konnte eine Systematik für Volumenschalenelemente mit ACEGEN entwickelt werden. Hierbei wurden verschiedene Vorgehensweisen getestet, wobei sich die Programmierung möglichst weniger Routinen als sinnvoll herausstellte, da dann die Vorteile der symbolischen Programmierung voll ausgenutzt werden können. Modifikationen an der Elementformulierung können mit wenig Aufwand und fehlerfrei implementiert werden, weshalb die Umsetzung sowohl linearer als auch quadratischer Ansatzordnungen in Schalenebene problemlos möglich war. Die Umsetzung mit AceGen führt zu hocheffizienten ProgrammROUTINEN, was insbesondere im Kontext der expliziten Zeitintegration zu einer signifikanten Einsparung von Rechenzeit führt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines Austauschprogrammes mit der Universität Linköping/ Schweden auf dem dortigen Institutsseminar [1] und einer Tagung in Jurata/ Polen [2] präsentiert. Ergebnisse aus den jeweiligen Publikationen sind in Tabelle 1 und Abbildung 1 angegeben.

[1] S. Mattern, K. Schweizerhof: Efficient Solid Shell Finite-Elements for Transient Analysis Using Explicit Time Integration, PPP Linköping, Schweden – 08. – 12.09.2008

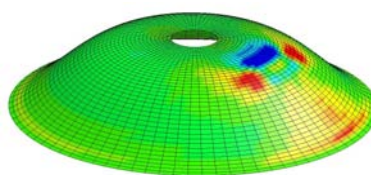
[2] S. Mattern, K. Schweizerhof: On an efficient implementation of 'Solid-Shell' finite elements with quadratic shape functions for explicit time integration, 9th International Conference "Shell Structures, Theory and Applications", 14. – 16.10.2009, Jurata (Polen)

reine Verschiebungsformulierung	lineare Ansätze		quadratische Ansätze	
	händisch	AceGen	händisch	AceGen
CPU-Zeit [s]	332,3	43,3	891,6	48,1
CPU-Zeit [%]	100,0	12,9	100,0	5,4
auf Elementebene [s]	321,5	32,4	845,5	27,5
auf Elementebene [%]	96,8	74,7	94,8	57,2

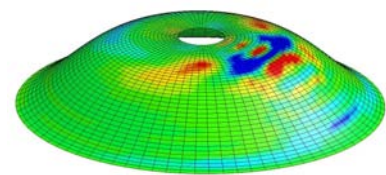
Tabelle 1: Effizienzbeispiel zum Vergleich händischer und symbolischer Programmierung – 1000 Zeitschritte mit 8694 Freiheitsgraden – Simulation mit expliziter Zeitintegration



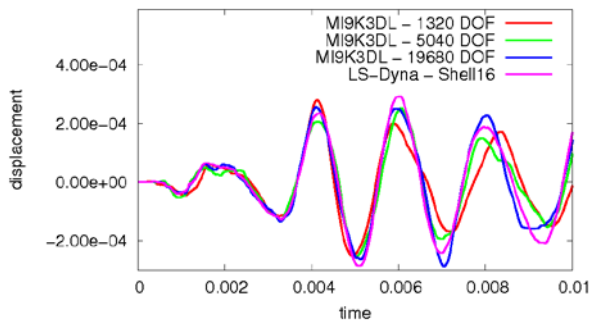
Geometrie und Diskretisierung



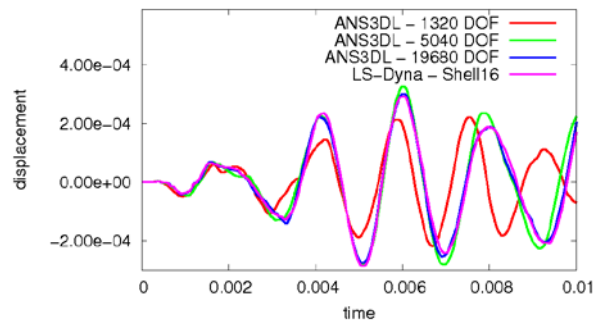
t = 0,001 s



t = 0,003 s



lineare Ansätze in Schalenebene



quadratische Ansätze in Schalenebene

Abbildung 1: Wellenausbreitung in Zylinderschale mit Loch durch Impaktbelastung – Simulation mit linearen und quadratischen Volumenschalenelementen

3.1.4 Computergestützte Destruktion komplexer Tragwerke durch Sprengung

*DFG Schw307/24-1 - DFG Forschergruppe FOR 500
Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Bearbeitung: G. Michaloudis, K. Schweizerhof*

Die Sprengung eines Bauwerks durch gezielten Einsatz von Explosivstoffen ist bei sehr hohen und großen Gebäuden besonders effektiv und wirtschaftlich. Die Erforschung und Entwicklung geeigneter Simulationsmodelle zur Planungsunterstützung bei komplexen Bauwerkssprengungen haben deshalb in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen.

Finite Elemente Simulationen werden zuerst vorgestellt, die zu grundsätzlicher Modellierung und Unterstützung der Erstellung vereinfachter Modelle insbesondere von Mehrkörpermodellen dienen. Die Genauigkeit der Ergebnisse der FE-Simulationen wird durch Vergleich mit der realen Sprengung validiert. Zur Validierung der Ergebnisse dient die Überlagerung des Videos der Simulation mit dem Video der realen Sprengung.

Als typisches Beispiel für einen Vertikalkollaps wurde die Sprengung des Sparkassenhochhauses in Hagen simuliert. Das Gebäude besteht aus einer Stahlbetonskelettkonstruktion mit zahlreichen Wänden, die Schubkräfte aufnehmen können. Die Abmessungen betragen 93 m in der Höhe und 37,2 m x 18,6 m im Grundriss.



Zur genauen Betrachtung des Kollapsvorgangs wird ein globales Computermodell benötigt, welches die Dynamik des gesamten Kollapsverlaufes vollständig erfasst. Die Diskretisierung der Struktur erfolgt mit hexaederförmigen, finiten 8-Knoten Volumenelementen. Das Validierungsverfahren zeigt, dass mit der verwendete Simulationsmethode zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden können.

3.1.5 Stability of thin walled structures strongly coupled with contact

Internes Projekt

Bearbeitung: R. Izi, K. Schweizerhof

Introduction

The current research is aiming to provide an insight into using different contact algorithms and comparing their performance regarding an observed behaviour in [1]. A setup as shown in Fig. 1 is examined. Compared to the radius R_{in} and the height H of the inner cylinder the distance to its surrounding outer cylinder is considered to be much smaller thereby. Due to this geometrical setup the contacting area is not changing steadily, thus highly influencing the buckling form. Therefore this kind of stability problems are referred to as "strongly coupled" to contact.

Contact formulations

In order to take contact into account, contact formulations like the Penalty, Lagrange and Nitsche approach were considered. The contact kinematics following the covariant approach for these formulations is considered in a specially defined local coordinate system according to [2]. This coordinate system is associated with contact via the so-called closest point projection procedure. This procedure defines the closest distance between two bodies.

- Penalty

The penalty formulation realized in many commercial codes shows within stability problems strongly coupled to contact an unrealistic behaviour within the load-history diagram (see Fig. 2), since for varying penalty factors highly changing buckling loads are computed. The sensitivity of the buckling load to the penalty parameter is obvious when considering a classical Euler case like a simply supported beam.

In order to include a Penalty formulation to this problem, the weak formulation according to Galerkin formalities is considered. By adding a penalty functional the weak form is modified and finally leads in strong formulation considering an overestimated contact area to a critical load depending on the penalty parameter.

- Lagrange and Nitsche

The Lagrange scheme consisting of the equilibrium and a kinematical constraint is extended for the Nitsche formulation with an additional constraint for stresses between the two contacting bodies. The stress constraint according to Nitsche is converted into a kinematical constraint (see [3]) and the normal stress within the interface element is used.

The computation for the Lagrange method is resulting in a buckling load which exceeds that of a stability analysis without contact. This observation is matching with experimental results given in [1]. Nevertheless, a more detailed investigation is necessary regarding the time step size.

For the Nitsche element with its additional constraint for stresses a slightly softer contact response is expected, thus the stresses at the slave node and the contacting master surface have to be equal.

Conclusion

For stability problems strongly coupled to contact the penalty scheme is not applicable due to the strong dependence of the buckling load on the penalty parameter. The Lagrange formulation marks the first "way out", but needs further investigation. Finally, the Nitsche method used within an interface element could be the solution for this kind of applications, but this also needs to be tested.

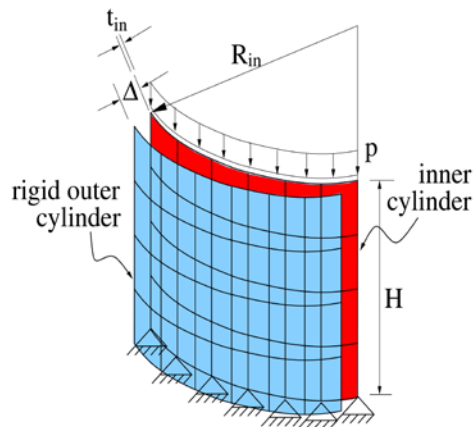


Fig. 1 Part of cylindrical shell (axially loaded).

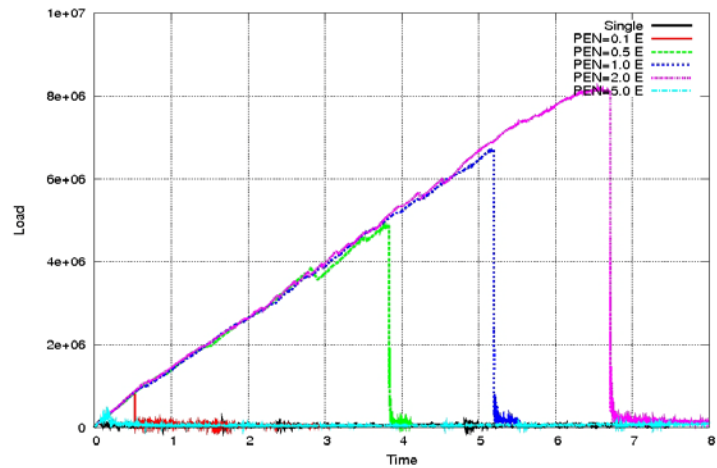


Fig. 2 Load-history diagram with varying penalty factor.

References

- [1] E.S. Focke, A.M. Gresnigt, J. Meck Local buckling of thin walled liner pipe, Proc. 5th Int. Conf. Comp. Shell and Spatial Struc., Salzburg (2005)
- [2] A. Konyukhov, K. Schweizerhof, M. Harnau Contact formulation via a velocity description allowing efficiency improvements in frictionless contact analysis. Comp. Mech., 33:165-173 (2004).
- [3] P. Hansbo, P. Hansbo Stabilized Lagrange multiplier methods for bilateral elastic contact with friction, Comp. Meth. Appl. Mech. Eng., 195:4323-4333 (2006).

3.1.6 Behaviour and Modelling of Normalized Aluminum Die-Castings

HIN-Projekt

Gefördert durch die AUDI AG, Kooperation zwischen dem IfM (KIT, Karlsruhe), SIMLab (NTNU, Trondheim) und der AUDI AG (ALZ, Neckarsulm), Laufzeit 01.04.2009 bis 31.03.2012

Bearbeitung: O. Knoll, K. Schweizerhof

Motivation

Druckgusskomponenten aus Aluminium und Magnesium haben sich in unterschiedlichen Bereichen der Automobilindustrie etabliert. So werden Bauteile im Antriebsstrang, im Fahrwerk sowie in der Karosserie im Druckguss hergestellt. Ein Grund für den Einsatz von Druckgussteilen ist ein wirtschaftlicher Herstellungsprozess bei hohen Stückzahlen, der insbesondere bei komplexen Bauteilgeometrien gute Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit sicherstellt. Ein hoher Grad an Funktionsintegration verringert zusätzlich die Anzahl von Fertigungsschritten, führt aber zu komplexen Belastungszuständen beispielsweise an den für den Druckguss typischen Verrippungen. Zudem kann bei naturharten Legierungen auf die Wärmebehandlung und den anschließenden Richtprozess verzichtet werden.

Insbesondere Karosseriebauteile sollen ein hohes Maß an Sicherheit in Crash- und Missbrauchssituationen garantieren. Aufgrund hoher Werkzeugkosten und langer Fertigungszeiten ist für mehrere Geometrievarianten eine experimentelle Absicherung oft nicht möglich. Noch vor Herstellung des ersten Prototypens erlaubt die Finite Elemente Berechnung die Identifikation von Schwachstellen und eine konstruktive Beseitigung. Hierzu sind geometrieunabhängige Materialmodelle notwendig, die das elastisch-plastische Verhalten ebenso wie Ort und Zeitpunkt der Rissinitierung wiedergeben können.

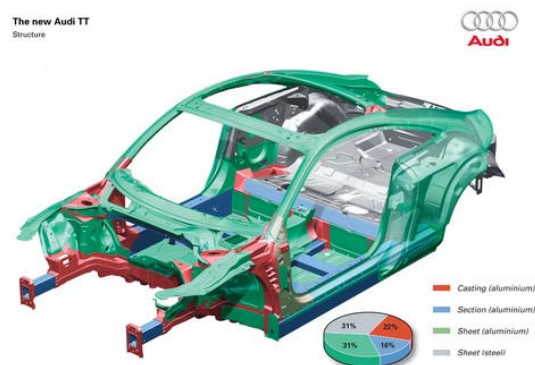


Abbildung 1: Einsatz von Gussbauteilen im aktuellen AUDI TT (rot)

Problemstellung

Infolge des Druckgussprozesses kommt es zu einer heterogenen Verteilung mechanischer Eigenschaften im Bauteil. Die Verteilung der mechanischen Eigenschaften hängt zum einen von der Bauteilgeometrie und zum anderen von den Gießparametern ab. Die mechanischen Eigenschaften werden von den Fehlstellen im Druckgussprozess bestimmt, z.B. Erstarrungsporosität, Gasporosität, Oxidhäute und Kaltfließstellen. Die Fehlstellen in Bauteilen führen (in

Abhängigkeit ihres Vorkommens) zu systematischen (globalen) und statistischen (lokalen) Verteilung der mechanischen Eigenschaften. Besonders naturharte Legierungen neigen zu einem ausgeprägten unregelmäßigen Sprödbruchverhalten.

Die Schwierigkeit in der FE-Simulation von Druckgussbauteilen liegt in der Erfassung der Verteilung der mechanischen Eigenschaften. Die systematische Verteilung kann mit Hilfe der Gießsimulation ermittelt werden. Dabei können die Ergebnisse einer Gießsimulation in eine Crashsimulation übertragen werden. Die Schwierigkeit liegt in der Bestimmung der Beziehung zwischen Gießparametern und mechanischen Parametern. Die statistische bzw. lokale Verteilung kann nur mit Hilfe eines stochastischen Materialmodells erfasst werden.

3.1.7 Mehrskalige Modellierung talkpartikelmodifizierter thermoplastischer Kunststoffe

Gefördert durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)
 Bearbeitung: P. Hempel, T. Seelig

Bei der Modellierung talkpartikelmodifizierter thermoplastischer Kunststoffe ist es nötig die verarbeitungsinduzierte Anisotropie zu berücksichtigen, die beim Spritzgussprozess z.B. durch die Orientierung der Talkpartikel in Fließrichtung auftritt (Abb. 1a). Zugversuche an talkpartikelmodifiziertem Polypropylen (DKI Darmstadt, gemeinsames AiF-Projekt) zeigen eine Anisotropie mit unterschiedlichen Fließspannungen in Spritzgussrichtung („längs“) und quer zur Spritzgussrichtung („quer“). Durch Ablösung der Talkpartikel von der Polypropylenmatrix entstehen desweiteren Poren im Material, was zu einer makroskopischen Volumenzunahme führt. Dies zeigt sich in der plastischen Querkontraktion, welche nach einem elastischen Anfangswert von ungefähr 0.3 mit zunehmender Dehnung drastisch absinkt und ebenfalls eine Anisotropie aufweist (Abb. 1b).

Zur Berücksichtigung in FE-Simulationen wurde ein makroskopisches phänomenologisches Materialmodell mit plastischer Anisotropie und Dilatanz sowie Dehnraten- und Temperaturabhängigkeit entwickelt. In Abb.1b ist der Vergleich zwischen Experiment und Materialmodell dargestellt. Das Materialmodell gibt den Verlauf der Spannungs-Dehnungs-Kurven wie auch der Querkontraktion sehr gut wieder.

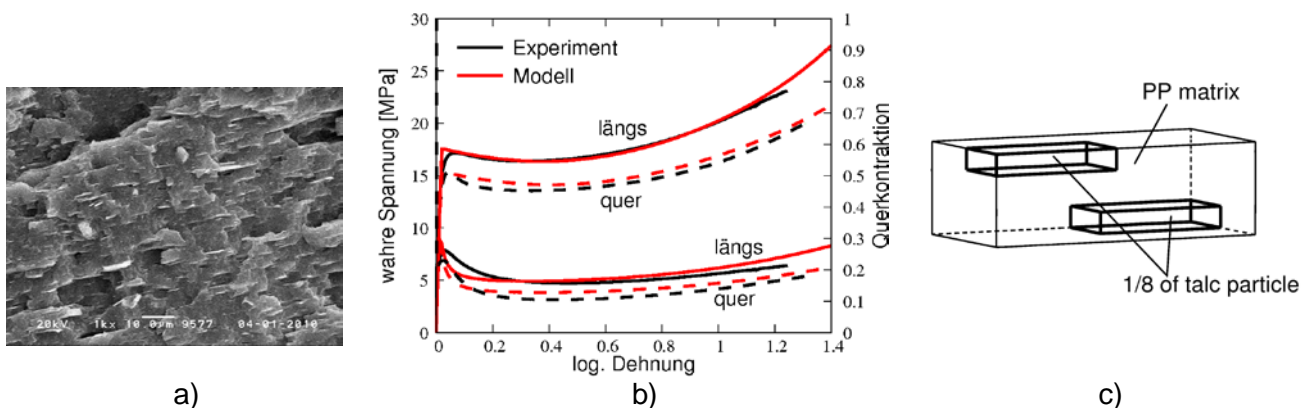


Abbildung 1: a) Mikrostruktur von PP/Talk (DKI), b) Vergleich Experiment und makroskopisches Modell, c) mikromechanisches Zellmodell

Für ein besseres Verständnis des Materialverhaltens wurde mittels eines mikromechanischen Zellmodells der Einfluss des Volumenanteils der Talkpartikel auf das makroskopische Verhalten untersucht. Dabei wurde das mikromechanische Modell (Abb. 1c) unter Zugbelastung in den zwei Richtungen „längs“ und „quer“ zur Spritzgussrichtung unter Berücksichtigung des Effekts der Partikelorientierung und der Partikelablösung von der Polypropylenmatrix ausgewertet. Durch die mikromechanische Analyse konnte der Abfall der plastischen Querkontraktion reproduziert werden, jedoch nicht die Anisotropie der Fließspannung (Abb. 2). Dies lässt vermuten, dass auch andere Ursachen, wie z.B. die Kristallinität der Polypropylenmatrix, für die makroskopische Anisotropie verantwortlich sein könnten.

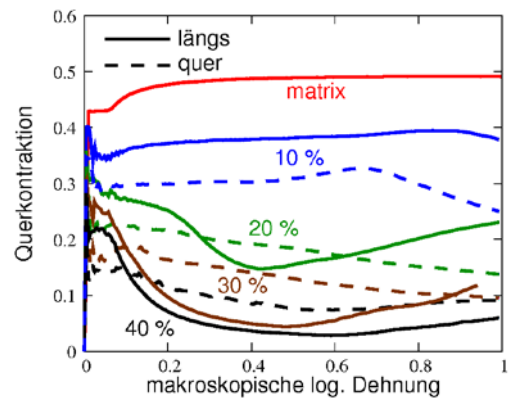
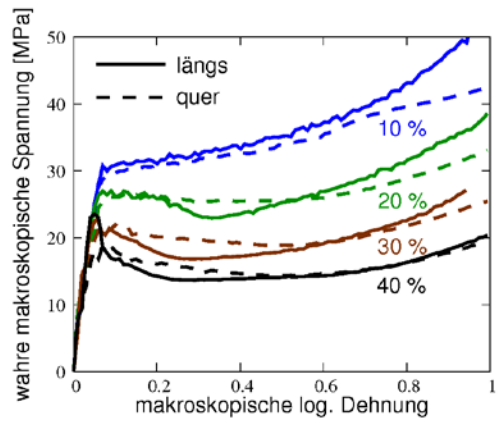


Abbildung 2: Einfluss Volumenanteil an Talkpartikel

3.1.8 Die Erdbebengefährdung der Hagia Sophia in Istanbul, Verifizierung und Validierung numerischer Rechenmodelle für dynamische Beanspruchungen

DFG Schw 307/23-1

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 01.06.08 bis 30.11.09
Kooperatives Folgeprojekt zu Projekt WE 501/11-1/2 „Ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen an der Hauptkuppel und den Hauptpfeilern der Hagia Sophia in Istanbul“ Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Fritz Wenzel, Bearbeiter: C. Duppel, Institut für Tragkonstruktionen, Fakultät für Architektur, Universität Karlsruhe (TH)
Bearbeitung: G. Blankenhorn, K. Schweizerhof

Die Hagia Sophia in Istanbul (Abbildung 1), eines der bau- und kulturgeschichtlich wichtigsten und ingenieurmäßig bemerkenswertesten Bauwerke der letzten 1500 Jahre, war im Rahmen des Projektes „Ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen an der Hauptkuppel und den Hauptpfeilern der Hagia Sophia in Istanbul“ (Prof. Wenzel) Gegenstand umfangreicher Forschungstätigkeiten, sowohl zum Konstruktionsgefüge als auch zum Tragverhalten. Ein optimierter Einsatz zerstörungsfreier, geophysikalischer Untersuchungsmethoden ermöglichte erstmals eine umfassende Aussage zum Bestand und inneren Zustand der tragenden Bauteile, wie sie sich über die Jahrhunderte und mehrere Teileinstürze hinweg bis zum heutigen Tag entwickelt haben. Damit ist eine entscheidend neue Ausgangslage zu einer realistischen Beurteilung des Kraftflusses im Bauwerk gegeben.

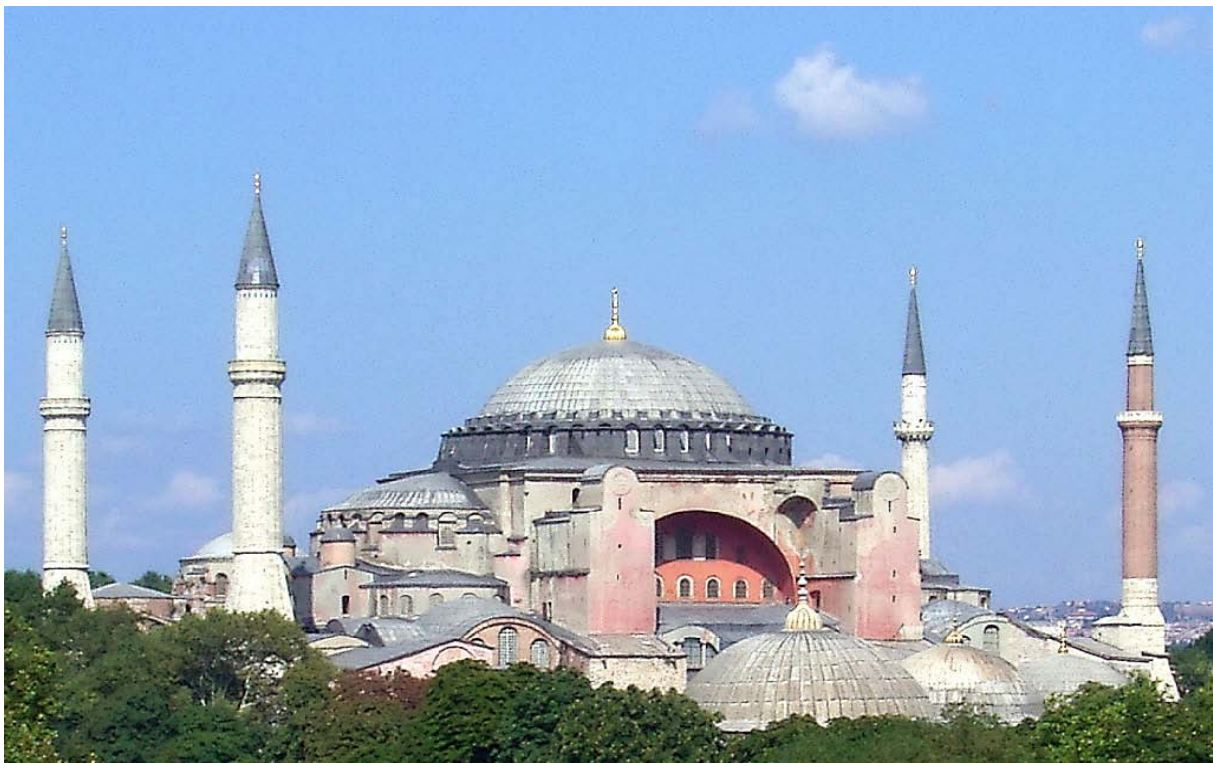


Abbildung 1: Hagia Sophia (Quelle: www.wikipedia.de / © GNU FDL)

Das aktuelle, in institutsübergreifender Zusammenarbeit mit Prof. Wenzel durchgeführte Projekt soll in eine methodisch gesicherte Gewinnung numerischer Modelle zuerst zur schwingungstechnischen Analyse (Eigenfrequenzen) des Gebäudes führen und weiterführend in Anschlussprojekten Grundlage für detaillierte Erdbebenanalysen bieten. Die damit verbundene Forschungsarbeit zielt vor allem auf die Analyse und Steigerung der Prognose-

qualität. Darauf aufbauend soll die Betrachtung der Standsicherheit des Gebäudes im Falle von - die Region Istanbul stark bedrohenden – Erdbeben erfolgen.

Die im Rahmen der Untersuchungen von Prof. Wenzel und Mitarbeitern gewonnenen Erkenntnisse zur geometrischen, strukturellen und materialspezifischen Struktur des Bauwerks und das daraus von den Projektpartnern erstellte CAD Modell (Abbildung 2) bieten hierbei die Datengrundlage für die Erstellung der numerischen Modelle (Abbildung 3) und ermöglichen eine - gegenüber bisherigen idealisierten Rechenmodellen - wesentlich wirklichkeitsnähere Einschätzung der Standsicherheit des Gebäudes.



Abbildung 2: Detailliertes Gebäudemodell der Hagia Sophia (CAD Model von Wenzel/Duppel)

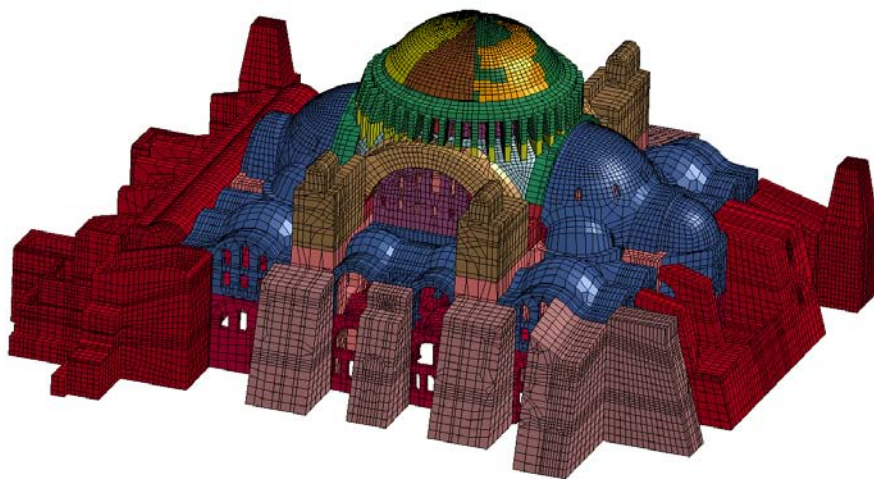


Abbildung 3: Numerisches Modell in einer groben Diskretisierungsvariante

Im Rahmen des Projekts wurden exemplarisch einige der für eine spätere Beurteilung der Standsicherheit notwendigen Analysen durchgeführt. Beginnend mit der Spannungsverteilung aus Eigengewicht, um erste Anhaltspunkte über hoch belastete Orte innerhalb der Struktur zu erhalten (Abbildung 4) über die Ermittlung von Eigenschwingungsformen (Abbildung 5), die für eine Validierung der Schwingungseigenschaften des Modells und für die spätere Anwendung von Erdbebenbemessungsverfahren notwendig sind. Abbildung 6 zeigt schließlich die Verformung und Rissbildung der Gebäudestruktur unter einer exemplarisch angenommenen konstanten Beschleunigungsbelastung in Richtung der Y-Achse des Modells.

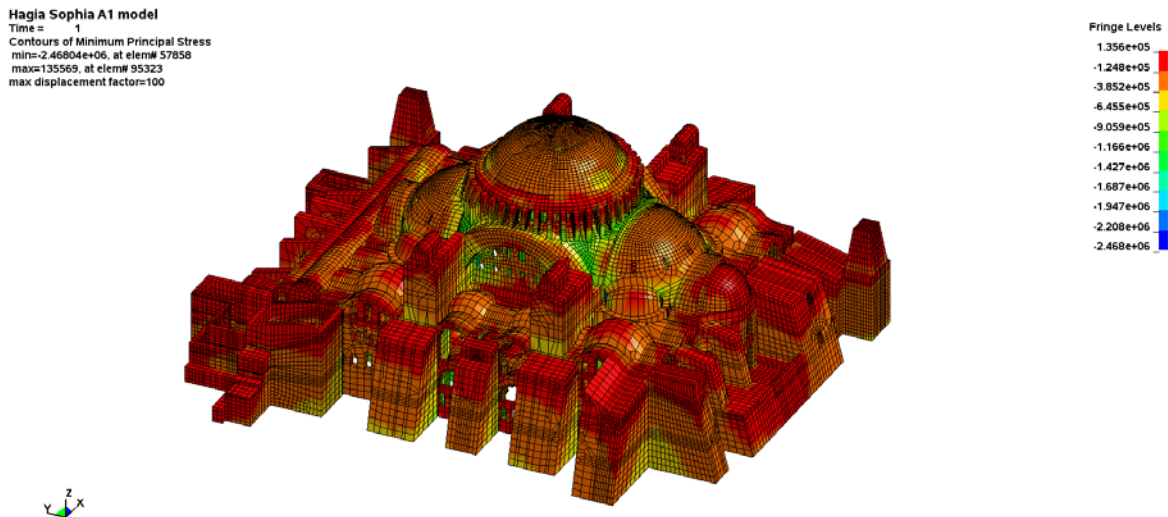


Abbildung 4: Ergebnis der numerischen Analyse - Spannungsverteilung (erste Hauptspannung) aus Eigengewicht

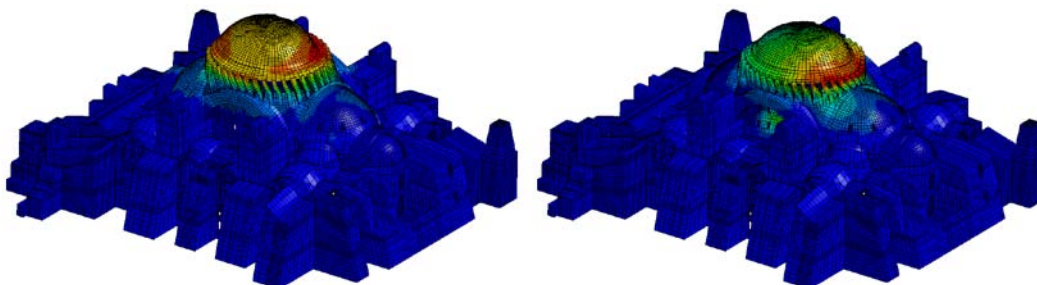


Abbildung 5: Ergebnis der numerischen Analyse – erste und zweite Eigenschwingungsform des Bauwerks

Zentrales Ziel des Projekts sind Untersuchungen der numerischen Modelle bezüglich Verifizierung und Validierung um eine hohe Prognosequalität für spätere Anwendungen zu erhalten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden insbesondere auch zur Klärung der Frage beitragen, ob verschiedentlich von Erdbeben-Wissenschaftlern ins Gespräch gebrachte Verstärkungsmaßnahmen an der Kuppel dem Bauwerk dienlich sind, oder ob sie sich - vor dem Hintergrund des denkmalpflegerisch erwünschten Bewahrens der Integrität und Identität

des Baugefüges und angesichts seiner jetzt bekannten tatsächlichen Beschaffenheit – vermeiden lassen.

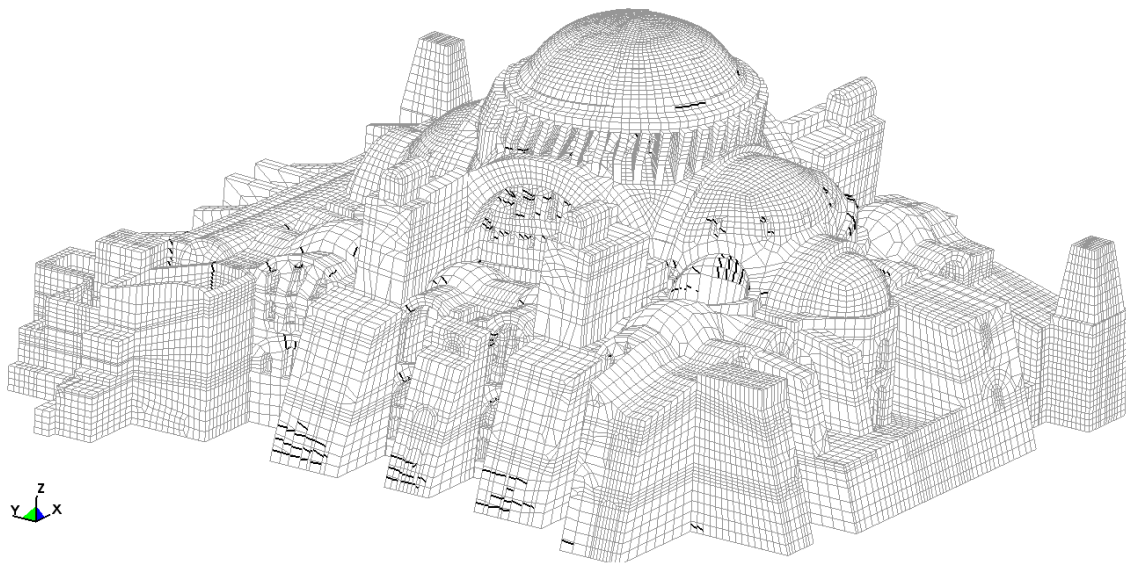


Abbildung 6: Ergebnis der numerischen Analyse – Verformung und Rissbild infolge Erdbebenersatzkraft (0,3 fache Erdbeschleunigung in Y-Richtung)

Damit stehen Modelle mit unterschiedlicher Diskretisierung zur Verfügung – siehe Tabelle 1. Dargestellt sind aus Abbildungsgründen nur jeweils Ergebnisse mit dem grob diskretisierten Modell. Eine wesentliche Aufgabe in Folgeprojekten wird die genauere Ermittlung der Materialdaten vieler Gebäudeteile sowie der genaueren Verfolgung lokaler Verbindungen von Gebäudeteilen sein, die den vorliegenden Plänen nur unzureichend zu entnehmen waren.

	Modell A1	Modell A2	Modell A3
Elemente (insgesamt)	59.130	471.208	3.769.664
Hexaeder	58.226	471.208	3.769.664
Pentaeder	892	-	-
Tetraeder	12	-	-
Freiheitsgrade	276.324	1.808.064	12.869.646

Tabelle 1: Hagia Sophia - FE Modellaufbau mit unterschiedlicher Netzfeinheit – Untersuchungen mit LS-DYNA

3.2 Publikationen

Gebhardt, M., Nestmann, F., Schweizerhof, K., Kemnitz, B.: On the causes of vibrations and the effects of countermeasures at water-filled inflatable dams. eingereicht, 2008

Haßler, M., Schweizerhof, K.: Nonlinear finite element analysis of inflatable prefolded membrane structures under hydrostatic loading. Textile Composites and Inflatable Structures II, E. Onate, B. Kröplin (eds.), 197-210, 2008

Hartmann, D., Breidt, M., v. Nguyen, V., Stangenberg, F., Höhler, S., Schweizerhof, K., Mattern, S., Blankenhorn, G., Möller, B., Liebscher, M.: Damage assessment and reconstruction after war or natural disasters. A. Ibrahimbegovic, M. Zlatar (eds.), Springer, The Netherlands, NATO Science for Peace and Security Series C, Environmental Security, 2009

Izi, R., Schweizerhof, K., Konyukhov, A.: Stability of thin-walled structures strongly coupled with contact. PAMM, Proc. Appl. Math. Mech. 9/1 (2009) 725-725

Konyukhov, A., Schweizerhof, K.: Incorporation of contact for high order FEM in covariant form, Computer Methods Appl. Mech. Eng. 198 (13-14), 1213-1223, 2009

Konyukhov, A., Schweizerhof, K.: Geometrically exact covariant approach for contact between curves. Computer Methods Appl. Mech. Eng. 199 (37-40), 2510-2531 (2009 in review process)

Konyukhov, A., Schweizerhof, K., Allert, B.: Isogeometrical approach for cable type structures allowing large sliding contact. PAMM, Proc. Appl. Math. Mech. 9/1 (2009) 257-258

Michaloudis, G., Blankenhorn, G., Mattern, S., Schweizerhof, K.: Modelling structural failure with finite element analysis of controlled demolition of buildings by explosives using LS-DYNA. High Performance Computing in Science and Engineering 09, Springer, W.E. Nagel, D. Kröner, M. Resch (Eds.), 539-551, 2009

Schindler, H.J., Lenz, J., Türp, J.C., Schweizerhof, K., Rues, S.: Small unilateral jaw gap variations: equilibrium changes, co-contractions, joint forces. J. Oral Rehabil. 36(11), 710-718, 2009 (Epub 2009, Aug 12), Erratum in: J. Oral Rehabil. 36(11), 856, 2009

Schmeer, S., Magin, M., Maier, M., Mattern, S., Schweizerhof, K.: Aktueller Stand und Trends in der CFK-Berechnung im Fahrzeugbau. Schriftenreihe Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT), 2009

Schmitter, M., Rues, S., Lenz, J., Scheuber, S., Schweizerhof, K., Rammelsberg, P.: Effect of several variables on the fracture load of teeth using fiber-reinforced posts and metal crowns. In-vitro Tests and Finite Element Analysis. Journal of Endodontics, eingereicht, 2009

Seelig, T., van der Giessen, E.: A cell model study of crazing and matrix plasticity in rubber-toughened glassy polymers. Computational Materials Science 45, 725-728, 2009

3.3 Wissenschaftliche Vorträge

Hartmann, D., Breidt, M., v. Nguyen, V., Stangenberg, F., Höhler, S., Schweizerhof, K., Mattern, S., Blankenhorn, G., Möller, B., Liebscher, M.: On a fundamental concept of structural collapse simulation taking into account uncertainty phenomena. Proc. NATO-ARW meeting on "Damage assessment and human environment reconstruction following past military activities and natural disasters. Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, October 2008

Haufe, A., Lorenz, D., Schweizerhof, K.: Aspekte zur Validierung von Simulationsergebnissen am Beispiel der Blechumformung. 12. Workshop Simulation in der Umformtechnik, Dortmund, März 2009

Haufe, A., Münz, T., Schweizerhof, K.: From producibility to serviceability: current issues in metal forming simulations and their considerations in crashworthiness simulations. 10th US National Congress on Computational Mechanics, Columbus, Ohio, Juli 2009

Hempel, P., Seelig, T., Sun, D.-Z., Fehrenbach, C., Kraatz, A., Becker, F.: Verbesserung der Crashsimulation von Kunststoffbauteilen durch Einbinden von Morphologiedaten. crashMAT 2009, 5. Freiburger Workshop zum Werkstoff- und Strukturverhalten bei Crashvorgängen, 21. und 22. April 2009

Izi, R., Schweizerhof, K., Konyukhov, A.: Stability of thin-walled structures strongly coupled with contact. GAMM 80th Annual Meeting, Gdansk, Poland, 2009

Kizio, S., Schweizerhof, K.: Goal-oriented error estimation and mesh adaptation for eigenvalue problems of shell-like structures. Proc. International Conference on Adaptive Modeling and Simulation, ADMOS 2009, Brussels, Belgium, 2009

Konyukhov, A., Schweizerhof, K., Allert, B.: Isogeometrical approach for cable type structures allowing large sliding contact. GAMM 80th Annual Meeting, Gdansk, Poland, 2009

Konyukhov, A., Schweizerhof, K.: Isogeometrical approach for curved beams allowing large sliding contact. COMPLAS 2009, Barcelona, Sept. 2009.

Konyukhov, A., Schweizerhof, K.: On a geometrically exact theory for contact interactions. 5th Contact Mechanics International Symposium (CMIS 2009), Chania, Greece, 2009

Konyukhov, A., Schweizerhof, K.: On a geometrically exact theory for contact interactions. I. International Conf. on Computational Contact Mechanics (ICCCM 2009), Lecce, Italien, September 2009

Mattern, S., Schweizerhof, K.: On an efficient implementation of 'solid shell' finite elements with quadratic shape functions for explicit time integration. Shell Structures: Theory and Applications: Proceedings of the 9th SSTA Conference, Jurata, Poland, 14 – 16 October 2009

Merkle, A., Hassler, M., Schweizerhof, K.: Modelling of inflatable dams partially filled with fluid and gas considering large deformations and stability. International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural Membranes 2009, Stuttgart, 05 – 07 October 2009

Moncayo, E.D., Erhart, T., Schweizerhof, K.: Mesomechanical modelling of failure mechanisms in composite structures using LS-Dyna 971. 3rd International Conference "Supply on the wings", AIRTEC Intern. Aerospace Supply Fair, Frankfurt, November 2008

Rues, S., Becker, F., Schweizerhof, K., Rammelsberg, P.: Reduction and control of dynamic effects in the Willytec-chewing-simulator. Annual Meeting of the IADR Continental European, Israeli and Scandinavian Divisions, September 2009

Schweizerhof, K.: Why are explicit FE codes so successful for the simulation of highly nonlinear problems in mechanics? A discussion of merits and limits on the basis of LS-DYNA. Werkstoffkolloquium des IMWF, Universität Stuttgart, Januar 2009

Schweizerhof, K.: Computersimulation für Bauwerkssprengungen! Wo stehen wir heute, was können wir noch erwarten? 31. Informationstagung Sprengtechnik, Deutscher Sprengverband e.V., Siegen, April 2009

Schweizerhof, K., Konyukhov, A.: Covariant description for contact between curves: Application to Edge-to-Edge and Beam-to-Beam Contact. 10th US National Congress on Computational Mechanics, Columbus, Ohio, Juli 2009

Schweizerhof, K., Konyukhov, A.: Isogeometrical approach for curved cables – application to the tying of knots. I. International Conf. on Computational Contact Mechanics (ICCCM 2009), Lecce, Italien, September 2009

Schweizerhof, K., Kessler, D., Stahlschmidt, S., Fressmann, D.: On enhanced features in contact algorithms for commercial applications – experiences with LS-DYNA. I. International Conf. on Computational Contact Mechanics (ICCCM 2009), Lecce, Italien, September 2009

Schweizerhof, K., Kizio, S.: On adaptive finite element analysis in structural dynamics of shell-like structures – a specific view on practical engineering applications and engineering modelling. Proc. 7th European LS-DYNA Conference, Salzburg, Österreich, ed. DYNAMORE GmbH, Stuttgart, 2009

Seelig, T.: Continuum Mechanical modelling of deformation and failure mechanisms in thermoplastic multilayer composites. 14th International Conference on Deformation, Yield and Fracture of Polymers, Kerkrade (NL), April 2009

Seelig, T.: Modelling damage and failure in polymeric multilayer composites. GAMM Annual Meeting, Gdansk (Poland), Febr. 2009

Vesenjak, M., Ren, Z., Schweizerhof, K.: Computational simulation of aluminium cellular structures. Proc. 11th Inter. Conf. on Aluminium Alloys, ICAA11, Aachen, 2008

3.4 Auszeichnungen

Dr.-Ing. Stephan Kizio erhielt den Hermann-Billing-Preis 2009 für seine Doktorarbeit „Adaptive Finite-Elemente-Algorithmen in der Strukturdynamik“

Der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurg Hannes P. Schierle, Jürgen Lenz und Stefan Rues von der Forschungsgruppe Biomechanik am Institut für Mechanik wurden für ihre „Finite-Element-Simulation der Sinusbodenelevation“ bei der Jahrestagung der

Deutschen Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI) mit dem Tagungspreis ausgezeichnet.

3.5 **Mitherausgeber und Gutachter wissenschaftlicher Publikationen, Prof.Schweizerhof**

- Engineering Structures (Editorial Board, Gutachter)
- Structural Eng. Review (Gutachter)
- Engineering Computations (Gutachter)
- Engineering Mechanics (Gutachter)
- Computers & Structures (Editorial Board, Gutachter)
- Int. J. Solids and Structures (Gutachter)
- Int. J. Num. Meth. Eng. (Gutachter)
- Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering (Gutachter)
- Computational Mechanics (Gutachter)
- Archive of Applied Mechanics (Gutachter)
- Mechanism and Machine Theory (Gutachter)
- Advances in Engineering Software (Editorial Board, Gutachter)
- Finite Elements in Analysis and Design (Gutachter)
- Structural Engineering and Mechanics (Gutachter)
- European Journal of Mechanics – A/Solids (Gutachter)
- Materials Science and Engineering (Gutachter)
- Int. Journal of Impact Engineering (Gutachter)

3.6 **Gutachtertätigkeit, Prof. Seelig**

- Deutsche Forschungsgemeinschaft
- International Journal of Impact Engineering
- Proceedings of Applied Mathematics and Mechanics
- Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.

4. Aktivitäten in Organisationen von Lehre und Forschung

4.1 Universitäre Selbstverwaltung

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

- Vorsitzender der Vorprüfungskommission Bauingenieurwesen
- Prodekan der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften
- Vorsitzender des Prüfungsausschusses Regionalwissenschaft/-planung
- Mitglied des Vorstands des Instituts für Wissenschaftliches Rechnen und Mathematische Modellbildung (IWRMM)

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig

- Mitglied der Studienkommission der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften

Dipl.-Ing. Gunther Blankenhorn

- Mittelbauvertreter in der Hauptprüfungskommission

4.2 Aktive Mitarbeit bei nationalen und internationalen Organisationen

Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof

- Sprecher der Karlsruher Vertrauensdozenten der Studienstiftung des Deutschen Volkes, seit 2009
- Mitglied im erweitertem Präsidium des Allgemeinen Fakultätstags (AFT), seit 01.01.2005
- Mitglied der Ständigen Kommission des Fakultätentags Bauingenieur- und Vermessungswesen, seit 1.1.2004
- Vertreter der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe beim Fakultätentag für Bauingenieurwesen und Geodäsie (FTBG) seit 1996
- Mitglied des Lenkungsausschusses 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., bis Sommer 2008
- Mitglied des Vorstandes des ASBau (Akkreditierungsverbund für Studiengänge des Bauingenieurwesens) seit April 2002
- Mitglied des Fachausschusses Bauingenieurwesen des ASBau (Akkreditierungsverbund für Studiengänge des Bauingenieurwesens) seit April 2002
- Vertrauensdozent der Studienstiftung des Deutschen Volkes, seit 1990
- Gutachter für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
- Gutachter für die German Israeli Foundation (GIF)
- Gutachter für Research Grants Council Hongkong

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Seelig

- Organisation der Sektion "Bruch- und Schädigungsmechanik" bei der Jahrestagung der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik

4.3 Mitgliedschaft bei wissenschaftlichen Vereinigungen

- Dipl.-Ing. Johann Bitzenbauer: GAMM
- Dipl.-Ing. Gunther Blankenhorn: GAMM, GACM

- Dipl.-Ing. Marc Haßler: GAMM
- Philipp Hempel, M.Sc.: GAMM
- Dipl.-Ing. Ridvan Izi: GAMM
- Dr. Alexander Konyukhov: GAMM, GACM
- Dipl.-Ing. Steffen Mattern: GAMM
- Dipl.-Math. techn. Anne Maurer: GAMM
- Dipl.-Ing. Ingolf Müller: GAMM
- Prof. Dr.-Ing. Karl Schweizerhof: GAMM, GACM, VDI, WIR (Forschungsverbund „Wissenschaftliches Rechnen in Baden-Württemberg“), ECCOMAS
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Seelig: GAMM

5. Sonstige Aktivitäten und Kontakte

5.1 Seminarvorträge im Institut

Simulation of vibrations and wave propagations in non-regular structures with explicit Fe programs, cand. ing. Octavian Knoll, 09.03.2009

Modellierung gekrümmter Balken bei beliebigen Deformationen und Kontakt, cand. math. techn. Baldur Allert, 03.04.2009

Implementierung eines geometrisch nichtlinearen Volumenschalenelements mit orthotropem Schichtaufbau und Unidirektorkinematik, cand. ing. Marina Mrkonjić, 15.04.2009

Non-proportional strain paths and material characterization, Oscar Björklund, M.Sc., Linköping Institute of Technology, Linköping, Schweden, 06.05.2009

Time domain boundary element methods: fast technique and coupling, Prof. Martin Schanz, TU Graz, 18.06.2009

Plastisches Fließen von Metallpulver: Numerische Homogenisierung, PD Dr. Ingo Schmidt, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg, 23.06.2009

Entwicklung von Materialmodellen und Bewertungsmethodik zur Berücksichtigung stochastischer Einflüsse innerhalb von Prozessketten, Dipl.-Ing. Martin Helbig, Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg, 07.07.2009

5.2 Kooperationen

Promotionsprojekt mit der AUDI AG in Zusammenarbeit mit der NTNU Trondheim, Vortrag: Prof. Schweizerhof: „On low order "solid shell" elements for large deformation problems - merits and limits. Seminar at Structural Impact Laboratory (SIMLab), Centre for Research-based Innovation, Department of Structural Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Februar 2009

5.3 DAAD – Projektbezogener Austausch mit Schweden

Vorträge im Seminar des Lehrbereichs Mechanik der Universität Linköping:

- Alexander Konyukhov, On a geometrically exact theory in contact mechanics, Vortrag am 12.12.2008
- Ingolf Müller, Efficient inverse methods for condition and load monitoring for an integrated vehicle health management, Vortrag am 19.12.2008
- Anne Maurer, Comparison of different solvers applied to static fluid-structure interaction, Vortrag am 19.02.2009