

# IBK Jahresbericht Januar 2015 bis Dezember 2016

**Report****Author(s):**

Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK)

**Publication date:**

2017-03

**Permanent link:**

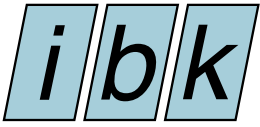
<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000303730>

**Rights / license:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

**Originally published in:**

IBK Jahresbericht



Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich

## **Jahresbericht 2015 – 2016**



Redaktion und Gestaltung: Emil Honegger

Erhältlich bei: ETH Zürich  
Institut für Baustatik und Konstruktion  
Stefano-Franscini-Platz 5  
CH-8093 Zürich

Tel.: +41 44 633 31 32

Mail: [report@ibk.baug.ethz.ch](mailto:report@ibk.baug.ethz.ch)

Informationen über das IBK: <http://www.ibk.ethz.ch>  
IBK-Publikationen: <https://www.research-collection.ethz.ch>

Gedruckt auf säurefreiem Papier  
Printed in Switzerland

© 2017 Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich, Zürich

# **JAHRESBERICHT**

Januar 2015 bis Dezember 2016

Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK), ETH Zürich  
Institute of Structural Engineering, ETH Zurich

Zürich, März 2017





# INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	_____	5
LEHRE		
Vorlesungen	_____	7
Projektarbeiten	_____	15
FORSCHUNG	_____	35
VERANSTALTUNGEN		
Kolloquium Baustatik und Konstruktion	_____	101
Seminare	_____	102
Einführungs- und Abschiedsvorlesungen	_____	105
Doktorvorträge	_____	105
Interne Anlässe	_____	106
Weitere Veranstaltungen	_____	107
ANHANG		
Organigramm	_____	117
Institutsangehörige	_____	118
Akademische Gäste	_____	120
Abgeschlossene Dissertationen	_____	121
Ehrungen	_____	123
Institutspublikationen	_____	125
Neuerschienenene Autographien und Bücher	_____	129
Beiträge in Fachzeitschriften und in Tagungsunterlagen	_____	130
Vorträge von Institutsangehörigen	_____	152
Dienstleistungen	_____	163



## VORWORT

Es ist mir eine Freude zu berichten, dass die letzten zwei Jahre am ETH-Institut für Baustatik und Konstruktion sehr produktiv waren. Sie sind herzlich eingeladen in diesem Bericht durch Zusammenfassungen von mehr als 100 Forschungsprojekten von Mitgliedern des Instituts zu blättern. Wir haben die Ergebnisse dieser Projekte in renommierten Fachzeitschriften veröffentlicht sowie in zahlreichen nationalen und internationalen Treffen und Konferenzen präsentiert. Darüber hinaus veranstalteten Mitglieder des Instituts eine grosse wissenschaftliche Konferenz (ESREL 2015), eine Reihe von Konferenz-Sessionen und präsentierten mehrere Vorträge auf Einladung. Das alles stärkt den Status des IBK als eines der weltweit führenden Baustatik- und Konstruktionsinstitute. Gleichzeitig boten wir unseren Studierenden ein umfangreiches Portfolio an Vorlesungen an, um sie auf die Arbeit in den Ingenieurbüros vorzubereiten und sie in die zukunftsorientierte Forschung einzuführen.

Ich möchte Sie auf drei bemerkenswerte Leistungen aufmerksam machen. Zuerst wurde Professor Dr. Eleni Chatzi als ausserordentliche ETH-Professorin für Strukturmechanik berufen. Dies stärkt unser Institut und gibt uns eine feste Grundlage in der Mechanik und der strukturellen Bauwerksüberwachung, bestätigt durch die Zusprache des begehrten European Research Council Starting Grant. Zweitens stellen der Entwurf und die Errichtung des HoNR-Gebäudes mit vorgespannten Brettschichtholzträgern und Holz-Beton-Verbunddecken einen Meilenstein in der Arbeit von Professor Dr. Andrea Frangi dar. Drittens verläuft die Konstruktion der neuen Prüfaufbauten LUSET, MAST und der modularen Elektroofenanlage wie geplant. Nach der Fertigstellung kann das IBK-Versuchslabor eine breite Palette von Strukturversuchen, von statischen Tests unter komplexen Randbedingungen bis hin zu quasistatischen zyklischen Tests unter kombinierter mechanischer und thermischer Belastung, sowie hybride dynamische Reaktionssimulationen durchführen. Dies ist eine einzigartige Schweizer Ressource für die Prüfung von Lösungen für praktische Probleme und die Entwicklung neuer Forschungsideen.

Zürich, Februar 2017

## FOREWORD

It is my pleasure to report that the last two years at the ETH Institute of Structural Engineering (IBK) have been very productive. You are welcome to browse in this report through summaries of more than 100 research projects conducted by the members of the institute. We presented the results of these projects in papers published in respected professional journals, as well as in numerous Swiss and international meetings and conferences. Further, members of the institute organized a large conference (ESREL 2015), a number of conference special sessions, and presented several invited lectures. All this reinforces the status of IBK as one of the leading structural engineering institutes worldwide. At the same time, we offered our students a solid portfolio of courses to prepare them for work in engineering offices and to introduce them to cutting-edge research that is just making its way to practice.

I would like to draw your attention to three remarkable achievements. First, Professor Dr. Eleni Chatzi has been awarded tenure and is appointed as the ETH Associate Professor and Chair of Structural Mechanics. This strengthens our Institute and gives us a firm basis in mechanics and structural health monitoring, confirmed by her winning the coveted European Research Council Starting Grant. Second, the design and construction of the House of Natural Resources (HONR) building using post-tensioned laminated timber girders and composite concrete-timber floors presents a milestone in Prof. Dr. Andrea Frangi's work, for which his group won the 2015 Schweighofer Innovation Award. Third, the construction of the new test setups, LUSET, MAST, and the modular furnace, is proceeding as planned. Once completed, the IBK Structural Testing Lab will be capable of conducting a wide range of structural tests, from static tests under complex boundary conditions, to quasi-static cyclic tests under combined mechanical and thermal loading, and hybrid dynamic response simulations. This is a unique Swiss resource for testing solutions to practical problems and development of new research ideas.

Prof. Dr. Božidar Stojadinović  
Vorsteher Januar 2015 – Dezember 2016



# LEHRE

## Vorlesungen

Die Dozierenden des IBK betreuen hauptsächlich Lehrveranstaltungen des Studiengangs Bauingenieurwissenschaften des Departements Bau, Umwelt und Geomatik.

Verwendete Abkürzungen für die Stunden:

V = Vorlesungen

U = Übungen

G = Vorlesung mit Übungen

### Baustatik I

Zweidler, S. 3. Sem. BSc  
Nr. 101-0113-00L 3V + 2U

Ziel:

Verständnis des Tragverhaltens von Stabtragwerken im elastischen Zustand; sichere Anwendung der Gleichgewichtsbedingungen; Fähigkeit, elastische Formänderungen berechnen zu können; Beherrschen der Kraftmethode zur Berechnung von statisch unbestimmten Tragwerken.

Inhalt:

Einführung, Reaktionen und Schnittgrössen, Bogen und Seile, Fachwerke, Einflusslinien, Spannungen und Verformungen, Prinzip der virtuellen Arbeiten, Biegung und Achsialkraft, Querkraft und Torsion, Biegelinien, Arbeitsgleichung, statisch unbestimmte Systeme (Kraftmethode).

### Stahlbau I

Bärtschi, R. (FS 2016)  
Fontana, M. (FS 2015 und FS 2016) 4. Sem. BSc  
Nr. 101-0134-00L 4 G

Verständnis der Grundlagen der Stahlbauweise mit den zugehörigen Festigkeits- und Stabilitätsproblemen. Die Schwerpunkte liegen beim Aufzeigen der Überlegungen und Hintergründe für die Bemessung von Bauteilen, sowie beim konstruktiven Verständnis und dem Erkennen der Wechselwirkungen zwischen konstruktiver Ausbildung und statischer Modellbildung. Über die Art des Konstruierens und Bauens in Stahl soll in die ingenieurmässige Denkweise eingeführt werden. Entsprechende Übungen vertiefen das Verständnis und die Vorgehensweise für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken in Stahl.

### Baustatik II

Zweidler, S. 4. Sem. BSc  
Nr. 101-0114-00L 4 G

Ziel:

Beherrschen der Methoden zur Berechnung statisch unbestimmter Stabtragwerke; Erweiterung des Verständnisses des Tragverhaltens von Stabtragwerken unter Einbezug nichtlinearer Effekte; Fähigkeit, Resultate numerischer Berechnungen vernünftig zu interpretieren und zu kontrollieren.

Inhalt:

Lineare Statik der Stabtragwerke, Kraftmethode, Verformungsmethode, Matrizenstatik, nichtlineare Statik der Stabtragwerke, elastisch-plastische Systeme, Fliessbedingungen, Traglastverfahren, Stabilitätsprobleme.

### Stahlbau II

Bärtschi, R. (HS 2015)  
Fontana, M. (HS 2016) 5. Sem. BSc  
Nr. 101-0135-01L 3 G

Stahlbau Grundzüge II:

Verständnis der theoretischen Grundlagen und konstruktiven Belange von Vollwand-, Fachwerk- und Verbundträgern. Erkennen und meistern von Krafteinleitungs- und Umlenkproblemen als Grundlage für den Vorlesungsschwerpunkt Hallenbauten.

Hallenbauten:

Vermittlung der Grundzüge für den ingenieurmässigen Entwurf, die Bemessung, Stabilisierung und die konstruktive Durchbildung von Hallenbauten in Stahlbauweise.

Es wird eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Bauwerke angestrebt, welche den vielfältigen Anforderungen aus Architektur, Betrieb, Tragsicherheit, Dauerhaftigkeit usw. Rechnung trägt. Die Studierenden sind in der Lage eine einfache Stahlhalle zu entwerfen, zu konstruieren und zu bemessen.

### **Stahlbeton I**

Kaufmann, W. 5. Sem. BSc  
Nr. 101-0125-00L 4 G

**Ziel:**  
Kenntnis der Baustoffe Beton und Betonstahl sowie Verständnis ihres Zusammenwirkens; Erfassung des Tragverhaltens typischer Bauteile; Kenntnis elementarer Modellvorstellungen und Fähigkeit zur Anwendung derselben auf praktische Problemstellungen; sichere Bemessung und sinnvolle konstruktive Durchbildung einfacher Tragwerke.

**Inhalt:**  
Einführung, Materialverhalten, Normalkraft, Biegung, Biegung und Normalkraft, Querkraft, Torsion, Spannungsfelder, Fachwerkmodelle.

### **Projektarbeit/Entwurf**

Vogel, T. (HS 2016) 5. Sem. BSc  
Nr. 101-0007-00L 3 G

Die Projektarbeit Entwurf vermittelt einen ersten Eindruck der ganzheitlichen Vorgehensweisen zur Bearbeitung typischer Problemstellungen der Bauingenieurwissenschaften und führt die Studierenden in das professionelle Arbeiten als Bauingenieur/Bauingenieurin ein.

Sie hat damit auch zum Ziel, das bis dahin im Bachelor-Studium erworbene Wissen zu konsolidieren, die einzelnen erlernten Bereiche mit einander zu verknüpfen und Lücken, insbesondere bei Arbeitstechniken zu schliessen.

Die Studierenden analysieren den Bestand, formulieren die Entwurfsanforderungen und -randbedingungen, erarbeiten Lösungsansätze und -vorschläge, bemessen exemplarisch einzelne Bauteile, üben die konstruktive Durchbildung und dokumentieren ihre Arbeit mit verschiedenen Medien.

**Inhalt:**  
Bestandesanalyse, Gestaltung Poster, Grundlagen der Plandarstellung, Nutzungsvereinbarung und Projektbasis, Tragwerksentwurf und Modellbildung, Vordimensionierung, Planbearbeitung und Modellbau, Materialisierung und Detaillierung, Literaturrecherchen und wissenschaftliches Zitieren.

### **CAD für Bauingenieure**

Vogel, T. und Hamel K.-H. 5. und 6. Sem. BSc  
Nr. 101-0185-01L 2 G

Das Ziel des Kurses besteht in der Vermittlung grundlegender Kenntnisse im Umgang mit CAD-Software und dem Erlangen eines ausgeprägten räumlichen Vorstellungsvermögens zur Realisierung konstruktiv anspruchsvoller Zeichnungen. Der Kurs soll die Studierenden in die Lage versetzen, in 2D und 3D konstruieren zu können, abgabefertige Pläne anzufertigen und das Bewehrungsmodul zu beherrschen. In Bachelor-, Projekt- und Master-Arbeiten sowie allfälligen Praktika anstehende technische Zeichnungen können dann von den Studierenden selbstständig am PC erstellt werden.

### **Stahlbeton II**

Kaufmann, W. 6. Sem. BSc  
Nr. 101-0126-01L 4 G

**Ziel:**  
Kenntnis der Vorspanntechnik; Erfassung der Tragwirkung von Stahlbetonplatten; sichere Bemessung und sinnvolle konstruktive Durchbildung typischer Betontragwerke.

**Inhalt:**  
Vorspannung, Platten.

### **Entwurf**

Vogel, T., Figi, H. und Schnetzer, H. 1. Sem. MSc  
Nr. 101-0007-00L 3 G

Vermittlung einheitlicher Vorgehensweisen zur Bearbeitung typischer Problemstellungen der Bauingenieurwissenschaften. Konsolidierung des Wissens aus dem Bachelorstudium; Integration von Bachelors anderer Hochschulen. Üben des ganzheitlichen Ansatzes des Entwurfs, paralleles und iteratives Arbeiten auf verschiedenen Detaillierungsebenen. Einbeziehen unterschiedlicher Wissens- und Erfahrungsbereiche.

**Baustatik III**

Heinzmann, D. und Zweidler, S. 1. Sem. MSc  
 Nr. 101-0117-00L 2 G

**Ziel:**

Vertiefung des Verständnisses des Tragverhaltens von Stabtragwerken; systematische Behandlung elementarer und kombinierter Tragwirkungen von schlanken, elastischen Stabtragwerken.

**Inhalt:**

Stabdehnung, Schubträger, Torsion, Biegeträger, Seile, Bogen und Ringe, Schub- und Biegeträger, Seilwirkung und Biegung.

**Stahlbeton III**

Kaufmann, W. 1. Sem. MSc  
 Nr. 101-0127-00L 2 G

**Ziel:**

Vertiefung der Kenntnisse des Tragverhaltens von Stahlbeton und Spannbeton; Erweiterung der Modellvorstellungen und Fähigkeiten zur Anwendung auf allgemeine Problemstellungen; Befähigung zur sicheren und zweckmässigen Anwendung von plastischen Bemessungsverfahren.

**Inhalt:**

Scheiben, Platten, Langzeiteinflüsse, Brand.

**Stahlbau III**

(Vertiefung in Konstruktion)

Knobloch, M. (HS 2015)  
 Fontana, M. (HS 2016) 1. Sem. MSc  
 Nr. 101-0137-00L 2 G

Vertiefen und Erweitern der theoretischen Grundlagen und konstruktiven Belange des Stahlbaus unter Einbezug ausführungstechnischer und wirtschaftlicher Aspekte. Im Speziellen: konstruktive Gestaltung und Bemessung von Kranbahnen. Verbundbauteile im Hochbau (Verbundträger, Verbundstützen, Verbundblechdecken), Teilverbund, Gebrauchstauglichkeit. Brandschutz: Brandschutzziele und -konzepte, die Einwirkung Brand, Feuerwiderstandberechnung von Verbundbauteilen. Ergänzungen zu Stabilitätsproblemen. Profilbleche und Kaltprofile als Tragelemente, Konstruktion und Bemessung als Biege- resp. Schubelemente. Oberflächenschutz von Stahlbauteilen. Qualitätssicherung und Preisbildung.

**Structural Reliability and Risk Analysis**

(Vertiefung in Konstruktion)

Sudret, B. 1. Sem. MSc  
 Nr. 101-0187-00L 2 G

Structural reliability aims at quantifying the probability of failure of systems due to uncertainties in their design, manufacturing and environmental conditions. Risk analysis combines this information with the consequences of failure in view of optimal decision making. The course presents the underlying probabilistic modelling and computational methods for reliability and risk assessment.

**Structural Dynamics and Vibration Problems**

(Vertiefung in Konstruktion)

Stojadinović, B. 1. Sem. MSc  
 Nr. 101-0157-01L 2 G

This is a course on structural dynamics, an extension of structural analysis to loads that induce significant inertial forces and vibratory response of structures. Dynamic responses of elastic and inelastic single-degree-of-freedom, continuous-mass and multiple-degree-of-freedom structural systems subjected to harmonic, periodic, pulse, impulse, and random excitation are discussed. Theoretical background and engineering guidelines for practical solutions to vibration problems in flexible structures caused by humans, machinery, wind or explosions are presented. Laboratory demonstrations of single- and multi-degree-of-freedom system dynamic response and use of viscous and tuned-mass dampers are conducted.

After successful completion of this course the students will be able to:

- Explain the dynamic equilibrium of structures under dynamic loading.
- Use second-order differential equations to theoretically and numerically model the dynamic equilibrium of structural systems.
- Model structural systems using single-degree-of-freedom, continuous-mass and multiple-degree-of-freedom models.
- Compute the dynamic response of structural system to harmonic, periodic, pulse, impulse and random excitation using time-history and response-spectrum methods.
- Apply structural dynamics principles to solve vibration problems in flexible structures excited by humans, machines, wind or explosions.
- Use dynamics of structures to identify the basis for structural design code provisions related to dynamic loading.



### **Holz und Holzwerkstoffe**

(bis HS 2015 Vertiefung in Werkstoffe und Mechanik, ab HS 2016, Vertiefung in Konstruktion)

Frangi, A., Burgert I., Fink, G.,  
Fontana, M., Steiger, R. 1. Sem. MSc  
Nr. 101-0637-01L 2 G

#### **Ziel:**

Holz ist der weltweit bedeutendste nachwachsende Roh-, Bau- und Werkstoff. Aufgrund seiner biologischen Herkunft hat Holz einen kapillarporösen, zelligen und daher ausgeprägt anisotropen Gefügebau, der im Makro-, Mikro- und Nanogefüge zudem sehr inhomogen ist. Holz besteht aus teilkristalliner Cellulose als Armierungssubstanz und amorphem Lignin als Matrixsubstanz; es ist daher hygroskopisch und schwindet und quillt bei Holzfeuchteänderungen. Es ist zudem biologisch abbaubar und brennbar.

Zwischen diesen grundlegenden Eigenschaften, die grösstenteils auch die Holzwerkstoffe (Derivate von Holz) kennzeichnen, und den Werkstoffeigenschaften bestehen enge Zusammenhänge. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die charakteristischen Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen besser zu verstehen, um diese im Holzbau optimal einzusetzen.

#### **Inhalt:**

Kennenlernen und Verstehen der charakteristischen Eigenschaften des Holzes als anisotroper poröser Werkstoff und optimaler Einsatz im Holzbau. Geschichte, ökologische Aspekte, Gefüge, Trocknung/Feuchtigkeitsaufnahme, Schwinden, mechanisches Verhalten, viskoelastisches Verhalten, Holzabbau/-schutz, zerstörende Mechanismen, konstruktiver und chemischer Holzschutz, Sortieren, Brandverhalten.

Vollholz, Brettschichtholz und Holzwerkstoffe.

### **Stabilität von Tragwerken**

(Vertiefung in Konstruktion)

Knobloch, M. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0108-00L 2 G

#### **Ziel:**

Die Studierenden kennen die theoretischen Hintergründe zur Lösung komplexer Stabilitäts- und Traglastprobleme einschliesslich baustoffspezifischer Besonderheiten und können diese unter Verwendung baustatischer und mechanischer Verfahren lösen. Die Studierenden können moderne (Computer-) Hilfsmittel

zur Unterstützung baustatischer und mechanischer Lösungsverfahren einsetzen. Sie kennen die Anwendungsgrenzen üblicher Nachweisverfahren und können die Folgen von Vereinfachungen einschätzen.

#### **Inhalt:**

Verständnis der theoretischen Grundlagen, insbesondere der baustatischen und mechanischen Hintergründe zur Lösung allgemeiner Stabilitätsprobleme, vor allem Biegeknicken, Biegedrillknicken und Traglastprobleme, sowie der (computergestützten) Modellbildung einschliesslich baustoffspezifischer Besonderheiten.

### **Brückenbau**

(Vertiefung in Konstruktion)

Vogel, T. und Fontana, M. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0138-00L 4 G

#### **Ziel:**

Überblick über die Grundlagen der Projektierung und Ausführung von Brücken in Stahlbeton-, Stahl- und Verbundbauweise; Einführung in den Entwurfsprozess; Kenntnis der wichtigsten Bauverfahren und der Funktion der einzelnen Bauteile.

#### **Inhalt:**

Einführung, historischer Rückblick, Entwurfsrandbedingungen und -anforderungen, Tragwerksanalyse und Bemessung, Brücken als Raumtragwerke, Brückenüberbau, Brückenausbau. Verbundbrücken; Vollwandträger, Querträger, Montage Stahl- und Verbundbrücken. Balkenbrücken, Freivorbaubrücken, Bogenbrücken, Rahmen- und Plattenbrücken, Schrägkabelbrücken, schiefe und gekrümmte Brücken, externe Vorspannung, Pfeiler, Widerlager, Fundationen, Unterhalt, Ermüdung. Fussgänger- und Eisenbahnbrücken.

### **Hochbau**

(Vertiefung in Konstruktion)

Frangi, A., Galmarini C. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0148-01L 2 G

#### **Ziel:**

Einführung in eine ganzheitliche Betrachtung von Hochbauten aus der Sicht des Bauingenieurs. Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Bauwerk und Tragwerk, Erkennen und Qualifizieren der rele-

vanten Zusammenhänge und der Konsequenzen für den Entwurf und die Konzeption des Tragwerks.

Inhalt:

Anwendungsgebiete, entwurfs-, planungs- und rechenrelevante Grössen; Hochhäuser (geschichtlicher Rückblick, Entwicklung der Tragsysteme für Hochhäuser); Tragstrukturen (grundlegende Prinzipien, mögliche Formen, Aussteifungssysteme); kreatives Entwickeln und Bewerten von Lösungsmöglichkeiten (Fallstudien); ausgewählte Tragsysteme (effiziente Scheiben-Decken-Systeme); Gebäudehülle/Fassade.

### Method of Finite Elements I

(Vertiefung in Konstruktion)

Chatzi, E.N. und Steffen, P. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0158-01L 2 G

Aims:

The Direct Stiffness Method is revisited and the basic principles of matrix structural analysis are overviewed.

The basic theoretical concepts of the Method of Finite Elements are imparted and perspectives for problem solving procedures are provided.

Linear finite element models for truss and continuum elements are introduced and their application for structural elements is demonstrated.

The Method of Finite Elements is implemented on practical problems through accompanying demonstrations and assignments.

Contents:

- Introductory concepts  
Matrices and linear algebra - short review.
- The Direct Stiffness Method  
Demos and exercises in MATLAB & commercial FE software.
- Formulation of the Method of Finite Elements.
  - The Principle of Virtual Work
  - Isoparametric formulations
  - 1D Elements (truss, beam)
  - 2D Elements (plane stress/strain)  
Demos and exercises in MATLAB & commercial FE software.
- Practical application of the Method of Finite Elements.
  - Practical considerations
  - Results interpretation
  - Final project where a real test case is modeled and analyzed.

### Holzbau I

(Vertiefung in Konstruktion)

Frangi, A. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0168-00L 2 G

Verständnis der theoretischen Grundlagen und der konstruktiven Belange des Ingenieur-Holzbaus. Erkennen der holzspezifischen Besonderheiten, insbesondere der Anisotropie, der Schwind- und Quellverformungen und der Langzeiteinflüsse sowie deren konstruktive und bemessungstechnische Bewältigung. Entwurf, Konstruktion und Bemessung von mehrgeschossigen Bauten und Hallenbauten.

Inhalt:

Anwendungsgebiete des Ingenieurholzbaus, Baustoff Holz und Holzwerkstoffe, Grundlagen zur Berechnung und Bemessung von Bauteilen und Verbindungen, Brand und Ingenieurholzbau.

### Seismic Design of Structures I

(Vertiefung in Konstruktion)

Stojadinović, B. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0188-00L 2 G

This course starts the series of two courses on seismic design of structures at ETH. Building on the material covered in the course on Structural Dynamics and Vibration Problems, the following fundamental topics are covered: 1) origin and quantification of earthquake hazard; 2) seismic response of elastic and inelastic single- and multiple-degree-of-freedom structures; 3) response history and response spectrum seismic response evaluation methods; 4) basis for seismic design codes; and 5) fundamentals of seismic design of structures. These topics are discussed in framework of performance-based seismic design.

After successfully completing this course the students will be able to:

- Explain the nature of earthquake hazard and risk.
- Explain the seismic response of simple linear and nonlinear single- and multi-degree-of-freedom structural systems and quantify it using response time history and response spectrum approaches.
- Apply design code provisions to size the structural elements in a lateral force resisting system of a typical frame building.

**Identification Methods for Structural Systems**  
(Vertiefung in Konstruktion)

Chatzi, E.N. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0008-00L 2 G

**Aims:**

This course aims at providing a graduate level introduction to the modeling and identification of structural systems. The goal is to establish relationships governing the system behavior and to identify the characteristics (mechanical, geometrical properties) of the system itself, based on noisy or incomplete measurements of the structural response. Additionally, appropriate methodologies for the localization of damage within the structure are described.

Advanced analysis tools necessary for the simulation of structural systems are introduced and subsequently modeling techniques employing measurements of the system's response under various loading schemes will be presented.

**Contents:**

- Fundamentals of vibrational analysis, signal processing and structural system representation.
- Modal testing, operational modal analysis.
- Parametric & nonparametric identification: Frequency domain decomposition, least squares methods, ARMA models, Bayesian approaches.
- Heuristic methods: Genetic algorithms, neural networks.

The differences between linear and nonlinear system identification will also be addressed.

A comprehensive series of computer/lab exercises and in-class demonstrations will take place, providing a «hands-on» feel for the course topics.

**Uncertainty Quantification in Engineering**

Sudret, B. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0178-01L 2 G

Uncertainty quantification aims at studying the impact of aleatory- (e.g. natural variability) or epistemic uncertainty onto computational models used in science and engineering.

The course introduces the basic concepts of uncertainty quantification: probabilistic modelling of data (including an introduction to copula theory), uncertainty propagation techniques (Monte Carlo simulation and polynomial chaos expansions) and sensitivity analysis (correlation measures and Sobol' indices).

**Erhaltung von Tragwerken**  
(Vertiefung in Konstruktion)

Vogel, T. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0129-00L 2 G

**Ziel:**

Behandlung des Themenkreises primär aus der Sicht des projektierenden Ingenieurs eines Einzelbauwerks. Erarbeitung einer systematischen Vorgehensweise für Erhaltungsprojekte. Vertiefung im Massivbau und Erweiterung auf andere Bauweisen. Sichtbarmachung der Schnittstellen mit Bauherr, Architekt, Unternehmer und Spezialisten.

**Inhalt:**

Systematik der Erhaltung, Überprüfung (Zustandserfassung, Zustandsbeurteilung, Massnahmenempfehlung), zerstörungsfreie Prüfmethode, rechnerische Untersuchungen, Natursteinmauerwerk, Verstärkungsmassnahmen (insbesondere Klebebewehrung).

**Flächentragwerke**  
(Vertiefung in Konstruktion)

Vogel, T. und Fricker, S. 2. Sem. MSc  
Nr. 101-0149-00L 2 G

**Ziel:**

Verständnis des Tragverhaltens von Flächentragwerken in den wichtigsten Grundzügen; Kenntnis typischer Anwendungen in verschiedenen Materialien; Fähigkeit, Resultate numerischer Berechnungen vernünftig interpretieren und kontrollieren zu können; Eröffnung des Zugangs zur Fachliteratur.

**Inhalt:**

Elastische Scheiben (kartesische und Polarkoordinaten), Kinematik Scheiben, Faltwerke, Kirchhoffsche Platten, rotationssymmetrische Platten, dünne elastische Platten mit grossen Durchbiegungen, Geometrie der gekrümmten Fläche, Schalen (Grundlagen, Membrantheorie, Biegetheorie, Formfindung).

**Mauerwerk**  
(Vertiefung in Konstruktion)

Mojsilović, N. 3. Sem. MSc  
101-0119-00L 2 G

**Ziel:**

Erwerbung der Kenntnisse des Tragverhaltens von Mauerwerk und seiner Komponenten. Befähigung zur zweckmässigen Anwendung von theoretischen

Ansätzen bei der Bemessung und konstruktiven Durchbildung von Mauerwerkstragwerken. Befähigung zum praktischen Umgang mit Mauerwerk anhand von Übungen.

Inhalt:

Entwicklung des Mauerwerkbaus; Konstruktion und Ausführung; Baustoffe; Tragverhalten und Modellbildung; Tragwerksanalyse und Bemessung; bewehrtes Mauerwerk.

### **Method of Finite Elements II**

(Vertiefung in Konstruktion)

Chatzi, E.N. 3. Sem. MSc  
Nr. 101-0159-00L 2 G

Aims:

Basic theoretical and procedural concepts of the method of finite elements (FE) for the analysis of nonlinear & dynamic systems are introduced. Kinematic and material nonlinear effects and the dynamic analysis of structures in terms of modal and time domain analysis are described.

The course is complemented by homework sessions using computing tools and FE software such as MATLAB, ABAQUS & ANSYS.

Contents:

- Introduction to finite element nonlinear analysis in structural engineering.
- Formulation and solution of nonlinear problems.
- Nonlinear constitutive relations.
- Dynamic finite element analysis.
- Solution of eigen value problems.
- Practical application of the finite element nonlinear and/or dynamic analysis.
- Problem solution using MATLAB, ABAQUS and ANSYS.

### **Holzbau II**

(Vertiefung in Konstruktion)

Frangi, A., Jockwer, R. und Steiger, R. 3. Sem. MSc  
Nr. 101-0169-00L 2 G

Ziel:

Anwendung und vertieftes Verständnis der theoretischen Grundlagen und der konstruktiven Belange des Ingenieur-Holzbaus. Entwurf, Konstruktion und Bemessung von mehrgeschossigen Bauten und Hallenbauten.

Inhalt:

Nachgiebig zusammengesetzte Bauteile, Dach- und Hallenbauten, mehrgeschossige Holzbauten, Erhal-

tung und Sanierung von Tragwerken, Erdbeben und Robustheit, Dauerhaftigkeit von Holztragwerken.

### **Seismic Design of Structures II**

(Vertiefung in Konstruktion)

Stojadinović, B. 3. Sem. MSc  
Nr. 101-0189-00L 2 G

This course completes the series of two courses on seismic design of structures at ETH. Building on the material covered in Seismic Design of Structures I, the following advanced topics are covered: 1) behavior and non-linear response of structural systems under earthquake excitation; 2) seismic behavior and design of moment frame, braced frame and shear wall structures; 3) fundamentals of seismic isolation; and 4) assessment and retrofit of existing buildings. These topics will be discussed from the standpoint of performance-based design.

After successfully completing this course the students will be able to:

- Use the knowledge of nonlinear dynamic response of structures to interpret the design code provisions and apply them in seismic design structural systems.
- Explain the seismic behavior of moment frame, braced frame and shear wall structural systems and successfully design such systems to achieve the performance objectives stipulated by the design codes.
- Determine the performance of structures under earthquake loading using modern performance assessment methods and analysis tools.

### **Probabilistic Seismic Risk Analysis and Management for Civil Systems**

(Vertiefung in Konstruktion)

Stojadinović, B., Broccardo, M., Esposito, S. und Galanis, P. 3. Sem. MSc  
101-0179-00L 2 G

This course extends the series of two courses on seismic design of structures at ETH and introduces the topic of probabilistic seismic risk analysis and seismic risk management for the build environment and civil infrastructure systems. The following advanced topics will be covered: 1) probabilistic seismic hazard analysis; 2) probabilistic seismic risk analysis; 3) seismic risk management using structural and financial engineering means; and, time permitting, 4) advanced topics in systemic probabilistic risk evaluation.





## Projektarbeiten

Die folgende Aufstellung enthält nebst den Themen die jeweilige Anzahl der beteiligten Studentinnen und Studenten und bei den Master-Arbeiten ihre Namen. Die mit einem Stern \* bezeichneten Arbeiten werden in der Folge näher beschrieben und illustriert.

### Bachelor-Arbeiten

#### FS 2015

- Prof. Dr. E.N. Chatzi
- Vibration testing of scaled frame structures with different stiffness and damping properties 4
  - Structural simulation of a real world structure 5

- Prof. Dr. M. Fontana
- Entwurf einer Fussgängerbrücke in Nicaragua \*
  - Neubau eines Logistikgebäudes in Schaffhausen (SH)

- Prof. T. Vogel
- Neubau eines Mehrfamilienhauses in Dübendorf 6
  - Neubau eines Gewerbegebäudes in Rothenburg 6

- Prof. Dr. M. Motavalli/EMPA  
(Mentor Prof. T. Vogel)
- Strengthening of RC beams with iron-based shape memory alloys /Fe-SMA) ribbed bars embedded in a shotcrete layer 1

#### HS 2015

- Prof. T. Vogel
- Ausgewählte Ingenieurbauwerke im Kanton Zürich 1

#### FS 2016

- Prof. Dr. E.N. Chatzi
- Design and construction of a laboratory scale vehiclebridge interaction apparatus 2
  - Determining stress intensity factors by digital image correlation experiment \*

- Prof. Dr. M. Fontana
- Projektierung einer Stahlhalle in Niederrangen (BE) 10

- Prof. T. Vogel
- Neubau einer Industriehalle in Weiningen ZH \*
  - Ausgewählte Ingenieurbauwerke im Kanton Zürich 6

#### HS 2016

- Prof. Dr. M. Fontana
- Projektierung einer Stahlhalle in Untersiggenthal (AG) 2

### Projektarbeiten Master

#### FS 2015

- Prof. Dr. E.N. Chatzi
- Analysis of composite wind turbine blades 1
  - Vibration-based damage detection for structures 7
  - Construction of a drop-weight device for bridge testing 6
  - Structural simulation of a real world structure 4

- Prof. Dr. M. Fontana
- Projektierung einer Fussgängerbrücke 8

- Prof. Dr. A. Frangi
- Projektierung einer Halle aus Laubholz 2

- Prof. Dr. W. Kaufmann
- Tension tests on RC members using digital image correlation measurements 1

- Prof. Dr. B. Stojadinović
- Design of the Steel Cruciform Loading Frame for the ETH Hybrid Simulation Test Setup 2
  - Development of demonstration experiments for the «Seismo at School» program 1
  - Three-dimensional analysis of rocking and rolling of a rigid cylinder 2
  - Performance-based design of a reinforced concrete shear wall building in Switzerland 2
  - Experimental and analytical investigation of the seismic response of a rocking frame 2
  - Performance-based design of an unreinforced masonry building in Switzerland 2

## LEHRE

Prof. Dr. B. Sudret

- Calibration of partial safety factors for assessing the durability of concrete structures 1
- Reliability analysis with subset simulation 1

Prof. T. Vogel

- Neubau eines Bürogebäudes mit Einstellhalle in Zürich-Tiefenbrunnen 4

## HS 2015

Prof. Dr. E.N. Chatzi

- Structural monitoring through video recording 2

Prof. Dr. A. Frangi

- Scrum im Bauprozess - Entwicklung eines Arbeitsprozesses für den Ablauf von Holzbauprojekten der Firma SWISS PROPERTY 2
- Experimentelle Untersuchungen zur Montage von Lignatur Deckenelementen 1
- Experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung des Tragverhaltens von BSH mit bekanntem Aufbau 2
- Untersuchung und Vergleich der Wirtschaftlichkeit eines Holz- und Betonhochhauses 4
- Untersuchungen zu den Grundlagen der Bemessungsregeln für stiftförmige Verbindungsmittel in Eurocode 5 2
- Finite-Element modelling of timber connections 1

Prof. Dr. A. Frangi

- (zusammen mit Dr. O. Kläusler, IfB)
- Untersuchungen zum Rissverhalten einer elastischen Beschichtung für Holzbrücken 2

Prof. Dr. W. Kaufmann

- Evaluierung von Messsystemen für Ausziehversuche an einbetonierten Bewehrungsstäben 2
- Zusammenstellung und vergleichende Beurteilung von Brandversuchen an Beton 1

Prof. Dr. B. Stojadinović

- Seismic resilience of a cellular communication network 2
- Experimental and analytical investigation of the seismic response of a column rocking and rolling on a concave base 2

Prof. Dr. B. Sudret

- Orthogonal matching pursuit for sparse polynomial chaos expansions 1

Prof. T. Vogel

- Bahnhof Stadelhofen – Alternative Linienführung für 4. Gleis \* 2
- Ermüdungsverhalten von einbetoniertem Bewehrungsstahl 2

Prof. Dr. M. Motavalli/EMPA

- (Mentor Prof. T. Vogel)
- Strengthening of RC cantilever beams with near surface mounted iron-based shape memory alloys (Fe-SMA): Analytical solutions 1

## FS 2016

Prof. Dr. E.N. Chatzi

- Fatigue assessment of orthogonally reinforced concrete slabs 2
- Identification of time-varying structural systems / Identification of moving forces 2
- Design of a light weight supporting structure for next generation telescopes \* 2

Prof. Dr. M. Fontana

- Schubbeulversuche an Blechträgern im Brandfall 2
- Durchbiegungsverlauf einer Verbunddecke im Brandfall unter Berücksichtigung von Membrantragwirkung 2
- Brandschutz im Stahlbau 2
- Bemessung eines Bürogeschosses unter Berücksichtigung des Brandfalls 2

Prof. Dr. A. Frangi

- ETH HIF Sanierung und Aufstockung 4

Prof. Dr. A. Frangi

- (zusammen mit Prof. Dr. E.N. Chatzi)
- Auswertung dynamischer Versuche – House of Natural Resources 2

Prof. Dr. W. Kaufmann

- Tension tests on reinforcement bars using digital image correlation measurements 1
- Druckmembranspannungszustand in Stahlbetonbalken \* 1
- Torsion mehrzelliger Hohlkasten 1

Prof. Dr. B. Stojadinović

- Analysis of potential structural damage and human nuisance due to blasting/mining and fracking-induced ground motions 2

- Life-cycle management of critical infrastructures	2	Prof. Dr. A. Frangi (zusammen mit Prof. M. Peter, D-ARCH)	
- Identification and analysis of the sliding problem for three shear wall structural systems	3	- Tragwerksanalyse: La Casa Capriata von Carlo Mollino *	2
Prof. T. Vogel		Prof. Dr. A. Frangi (zusammen mit P. Müller, und N. Aigner, D-ARCH)	
- Bahnhof Stadelhofen – Alternative Linienführung und Baumethode für 4. Gleis *	2	- Application of engineered bamboo in structural design	1
- Neubau einer Nutzfahrzeughalle in Weiningen ZH	3		
Prof. Dr. M. Motavalli/EMPA (Mentor Prof. T. Vogel)		Prof. Dr. A. Frangi (zusammen mit Y. Martin, BBRI)	
- Bond behavior of near-surface mounted iron-based shape memory alloy bars	1	- Fire safety of timber building under construction	2
- Modeling of RC beams strengthened by Fe-SMA bars embedded in a shotcrete layer	1	Prof. Dr. A. Frangi (zusammen mit Prof. Dr. I. Burgert, Dr. O. Kläusler, und Dr. W. Sonderegger, IfB)	
<b>HS 2016</b>		- Mechanische Charakterisierung von verdichtetem Holz – Am Beispiel von Ahorn und Fichte mit ökonomischer Beurteilung	1
Prof. Dr. E.N. Chatzi		Prof. Dr. W. Kaufmann	
- Asymptotic expansion homogenization for triaxial fiber reinforced composites	1	- Automated concrete crack detection and measurement based on digital image correlation *	1
Prof. Dr. M. Fontana		- Non-linear finite element analysis of discontinuity concrete regions	1
- Schubbeulversuche an Blechträgern im Brandfall	2		
- Verhalten eines Stahlträgers im Brandfall *	4	Prof. Dr. B. Stojadinović	
Prof. Dr. A. Frangi		- Calibration of seismic compliance factors for existing building structures	1
- Modulares Bauen mit Holz	1	- Is PGD a «good» intensity measure for rocking structures?	1
- Untersuchung von Verbindungsmittel für Dämmplatten im Brandfall	1	- Dynamic response of a rectangular plate supported on four cylindrical columns allowed to uplift and wobble	1
- «Design Fires» für Holzbauteile - Abbrandverhalten und Temperaturmessung	2	- Seismic recovery and resilience of reinforced concrete overpass bridges	1
- Modellierung und numerische Simulation des Tragverhaltens von Buchen - BSH	1	- Evaluation of seismic bearing displacement demand for a typical Swiss highway overpass bridge	1
- Untersuchung festigkeitsbeeinflussender Charakteristika in Buchenholz	1	- Comparison of optimal financial and engineering strategies for earthquake risk management in Europe	2
- Hybride Profilträger aus Buchen - BSH und - FSH	1		
- Systemverhalten von Tragwerken im Holzbau	2		
- Effektive Schubtragfähigkeit von schlanken Holzbauverbindungen unter monotoner und zyklischer Beanspruchung	2		
- Schubverstärkung von hybriden BSH Trägern – Simulation mit Abaqus	1		
- Verbindungen in Buchenfurnierschichtholz	3		



## Master-Arbeiten

### FS 2015

Prof. Dr. M. Fontana

- Stützen aus hochfestem Stahl im Brandfall – High-strength steel beam-columns subjected to fire

*Nicolas Gamper*

- Schwingungsverhalten von Deckensystemen

*Jonathan Schneibel*

- Zur Permeabilität von hochfesten Betonen unter hohen Temperaturen \*

*Andreas Thürig*

Prof. Dr. M. Fontana

(zusammen mit Prof. Dr. B. Merci, Ghent University)

- Testing of high strength steel S960 at elevated temperatures

*Bojan Csoti*

Prof. Dr. M. Fontana

(zusammen mit Prof. Dr. M. Monotti, USI Mendrisio)

- Projektierung eines Flächentragwerks

*Micaela Venzi*

Prof. Dr. A. Frangi

- Tragverhalten von Holz-Beton-Verbunddecken aus Buche

*Andrea Moro*

- Flugzeugbau in Holz

*Simon Wynistorf*

- Projektierung Milchviehstall aus Buchenholz

*Larissa Arnold*

- Tragverhalten von Fachwerken aus Buchenholz

*Matthias Baumann*

- Hybrides BSH – Versuche an Zweifeldträgern

*Adriano Alberti*

- ETH House of Natural Resources – Biegeversuche an Hohlkastenelementen

*Nico Lüthy*

- Tragverhalten von stirnseitig verklebten Brettsperrholzplatten

*Dominik Angehrn*

- Experimental and analytical investigation on the fire behavior of timber-concrete composite slabs

*Carlos Montull Ruiz*

Prof. Dr. A. Frangi

(zusammen mit Dr. R. Steiger, EMPA)

- Verstärkung von gerissenen und delaminierten Brettschichtholzträgern

*Martin Meuli*

Prof. Dr. A. Frangi

(zusammen mit R. Widmann, EMPA)

- Tragverhalten von Vollgewindeschrauben unter Druckbeanspruchung

*Jang Mergen*

Prof. Dr. W. Kaufmann

- Concrete Hinges

*Tomislav Markić <sup>7)</sup>*

- Instandsetzung und Verbreiterung der Grünen Brücke I GR

*Lukas Dober*

- Numerische Methoden zur Generierung statisch zulässiger Lösungen

*Andreas Brem*

- Tension tests on RC members using continuous fibre optic strain measurements

*Fabian Stocker*

- Zur ungleichmässigen Querkraftverteilung unter nicht-rotationssymmetrischer Durchstanzbeanspruchung im Nachweisschnitt

*Christoph Philipp Hager*

Prof. Dr. B. Stojadinović

- Seismic resilience of a gas distribution network

*Xavier Bellagamba <sup>1)</sup>*

- Seismic solution of the Tower of Pisa \*

*Romain Crettaz <sup>4)</sup>*

- Seismic resilience of a water supply network

*Charel Eicher*

- A Framework to quantify the socioeconomic resilience of critical infrastructure systems against natural disasters

*Florian Meier*

- A framework to quantify the socioeconomic resilience of critical infrastructure systems against natural disasters

*Amelie Theresia Schweikert <sup>1)</sup>*

Prof. T. Vogel

- Neubau eines Stadions in Algerien

*Nicolas Corger*

- Entwurf des Strassenabschnitts Tüfenschwendi–Zweibrücken mit Brücke

*Denise Fischer*

- Deckenverstärkungen gegen Durchstanzen

*Matthias Hauser <sup>8)</sup>*

**HS 2015**

Prof. Dr. E.N. Chatzi

- A centrifuge-based experimental and analytical study of the soil and structure interaction effect  
*Panagiotis Martakis<sup>1)</sup>*

Prof. Dr. M. Fontana

- Bayes'sches Modell für Stahleigenschaften bei erhöhter Temperatur (HS2014)  
*Ivo Schmidt*

Prof. Dr. M. Fontana

- (zusammen mit Prof. K.H. Tan, NTU Singapur)
- Permeability of concrete at high temperatures (HS2014)

*René Kässmann*

Prof. Dr. A. Frangi

- Zweiachsig tragende Holz-Beton-Verbunddecken aus Buchenplatten  
*Raphael Stadelmann*

- HBV-Decken mit Brettstapel  
*Marcel Muster*

Prof. Dr. A. Frangi

(zusammen mit Dr. Gianni Birindelli, D-ARCH)

- Eine Markthalle für Zürich  
*Kim Fröhlich*

Prof. Dr. W. Kaufmann

- Fatigue behaviour of RC bridges with externally bonded CFRP reinforcement  
*Povilas Ambrasas*

Prof. Dr. B. Stojadinović

- Seismic resilience of communities during the 2015 Nepal earthquake events \*

*Aike Alexander Steentoft*

*Benedikt Grauvogl<sup>5)</sup>*

- Design of rocking structures: investigation of three conceptual rocking systems

*Quentin Studemann*

Prof. Dr. B. Stojadinović

(Dr. N. Mojsilović)

- Rotationsversuche an Mauerwerkswänden mit eingebauten Einlagen

*Raffael Büchler*

- Tragverhalten des Mauerwerks unter semi-zyklischer Druckbelastung

*Daniel Hofer*

**FS 2016**

Prof. Dr. E.N. Chatzi

- Moving load identification using heuristic optimization

*Marius Hartmann*

- Quantifying uncertainty in the forward simulation of wind turbine structures

*Athanasios Kontis*

- Fatigue assessment of a steel truss girder bridge

*Johannes Schindler*

- Robust to uncertainties optimization of meta structures for seismic hazard mitigation

*Paul Remo Wagner<sup>1)</sup>*

- Fatigue assessment of a steel truss girder bridge using moving mass models

*Severin Werner*

Prof. Dr. M. Fontana

- Resttragfähigkeit frostgeschädigter Hohlprofil-Stahlstützen

*Manuel Breitenmoser*

- Kollapsanalyse eines Brandabschnittes

*Silvan Burger*

- Numerical studies of laser-welded stainless steel beams

*Rinaldo Ryffel*

- Tests on novel seismic dampers made of duplex stainless steel and calibration of fracture models in Abaqus and OpenSEES

*David Reichardt*

Prof. Dr. M. Fontana

(mit P. Braess, IVT)

- Verformungsverhalten lückenlos verschweisster Gleise im Bogen

*Manuel Zimmermann*

Prof. Dr. A. Frangi

- Improved component additive method for the separating function – Development of a testing and calculation procedure

*Raphael Breu*

- Finite-element modeling of timber connections

*Reto Fahrni<sup>1)</sup>*

- Untersuchungen zum Einfluss streuender Materialeigenschaften auf das Tragverhalten von Verbindungen \*

*Marco Disch*

- Untersuchungen zum spröden Versagen von Verbindungen

*Lukas Rocchinotti*

- Modulares Bauen  
*Kathrin Hofstetter*
- Experimentelle und theoretische Untersuchungen an biegesteifen Stössen für zweiachsig tragende HBV-Decken  
*Anick Imhof*
- Hybrides Brettschichtholz – Grossversuche  
*Stephan Goll*
- Moment resisting timber column bases  
*Mario Hasler*
- Experimental investigations on a post-tensioned hybrid connection  
Thomas Bodmer
- Influence of grading settings on the material properties of timber boards  
*Giuseppe Moranda*

Prof. Dr. A. Frangi  
(zusammen mit Prof. Dr. I. Burgert und Dr. O. Kläusler, IfB)  
- Mechanische Charakterisierung von verdichtetem Laubholz – Buche & Esche  
*Katharina Müller*

Prof. Dr. A. Frangi  
(zusammen mit Prof. Dr. I. Burgert, IfB)  
- Mechanische und akustische Charakterisierung von verdichtetem Laub- und Nadelholz mit Entwurf eines Konstruktionsbeispiels  
*Christian Michel*

Dr. M. Klippel  
(zusammen mit Dr. A. Just, TU Tallinn)  
- Testing of glulam beams in fire with specific local material properties  
*Andres Ollino*

Prof. Dr. W. Kaufmann  
- Structural safety of RC bridge piers under train impact \*  
*Minu Lee* <sup>3) 5) 6)</sup>  
- Zugversuche an mit CFK-Lamellen verstärkten Stahlbetonelementen  
*Dominik Lötscher* <sup>8)</sup>  
- Druckversuche an Betonprüfkörpern mit DIC Messungen  
*Flurin Reist*  
- Analyse des Verformungsverhaltens künstlich korrodierter Bewehrungsstäbe  
*Manuel Stocker*

- Inelastic deformation behaviour of RC bridge piers \*  
*Duc Thong Tran* <sup>1)</sup>
- Systematic analysis of RC-members under fire conditions  
*Ken Zumstein*

Prof. Dr. B. Stojadinović  
- Seismic resilience of communities during the 2015 Nepal earthquake events  
*Roman Tobler*  
*Salome Baumberger*  
- Experimental investigation of a yielding seismically isolated structure \*  
*David Schlatter* <sup>4)</sup>  
- 3d motion of a deformable cantilever structure constrained to rock and roll on the circumference of a circular foundation  
*Marius Egger*  
- Three-dimensional motion of a rigid cylinder constrained to rock and roll on its circumference  
*Stefan Burger*  
- Crack analysis of plastered unreinforced masonry walls under induced and triggered earthquake ground motions  
*Christoph Jost*

Prof. Dr. B. Sudret  
- Multi-fidelity surrogate modelling with polynomial chaos expansions \*  
*Matteo Berchier* <sup>3) 5)</sup>

Prof. T. Vogel  
- Neubau eines Hochregallagers mit Pfahlfundation  
*Christoph Pfammatter*  
- Tragwerkskonzept und Bemessung eines Industriegebäudes  
*Christian Tscherrig*  
- Assessment of punching capacity of RC bridge deck slab in Kiruna – Finite element modelling of RC slab \*  
*Marco Kobler*

## HS 2016

Prof. Dr. E.N. Chatzi

- Structural optimization of a novel, cable driven structure for the next generation ground based gamma-ray telescopes  
*Spyridon Daglas*

Prof. Dr. A. Frangi

- Finite-element modeling of timber connections  
*Philipp Lukas*
- Hybrides Brettschichtholz – Versuche an schubverstärkten Trägern  
*Jörg Diethelm*

Prof. Dr. W. Kaufmann

- Shear tests on uniformly loaded RC beams without stirrups  
*Daniel Konradi*
- Zugversuche an mit CFK-Lamellen verstärkten Stahlbetonelementen  
*Alexander Gomer*

Prof. Dr. B. Stojadinović

- Rigid body rocking spectra for recorded earthquake ground motions  
*Patrick Blöchlinger*
- Seismic performance evaluation of the A13 Traversabrücke  
*Raphael Wegmann*
- Statistical validation of rigid body rocking response models against experimental and numerical data  
*Mathias Strand (NTNU, Norway)*

Prof. Dr. M. Motavalli/EMPA

(Mentor Prof. T. Vogel)

- Bond behaviour and anchorage resistance of prestressed CFRP strips bonded to steel substrate using accelerated curing  
*Matthias Wellauer*

- 1) *Culmann-Preis*
- 3) *ETH-Medaille*
- 4) *SGEB-Master-Preis*
- 5) *Heinrich Hatt-Bucher-Preis*
- 6) *Willy-Studer-Preis, Studiengang-Preis*
- 7) *Holcim Beton Preis*
- 8) *Sika-Preis*

## Bachelor-Arbeit FS 2015

### Entwurf einer Fussgängerbrücke in Nicaragua

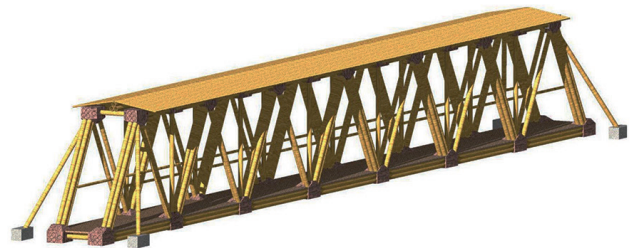
Leitung: Prof. Dr. M. Fontana

Assistent: R. Grolimund

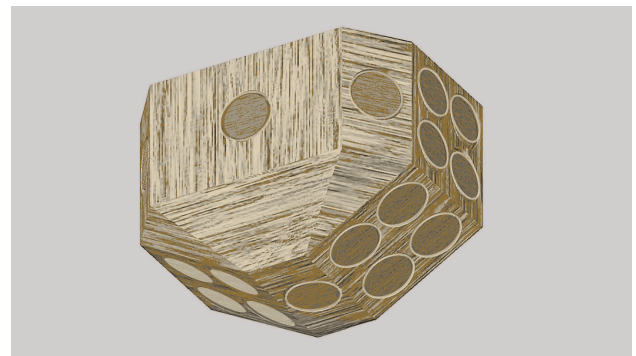
Um die nächstgelegene Stadt Rancho Grande zu erreichen, müssen Einwohner der im nördlichen Nicaragua gelegenen Gemeinde Las Carpas einen Fluss überqueren. Eine 2012 erbaute Brücke muss aufgrund starker Hochwasser- und Termitenschäden ersetzt werden. Die Ersatzbrücke soll breiter sein und auch Pferden sowie Karren die Flussüberquerung ermöglichen.

Im ersten Schritt der Arbeit befassten sich die Studentinnen intensiv mit dem Festlegen der Einwirkungen und dem Variantenstudium. Am gewählten Standort betrug die nötige Spannweite schliesslich 28 m, die Breite der Brücke wurde auf 1.52 m festgelegt. Als kritisches Element erwies sich der Bauprozess, welcher einerseits saisonal, andererseits aber auch ausführungstechnisch – die Zugänglichkeit des Bauplatzes ist äusserst schlecht – stark einschränkend wirkte.

An traditionelle Bauweisen in Nicaragua anknüpfend folgte aus dem Variantenstudium mit Bambus eine interessante Materialisierung. In der Folge wurde die gewählte Bambusfachwerkbrücke weiter ausgearbeitet, was insbesondere durch ein umfassendes Studium der Verbindungstechnik im Bau mit Bambus geprägt war.



Ansicht der Fachwerkbrücke aus Bambus.



Detail eines vorgefertigten Fachwerkknotens.



## Bachelor-Arbeit FS 2016

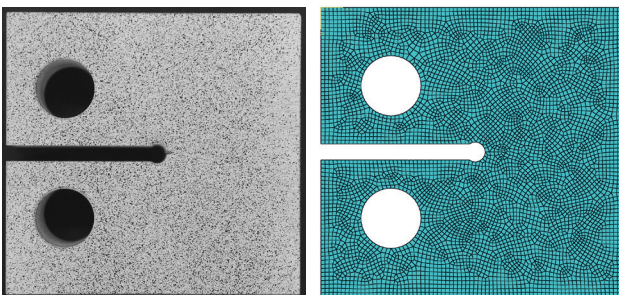
### Bestimmung von Spannungsintensitätsfaktoren mittels digitaler Bildkorrelation

Leitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Assistenten: A. Egger, Y. Harmanci

Spannungsintensitätsfaktoren (SIF) charakterisieren den Spannungszustand an der Spitze eines Risses und ermöglichen Vorhersagen hinsichtlich Risswachstum. SIF der Modi I und II wurden betrachtet und mittels digitaler Bildkorrelation (DIC) experimentell bestimmt. Die angewandte optische Methode bietet viele Vorteile, so ist sie z.B. kontaktlos und nicht-invasiv. Ziel der Arbeit ist es, die Machbarkeit und Genauigkeit dieser Methode zu beurteilen, basierend auf experimenteller und numerischer Überprüfung von Referenzproblemen.

Untersucht wurden drei unterschiedliche Konfigurationen von Proben aus PMMA: (i) Platte mit Randriss und (ii) Platte mit eingebettetem Riss, beide unter Zug belastet, und (iii) Compact Tension Test. Die Prüfkörper wurden bis zum Versagen belastet. Um Dehnungsfelder rund um die Risspitze zu erhalten, wurden während des Experiments Serien digitaler Fotos aufgenommen und später mittels DIC ausgewertet. Darauf basierend konnten Spannungsfelder ermittelt werden. Unter Verwendung einer Reihenentwicklung konnten schliesslich die SIFs sowie die unbekannte Lage der Risspitze auf neuartige Art und Weise bestimmt werden. Die Ausgleichung erfolgte durch die Lösung eines überbestimmten nichtlinearen Gleichungssystems mit einem iterativen Algorithmus. Die Resultate wurden mit analytischen Lösungen und mit Berechnungsergebnissen der FE-Methode verglichen.

An Hand der Daten aus den numerischen Experimenten wurde der neue Algorithmus validiert. Es wird erwartet, dass Optimierung der DIC Software wie auch des optischen Versuchsaufbaus eine robuste und präzisere Vorhersage der SIFs ermöglicht.



Prüfkörper mit zugehörigem FE Modell.

## Bachelor-Arbeit FS 2016

### Neubau einer Industriehalle in Weiningen, ZH

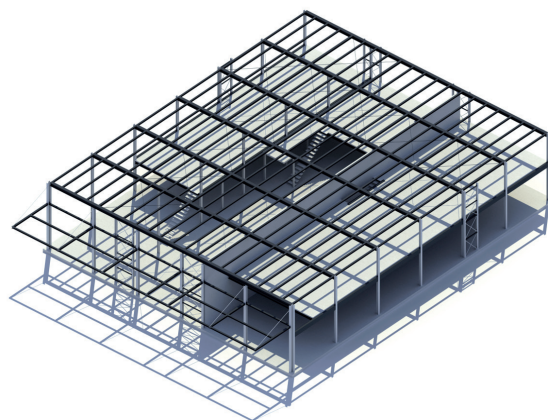
Leitung: Prof. T. Vogel  
Assistent: B. Herraiz

Im Rahmen einer Bachelor-Arbeit wurde von sechs Studierenden ein konkretes Projekt einer Industriehalle in Weiningen ZH als klassische Bauingenieuraufgabe des Hochbaus bearbeitet.

Die Zielsetzung der Arbeit lag in der Erarbeitung eines geeigneten, wirtschaftlichen Tragwerkskonzeptes, das den Vorstellungen des Architekten entspricht und sich eignet, die auftretenden Einwirkungen sicher in den Baugrund abzutragen. Der Schwerpunkt lag beim Entwurf vernünftiger Tragsysteme, der Modellierung des Tragwerks, der Bemessung und der konstruktiven Detailausbildung einzelner Tragwerksteile.

Das Projekt stellte die Studierenden vor einige Herausforderungen. Sie haben sich gleichsam mit Aspekten der Bauphysik (Wärmeschutz, Brandschutz etc.) wie der Erarbeitung eines geeigneten Tragwerkskonzeptes einschliesslich eines Erdbebenkonzeptes mit Bemessung und konstruktiver Durchbildung der Tragwände auseinandergesetzt. Weiter waren lokale Kräfteinleitungsprobleme an Anschlüssen verschiedener Bauteile zu studieren und konstruktiv geeignete Lösungen vorzuschlagen.

Diese Bachelor-Arbeit bot den Studierenden Gelegenheit, anhand eines realen Projektes Überlegungen zum Gleichgewicht und Kräftefluss anzustellen und wichtige Tragelemente des Hochbaus wie Decken, Stützen, Wände, Pfähle unter Einbezug des Baugrundes zu konzipieren und zu bemessen.



Perspektive der Stahlkonstruktion des Projekts von Caroline Wirion und Nathalie Reckinger.

**Projektarbeit Master FS 2015**

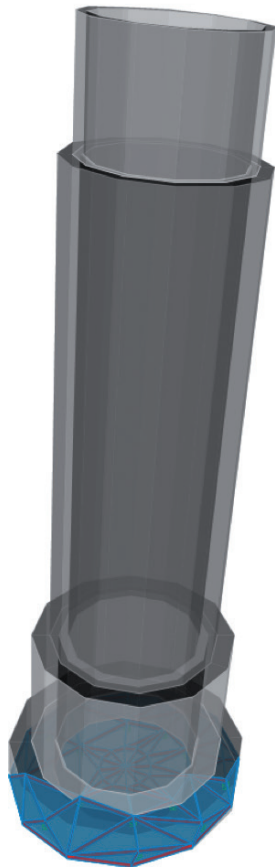
**Seismische Isolation des schiefen Turms von Pisa**

Leitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Assistent: A. Tsiavos

Das Ziel dieser Studie ist die Bemessung eines seismischen Isolationssystems für eine mögliche Erdbebenertüchtigung des schiefen Turms von Pisa.

Die analytisch abgeleiteten Ergebnisse zeigen, dass die voraussichtlichen Erdbebenschäden des Turms im Fall eines mittelschweren Erdbebens erheblich sind. Deswegen wurde ein Isolationssystem mit 16 Elastomerlager für die Erdbebenertüchtigung des Turms bemessen. Es wird gezeigt, dass die Erdbebenertüchtigung zu einer deutlichen Reduktion der seismischen Antwort des Turms führen kann. Trotzdem sind zusätzliche Massnahmen für die Erfüllung der seismischen Bemessungsanforderungen des Turms notwendig.

Die seismische Isolation kann jedoch für die Erdbebenertüchtigung von alten Mauerwerk-Tragwerke verwendet werden, wenn ihrer Neigungswinkel kleiner als der Winkel des schiefen Turms von Pisa ist.



Analytisches FEM Modell für die seismische Isolation des schiefen Turms von Pisa.

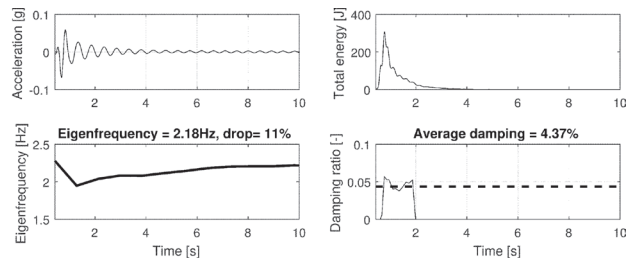
**Projektarbeit Master HS 2015**

**Eine Zentrifuge-basierte experimentelle und analytische Studie zur Boden-Struktur-Interaktion**

Leitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi

Schlanke Strukturen wie Windturbinen oder Brückenpfeiler werden in der Regel dynamisch durch Wind-, Verkehr- oder Erdbebeneinwirkungen belastet. Kritisch für die Reaktion dieser Systeme ist die Interaktion zwischen Boden, Fundament und Struktur. Zur Untersuchung des Einflusses bestimmter Boden- und Strukturparameter auf die Boden-Struktur-Interaktion (SSI) wird eine Reihe von Prototyp-Experimenten mit, in homogenem Sand eingebetteten Fundamenten unter Impulsanregung in der Zentrifuge durchgeführt. Die erhaltenen Ergebnisse [1] bestätigen, dass Experimente in der Zentrifuge eine einzigartige Möglichkeit bieten, die Interaktion zwischen Boden und Struktur durch parametrische Experimente von skalierten Modellen zu untersuchen. Es wird beobachtet, dass die Verlängerung der Eigenperiode mit abnehmender Bodensteifigkeit signifikant erhöht wird und stark mit der relativen Steifigkeit zwischen Struktur und Fundament korreliert.

Obwohl die vorliegende Studie sich ausschliesslich mit dem Bereich von kleinen Dehnungen auseinandersetzt, treten Nichtlinearitäten auf. Die identifizierten Dämpfungsergebnisse sind deutlich grösser als analytisch geschätzt und erweisen sich als sehr dehnungsabhängig, was die Frage nach der Zuverlässigkeit bestehender Analysemethoden bei der Erfassung des Dissipationsmechanismus stellt. Zusammenfassend werden zum ersten Mal dynamische Experimente in der Zentrifuge durchgeführt, um die vorhandenen analytischen Modelle für die Schätzung der Bodensteifigkeit und Dämpfung zu verifizieren, was einen wertvollen Einblick in die Theorie und einen Massstab für die Ingenieurpraxis liefert.



Experimentelle Untersuchung zum Ansprechverhalten.

[1] Martakis, P., Taeseri, D., Chatzi, E.N., and Laue, J., *A Centrifuge-based Experimental and Analytical Study of the Soil and Structure Interaction Effect*, 11th HSTAM International Congress on Mechanics, Athens, 27 – 30 May, 2016, Greece.

**Projektarbeit Master HS 2015 und FS 2016**

**Bahnhof Stadelhofen – Alternative Linienführung für 4. Gleis**

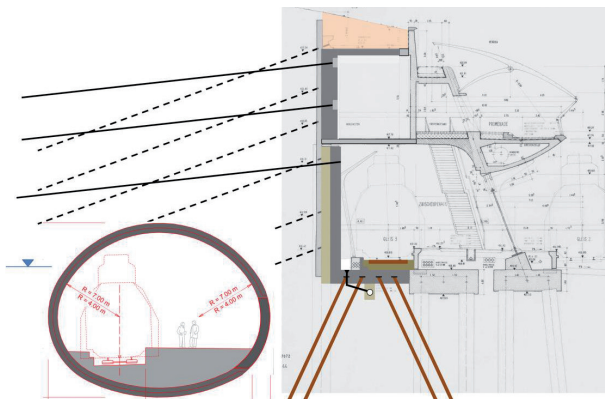
Leitung: Prof. T. Vogel

Assistent: H. Diederich

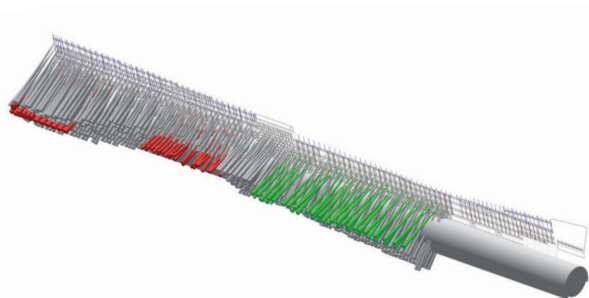
Obwohl der Bahnhof Stadelhofen nur über drei Gleise verfügt, ist er einer der Bahnhöfe der S-Bahn Zürich mit den höchsten Passagierzahlen. Da der Bahnhof schon jetzt nahe der Kapazitätsgrenze betrieben wird, soll die Gleistopologie verbessert werden, indem der Bahnhof um ein viertes Gleis erweitert wird für Züge, die aus Zürich kommend in Richtung Tiefenbrunnen weiterfahren.

In einer Machbarkeitsstudie sahen alle untersuchten Varianten vor, dieses vierte Gleis entweder hinter der bestehenden Ankerwand, d.h. mit langen Umsteigewegen, oder unter dem bestehenden Bahnhof, d.h. im Grundwasser zu erstellen. Die bestehende Stützmauer mit den permanenten Bodenankern blieb dabei unverändert bestehen.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde letztere Randbedingung hinterfragt und untersucht, wie das neue Gleis durch den Bereich mit den bestehenden Anker hindurchgeführt werden kann, damit es näher an den bestehenden Gleisen und oberhalb des Grundwasserspiegels zu liegen kommt.



*Umbau der Ankerwand im Projekt von Manuel Breitenmoser und Simon Hug.*



*3D Visualisierung der Ankerwand von Lukas Meuli und Jonas Riteco.*

**Projektarbeit Master FS 2016**

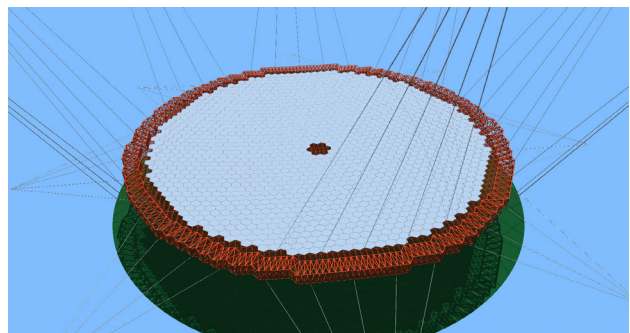
**Optimierung eines neuartigen, seilgeführten Designs für zukünftige, terrestrische Gammastrahlen-Teleskope**

Leitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi

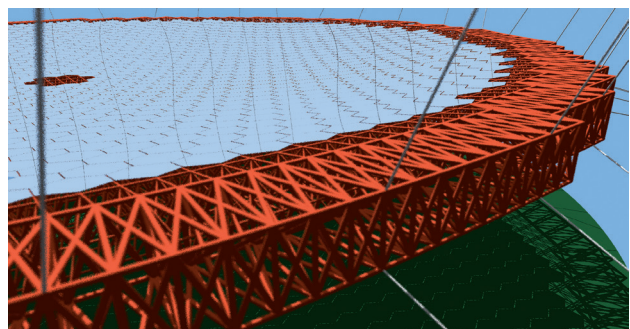
Assistierende: A. Egger, S. Müller

Eine neuartige Bildsentechnologie, welche vom Institut für Teilchenphysik (IPP) an der ETH entwickelt wurde, hat das Interesse an einem wegweisenden Entwurf eines 50-100 Meter grossen, Gammastrahlen-Teleskops geweckt, dass das Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope (I.A.C.T.) Verfahren verwendet, ein sich rasch entwickelndes Teilgebiet der Hochenergieastronomie. Erste Konzepte und Studien in Zusammenarbeit mit dem IPP deuten darauf hin, dass ein aufgehängtes, räumliches Fachwerk mit individuellen Spiegelreflektoren eine vielversprechende Lösung darstellt (Fig. 1).

In Zusammenarbeit mit dem IPP wurde ein in Python realisierter Optimierungsprozess entwickelt. Finite Elemente Analysen parametrisierter Teleskopstrukturen überprüfen die Deformationen, während ein Tool zur Simulation von Photonenausbreitung, welches vom IPP entwickelt wurde, die daraus resultierende optische Qualität der entstehenden Abbildung quantifiziert. Das Ziel ist es, die Beobachtungsqualität zu maximieren anhand von verschiedensten Parametern wie beispielsweise Reflektorengrösse, Fachwerkordnung, Material und Querschnittsabmessungen etc.



*Fig. 1: Reflektorplatte in der Zenitposition.*



*Detailansicht der Reflektoren und des Zugrings.*



**Projektarbeit Master FS 2016**

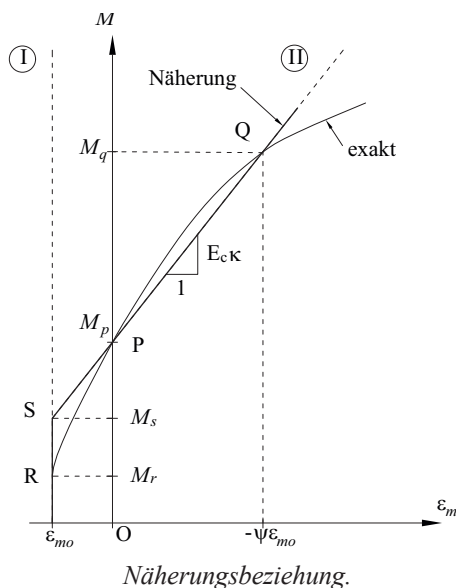
**Druckmembranspannungszustand in Stahlbetonbalken**

Leitung: Prof. Dr. W. Kaufmann  
 Assistent: Dr. S. Zweidler

Für bestehende Stahlbetontragwerke, insbesondere Brückenplatten, kann der Ermüdungsnachweis nach den aktuellen SIA-Normen oft nicht erbracht werden, womit teure Instandsetzungsmassnahmen oder Ersatzneubauten erforderlich sind. Untersuchungen von Brückenplatten haben aber gezeigt, dass trotz rechnerisch sehr hoher Spannungsdifferenzen keine Ermüdungsbrüche der Bewehrung auftraten. Eine der möglichen Ursachen wird in der Entstehung von Membrandruckkräften vermutet.

Die klassische Theorie von Balken und Platten im Stahlbetonbau vernachlässigt im Allgemeinen die Dehnungen der Mittelebene, welche aus reiner Biegebeanspruchung infolge Reissen des Betons entstehen. Können sich die damit verbundenen Längenänderungen nicht unbehindert einstellen, entstehen Membrandruckkräfte. Ziel der Projektarbeit war es, diesen Effekt in Balken zu untersuchen und die Grundlage zur Übertragung auf Plattentragwerke zu erarbeiten.

Den Kern der Arbeit bildete die Untersuchung der M-N-Interaktion und der zugehörigen Verzerrungen im Stahlbetonquerschnitt. Dabei wurden Näherungsbeziehungen für die Interaktion (bei überwiegender Biegebeanspruchung) eingeführt. Dadurch kann der iterative Prozess zur Bestimmung der verallgemeinerten Verzerrungen umgangen und der Membranspannungszustand einfacher Balkensysteme analytisch angenähert werden. Die Resultate bestätigen, dass die Spannungen in der Bewehrung, insbesondere bei kleinen Bewehrungsgehalten, durch Druckmembranwirkung signifikant reduziert werden.



**Projektarbeit Master FS 2016**

**Experimentelle Untersuchung des unelastischen Verhaltens einer seismisch isolierten Struktur**

Leitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Assistent: A. Tsiavos

Ein seismisch isoliertes kleinmassstäbliches Stahltragwerk wird auf dem Rütteltisch des ETH Zürich IBK Labors durch starke Bodenbewegungen ange-regt. Vier Gleitpendellager werden für die seismische Isolierung des Tragwerks benutzt. Die Lager werden für grosse Verschiebungen bemessen und von der Firma MAGEBA SA hergestellt.

Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass sich seismisch isolierte Strukturen durch starke Bodenbewegungen unelastisch verhalten können. Der Vergleich der experimentellen Ergebnisse mit analytisch abgeleiteten Beziehungen zwischen dem Kraftreduktionsfaktor des Tragwerks  $R_y$ , der Verschiebeduktilität  $\mu$  und der Schwingzeit  $T_n$  dient der Validierung und der Erweiterung des Verständnisses zum unelastischen Verhalten von seismisch isolierten Tragwerken. Diese  $R_y$ - $\mu$ - $T_n$  Beziehungen können für die seismische Bemessung von seismisch isolierten Strukturen verwendet werden. Zusätzlich kann die Verwendung der  $R_y$ - $\mu$ - $T_n$  Beziehungen die erwarteten Schäden einer seismisch isolierten Struktur in Form von Duktilitätsbedarf quantifizieren.





## Projektarbeit Master HS 2016

### Ungewissheitsquantifizierung des Verhaltens von Faserverbundwerkstoffen

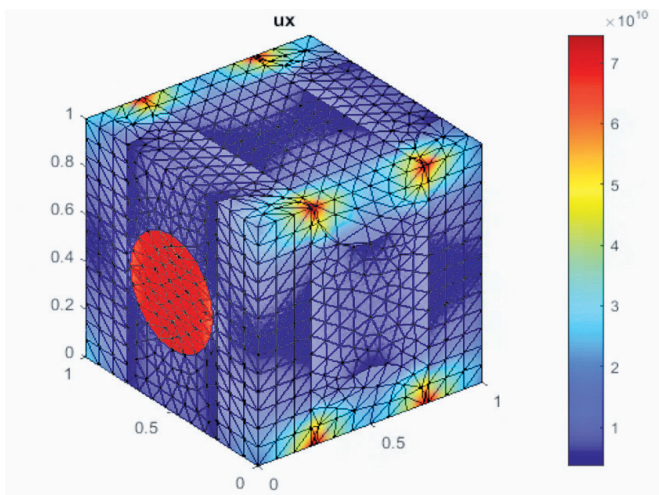
Leitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi

Assistent: Ch. Mylonas

Die effektive Einschätzung der anisotropen Eigenschaften von Verbundwerkstoffen hängt in grossem Masse von der Laminattheorie ab. Diese Annäherungsweise kann weder den mikrostrukturellen Spannungszustand von Verbundwerkstoffen noch die Effekte der Schadensakkumulation und -ausbreitung abbilden. Deshalb besteht die Notwendigkeit Methoden zu entwickeln, welche eine genaue Einschätzung von Spannungs- und Dehnungsverteilungen in der Mikrostruktur erreichen.

Die Asymptotic Expansion Homogenization (AEH) Methode ist eine etablierte und mathematisch konsistente Technik für die Einschätzung der effektiven Eigenschaften, Mikrospannungen und Mikrodehnungen von Verbundwerkstoffen mit beliebiger periodischer Geometrie. Die Methode erfordert die Lösung von rechenintensiven Variationsproblemen, um die effektiven Eigenschaften von arbiträr komplexen Mikrostrukturgeometrien zu berechnen. Das wird typischerweise durch die Finite-Elemente-Methode erreicht.

Ein Nachteil der Annahme von mikromechanischen Techniken, wie z.B. der AEH Methode, liegt in der auftauchenden Modellierungungewissheit, die durch die Variabilität in Faserradius, -abstand und -orientierung hervorgerufen wird. In diesem Projekt wird die Ungewissheit von den effektiven Eigenschaften eines Verbundwerkstoffs durch angemessene Surrogate-Modelle (Polynomial Chaos Expansions) eingeschätzt. Ein Methodikrahmen für die Berechnung von Mikrospannungen und -dehnungen wird in COMSOL und MATLAB implementiert.



AEH-abgeleitete Mikrostrukturspannungen.

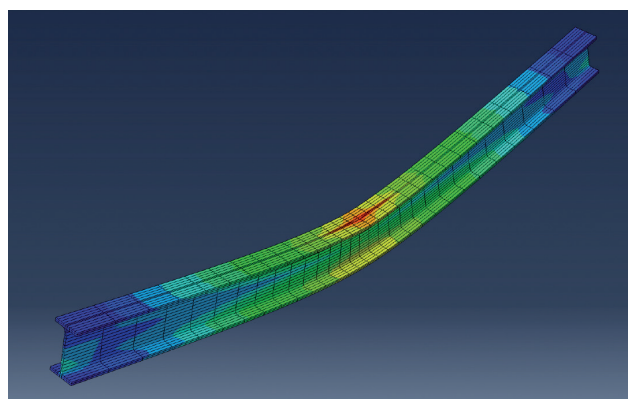
## Projektarbeit Master HS 2016

### Verhalten eines Stahlträgers im Brandfall

Leitung: Prof. Dr. M. Fontana

Assistenten: R. Grolimund, P. Schulthess

Aufgrund der starken Steifigkeits- und Festigkeitsabnahme von Stahl bei erhöhten Temperaturen nimmt die Bemessung von Tragwerken für den Brandfall im Stahlbau eine besonders wichtige Rolle ein. Um ein besseres Verständnis für das Verhalten von Stahltragwerken im Brand zu erlangen, wurde im Rahmen dieser Master-Projektarbeit das Verhalten eines Stahlträgers unter erhöhten Temperaturen untersucht. Dazu wurden in einem ersten Schritt sowohl analytische, als auch numerische Berechnungsmodelle zur Beschreibung des Tragverhaltens eines Stahlträgers unter Brandeinwirkung entwickelt. Die damit erhaltenen Resultate wurden mit den Ergebnissen eines Brandversuchs, der in den 1980er Jahren an der Universität Bochum durchgeführt wurde, verglichen. Um die Einflüsse verschiedener Modellannahmen auf die Resultate sehen und beurteilen zu können, wurde eine Parameterstudie durchgeführt. Als Ziel der Parameterstudie sollte der Einfluss des Stoffgesetzes sowie der Heizrate aufgezeigt werden können. Dazu wurden für die Modellierung des Materialverhaltens einerseits die Beziehungen aus dem Eurocode und andererseits experimentell ermittelte, temperaturabhängige Spannungs-Dehnungsbeziehungen verwendet. Zusätzlich wurde die Heizrate variiert um deren Einfluss auf die Erwärmung der Stahlprofile im Querschnitt als auch in Längsrichtung zu untersuchen.



Numerisches Modell des Stahlträgers im Brandfall.

## Projektarbeit Master HS 2016

### Tragwerksanalyse: La Casa Capriata von Carlo Mollino

Leitung: Prof. Dr. A. Frangi,  
Prof. M. Peter, D-ARCH  
Assistenten: R. Fahrni, B. Kreis

In den 40er und 50er Jahren des letzten Jahrhunderts befasste sich der italienische Architekt Carlo Mollino mit dem Entwurf der *Casa Capriata*, einem als Bausatz für den alpinen Raum geplanten Ferienhaus. Das Konzept bestand aus drei Stockwerken, eingebaut in vier dreiecksförmige Rahmen, wobei der Lastabtrag über nur drei Punkte auf zwei der Rahmen vorgesehen war, um die Ausgesetztheit im alpinen Raum zu verdeutlichen. Die *Casa Capriata* wurde vor wenigen Jahren mit deutlich massiveren Abmessungen der Tragstruktur gebaut, als dies von Carlo Mollino mit seinem Bausatzkonzept der handlichen Vollholzbretter vorgesehen gewesen wäre. Daraus entstand die Frage, ob man nicht auch das ursprüngliche Konzept hätte umsetzen können.

Im Rahmen einer Projektarbeit wurde diese Frage mit einer Tragwerksanalyse eingehend behandelt. Besonderes Augenmerk wurde auf den statisch unbestimmten Lastabtrag gelegt, welcher bei den asymmetrischen Lasten aus Wind, Schnee und Erdbeben sowie durch die vielen einzelnen Bretter und die spärlich verfügbaren Plänen und Zeichnungen sehr schwierig zu verstehen war. Die kritischsten Punkte im Tragwerk wurden eruiert und konzeptschonende Alternativen vorgeschlagen.



Modell von Casa Capriata.

## Projektarbeit Master HS 2016

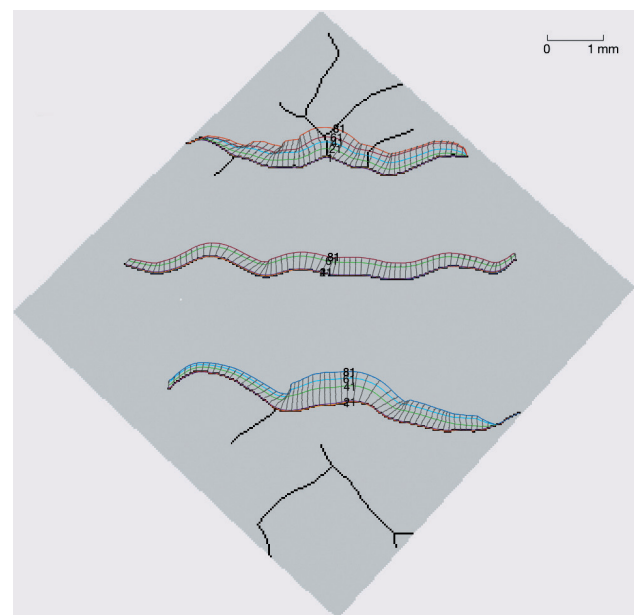
### Automated concrete crack detection and measurement based on digital image correlation

Leitung: Prof. Dr. W. Kaufmann  
Assistent: Dr. J. Mata Falcón

Das Erfassen des Rissverhaltens ist grundlegend für die Beschreibung des Verhaltens von Stahlbetonelementen. Konventionelle Messungen wie Risslupen oder Rissbreitenschablonen sind zeitaufwendig, auf vordefinierte Laststufen begrenzt und für die Messung von parallelen Rissuferverschiebungen nur bedingt geeignet.

Im Rahmen dieser Projektarbeit wurde eine Software entwickelt, die aufgrund von Daten aus digitaler Bildkorrelation automatisch Risse in Versuchskörpern erkennt und die Verschiebung der Rissufer (Rissbreite, Schiebung) misst. Das Verfahren erlaubt einen unabhängigen Versuchsablauf und eine schnelle Nachbearbeitung zur Gewinnung von hochauflösenden Resultaten. Der Fokus lag auf der Entwicklung der jeweiligen Algorithmen, der Schnittstelle zur Bildkorrelation und der Benutzerfreundlichkeit. Zudem wurden die Genauigkeit und Empfindlichkeit der verwendeten Methoden untersucht. Schlussendlich resultierte eine benutzerfreundliche Softwareoberfläche, die selektierte Risse in Grösse und Ausdehnung visualisiert.

Getestet wurde die Software durch zwei Zugversuche an quadratischen Scheibenelementen (0.60 m x 0.60 m x 0.18 m) aus Stahlbeton, die entlang einer Diagonalen belastet wurden.



Visualisierung der Rissuferverschiebungen für verschiedene Laststufen.

**Master-Arbeit FS 2015**

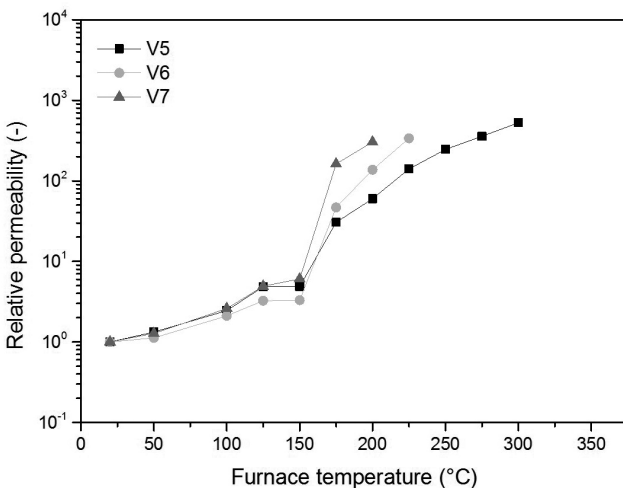
**Zur Permeabilität von hochfesten Betonen unter hohen Temperaturen**

Leitung: Prof. Dr. M. Fontana

Assistent: F. Lu

In jüngster Zeit werden speziell für stark beanspruchte Stützen mit limitierten Abmessungen hochfeste Betone (HPC) verwendet, welche brandschutztechnisch besonderer Aufmerksamkeit bedürfen. Diese Betone besitzen infolge der Verwendung von Silikastaub eine sehr dichte Matrix und als Folge auch eine niedrige Permeabilität. Dadurch gibt es Probleme im Brandfall; durch das verdampfende Wasser entstehen hohe Drücke im Beton. Im Extremfall können diese Drücke in Kombination mit thermischen und statischen Belastungen zu explosionsartigen Abplatzungen des Betons führen.

Um diesem Effekt entgegenzuwirken, werden verschiedene Massnahmen bezüglich Brandschutz eingesetzt. Der eine Ansatz liegt im Schutz der Tragsstruktur durch Polypropylenfasern (PP). Diese Fasern verändern sich während des Aufheizens und führen so zu einer Erhöhung der Durchlässigkeit für Gase. Als Folge können die hohen Porendrücke und somit auch explosive Abplatzungen verhindert werden. In diesem Projekt wird der Einfluss dieser PP-Beimengungen auf hochfesten Betonen unter hohen Temperaturen untersucht.



Relative Permeabilität V5 bis V7 mit PP-Fasern des Typs 2.

**Master-Arbeit HS 2015**

**Seismische Resilienz der Gesellschaft während den Erdbeben im Nepal 2015**

Leitung: Prof. Dr. B. Stojadinović

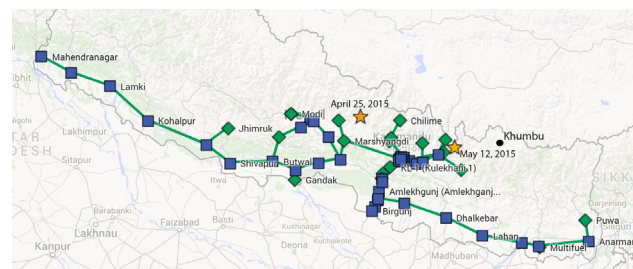
Prof. Dr. S. Ghosh (IIT Bombay, India)

Assistent: M. Didier

Projektpartner: EPFL-VPAA-CODEV

Über 9'000 Menschen wurden getötet, mehr als 22'000 verletzt und mehr als 750'000 Gebäude wurden während den Erdbeben im Nepal 2015 beschädigt oder zerstört. Ein grosser Teil des kulturellen Erbes Nepals wurde unwiederbringlich vernichtet und die zivilen Infrastruktursysteme (wie z.B. das Strom-, Wasser- oder Mobiltelefonnetz) wurden beschädigt. Eine Vielzahl von Betriebsausfällen dieser Systeme war die Folge. Das Ziel dieser Masterarbeit, welche zusammen mit dem IIT Bombay, Indien, durchgeführt wurde, war die seismische Resilienz der nepalesischen Stromnetze und der nepalesischen Gesellschaft während dieser Erdbeben zu evaluieren.

Basierend auf empirischen Daten, welche durch Besuche vor Ort, durch Interviews mit Experten, durch die Analyse von Reports und durch Input verschiedener Akteure gesammelt werden konnten, wurde der empirische Mangel an Resilienz berechnet. Modelle für die Verletzlichkeit und die Rückgewinnung der Funktionen des nepalesischen Stromnetzes und des Gebäudeparks wurden entwickelt und in einem Simulationsprogramm implementiert, welches die Berechnung des erwarteten Mangels an Resilienz erlaubt. Das so entwickelte und kalibrierte Simulationsprogramm kann für die Bewertung der Resilienz während möglicher zukünftiger Erdbeben benutzt werden.



Modell des nepalesischen Stromnetzwerkes.



Zerstörtes Gebäude in Kathmandu (August 2015).



## Master-Arbeit HS 2015

### Bemessung von kippschwingenden Strukturen: Untersuchung von drei konzeptionellen Systemen

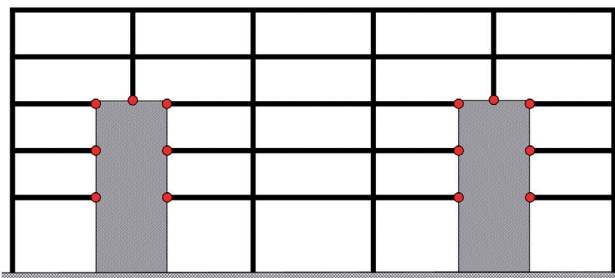
Leitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
Assistenten: Dr. M. Vassiliou, J. Bachmann

Die Bemessung für seismische Anregung in Gebieten mit hoher Seismizität ist für den Bauingenieur besonders anforderungsvoll. Wie die antiken Tempel beweisen, bietet das Zulassen einer Kippschwingung Abhilfe. In den letzten Jahren wurde in der Forschung vermehrt versucht, die Kippschwingung als seismische Modifikation in verschiedenen Strukturen zu implementieren. Ein Beispiel dafür sind Brückenpfeiler in Neuseeland, die nicht biegesteif mit dem Pfahlfundament verbunden wurden. Eine andere Möglichkeit bietet sich bei der Ertüchtigung von bestehenden, den aktuellen Standards nicht entsprechenden Gebäuden an. Um die ganze Struktur zu stärken, werden so genannte «Backbone» (zu Deutsch «Rückgrat») Wände gebaut. Diese Wände zwingen im Falle eines Erdbebens dem Gebäude eine gewisse Verformungsform auf und erhöhen damit den Widerstand.

Die Masterarbeit erarbeitete verschiedene Modelle, die die Vorteile der Kippschwingung zu nutzen versuchen, und testete diese in der FE-Software Sap2000. Dabei wurden folgende drei Modelle entwickelt:

1. Durchgehende schaukelnde Wände
2. Hybrides Modell: schaukelnde Wände in den ersten 3 Stockwerken
3. Schaukelnde Stützen nur in Geschoss 1

Die Modellierung der Schaukelbewegung in der FE-Software erwies sich als ausserordentlich schwierig und aufwändig, so dass der positive Effekt der Kippschwingung in Kombination mit anderen Tragwerksstrukturen nicht illustriert werden konnte.



Hybrides Modell: Rahmensystem in Kombination mit schaukelnden «Backbone» Wänden.

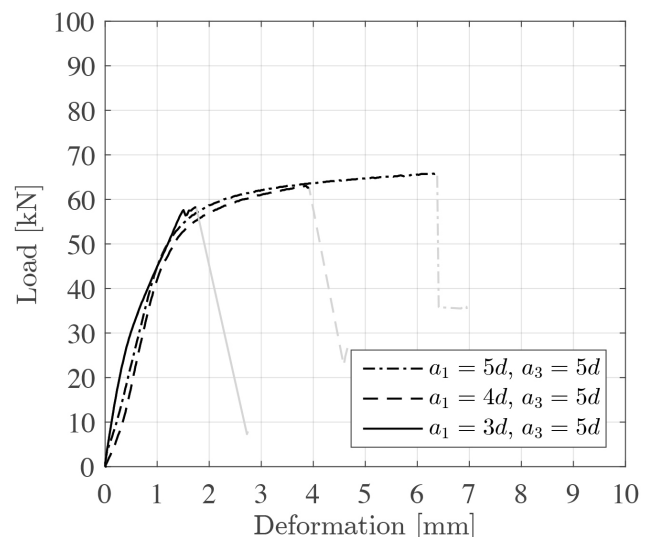
## Master-Arbeit FS 2016

### Untersuchungen zum Einfluss streuender Materialeigenschaften auf das Tragverhalten von Verbindungen

Leitung: Prof. Dr. A. Frangi  
Assistent: Dr. R. Jockwer

Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln sind eines der wichtigsten Details in Bauwerken aus Holz, um aus einzelnen Holzbauteilen mit stabförmigen Abmessungen grössere Tragsysteme bilden zu können. Die End- und Zwischenabstände der Verbindungsmittel haben dabei einen entscheidenden Einfluss auf den Tragwiderstand und das Versagensverhalten der Verbindung.

Im Rahmen der Arbeit wurde der Einfluss verschiedener geometrische Parameter wie End- und Zwischenabstände sowie die Materialparameter Holzdicke und Festigkeitsklasse des Stahls in Experimenten und theoretischen Modellen auf die Grösse und Streuung des Tragwiderstands sowie das Versagensverhalten der Verbindung untersucht. Bei reduzierten Abständen wurden die spröden Versagensmechanismen häufiger beobachtet. Eine Zuverlässigkeitsanalyse zeigt, dass sich in diesen Fällen die Zuverlässigkeit im Vergleich zu den angestrebten duktilen Versagensmechanismen deutlich reduziert. Die Erkenntnisse der Arbeit unterstreichen die Wichtigkeit der Einhaltung ausreichender Mindestabstände für Verbindungen mit stiftförmigen metallischen Verbindungsmitteln.



Last-Verformungskurven einer Stabdübelverbindung mit verschiedenen Zwischenabständen  $a_i/d$  der Verbindungsmittel.

Master-Arbeit FS 2016

Inelastic deformation behaviour of RC bridge piers

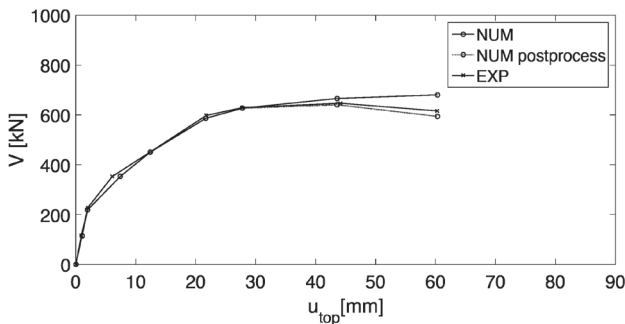
Leitung: Prof. Dr. W. Kaufmann

Assistent: Dr. M. Bimschas

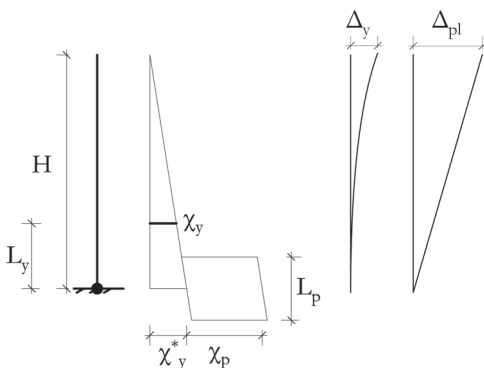
In den ACI Structural Journal Publikationen: *Inelastic Deformation Analysis of Reinforced Concrete Bridge Piers, Part 1 & 2* von Bimschas et al. wird ein Konzept vorgestellt, welches die Biegeverformungen von Stahlbetonstrukturen in allen Laststufen beschreibt. Es wird vorgeschlagen, die Querkrafttragwirkung von Stahlbetonstrukturen mittels diskontinuierlicher Spannungsfelder zu berücksichtigen.

Die Master-Arbeit basiert auf diesen Arbeiten und besteht aus zwei Teilen: 1) Weiterführende experimentelle Überprüfung des Konzepts; 2) Anwendung des Konzepts im Rahmen der Modelle der plastischen Gelenklänge.

Teil 1: Zwei statisch-zyklische Experimente, welche an der ETH Zürich unter Prof. Dr. A. Dazio durchgeführt wurden, werden verwendet um die Modellvorstellung weiter zu überprüfen. Es wird gezeigt, dass das globale Last-Verformungsverhalten, bis die maximale Betonfestigkeit erreicht wird, sehr gut beschrieben werden kann, während das «post-peak» Verhalten noch nicht erfasst werden kann. Weiter wird gezeigt, dass die zugehörigen Dehnungen im Zuggurt  $\epsilon+$  und die Krümmung  $\chi$  relativ genau berechnet werden können.

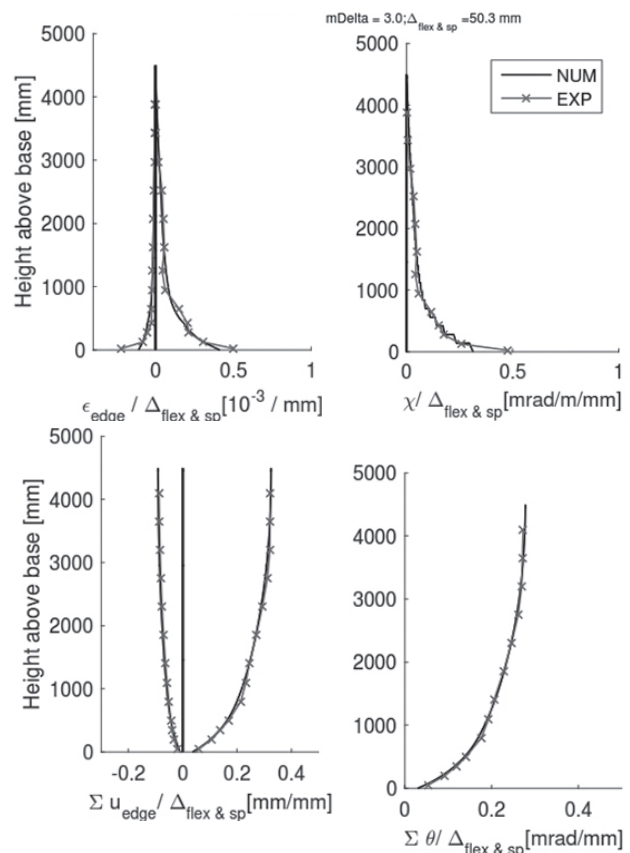


Vergleich des globalen Lastverformungsverhaltens.

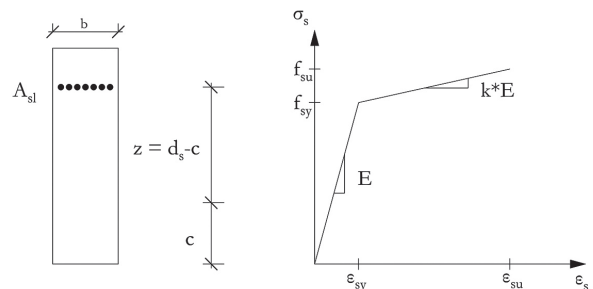


Plastisches Gelenkmodell.

Teil 2: Unter der Annahme kleiner Normalkräfte kann angenommen werden, dass die inelastische Verformung hauptsächlich aus der Verlängerung der Bewehrung resultiert. Deswegen wird ein Lösungsansatz vorgeschlagen, der nur die Verformung des Zuggurtes berücksichtigt. Im Weiteren wird ein plastisches Gelenkmodell definiert und die zugehörige plastische Gelenklänge  $L_p$  für einen Rechteckquerschnitt mit einer Bewehrungslage analytisch hergeleitet. Es wird in einer Parameterstudie aufgezeigt, dass  $L_p$  sensitiv auf die Normalkraft und die Schlankheit des Trägers, aber unempfindlich auf den Längs- und Querbewehrungsgehalt ist.



Vergleich der lokalen Verformungsgrößen bei einer horizontalen Kopfauslenkung von 50.3 mm.



Vereinfachter Querschnitt und vereinfachtes Stoffgesetz für die Bewehrung für die Herleitung der analytischen Lösung.

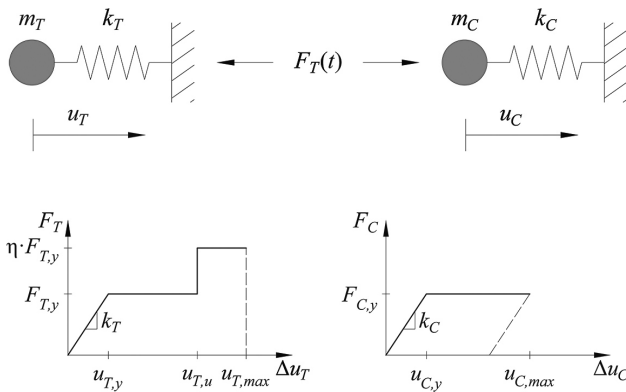
Master-Arbeit FS 2016

Structural safety of RC bridge piers under train impact

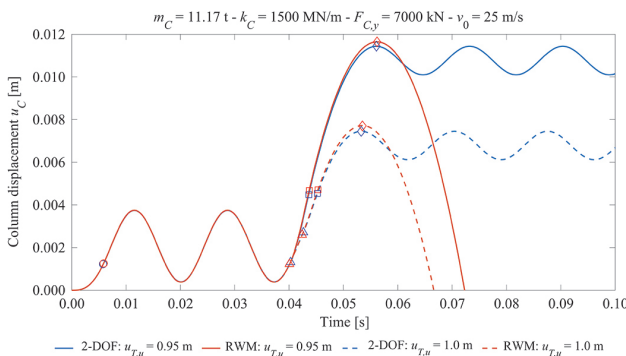
Leitung: Prof. Dr. W. Kaufmann  
 Assistent: Dr. M. Bimschas

Die Tragsicherheit von anprallgefährdeten Brückenbauteilen im Bahnbereich ist bislang nur ungenügend untersucht worden. Die heute gültigen normativen Verfahren verwenden statisch äquivalente Ersatzlasten, welche nicht auf mechanisch konsistenten Grundlagen basieren. Im Rahmen dieser Master-Arbeit wurden das dynamische Verhalten von anprallendem Zug und angeprallter Stütze sowie deren Einflussparameter genauer untersucht.

Mithilfe eines Finite-Elemente-Modells wurden statische und dynamische Zeitverlaufsanalysen durchgeführt, wobei der Bahnwagen vereinfacht als Punktmasse mit elastisch-plastischem Federgesetz modelliert wurde. Es wurden dabei verschiedene statische Systeme, Querschnittsformen sowie die Einbindung der Stütze in ein globales Brückensystem untersucht.



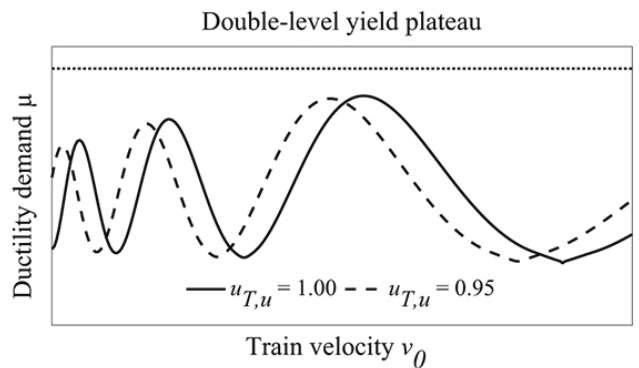
Entkoppelte Systeme und zugehörige Federgesetze.



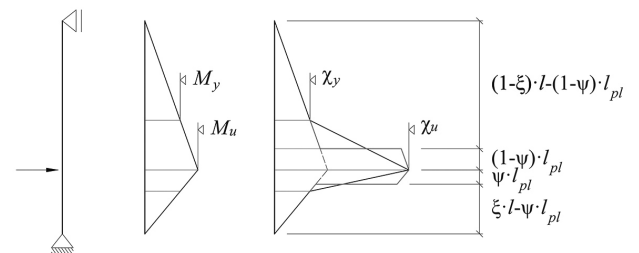
Zeitverlauf der Durchbiegungen.

Basierend auf den daraus folgenden Erkenntnissen konnte die komplexe dreidimensionale Brückenstruktur zu einem äquivalenten Ein-Massen-Schwinger-System reduziert werden. Die grossen Steifigkeitsunterschiede von Bahnwagen und Stütze erlaubten die Vernachlässigung der dynamischen Interaktion beider Objekte und die Trennung in zwei unabhängige Systeme, welche lediglich durch den Kraft-Zeitverlauf der Einwirkung miteinander gekoppelt sind. Gestützt auf einfache dynamische Gleichgewichtsüberlegungen konnte ein analytisches Näherungsverfahren zur Abschätzung des plastischen Verformungsbedarfs und der Verformungskapazität hergeleitet werden. Der Vergleich mit den FE-Berechnungen zeigte für die betrachteten Beispiele eine zufriedenstellende Genauigkeit.

Die Arbeit hat gezeigt, dass für die Beurteilung der Tragsicherheit unter Bahnanprall nicht nur der Widerstand, sondern insbesondere auch das Verformungsvermögen des Bauwerks massgebend ist. Die Resultate sind sehr sensitiv bezüglich der mechanischen Parameter der Stütze und der Anprallgeschwindigkeit des Zuges, was in einem weiteren Schritt mit probabilistischen Methoden näher untersucht werden sollte.



Einfluss der Geschwindigkeit auf Verformungsbedarf.



Plastisches Gelenkmodell zur Abschätzung des Verformungsvermögens.

Master-Arbeit FS 2016

Multi-fidelity surrogate modelling with polynomial chaos expansions

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Assistent: Dr. S. Marelli

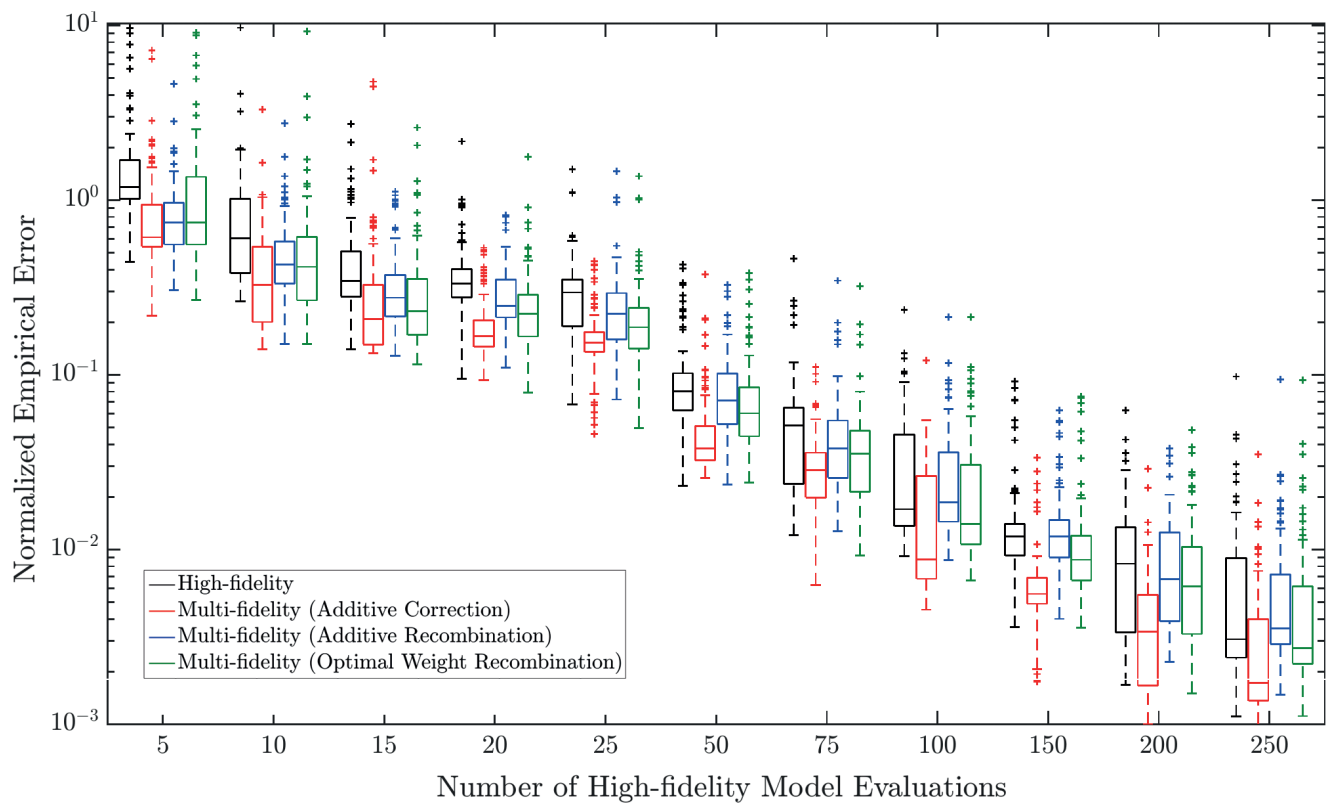
Die Quantifizierung von Unsicherheiten (UQ) in komplexen Systemen erhält zu Zeit viel Aufmerksamkeit im Ingenieurbereich und in den angewandten Wissenschaften. Um solche komplexen Systeme analysieren zu können, werden oft Ersatzmodelle zur Kostenreduktion benutzt. Ein Ersatzmodell ist eine günstige Funktion, die das Computermodell präzise annähert.

Wenn mehrere Modelle des gleichen Systems aber mit unterschiedlicher Genauigkeit (und unterschiedlichen Kosten) existieren, können diese kombiniert werden, um höhere Genauigkeit zu reduzierten Kosten zu erreichen. Diese werden allgemein als *multi-fidelity* Modelle bezeichnet. Währendem dieser Ansatz im Zusammenhang mit Gauss-Prozessen bereits er-

forscht wurde, gibt es nur eine begrenzte Anzahl an Publikationen für Spektralmethoden, wie Polynomi-  
 nal-Chaos-Expansions (PCE) [1].

Ein neuartiger Ansatz für *multi-fidelity* PCE basierend auf dem Konzept der spektralen Rekombination wird eingeführt. Die zugrundeliegende Idee ist, dass die spektralen Eigenschaften der genaueren Modelle asymptotisch verwandt sind mit den weniger genauen Modellen. Dieser Ansatz erlaubt fortgeschrittene Analysen in UQ an teuren Computermodellen, welche anderenfalls nicht handhabbar wären. Als Beispiel wird UQ für den Rotor einer Windturbine aufgeführt.

[1] Palar, P. S., Tsuchiya, T., Parks G.T. (2016). *Multi-fidelity non-intrusive polynomial chaos based on regression*. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 305, 579–606.



Vergleich verschiedener multi-fidelity Modelle an einem Windturbinenmodell.  
 Comparison of several multi-fidelity modeling strategies applied to a wind turbine model.



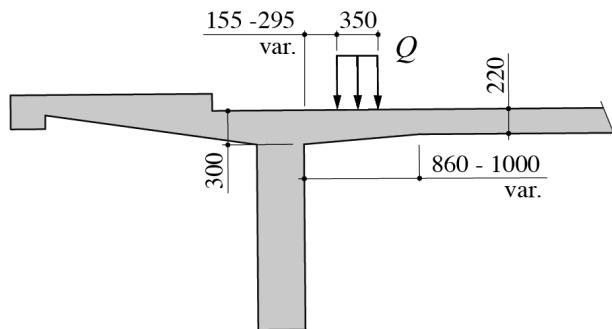
Master-Arbeit FS 2016

Assessment of Punching Capacity of RC Bridge Deck Slab in Kiruna, Chalmers University of Technology, Gothenburg

Leitung: Prof. T. Vogel  
 Assistent: C. Spathelf

Der Kirunabrücke im Norden von Schweden wurde 1959 als fünffeldrige Spannbetonbrücke mit Plattenbalkenquerschnitt gebaut. Die relativ schlanke Fahrbahnplatte ist monolithisch mit den drei Längsträgern und den Querträgern in regelmässigen Abständen verbunden und in Querrichtung zum Steg hin gevoutet. Die Brücke wurde 2014 vor dem Abriss in einem zerstörenden Versuch bis zum Bruch belastet. In der analytischen Berechnung nach Eurocode wurde eine signifikante Unterschätzung des Durchstanzwiderstandes der Fahrbahnplatte im Vergleich zur den Versuchsergebnissen festgestellt, was diese Art der Beurteilung von bestehenden Bauwerken in Frage gestellt hat.

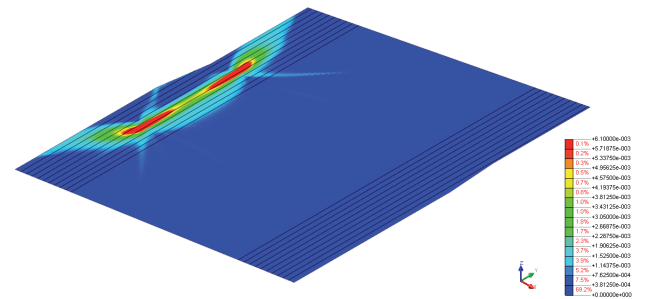
Ziel der Master-Arbeit von Marco Kobler war, die Traglast der Fahrbahnplatte mittels sukzessiv verfeinerten Berechnungsmethoden zu bestimmen. Die hierfür angewendete *multi-level assessment strategy* betrachtet den Durchstanz-, Schub- und Biege-widerstand der Platte und ging von einfachen Handberechnungen nach Eurocode und Model Code bis zu nicht-linearen Finite Elemente (FE) Berechnungen. Die grundlegende Idee dieser Strategie ist eine schnelle Einschätzung der Traglast, meistens auf Basis von Nachweisverfahren nach Norm, worauf diese bei ungenügender Tragsicherheit mit sukzessiv raffinierten Modellen ergänzt wird. Die Versuchsergebnisse aus dem Bruchversuch am realen Bauwerk dienten zur Verifikation der Berechnungen.



Brückenquerschnitt am Längsträger mit Laststellung für den Belastungsversuch. Dimensionen in mm.

Anschliessend wurde eine gründliche Sensitivitätsanalyse über den Einfluss der Lagerungsbedingungen in der FE-Berechnung sowie den Einfluss einer variierenden Plattendicke im gevouteten Bereich auf die Traglastberechnung erarbeitet.

Eine zunehmende Genauigkeit der Bruchprognose wurde mit den verfeinerten Berechnungsmodellen in den höheren Stufen des *multi-level assessment* bestätigt. Jedoch wurde in der Beurteilung des Durchstanzwiderstands teils mehr konservative Werte mit den «raffineren» Methoden prognostiziert. Die Kombination von FE Berechnung mit dem Nachweisverfahren der *critical shear crack theory* erwies sich in dieser Arbeit als geeignet für die Beurteilung des Durchstanzwiderstands der Fahrbahnplatte. Der Einfluss einer variierenden Plattendicke auf den Durchstanzwiderstand wurde als gering eingestuft. Die Modellannahmen für die Lagerung der Fahrbahnplatte scheinen jedoch einen grossen Einfluss zu haben. Es wurde beispielsweise ein 50% höherer Durchstanzwiderstand bei einer voll eingespannten Lagerung im Vergleich zur freien Lagerung ermittelt. Insbesondere bei auflagnernahen Laststellungen sind solche Resultate kritisch zu beurteilen.



Finiten Elementen Prognose des Rissbild beim Versagen (o.) und Versagensbild am Plattenunterseite (u.).





# FORSCHUNG

## Einschätzung der Ermüdung und Lebensdauer von Windturbinen mittels aeroelastischen Simulationen unterschiedlicher Genauigkeitsgrade

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Mitarbeiter: Dr. I. Abdallah  
Projektpartner: ERC, Starting grant (#679843)

Die Aeroelastizität von Windturbinen behandelt die Interaktion von Windzustrom, Aerodynamik, Bau- und Steuerungssystemen. Es gibt verschiedene aeroelastische Simulatoren zur Berechnung dynamischer Belastungen von Windturbinen, die entweder für kommerzielle Zwecke oder für Forschungszwecke genutzt werden. Diese aeroelastischen Simulatoren sind von unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit, die ihrerseits das Resultat unterschiedlicher Annahmen betreffend der physikalischen, mathematischen und rechnerischen Formulierungen sind. Deshalb können die Ergebnisse für die gleiche Windturbine je nach Simulator sehr unterschiedlich ausfallen. Bei der gängigen Vorgehensweise werden die Resultate von nur einem Simulator ausgewählt. Um Ungenauigkeiten zu kompensieren wird ein ausreichend grosser Sicherheitsfaktor dazugerechnet.

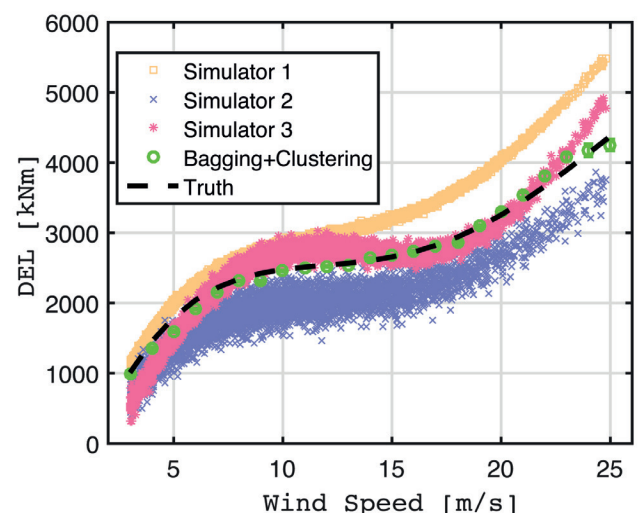
In der Regel werden die aeroelastischen Simulatoren mit Werten von Testwindturbinen geprüft und validiert. Es ist nachvollziehbar, dass die Modell-Ungenauigkeiten epistemisch sind und deshalb mit erhöhter Quantität und Qualität der Simulatoren reduziert werden können. Ziel dieser Arbeit ist, mehrere Simulatoren und verschiedenen Simulationen zu kombinieren um die Ermüdung der strukturellen Komponenten von Windturbinen zu berechnen [1]. Die Outputs der Simulatoren werden nicht als individuelle Information genutzt sondern als Teile eines Ensembles. So können die wahrscheinlichste Ermüdung vorausgesagt und Ungenauigkeiten reduziert werden.

[1] Abdallah, I., Tatsis, K., Chatzi, E.N., *Fatigue assessment of a wind turbine blade under aero-elastic model-form uncertainty*, Eurodyn 2017, 10th International Conference on Structural Dynamics, September 10 – 13, 2017, Rome, Italy.

## Multi-fidelity aeroelastic simulations for fatigue and life-cycle assessment of wind turbines' structures

Wind turbine aeroelasticity is a term that refers to the interaction of wind inflow, aerodynamics, structural dynamics and controls models. Various commercial and research-based aeroelastic simulators are available to compute the coupled dynamic loads of wind turbines. The aeroelastic simulators are of varying complexity (fidelity) and bear different underlying assumptions, pertaining to physics, mathematical and computational formulations. As a result, the simulated aeroelastic response of the same wind turbine may vary amongst simulators. However, the current practice is to select the response from one particular simulator and cover any possible discrepancies by imposing sufficiently large safety factors resulting in a safe design.

Traditionally, aeroelastic simulators are verified and validated using measurements from test wind turbines. It is reasonable to assume that model uncertainty is of the epistemic type and can be reduced with increasing quantity and quality of the available computer simulators and simulations output. The objective of this project is to fuse the fatigue load on structural components of a wind turbine when simultaneous simulations are performed with multiple aeroelastic simulators [1]. Rather than treating the output of the aeroelastic simulators as individual information sources, we consider them as part of an ensemble when trying to predict the «most likely» fatigue load and, hence reduce the inherent uncertainty.



Bootstrap-Aggregation (Bagging) von drei Simulatoren.  
Bootstrap aggregating (Bagging) from three simulators.

## Ein datengesteuerter Berechnungsrahmen für Schadenidentifikation von Windkraftanlagen

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Mitarbeiter: L.D. Avendaño-Valencia  
Projektpartner: ETH Zürich / EU FP7

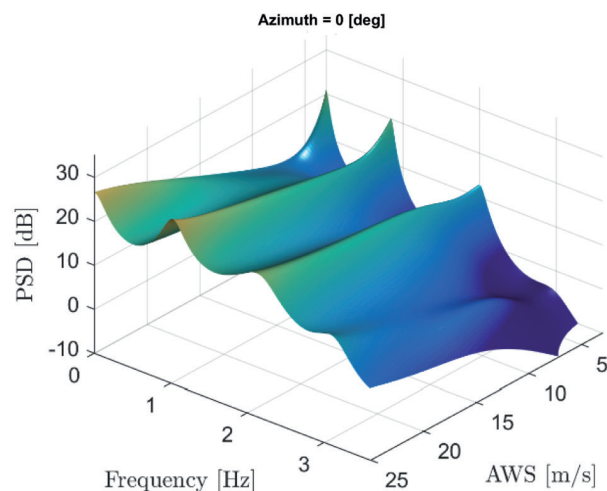
Windkraftanlagen (WKA) erweisen sich als eine viel versprechende Technologie für die Produktion von sauberer Energie. Vom Bedarf einer höheren Stromproduktion ausgehend findet bei WKA eine ständige Steigerung in Grösse und Komplexität statt. Andererseits werden sie unter widrigen Umgebungsbedingungen in abgelegenen Standorten betrieben. Zum Ziel der Reduzierung von Kosten und katastrophalen Schäden können automatisierte Fault Detection and Identification (FDI) Methoden angewendet werden, deren Grundlage die Überwachung von Schwingungsanregungen ist. Letztere weisen als Hauptcharakteristikum zeitliche Dynamik unter variierenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen auf.

Zum Erreichen der erwünschten Effektivität zielt dieses Projekt auf die Entwicklung von einer schwingungsbasierten FDI Methodologie ab, die sich sowohl für zeitliche Dynamik als auch für Betriebs- und Umgebungsungewissheiten eignet. Gaussian Process Regression und Polynomial Chaos Expansions werden angewendet, um die Variabilität von Koeffizienten bei autoregressiven Zeitreihenmodellen zu repräsentieren. Die postulierten Modelle basieren auf kontinuierlichen Messungen des strukturellen Verhaltens in Form von Beschleunigungen und Spannungen. Als Beispiel dient die Grafik, die zeigt, wie Polynomial Chaos Time-dependent AR Modelle in der Lage sind die spektrale Leistungsdichte der Beschleunigung der WKA-Rotorblätterspitze bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten zu beschreiben. Die bevorstehende Arbeit fokussiert auf die Anwendung der erarbeiteten Modelle für die Entdeckung, Identifizierung und Lokalisierung von Schäden.

## A data-driven computational framework for damage identification of wind turbines

Wind turbines (WTs) form a viable candidate technology for the production of clean energy. With the requirement of higher power outcome, WT's constantly grow in size and complexity, while operating under harsh environments in remote locations. To reduce operation and maintenance costs, and to avoid catastrophic damage, Automated Fault Detection and Identification (FDI) methods may be employed. These are based on monitoring of vibrational response, which is mainly characterized by time-dependent dynamics under varying operating and environmental conditions.

In accounting for such effects, this project introduces a vibration-based FDI methodology capable of capturing both the time-dependent dynamics and the effects of operational and environmental uncertainties. Gaussian Process Regression and Polynomial Chaos Expansions are used to represent the variability in the coefficients of autoregressive time-series models due to the influencing uncertainties. The postulated models are constructed on the basis of continuous measurements of accelerations or strains, extracted from the blade and tower components. As an example, the figure demonstrates how Polynomial Chaos Time-dependent AR models are able to represent the power spectral density of the WT acceleration response in the blade tip at different wind speeds. Forthcoming work will focus on the application of the obtained models for detection, identification and localization of damage.



*Polynomial Chaos TAR modellbasierte PSD des WKA-Beschleunigungsverhaltens.  
Polynomial Chaos TAR model-based PSD of the WT acceleration response.*

## Datengesteuerte Methoden für die Unterhaltsplanung eines Strukturnetzwerkes

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
 Mitarbeiter: Dr. B. Barahona  
 Projektpartner: ERC, Starting grant (#679843)

Monitoringsysteme liefern grosse Datenmengen, welche richtig verarbeitet werden müssen, um den Wert der enthaltenen Informationen zu maximieren. Im Fall von Windturbinen kommen diese Daten von Zustandsmonitoring und Kontrollsystemen sowie von ad-hoc eingesetzten Sensoren für das Strukturverhalten. Diese Daten enthalten wichtige Informationen über Betriebsverhältnisse und den Zustand des Systems sowie seiner Komponenten. In Anbetracht der komplexen Betriebsverhältnisse von Windturbinen ist es dennoch nicht trivial Eigenschaften zu bestimmen, welche den Zustand des Systems vorhersagen sowie für den Entscheidungsprozess der Wartung nützlich sind.

Im Kontext des WINDMIL [1] Forschungsprojekts 1 sind die Hauptziele:

- Entwicklung von Methoden zur Datenassimilation von Monitoringsystemen um Zustandsinformationen sämtlicher Komponenten einer Windkraftanlage zu erhalten. Die erhaltenen Daten können vorhandenes Wissen physikbasierter Modelle komplementieren und so die Vorhersage von relevanten Variablen bezüglich Strukturverhalten und Schäden verfeinern.
- Planung von Unterhaltmassnahmen anhand vorhandener Zustandsinformationen sowie Vorhersage der Systemleistung, Schadenakkumulation und Wirkung von Interventionsmassnahmen. Unter Anwendung von Entscheidungsfindungsmethoden sowie unter Berücksichtigung von Realbedingungen, ist es das Ziel, Zeitpläne abzuleiten, welche mit Monitoringinformationen aktualisiert und angepasst werden können.

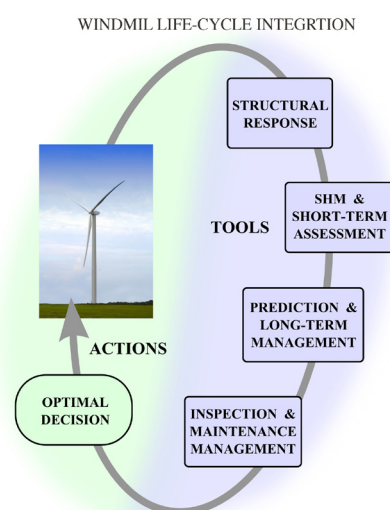
[1] Barahona, B., Chatzi, E.N., *Wake Effects When Estimating Residual Life of Wind Turbine Support Structures*, IMAC XXXV Conference, The Society of Experimental Mechanics, Orange County, California, January, 2017.

## Data-driven methods for maintenance planning of a network of structures.

Monitoring systems yield large amounts of data, which need to be properly assimilated to maximise the value of the associated information. In the case of wind turbines, data comes from condition monitoring and controls systems, as well as from ad-hoc deployed sensors of structural response. These data yield important information about the operating condition and the state of the system and its components. However, given the complex operating environment of wind turbines, it is not trivial to determine those features that predict the state of the system and are useful in the process of decision-making for maintenance operations.

In this context the major objectives of the WINDMIL [1] project are to:

- Develop methods for data assimilation from monitoring systems, in order to draw condition information from each component in a wind plant. The acquired data may complement the available knowledge originating from physics-based models, in this way refining prediction of response or damage variables of interest.
- Plan maintenance actions given condition information and predictions of the system performance, damage accumulation, and the impact of intervention actions. Applying decision-making methods and real-life scheduling constraints, the goal is to derive schedules that can be updated with monitoring information.



*WINDMIL: Aus (Überwachungs-) Daten, zu Wissen, zu Entscheidungen.*

*WINDMIL: From data to Knowledge, to Decision Making.*

## Erdbebenverminderung durch endliche periodische seismische Gitter

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi,  
Dr. V. Ntertimanis  
Mitarbeiter: P.R. Wagner  
Projektpartner: ALS Stiftung, Zürich

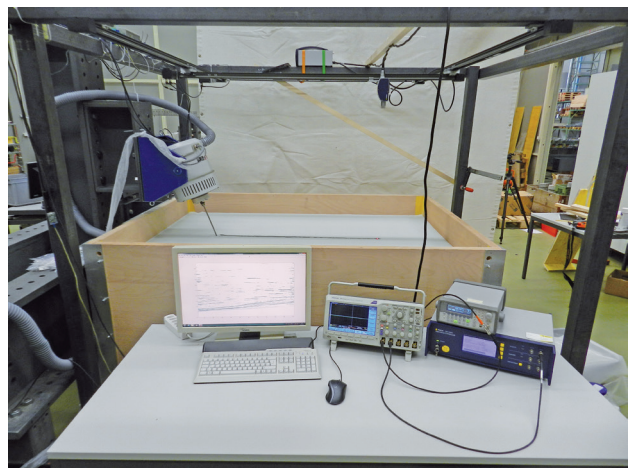
Wissenschaftler und Ingenieure aus dem Bereich der Strukturmechanik sind auf das wachsende Feld der Metamaterialien gestossen. Ein Hauptproblem in der Anwendung dieser Materialien zum Schutz vor Erdbeben ist die Umsetzbarkeit in niedrigen Frequenzbereichen. Die Forschung am Lehrstuhl für Strukturmechanik hat gezeigt, dass dies bereits ab einer geringen Zahl von Einheitszellen funktioniert [1]. Diese anfänglichen Untersuchungen werden zur Zeit auf andere Bereiche, wie die Zuverlässigkeitsoptimierung, den Entwurf von seismischen rainbow-traps, sowie das Aufstellen eines einheitlichen, theoretischen Modells für die passive Schwingungsdämpfung durch Metastrukturen ausgedehnt.

In einer Kollaboration mit dem ETH Lehrstuhl für Mechanik und Materialien wurde ein skaliertes Versuchsaufbau erstellt um die Ausbreitung seismischer Oberflächenwellen beim Zusammenwirken mit Metamaterialien zu untersuchen. Dabei wurden verschiedene Parameterstudie bezüglich des Metamaterialtyps, der Zahl der Einheitszellen sowie der räumlichen Anordnung durchgeführt. Eine Vorabuntersuchung der experimentellen Daten zeigt vielversprechende Ergebnisse und bedarf weiterer Erforschung.

## Strong ground motion attenuation via finite periodic seismic lattices

The increasingly expanding attributes of metamaterials have attracted the attention of scientists and engineers in the area of structural vibration. Yet, a key issue towards their implementation in earthquake engineering lies in the investigation of their applicability in very low frequency ranges. The research accomplished by the Chair of Structural Mechanics has demonstrated that this is possible and that it can be accomplished using a small number of unit cells [1]. This initial effort is currently expanded to other critical areas that pertain to the robust-to-uncertainties, optimal reliability design of seismic metastructures, the design of optimal rainbow seismic traps, as well as the establishment of a unified and generalized theoretical scheme for metastructures-based passive vibration attenuation.

In collaboration with the ETH Chair of Mechanics and Materials, the project has been further expanded to the investigation of the effectiveness of seismic metamaterials using wave propagation theory. To this end, a scaled experimental setup has been constructed, and the propagation of surface waves is recorded in a number of diverse parametrizations with respect to the metamaterial type and the number and topology of unit cells. Preliminary analysis of experimental data reveals significant findings with respect to the mitigation of surface waves under the presence of a seismic metamaterial.



*Experimentelle Anordnung für die seismische Wellenfortpflanzung.*

*Experimental setup for seismic wave propagation.*

[1] Wagner, P.-R., Ntertimanis, V.K., Antoniadis, I.A., Chatzi, E.N., *On the feasibility of structural metamaterials for seismic-induced vibration mitigation*, Int. Journal of Earthquake and Impact Eng., 1(1-2), 2016, 20-56 pp.



## Skalierte Rand Finite Elemente Methode zur Analyse von Verbundkonstruktionen

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi,  
Prof. Dr. S.P. Triantafyllou,  
University of Nottingham  
Mitarbeiter: A. Egger  
Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die skalierte Rand-Finite-Elemente-Methode (SB-FEM) ist eine erst kürzlich entwickelte semi-analytische numerische Methode. Dabei wird eine analytische Lösung in radialer Richtung gefunden, wodurch nur für den Rand eine herkömmliche FEM-Diskretisierung notwendig wird. Verglichen mit konkurrierenden numerischen Methoden bedingt dies aber die Lösung eines Hamiltonischen Eigenwert-Problems, das für Jahrzehnte Mathematikern Probleme bereitete. In der Regel wurde dies mit einem maschen- und architekturabhängigen Stabilisierungsparameter, dessen Wert nicht vorausgesagt werden kann, umgangen. In dieser Arbeit [1] resultiert der Einbezug von jüngsten Erkenntnissen der theoretischen Mathematik im Lösungsprozess von SBFEM in verbesserter Konvergenz und reduziertem Rechenaufwand, während gleichzeitig der Stabilisierungsparameter entfällt.

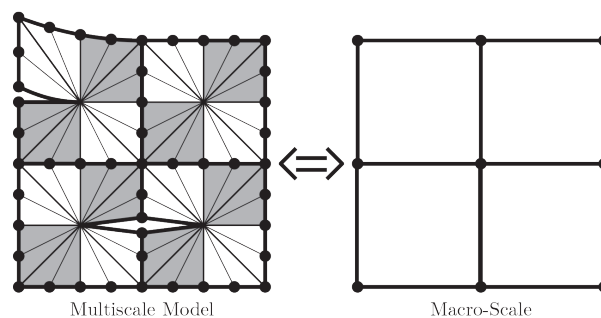
Bei Anwendungen im Rahmen der Schädigungs- und Bruchmechanik (u.a. Rissbildung, Rissfortschritt und Delaminierung) kann SBFEM den Rechenaufwand signifikant reduzieren. Probleme mit stark variierenden Grössenordnungen stellen jedoch immer noch eine beachtliche Hürde dar. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit SBFEM mit EMsFEM gekoppelt, wobei mittels SBFEM Schäden in der Mikroskala berücksichtigt werden können. Diese Methoden und Erkenntnisse lassen sich direkt auf die Modellierung von (Faser-)Verbund bei Windturbinen, ein junges Gebiet im Bauingenieurwesen, anwenden.

[1] Egger, A., Triantafyllou, S.P., Chatzi, E.N., *The Scaled Boundary Finite Element Method for the efficient Modeling of Linear Elastic Fracture*, 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), Berkeley, California, USA, May 29-June 1, 2016.

## Analysis of composite structures using the Scaled Boundary Finite Element Method

The scaled boundary finite element method (SB-FEM) is a recently developed, semi-analytical numerical method. The method employs an analytical solution in the radial and only requires discretization in the circumferential direction, which is implemented based on standard FEM techniques. The trade-off, compared to competing numerical methods, is the solution of a Hamiltonian eigenvalue-problem, which has eluded even mathematicians for decades. A stabilizing parameter, whose value is mesh and architecture dependent, and not known a-priori, is commonly adopted to mitigate this issue. In this work [1], recent mathematical advances are incorporated within the SBFEM solution procedure, resulting in enhanced convergence behaviour and reduced computational cost of analysis, while eliminating the need for this stabilizing parameter.

SBFEM significantly reduces computation of damage related phenomena, such as crack initiation, crack propagation and delamination. However, problems which are inherently multiscale in nature still pose a significant computational challenge. Consequently, the incorporation of SBFEM within the enhanced multiscale finite element method (EMsFEM) to account for fracture in the microscale is herein investigated, with the aim of reducing the computational toll and analysis time. These methods and insights may be directly applied to the modelling of composite structures, such as wind turbines, which comprise a recent field in civil engineering applications.



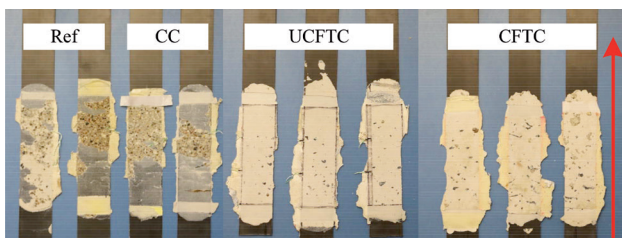
*Multiskalenmodell, das Schäden auf der Mikroskala mittels SBFEM (links) berücksichtigt und dazugehöriges grossmaschiges Netz der Makroskala (rechts). Multiscale model incorporating fracture via SBFEM (left), and corresponding macro-scale mesh (right).*

### Langzeitverhalten von der Gradientenverankerung für vorgespannte CFK-Lamellen

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
 Dr. J. Michels  
 Mitarbeiter: Y.E. Harmanci  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern;  
 Empa, Dübendorf

Das Biegeverstärken von Stahlbetonbauten mit vorgespannten CFK (Kohlenstofffaser verstärkten Kunststoff) Lamellen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Im Gegenteil zu konventionellen mechanischen Verstärkungsmethoden ist die Gradientenverankerung eine rein auf Verbund basierende Methode. Sie basiert auf dem beschleunigten Aushärten des Epoxidharzes bei hohen Temperaturen und wird durch ein segmentweises Kraftablassen an den beiden Lamellenenden realisiert.

Die vorliegende Studie befasst sich mit der Dauerhaftigkeit dieser Verankerung unter verschiedenen Umwelteinflüssen. Eine speziell entworfene Versuchsanordnung erlaubt es, eine konstante Schubspannung über einen Gradientensektor während der beschleunigten Alterung zu gewährleisten. Nach diesem Alterungsprozess werden die Prüfkörper in einem Abscherversuch auf die noch vorhandene Verankerungskraft geprüft. Verschiedene Expositionen wie z.B. karbonatisierter Beton (CC), Frost-Tau-Zyklen (FTC) und eine Kombination von beiden werden in dieser Studie untersucht. Die Resultate zeigen, dass CC einen höheren Verankerungswiderstand als die Referenzproben hat. Bei beiden erfolgt das Versagen im Betonuntergrund. FTC haben einen reduzierten Verankerungswiderstand zur Folge, dies kombiniert mit einem Bruch in der Beton/Epoxid-Grenzfläche.

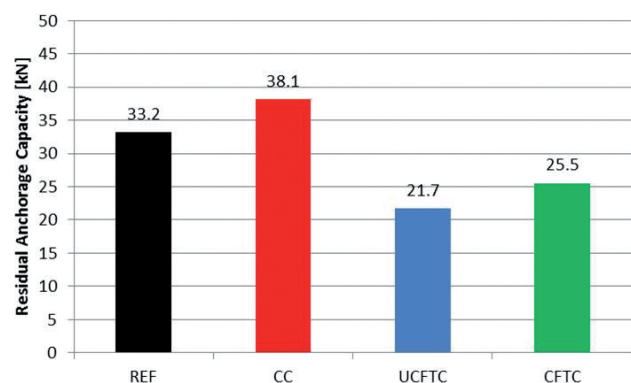


Bruchflächen nach dem Abscherversuch.  
 Failures surfaces after lap-shear tests.

### Long-Term Residual Anchorage Resistance of Gradient Anchorages for Prestressed CFRP Strips

Flexural strengthening of reinforced concrete elements with prestressed Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRP) has gained increasing popularity over the last few decades. In contrast to conventional mechanical anchorages, the gradient anchorage is a purely bondbased technique. It relies on the fast curing property of epoxy under high temperatures together with a segmentwise prestressing force release at both ends of the strip.

This study focuses on the long-term performance of this anchorage under the influence of varying environmental conditions. For this purpose, a special experimental setup has been designed to ensure a constant interfacial shear force between CFRP-epoxy-concrete during accelerated ageing. After exposure to accelerated ageing, the specimens are tested in a conventional lap-shear test setup. Several exposure scenarios and their effect on the residual load carrying capacity are considered, namely the effect of carbonated concrete (CC), freeze-thaw cycles (FTC) as well as their combination. Forces and 3D fullfield displacements were measured during the prestress force release and lapshear tests. Results indicate a higher anchorage resistance with CC compared to the reference specimens. For both groups, a debonding in the concrete substrate was observed. Specimens subjected to FTC suffer from a significant reduction in residual anchorage resistance, as well as a shift in the failure mode from concrete substrate to an epoxy/concrete interface failure.



Mittelwerte des Verankerungswiderstands.  
 Average residual anchorage resistances.

## Monitoring und numerische Simulationen zur Zustandsbeurteilung und Lebensdauerprognose von Tragwerken

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
 Prof. Dr. E. Brühwiler, EPFL  
 Mitarbeiter: H. Martín-Sanz  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die Grundgedanken der Nachhaltigkeit und Resilienz haben in den letzten Jahren eine überragende Stellung im Ressourcenmanagement eingenommen. Dieses Projekt bildet den Knotenpunkt von drei grundsätzlichen Prinzipien: Erstens, die Untersuchung von Ultrahochleistungs-Faserbeton (UHFB) und dessen Einsatz in Erhaltungsprojekten. Zweitens, die Entwicklung eines Überwachungssystems, das der Gewinnung von Informationen dient, die erlauben, die kurz- und langfristige Leistung der ertüchtigten Systeme zu beurteilen. Und schliesslich, die Entwicklung von verbesserten Simulationsmodellen zur Tragwerksanalyse anstelle von detaillierteren Modellen in der Mikroskala. Wie der Titel bereits besagt, ist das Ziel dieser Forschung, von bestehenden Tragwerken zu profitieren, diese mit neuartigen Materialien zu verbessern und einen zuverlässigen Mechanismus zu entwickeln, um ihr künftiges Verhalten überwachen zu können.

In diesem Zusammenhang hat sich das Material UHFB für Verstärkungen bewährt, da es durch kosteneffiziente Lösungen und verbesserte Beständigkeit überzeugt. Sowohl die Komplexität dieses stark durch seine faserförmige Zusammensetzung bestimmten Materials, welches die Simulation auf Tragwerks-(System-)Ebene erfordert, als auch die Prognose des Langzeitverhaltens sind nicht triviale Aufgaben. Ergänzend zu unserem jetzigen Erkenntnisstand und mit besonderem Fokus auf das Gebiet der Erhaltung, sollen die Überwachungstechniken mit Simulationswerkzeugen gekoppelt werden [1].

[1] Martín-Sanz, H., Chatzi, E.N., Brühwiler, E., *The use of Ultra-High Performance Fiber Reinforced Cement-based Composites in Rehabilitation Projects: A review*, 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), Berkeley, California, USA, May 29-June 1, 2016.

## Getting more out of Structures through Monitoring and Simulation

In recent years, the notions of sustainability and resilience have become paramount in planning ahead and managing resources. This projects lies at the intersection of three principal directions: Firstly, the study of Ultra High Performance Fiber Reinforced Cement-Composites (UHPFRC) and their implementation in rehabilitation projects. Secondly, the development of a monitoring campaign effectuating extraction of information that is indicative of the short- and long-term performance of rehabilitated systems. Finally, development of enhanced simulation models is sought, permitting analysis at the «structural» level, as opposed to more detailed models operating in the microscale. Consistent with its title, the aim of this research is to obtain more from existing structures, improve them with novel materials and establish a reliable mechanism for designing and further monitoring their behavior.

In this context, UHPFRC has itself to be a material that is particularly suitable for strengthening purposes, leading to cost-efficient solutions and improved durability. Both, the complexity of this material, largely attributed to its fibrous composition, rendering its simulation at the level of the structure (system), as well as the prediction of long-term performance are non-trivial tasks. In complementing our current state of knowledge, with particular focus on the domain of rehabilitation, monitoring techniques shall be coupled with simulation tools [1].



UHFB Rehabilitation Projekt (Chillon Viadukt).  
 UHPFRC Rehabilitation Project (Chillon Viaduct).



## High Fidelity Simulation von Windturbinenblättern

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
 Mitarbeiter: Ch. Mylonas  
 Projektpartner: ERC, Starting grant (#679843)

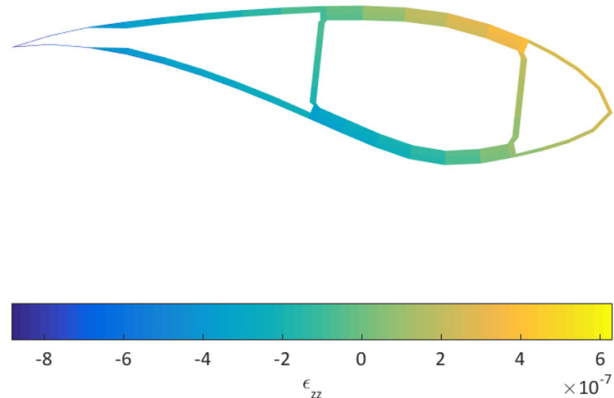
Windturbinenblätter werden entworfen, um mehrere widersprüchliche Entwurfsbedingungen zu erfüllen, wie Schlankheit, Steifigkeit und die Fähigkeit, zufälliger Windlasten zu widerstehen, und zwar für Zeitspannen von über 20 Jahren. Ein integraler Teil der die Hauptlast tragenden Struktur von Windturbinenblättern besteht aus kontinuierlichen Faserverbundmaterialien, die ein sehr gutes spannungsinduziertes Ermüdungsverhalten und hohe Steifigkeit und Festigkeitseigenschaften aufweisen. Dennoch stellt die Modellierung des Ermüdungsverhaltens und der Schädigung von Verbundwerkstoffen eine Herausforderung dar.

Obwohl in der Literatur experimentell kalibrierte Modelle zur Ermüdung und statischen Beschädigung von Verbundwerkstoffen existieren, sind solche, die an das anisotrope Verhalten der Verbundwerkstoffe angepasst sind, begrenzt und weitgehend phänomenologisch. In dieser Arbeit wird das Progressive Fatigue Damage-Modell implementiert, um einen Rahmen für eine Ermüdungslebensdauerprognose bereitzustellen, die Abbaueffekte für zusammengesetzte Windturbinenblätter beinhaltet. Das Modell ist in der Lage, die Entwicklung von anisotropen Ausfallkriterien für willkürliche Spannungszustände aufgrund von Ermüdung zu erfassen und bietet ein Mittel für hochpräzise Untersuchungen zur Ermüdungsakkumulation von Verbundblättern. Dazu wird eine realistische 1,5-MW-Windturbinenschaufel simuliert und Spannungen werden mit Hilfe bewährter Werkzeuge (FAST, BECAS, ANSYS) auf der Ebene des Querschnitts abgerufen.

## High Fidelity Simulation of Wind Turbine Blades

Wind turbine blades are designed to satisfy several conflicting design constraints, such as slenderness, stiffness and the ability to withstand random wind loads, for time-scales that exceed 20 years. An integral part of the main load carrying structure of wind turbine blades consists of continuous fiber composite materials, which exhibit very good stress induced fatigue performance and high stiffness and strength characteristics. However, the modeling of fatigue behaviour and damage of composites still poses a challenge.

Although experimentally calibrated models for fatigue and static damage of composites do exist in literature, those properly adapted to the anisotropic behaviour of the composites are limited and largely phenomenological. In this work, the Progressive Fatigue Damage Model is implemented in order to provide a framework for high fidelity fatigue life prediction, incorporating degradation effects for composite wind turbine blades. The model is able to capture the evolution of anisotropic failure criteria for arbitrary stress states due to fatigue, offering a means to high fidelity investigations on fatigue accumulation of composite blades. To this end, a realistic 1.5 MW wind turbine blade is simulated, and stresses are retrieved at the level of the cross section using well established tools (FAST, BECAS, ANSYS).



*Schubverzerrungen eines Verbundblattes im Betrieb.  
 Shear strains of an operational composite blade.*

## Inverse Analyse von Windkraftanlagen durch Schwingungsüberwachung

Projektleitung: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
 Prof. Dr. E. Brühwiler, EPFL  
 Mitarbeiter: K. Tatsis  
 Projektpartner: ERC, Starting grant (#679843)

Windkraftanlagen sind stark variablen und unregelmässigen Umweltbedingungen ausgesetzt. Nicht überraschend, dass sich Ermüdung als der wichtigste Entwurfsmassfaktor dieser Strukturen herausstellt. In dieser Arbeit wird die Nutzung von Überwachungssystemen für die Antwortschätzung und die nachträgliche Ermüdungsbeurteilung von Windenergieanlagen mittels Schwingungsüberwachung untersucht.

Die Überwachung von Schwingungen an optimal ausgewählten Punkten, kombiniert mit der Information, die aus einer reduzierten numerischen Darstellung der Struktur stammt, kann zuverlässige Schätzungen der Dehnungszeitverläufe an ungemessenen kritischen Stellen liefern. Im Rahmen des vorgeschlagenen Konzepts wird diese Aufgabe mithilfe von neuentwickelten Output-only Kalman-Algorithmen [1] erreicht, die in der Lage sind, eine gemeinsame Eingabe- und Zustandsschätzung von Tragsystemen zu liefern.

Zur Erzeugung von Schwingungsdaten werden numerische aero-elastische Simulationen von Windenergieanlagen in Betriebszuständen durchgeführt. Durch die Ausnutzung physikalischer Modelle werden spärliche Messungen in dichtere Spannungsabschätzungen über den Tragwerkskörper einschliesslich ungemessener Hotspot-Standorte umgesetzt. An diesen Punkten wird dann eine Ermüdungsschadensakkumulation bestimmt. Die Wirksamkeit und Genauigkeit der vorgeschlagenen Überwachungsprozesse als Werkzeug für Ermüdungsprognosen und optimale Erhaltungspläne werden bewertet.

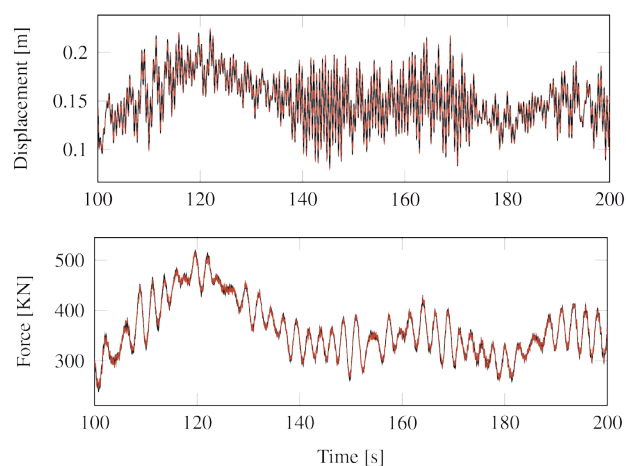
[1] Azam, S.E., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C., *A dual Kalman filter approach for state estimation via output-only acceleration measurements*, Mechanical System and Signal Processing, 60-61, February 2015, 866-886 pp.

## Inverse analysis of wind turbines through vibration monitoring

Wind turbines are exposed to highly variable and irregular environmental conditions. Not surprisingly, fatigue poses the main design driver of these structures. In this work, the utilization of monitoring systems for response estimation and subsequent fatigue assessment of wind turbine support structures is investigated via vibration monitoring.

The monitoring of vibrations at optimally chosen locations, combined with the information stemming from a reduced order numerical representation of the structure, can provide reliable estimates of the strain time histories at unmeasured critical locations. Within the proposed framework, this task is accomplished by means of recently-developed output-only Kalman-type algorithms [1], which are able to provide joint input and state estimation of structural systems.

Numerical aero-elastic simulations of wind turbines in operational conditions are carried out for the generation of vibration data. By exploiting physics-based models, sparse measurements are translated into denser stress estimates across the body of the structure, including unmeasured hotspot locations. Fatigue damage accumulation is then estimated at these points. The effectiveness and accuracy of the proposed monitoring formulation, as a tool for fatigue-life prediction and optimal maintenance schemes, is assessed.



Tatsächliche (schwarze) gegen geschätzte (rote) Mengen an ungemessenen Hotspots einer Windkraftanlage. Actual (black) vs. estimated (red) quantities at unmeasured hotspots of a wind turbine.

### Aktive Schwingungsdämpfung von leichten Deckenstrukturen

Projektleitung: Prof. Dr. M. Fontana  
 Mitarbeiter: J. Baader  
 Projektpartner: K. Bitterli + Partner Ingenieure AG, Gelterkinden

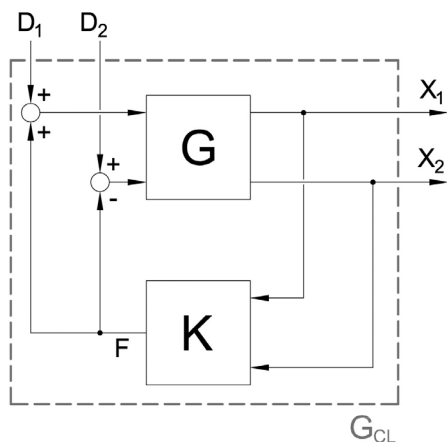
Für den Bau von Gebäuden werden immer leichtere und stärkere Materialien und Strukturen eingesetzt. Diese haben normalerweise sehr tiefe Dämpfungskoeffizienten und neigen daher zu starken Vibrationen. Vor allem für Industrie- und Bürogebäude werden oft Geschosse mit grossen Spannweiten ohne Stützen gefordert. Dies erhöht die vertikale Schwingungsanfälligkeit der Decken.

Um die Gebrauchstauglichkeit solcher Decken zu gewährleisten, wird heute vor allem mit zusätzlicher Masse (grosse Betonstärken) oder hoher Biegesteifigkeit (grosse Stahlträger) gearbeitet.

Ein neuer Ansatz ist die Schwingungen der Decke mittels externen Schwingungsdämpfern zu reduzieren. Dazu werden heute vor allem «Tuned Mass Damper» (TMD) eingesetzt. Diese müssen sehr genau auf die Struktur angepasst werden um eine hohe Dämpfungseffizienz zu gewährleisten. Für leichte Deckenkonstruktionen mit hohen variablen Auflasten ist dies nicht möglich.

Aktiv geregelte TMDs können die Dämpfungseffizienz stark erhöhen und auch variable Nutzlasten ausgleichen. Dazu wird die Schwingung der Decken gemessen und aktiv eine Gegenkraft erzeugt.

Verschiedene andere Aspekte wie die Ausfallsicherheit, das Verhalten bei einem Stromausfall und die Gesamtkosten des Systems werden in diesem Projekt analysiert.



Regelkreis des geschlossenen Systems.  
 Closed loop control schema.

### Active Vibration Control of light-weight floor systems

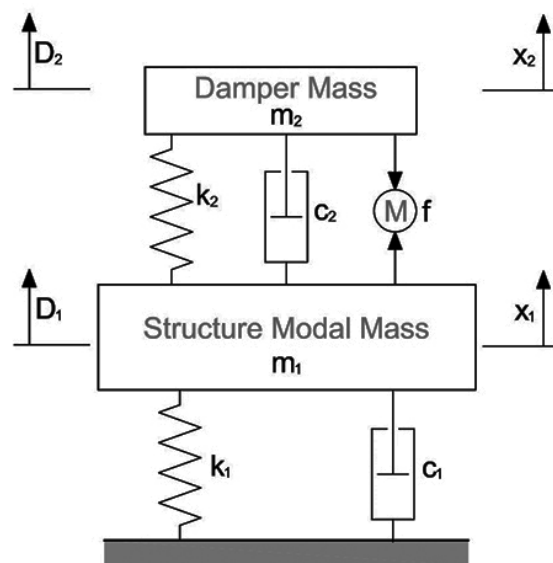
Light-weight prefabricated structures with high strength materials will be used more and more in future buildings. Due to the low inherent damping coefficient of such structures, they are easily excited by external vibrations. Especially in industry or office buildings, owners and users require wide, open floors without intermediate columns. Such floors are often prone to vertical vibrations.

In order to meet the required serviceability criterion, today's solution is normally to create thick concrete slabs or to install big steel profiles. This leads to a higher dead weight and bending stiffness and thus a better dynamic behavior.

A novel approach to improve the dynamic behavior of the floor is to add external vibration control devices. The most common device for this purpose is the «Tuned Mass Damper» (TMD). In order to achieve a high damping efficiency, the TMD needs to be tuned correctly to the structure's resonance frequency. For light-weight floor structures with high variable and moving loads, this is not always possible.

Active controlled TMDs can strongly improve the damping efficiency and even deal with variable loads. For this purpose, the vibrations of the floor are measured and a force is created by an actuator in order to create additional damping in the structure.

Different aspects like the behavior in power failure situations and overall safety and costs are analyzed in this project.



Aktiv geregelter «Tuned Mass Damper».  
 Active controlled «Tuned Mass Damper».

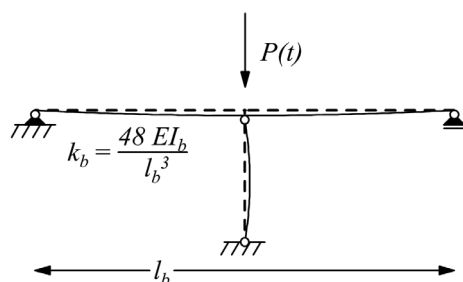
## Experimente zum globalen Tragverhalten von Stahlbauten im Brandfall

Projektleitung: Prof. Dr. M. Fontana  
Mitarbeiter: R. Grolimund

Brandereignisse wirken sich nicht nur auf die dem Feuer direkt ausgesetzten Stahlbauteile aus. Die temperaturbedingte Veränderung der Materialeigenschaften kann in einzelnen erwärmten Bauteilen zu grossen thermischen Dehnungen und zu Stabilitätsversagen führen. Diese Bauteile befinden sich in ständiger Interaktion mit dem gesamten Gebäude und bilden mit diesem zusammen komplexe redundante, statisch unbestimmte Systeme.

Aufwendige Grossbrandversuche sind bis heute die zuverlässigste Methode zur Untersuchung des redundanten Tragverhaltens von partiell feuerexponierten Bauwerken. Die Modellierung mittels der FEM erweist sich in den Bereichen erhöhter Temperaturen als komplex. Durch die Echtzeit-Verknüpfung des Brandversuchs an einem Bauteil mit einem FE-Modell des Gebäudes können beide Methoden optimal kombiniert werden. Diese konsolidierte Brandanalyse [1] ermöglicht vertiefte Einblicke in das Gesamttragverhalten von Tragwerken im Brandfall bei, im Vergleich zu Grossversuchen an Gesamttragwerken, deutlich vermindertem Aufwand.

Die notwendigen Steuerungsprogramme zur Durchführung von konsolidierten Brandanalysen an feuerexponierten, druckbeanspruchten Stahlbauteilen und zum globalen Tragwerksverhalten werden derzeit entwickelt.



*Einfaches redundantes Teilsystem.  
Simple redundant subsystem.*

[1] Schulthess P. et al. *Consolidated Fire Testing - A Framework for Thermo-mechanical Modelling*, VI International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering, Venice, 2015.

## Experiments on the global behaviour of steel structures in fire

Fire events affect not only steel elements directly exposed to the fire. Temperature-dependency of the material behavior may lead to large deformations and stability failures of single steel members. Single members are in constant interaction with the global bearing structure and together they form a redundant support system.

Up to today, expensive full-scale tests represent the most reliable method for investigations on the global bearing behavior of partially fire-exposed structures. FEM-based modeling of substructures at elevated temperature proved to be complex. Real-time coupling of fire-tests on single steel members with the FE-model of a building at ambient temperature allows an optimal application of either of the two methods. This consolidated fire analysis [1] allows a thorough investigation of the global bearing behavior of steel structures, while at the same time it reduces experimental costs significantly.

Presently, the control algorithms to perform consolidated fire analyses of steel members in compression are being developed. Further studies are examining the possibilities and limits of the method to quantify the potential of a larger experimental setup.



*Versuchseinrichtung für temperaturabhängige Knickversuche.  
Test setup for temperature-dependent buckling tests.*

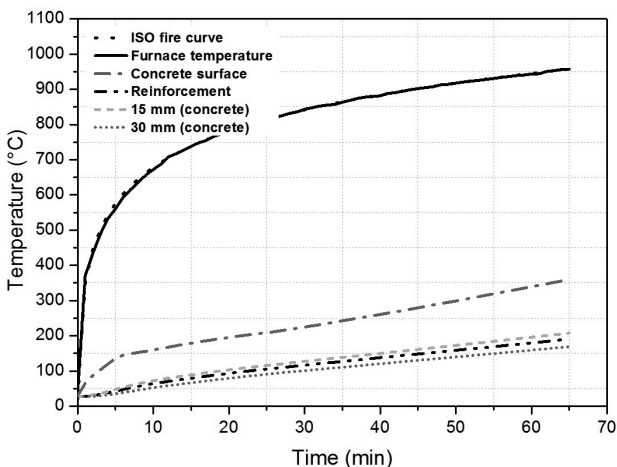


## Dämmschichtbildender Anstrich gegen explosionsartiges Abplatzen von hochfestem Beton während Brandeinwirkung

Projektleitung: Prof. Dr. M. Fontana  
 Mitarbeiter: Dr. F. Lu  
 Projektpartner: Sika Schweiz AG, Zürich

Sicherheitsmassnahmen gegen Brandeinwirkung sind wichtig für die Sicherheit von Tragwerken. Um explosionsartiges Abplatzen zu verhindern, können intumeszierende (aufschäumende) Schutzanstriche auf den Beton angebracht werden. Im Falle eines Brandes bildet der dämmschichtbildende Anstrich eine isolierende Schicht, die Wärmeübertragung wird verlangsamt und die Gefahr von Abplatzungen wird reduziert.

Für die Untersuchung der Wirkung von quellendem Anstrich gegen explosionsartige Abplatzungen von HPC (hochfestem Beton) wurden Platten getestet. Die angestrebte Brandwiderstandszeit wurde auf 60 Minuten angesetzt (R60). Einige Produkte wurden miteinander verglichen bezüglich explosionsartigem Abplatzen von hochfestem Beton. Diese Versuche zeigten, dass explosionsartiges Abplatzen mit dämmschichtbildendem Anstrich problemlos bis 60 und mehr Minuten (R60) verzögert werden kann.



Durchschnittstemperaturverteilung in HPC -Platte mit Anstrich.

Average temperature distribution in HPC slab with intumescent coating.

## Intumescent coating against explosive spalling of HPC in fire

The provision of appropriate fire safety measures is a major safety requirement in building design. To prevent explosive spalling, protective coatings can be applied. In case of a fire, the intumescent coating will form an insulating layer, the heat transfer in concrete will be slowed down and the risk of spalling will be reduced.

To investigate the effects of intumescent coatings against explosive spalling of HPC elements, HPC slabs were tested. The target fire resistance time was set to 60 minutes (R60). Some products were compared with respect to the explosive spalling of HPC. Test results have shown that explosive spalling can be delayed by the intumescent coating and the resistance target R60 can be reached.



Abplatzen von HPC Platte mit Anstrich nach 99 min ISO-Brandeinwirkung.

Spalling of HPC slab with intumescent coating after 99 min ISO-fire exposure.

[1] Fontana M., Lu F., *Intumescent coating against explosive spalling of HPC in fire*, ETH Zürich IBK, Bericht Nr. Fo-2016-001, 2016.

[2] Lu F., Fontana M., *A thermo-hydro model for predicting spalling and evaluating the protective methods*, 4th International RILEM Workshop on concrete spalling due to fire exposure (IWCS), Leipzig, Germany, 2015.

## Tragverhalten von betongefüllten Stahlhohlprofilstützen mit Stahlkern im Brandfall

Projektleitung: Prof. Dr. M. Fontana  
Mitarbeiter: Dr. M. Neuenschwander

Vorfabrizierte betongefüllte Stahl-Hohlprofilstützen mit massivem Stahlkern ermöglichen bei hohen Lasten die Realisierung von verhältnismässig schlanken Schwerlaststützen mit hohen Feuerwiderstandszeiten. Dieser Stützentyp ist insbesondere für den Geschoss- und Hochhausbau attraktiv und sein thermomechanisches Verhalten ist bis anhin nur unzureichend grundlegend untersucht worden. Demzufolge existieren für diesen innovativen Verbundstützentyp weder allgemein anerkannte analytische Modelle des Tragverhaltens im Brandfall oder vereinfachte Nachweisverfahren für den Feuerwiderstand, noch werden sie von Baunormen erfasst. Dies erschwert den vielseitigen Einsatz dieser Verbundstützen in der Baupraxis und macht im Anwendungsfall ein Zulassungsverfahren erforderlich.

Das Forschungsprojekt ist mit einer ausführlichen kombinierten experimentell-numerischen Untersuchung zum grundlegenden thermomechanischen Verhalten dieses innovativen Verbundstützentyps abgeschlossen worden. Diese Untersuchung umfasste (a) eine Serie von vier grossmassstäblichen Brandversuchen [1] einschliesslich eines umfassenden Programms zur Ermittlung der temperaturabhängigen Materialeigenschaften der in den Stützenprüfkörpern eingesetzten Baustähle [2] und des Betons [3, 4]; (b) die Entwicklung und Validierung eines fortgeschrittenen Finite-Elemente-Methoden-Modells (FEM-Modell) zur Simulation der Brandversuche, unter besonderer Berücksichtigung der experimentell ermittelten temperaturabhängigen Materialeigenschaften [5]; und (c) die Entwicklung eines geeignet vereinfachten validierten FEM-Modells [5] zur Ausweitung der Versuchsergebnisse der vier Brandversuche zwecks zukünftiger Entwicklung von vereinfachten Bemessungsmodellen dieses Verbundstützentyps im Brandfall.

[1] Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M. (2016) *ISO Standard fire tests of concrete-filled steel tube columns with solid steel core*. Journal of Structural Engineering, DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001695.

[2] Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M. (2017) *Elevated Temperature Mechanical Properties of Solid Section Structural Steel*. Construction and Building Materials, in review.

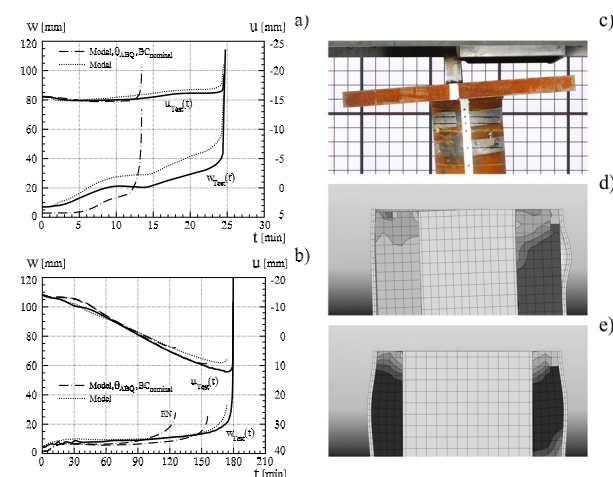
[3] Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M. (2016) *Suitability of the damage-plasticity modelling concept for concrete at elevated temperatures: Experimental validation with uniaxial cyclic compression tests*. Cement and Concrete Research, 79(1), 57-75.

[4] Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M. (2017) *Generic model stress-strain relationship for concrete in compression at elevated temperatures*. ACI Materials Journal, 114(1), DOI: 10.14359/51689468.

## Structural Fire Behavior of Concrete-Filled Steel Tube Columns with a Solid Steel Core

Prefabricated concrete-filled steel tube columns with a solid steel core can provide relatively slender design solutions at high load-levels with increased fire resistances, which makes them appealing for use in multi-story building practice. However, fire tests with this type of composite column or numerical investigations are extremely scarce in the literature and to date their basic thermo-mechanical behavior has not been comprehensively analyzed. This lack of fundamental knowledge limits today an increased applicability in building practice.

The combined experimental and numerical investigation performed within the framework of this concluded research project encompassed (a) a series of four full-scale fire tests [1] including an extended elevated-temperature test program on the mechanical properties of the steels [2] and the concrete [3,4] used in the fire test specimens; (b) the development of an advanced numerical FEM-model to simulate the fire tests by considering the experimentally established temperature-dependent material behavior [5]; and (c) a suitably simplified and conditionally validated model version [5] that qualifies for partial replacement of full-scale fire tests or compilation of a numerical database for the future development of a simplified fire design method.



Vergleich zwischen Simulationen und Brandversuchen: Deformations-Zeit Verläufe (a) bis (b), und lokale Versagensmodi (c) bis (e).

Comparison between simulations and fire tests: Deformation time-histories (a) to (b), and local failure modes (c) to (e).

[5] Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M. (2017) *Modeling thermo-mechanical behavior of concrete-filled steel tube columns with solid steel core subjected to fire*. Engineering Structures, 136, 180-193.



## Schubbeulverhalten von Blechträgern im Brandfall

Projektleitung: Prof. Dr. M. Fontana  
 Mitarbeiter: C. Scandella  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern;  
 ETH Zürich

Das Schubbeulverhalten im Brandfall ist bis heute nicht grundlegend untersucht worden. Die Resultate einer numerischen Studie [1, 2] zeigen jedoch, dass das Schubbeulen im Brandfall noch wichtiger wird als bei Raumtemperatur.

Eine laufende experimentelle Untersuchung zum Brandverhalten von Blechträgern soll die Ergebnisse der numerischen Studie bestätigen. Insgesamt sind 12 Grossversuche mit 4 Typen von Blechträgern geplant. Von jeder der vier Trägergeometrien wurde je ein Träger bei Raumtemperatur getestet um die Schubtraglast bei Raumtemperatur zu ermitteln. Die anstehenden acht Brandversuche an vorbelasteten Blechträgern, welche einer transienten Temperatursteigerung ausgesetzt werden, werden mithilfe des neuen modularen elektrischen Ofens des IBK durchgeführt, welcher vom SNF mitfinanziert wurde.

Die Kalibrierung dieses Ofens, bestehend aus 18 individuellen Heizmodulen (s. Bild), hat nun begonnen und dient dazu, die Steuerungsparameter des Ofens so zu bestimmen, dass die Temperaturverteilung im Ofen einheitlich ausfällt.

## Shear Buckling Behaviour of Steel Plate Girders in Fire

The shear buckling behaviour in fire has not been comprehensively analyzed so far. However, the results of a preliminary numerical study performed at the ETH Zurich [1,2], show that the shear resistance in fire is even more important than at ambient temperature.

An ongoing experimental study on the fire behaviour of steel plate girders will be executed to confirm the findings of the numerical study. In total, 12 large-scale tests on steel plate girders are planned. One girder of each of four different girder geometries was tested at ambient temperature in order to determine the ultimate shear capacity at ambient temperature. The eight upcoming large-scale furnace tests on pre-loaded plate girders subjected to increasing (transient) temperatures will be performed using for the first time the new modular electric furnace of IBK financed by SNSF.

The calibration of this new modular furnace, consisting of 18 individual heating modules in this first use (cf. Figure), has already started. This study aims at establishing the control parameters of the new modular furnace in order to achieve uniformly distributed air temperatures inside of the furnace.

[1] Scandella, C., Knobloch, M., Fontana, M., *Numerical Analysis on the Fire Behaviour of Steel Plate Girders*, Proceedings of the 8th International Conference on Structures in Fire (SiF), June 11-13, 2014, Shanghai, China, pp. 105-112.



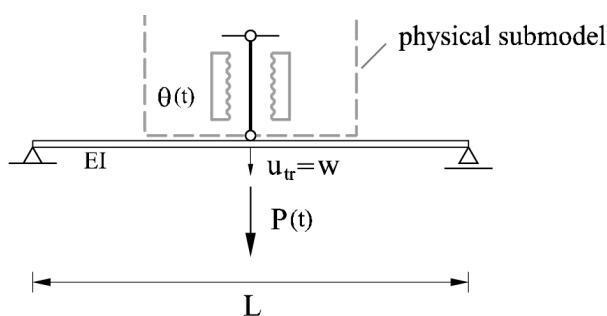
Modularer elektrischer Ofen mit eingebautem Blechträger.  
 Steel plate girder inside of the modular electric furnace.

[2] Scandella, C., Knobloch, M., Neuenschwander, M., Fontana, M., *Fire Resistance of Steel Plate Girders*, Proceedings of the 7th European Conference on Steel and Composite Structures (Eurosteel), Sept. 10-12, 2014, Naples, Italy, pp. 811-812, full paper on CD.

## Consolidated Fire Analysis

Projektleitung: Prof. Dr. M. Fontana  
Mitarbeiter: P. Schulthess

Consolidated Fire Analysis (CFA) verbindet numerische Simulationen mit Brandversuchen um das globale Tragverhalten von Bauwerken im Brandfall zu beurteilen. Beim heutigen Stand der Technik wird der Brandwiderstand einer Struktur in der Regel anhand des Tragwiderstands einzelner Bauteile oder Verbindungen beurteilt, die einer ISO- oder Naturbrandbeanspruchung ausgesetzt sind. Von Grossbrandversuchen und aus Erfahrungen mit realen Brandereignissen ist jedoch bekannt, dass sich Tragstrukturen im Brandfall oft wesentlich besser verhalten, als dies anhand des Tragwiderstandes einzelner Bauteile vorhergesagt wird. Während eines Brandereignisses können Lastumlagerungen oder gar Änderungen des statischen Systems auftreten. Grossbrandversuche sind jedoch sehr teuer und rein numerische Simulationen bleiben mit Unsicherheiten behaftet. Mit CFA wird es nun möglich, das globale Tragverhalten einer Struktur zu untersuchen, obwohl nur eine Teilstruktur getestet werden muss. Diese Testtechnik hat grosses Potential für Anwendungen im Brandingenieurwesen und könnte in Zukunft einen grossen Beitrag zu einem besseren Verständnis des Tragverhaltens von Tragwerken im Brandfall leisten. Diese Untersuchungen befassen sich mit den Grundlagen der CFA.

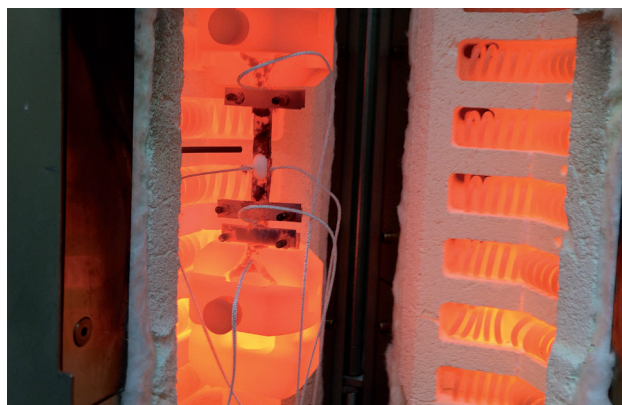


Consolidated fire analysis Validierungsversuch.  
Consolidated fire analysis benchmark test.

## Consolidated Fire Analysis

Consolidated fire analysis (CFA) combines numerical simulation and physical element testing in order to analyze the global behavior of structures in fire. In today's structural design practice, the fire resistance is usually assessed based on the structural fire behavior of isolated load-bearing members and connections under natural fire or standard fire exposure. However, global fire tests and experience from real fire incidents have proven that in the case of fire entire structures perform better than predicted on the basis of their single component's performance. This is due to global structural effects, like load redistributions or changes in the structural system. However, fire tests on entire structures are very resource- and time-consuming and purely numerical simulations are fraught with uncertainties. As consolidated fire analysis facilitates the investigation of the global structural behavior, while only testing a substructure, it might become increasingly important and a valuable tool in fire safety engineering. The goal of this research project is the development of the testing technique and its validation for fire engineering applications.

[1] Schulthess, P., Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M., *Consolidated fire testing: Coupled thermo-mechanical modelling for analysis of the global structural fire behavior*, Cape Town, South Africa, September 2016, pp. 633-634



Test mit Stahlprobe im Elektroofen.  
Steel test specimen in furnace.



## Biegetragverhalten von Brettschichtholz mit Fasereinlagen

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
 Mitarbeiter: L. Blank  
 Projektpartner: Roth Burgdorf AG, Burgdorf;  
 inspire ICS, ETH Zürich;  
 Kommission für Technologie und  
 Innovation, Bern

Brettschichtholz (BSH) ist einer der wichtigsten Bauwerkstoffe im Holzbau. Es zeichnet sich gegenüber Vollholz durch eine höhere Formstabilität, Homogenität sowie charakteristische Festigkeit aus und eröffnet grosse Freiheiten bezüglich der Bauteilform sowie der Abmessungen. Die Tragfähigkeit unterliegt jedoch nach wie vor starken Streuungen und ein Versagen eines Brettschichtholzträgers erfolgt in der Regel auf spröde Weise. Beide Sachverhalte stellen gegenüber konkurrierenden Baumaterialien wie Stahl oder Stahlbeton einen grossen Nachteil dar.

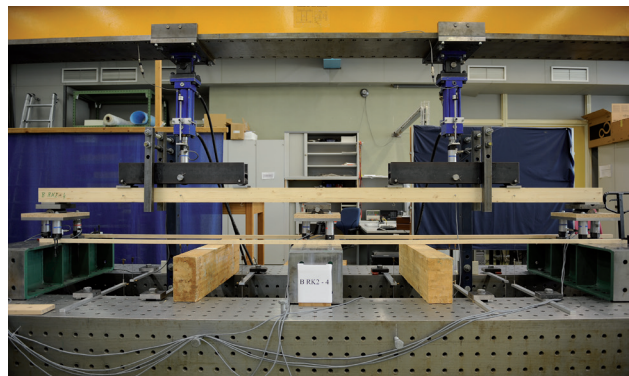
Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird die Biegetragfähigkeit mittels Einlagen von hochwertigen Fasermaterialien (Glas-, Karbon- oder Basaltfasern) in den Fugen des Brettschichtholzes verbessert. Durch die Einlagen erhöht sich einerseits die Bauteilhomonisierung, da lokal geschwächte Bereiche im Holz mit gestörter Holzstruktur und niedriger Steifigkeit durch die Einlagen einen höheren Verstärkungsgrad als ungestörte Bereiche erlangen. Im Weiteren verlagert sich bei ausreichendem Bewehrungsgrad das massgebende Versagensregime vom spröden Zugbereich in den duktilen Druckbereich des Biegeträgers. Das auf diese Weise erreichte nichtlineare Tragverhalten eröffnet die Möglichkeit zur Umlagerung von Biegemomenten bei statisch unbestimmten Systemen.

*Kleinmassstäblicher Zweifeldträger-Versuch am IBK.  
 Small-scale two-span beam test at IBK.*

## Bending behavior of glued laminated timber with fiber inlays

Glued laminated timber (GLT) is one of the most important building materials in the field of timber engineering. Compared to solid wood, it is characterized by its high dimensional stability, homogeneity and strength and provides much freedom regarding element size and shape. However, the load bearing capacity still exhibits a large scatter of test results and a GLT beam fails generally in a brittle manner. Both aspects form a major disadvantage compared to competing building materials such as steel or reinforced concrete.

The aim of this research project is the improvement of the bending behavior via inlays of fiber materials (glass, carbon or basalt fibers) in the glue-line of adjacent timber boards. On the one hand, this measure leads to a higher homogeneity of a GLT beam, since local weak wood sections with a distorted structure and low stiffness exhibit a higher reinforcement ratio than clear wood sections. Moreover, the governing failure regime of a beam is shifted from the brittle tensile zone to the ductile compression zone if sufficiently reinforced. The resulting non-linear behavior opens up the possibility to redistribute moments in statically indeterminate beams.



*Plastische Gelenke in BSH mit Fasereinlagen.  
 Plastic hinges in GLT with fiber inlays.*

### Holz-Beton Verbunddecken aus Buchenfurnierschichtholz mit Kerbenverbindung

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi, Dr. R. Steiger  
 Mitarbeiter: Dr. L. Boccadoro  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern;  
 Climate KIC

Dieses Projekt konzentriert sich auf das Tragverhalten von Holz-Beton Verbunddecken aus Buchenfurnierschichtholz mit Kerbenverbindung (Fig. 1). Holz-Beton Verbunddecken bestehen in der Regel aus Fichtenholz, und bieten verschiedene strukturelle, ökonomische und ökologische Vorteile im Vergleich zu konventionellen Stahlbetondecken und reinen Holzdecken. Obwohl Buchenfurnierschichtholz sehr gute mechanische Eigenschaften zeigt, wurde es noch nicht im Holz-Beton Verbundbau verwendet. Die Verbunddecke, die in diesem Projekt entwickelt wurde, hat hohe Steifigkeit und Tragfähigkeit und versagt duktil infolge eines Druckversagens des Holzes in den Kerben. Es wurde aber beobachtet, dass die vorausgesagte Duktilität nur erreicht werden kann, falls vertikale Verstärkungen eingebaut werden, die Holz und Beton zusammenhalten und die Bildung der Schubrisse im Beton begrenzen. Der Grund liegt in den unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften der zwei Komponenten. Diese Dissertation stellt ein klares und nachvollziehbares analytisches Modell zur Verfügung, das mit Versuchen validiert wurde (Fig. 2) [1].

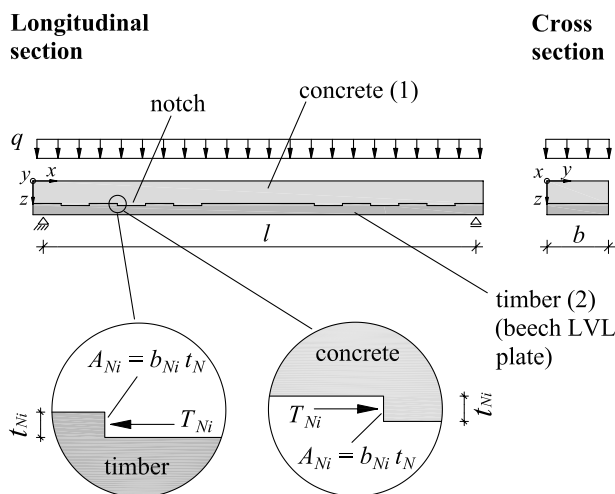


Fig. 1: Holz-Beton Verbunddecke aus Buchenfurnierschichtholz mit Kerbverbindungen. Timber-concrete composite member made of a beech LVL plate with a notched connection.

### Timber-concrete Composite Slabs made of Beech-laminated Veneer Lumber with Notched Connection

This project focuses on the structural behavior of timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber (LVL) plates with notched connections (Fig. 1). In general, timber-concrete composite members are usually made of softwood, and are able to offer several advantages compared to reinforced concrete slabs and timber slabs. Beech LVL is an efficient structural material, but its use in structural engineering only began in recent times. The structural system developed in this research project has high stiffness, load-carrying capacity, reliability, and is able to achieve ductility at failure level due to yielding of timber under compression within the notches. Because of the difference between the material properties of timber and concrete, local timber deformations within the notches may compromise the shear-carrying mechanism in the concrete, leading to premature failure of the composite member. This problem can be solved by installing vertical reinforcement. To describe the interaction between the timber, the concrete and the reinforcement, an analytical model was developed, which was validated by means of bending tests and allows a reliable design of the structure (Fig. 2) [1].

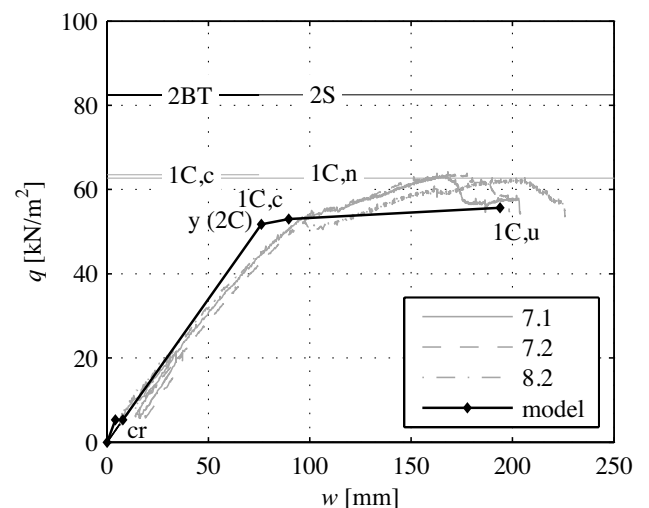


Fig. 2: Biegeversuch zur Validierung des analytischen Modelles. Bending test to validate the analytical model.

[1] Boccadoro, L., Timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber with notched connection, Dissertation no. 23577, ETH Zurich, 2016, 211 pp.

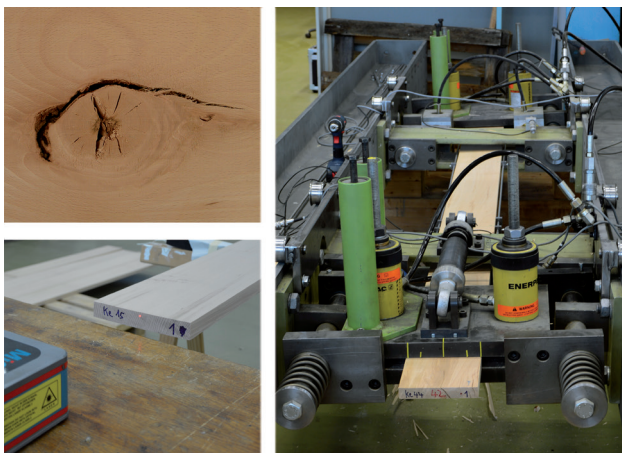
## Brettschichtholz aus Buche

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi, Dr. R. Steiger  
 Mitarbeiter: T. Ehrhart  
 Projektpartner: BAFU, Bern; Empa, Dübendorf;  
 Neue Holzbau AG, Lungern

Brettschichtholz (BSH) hat dank wirtschaftlicher Konkurrenzfähigkeit, breiten Anwendungsmöglichkeiten sowie einem steigenden gesellschaftlichen Bewusstsein für Nachhaltigkeit in den vergangenen Jahrzehnten verstärkt Einsatz im Baubereich gefunden. Zur Produktion von BSH werden heute fast ausschliessliche Nadelhölzer, in Mitteleuropa vorwiegend Fichte (*Picea abies*), eingesetzt. Die Verwendung von Buche (*Fagus sylvatica*) für BSH birgt wegen der weiten Verbreitung dieser Hartholzart sowie der ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften ein grosses Potential.

Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Schaffung der technischen Grundlagen für die Normierung und Marktimplementierung von BSH aus Buche. Dafür sind u.a. geeignete Prozessabläufe, Regeln für die Sortierung des Rohmaterials sowie Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Produktion zu definieren.

Die angestrebten Festigkeiten sind mit den Zielklassen GL40, GL48 und GL55 rund doppelt so hoch wie für das gegenwärtig häufig verwendete GL24 aus Fichte und könnten in Zukunft die Einsatzmöglichkeiten des nachhaltigen Baustoffes Holz erweitern, ohne dabei mit etablierten Produkten aus Nadelholz zu konkurrieren.



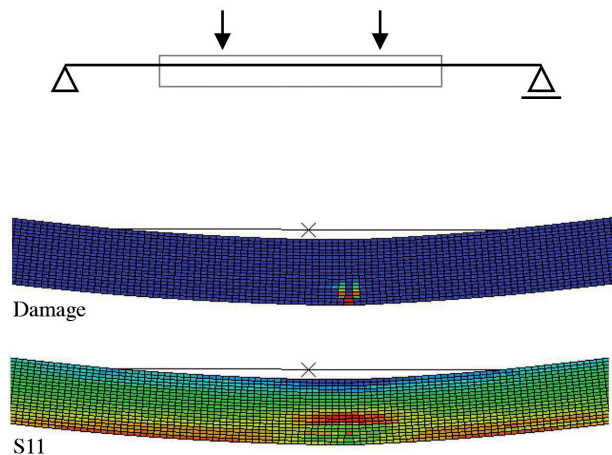
*Visuelle und mechanische Sortierung der Bretter.  
 Zugtests zur Ermittlung von Festigkeit und Steifigkeit.  
 Visual and mechanical grading of the boards.  
 Tensile test to determine strength & stiffness.*

## Glued-laminated timber made from beech

Glued-laminated timber (GLT) has gained popularity and relevance in the construction industry in recent decades due to the wide range of applications, improved economic competitiveness, and the growing concept of sustainability within society. Nowadays, GLT products are almost exclusively made from softwoods, mainly Norway spruce (*Picea abies*). However, a hardwood timber species that is widely available in Central Europe, and has excellent mechanical properties is European beech (*Fagus sylvatica*). Additionally, this species is going to profit from the ongoing change in climate, and current forest policy.

The aim of this research project is to establish a technical basis for the market implementation of GLT made from European beech. The main prerequisites to be developed are appropriate production technologies as well rules and processes for the quality control of the raw material and the final product. Furthermore, the definition of the mechanical properties of beech GLT for the strength classes GL40, GL48, and GL55 provides a basis for the design of structural elements.

These strength classes correspond to about double the strength of the currently often used GL24 and have the potential to expand the field of application of the sustainable construction material timber without competing with established products made from softwoods.



*Numerische Simulation von BSH zur Schätzung der Tragkapazität.  
 Numerical simulation of GLT to estimate the bending capacity.*



## Entwicklung eines zuverlässigen Bemessungsansatzes für Holzbauteile im Brandfall

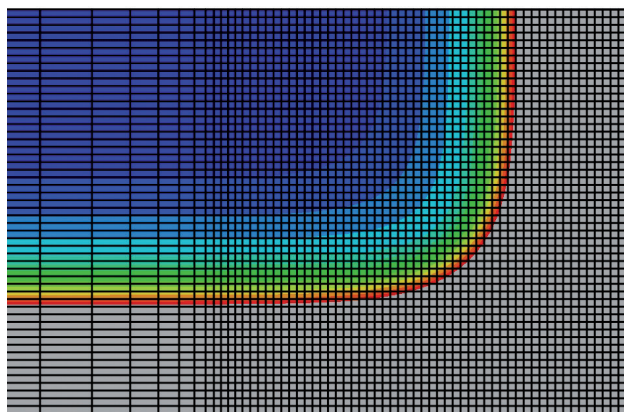
Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
 Mitarbeiter: R. Fahrni  
 Projektpartner: Cost Action FP1404,  
 Staatssekretariat für Bildung,  
 Forschung und Innovation, Bern

Für die Bemessung von Holzbauteilen im Brandfall gibt der Eurocode 5 (EN 1995-1-2) einen Umrechnungskoeffizienten vor, um eine Bemessung mit 20% Fraktilwerten anstelle der bei Normaltemperatur üblichen 5% Fraktilwerten zu ermöglichen. Jedoch steht diese Umrechnung im Widerspruch zu anderen Materialien wie Beton, wo auch im Brandfall 5% Fraktile verwendet werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es den aktuellen Bemessungsansatz im Eurocode 5 mit einer Zuverlässigkeitsanalyse zu untersuchen und Teilsicherheitsbeiwerte für den Brandfall im Holzbau zu bestimmen. Um die statistische Datenlage über die streuenden Parameter von Holz unter Brandbelastung zu verbessern wird eine ausführliche numerische Analyse durchgeführt.

Zur Validierung des numerischen Modells wurde eine Versuchsserie an Brettschichtholzträgern mit bekannten lokalen Materialeigenschaften durchgeführt. Die Vier-Punkt-Biegeversuche wurden für verschiedene Ausnutzungsgrade unter einer Normbrandbelastung bis zum Versagen ausgeführt.

Die weitere Arbeit befasst sich mit der numerischen Simulation, welche dank den genau bekannten Materialparametern in den Versuchen mit diesen validiert werden kann.



*FE-Temperaturanalyse: Brandbelastung unten und rechts, Symmetrieachse oben, nach 30 min.  
 Temperaturen: 20 °C = blau, 300 °C = rot.  
 FE Heat analysis: fire exposure on the bottom and on the right, symmetry on the top, after 30 min.  
 temperatures: 20 °C = blue, 300 °C = red.*

## Development of a reliability-based design approach for structural timber members in fire

For the fire design of structural timber members Eurocode 5 (EN 1995-1-2) gives conversion factors to enable design with 20% fractile strength, instead of the 5% fractiles that are used at normal temperature. This conversion conflicts with other materials like concrete that use 5% fractiles also for the fire design.

The objective of the project is to deliver a reliability-based analysis of the current approach in Eurocode 5 and the determination of the required safety factors in case of fire for timber. In order to gain more statistical information about the variation of the behavior of timber members and to calibrate the partial safety factors for the fire case, an extensive numerical investigation will be conducted.

For the validation of the numerical model, an experimental series of glulam beams with well-known local material properties has been conducted. The beams were under constant load in a four-point-bending setup using different load factors and were exposed to standard fire until failure.

The ongoing work deals with the simulation of the experiments using the well-known material properties in a finite-element model, which then will be validated with the tests and used for the subsequent numerical investigations.



*Ausbau der Probekörper nach dem Brandversuch.  
 Dismantling after testing.*

## Tragende Bauteile aus Buchenfurnierschichtholz

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi, Dr. R. Steiger  
 Mitarbeiter: P. Kobel  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Fehlerfreies Holz hat sehr gute mechanische und thermische Eigenschaften. Durch den natürlichen Wuchs entstehen aber Strukturstörungen, welche sich für tragende Holzbauteile im konstruktiven Bereich negativ auswirken und die Zuverlässigkeit von Holzbauteilen verringern. Das Projekt soll einen Beitrag zur Entwicklung von effizienten und zuverlässigen Tragwerken aus Holz leisten. Im Vordergrund des Projektes steht Furnierschichtholz (LVL) aus Buche. Buchenholz verfügt über sehr gute mechanische Materialeigenschaften, wird jedoch bisher primär als Energieholz genutzt.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung von neuartigen, hochwertigen und zuverlässigen stabförmigen Bauteilen aus Buchenholz und diese für die Praxis nutzbar zu machen. Das Forschungsprojekt soll die Grundlagen zur Anwendung von Buchenholz im Ingenieurholzbau liefern und dadurch den Absatz und die Wertschöpfung von Buchenholz steigern. Der Fokus liegt dabei auf Fachwerkkonstruktionen. Die Untersuchung gezielter Materialeigenschaften, die Entwicklung von neuartigen und hochwertigen Verbindungen und die Erarbeitung der Berechnungsgrundlagen für Verbindungen und Bauteile sind die wichtigsten Teilziele des Forschungsprojektes.

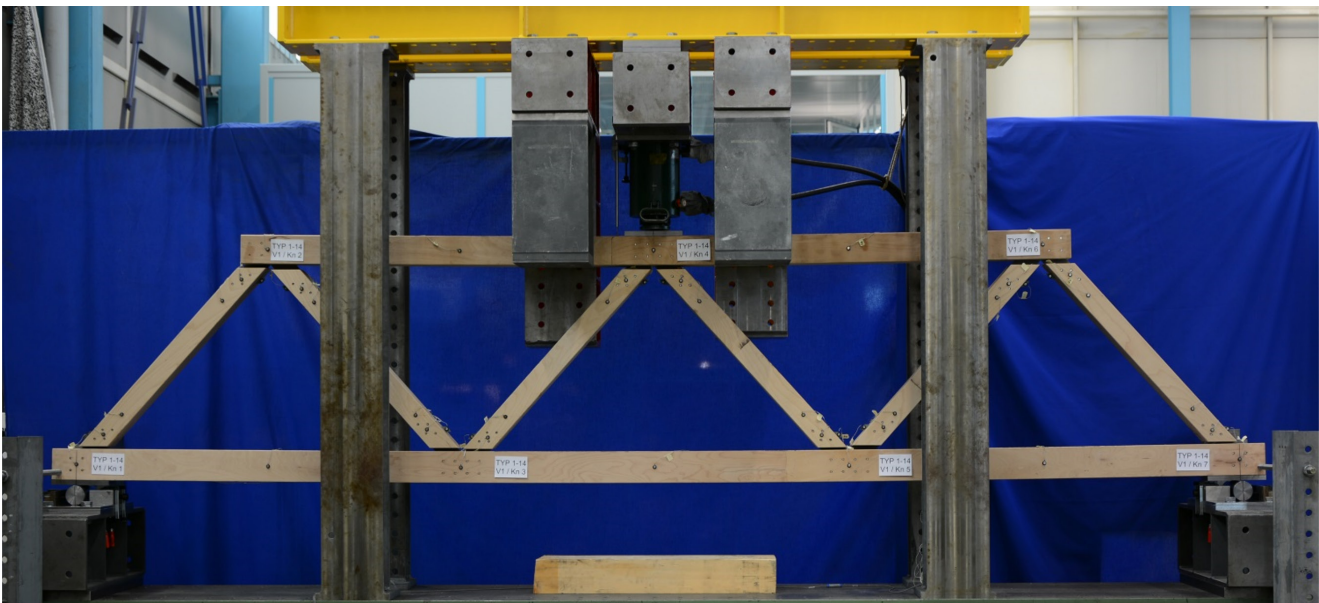
## Structural elements made of beech LVL

Timber as a natural resource is highly complex due to its anisotropic nature and natural inhomogeneities. The mechanical and physical properties are influenced by duration of loading, moisture and temperature. As a consequence, the reliability of structural timber elements is often inadequate and the full potential of timber in the building and construction sector has not been exploited yet.

The project focuses on laminated veneer lumber (LVL) made of beech wood. The higher strength and stiffness properties of beech wood as compared to most softwood species are well known. Beech is available in large quantities, but beech wood is today almost entirely used for energetic purposes or non-structural applications (e.g. in the wood furniture industry).

The project aims at developing sustainable innovative and reliable beam-type structural elements using laminated veneer lumber made of beech wood. The findings should provide the basis for practical implementation and increase the added value of beech wood. The focus is on the development of truss structures.

Particular attention will be paid to the reliable characterization of selected mechanical properties of beech LVL, the development of reliable, efficient and economic connections and the development of safe and economic design methods for elements and connections.



*Drei-Punkt-Biegeversuch an einem Fachwerk aus Buchenfurnierschichtholz in der Laborhalle der ETH Zürich.  
 Three-point bending test on a truss made of beech LVL at the testing laboratory of ETH Zurich.*



## Zweiachsig tragende Holz-Beton Verbunddecken aus Buchenfurnierschichtholz

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
 Mitarbeiter: B. Kreis  
 Projektpartner: Implenia Schweiz AG, Rümlang;  
 Walt+Galmarini AG, Zürich;  
 Kommission für Technologie und  
 Innovation, Bern

Holz-Beton Verbunddecken (HBV-Decken) spielen dank ihrer ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften eine wichtige Rolle im modernen Holzbau. Eine Gemeinsamkeit aller bis anhin auf dem Markt verfügbaren HBV-Systeme ist deren einachsiges Tragverhalten. Dieses setzt linienartige Auflager wie Wände oder Unterzüge voraus, was die architektonische Flexibilität behindert und somit einem breiten Einsatz in der Praxis im Weg steht. Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist deshalb die Entwicklung einer zweiachsig tragenden HBV-Decke, welche auf Stützen gelagert werden kann.

Buchenfurnierschichtholz eignet sich für den Einsatz in biaxial tragenden Strukturen, da Furniere in beiden Richtungen beliebig angeordnet werden können. Aufgrund der begrenzten Breite der Elemente sind entsprechende Verbindungen an den Brettseiten nötig, welche eine Übertragung von Zugkräften in dieser Richtung erlauben.

Diese Verbindung stellt eine der grössten Herausforderungen des Projekts dar und wurde mittels einer umfangreichen experimentellen Versuchsreihe auf der grossen Horizontalzugprüfmaschine an der ETH untersucht. Die Resultate zeigen ein gutes Verhalten der gewählten Verbindungstypen bezüglich Steifigkeit und Festigkeit.



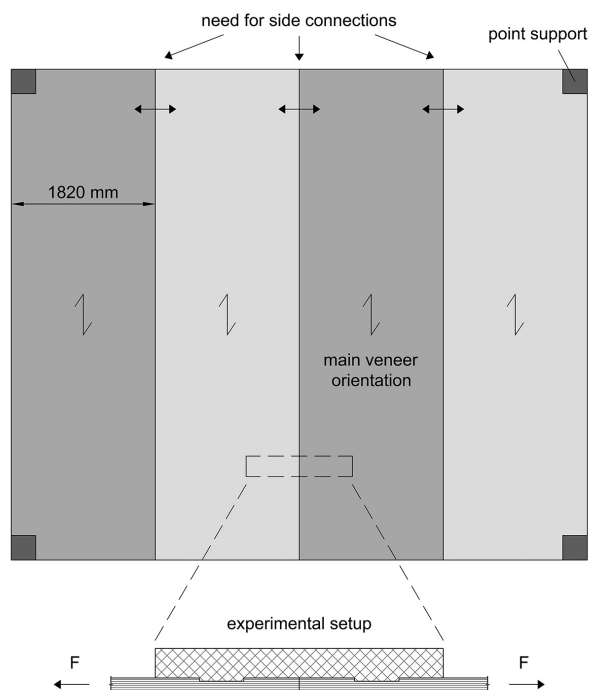
Tests auf der grossen Horizontalzugprüfmaschine.  
 Tests on the large horizontal tension test machine.

## Biaxial Timber-Concrete Composite Slabs made of Beech Laminated Veneer Lumber

Due to their excellent mechanical properties, timber-concrete composite (TCC) slabs play an essential role in modern timber construction. Up to today, a common feature of all TCC slab systems on the market is their uniaxial load-bearing behavior, which makes continuous supports such as walls or beams a mandatory requirement. This constraint limits the architectural flexibility and thus inhibits widespread application in practice. The present research project therefore aims at the development of a biaxial load-bearing TCC slab that can be supported by columns.

It is possible to produce beech LVL plates with any desired configuration of veneers in two directions, which makes this product suitable for use in biaxial slabs. Since the width of the plates is limited, however, a dedicated tensile connection in the transversal direction has to be developed in order to activate tensile forces in this direction.

Being one of the key challenges of the project, this connection was investigated by means of an extensive experimental testing campaign. The results show that the chosen connection types perform well in terms of strength and stiffness.



Skizze einer möglichen zweiachsigen HBV-Decke.  
 Layout of a possible biaxial TCC slab.

## Monitoring-basierte Zustandsbeurteilung eines innovativen Holz-Hybrid-Gebäudes

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi,  
Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Mitarbeiterin: C. Leyder  
Projektpartner: ETH Foundation; Climate-KIC

Dieses Projekt fokussiert auf die Überwachung und strukturelle Zustandsbeurteilung des *ETH House of Natural Resources*; ein Pilotgebäude für die Implementierung von Laubholz im Holzbau. Das Gebäude weist mehrere innovative Tragstrukturen auf: einen vorgespannten Holzrahmen, eine Holzbetonverbunddecke mit Buchenfurnierschichtholzplatten, eine Hohlkasten-Holzbetonverbunddecke und eine zweiachsig tragende Buchenholzdecke. Fig. 2 zeigt ein Bild des fertiggestellten Gebäudes. Das «Living Lab»-Gebäude vereint Forschung und konventionelle Nutzung als Bürogebäude durch die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich.

Im Gebäude befindet sich ein High-End-Monitoring System, welches dazu dient das Langzeitverhalten der Tragelemente zu untersuchen (vgl. Fig. 1). Die statische Langzeitüberwachung wird ergänzt durch dynamische Versuche, welche im Labor und auf der Baustelle durchgeführt wurden, sowie durch periodische Schwingungsmessungen während der Nutzungsphase.

Die Kopplung von experimentell gewonnenen Informationen und numerischen Modellen der Tragstruktur ermöglicht die Gewinnung zusätzlicher Erkenntnisse über die Langzeitentwicklung von fundamentalen Parametern, wie z.B. die Rotationssteifigkeit der vorgespannten Holzverbindung. Dadurch kann die Effizienz dieser innovativen Tragstrukturen weiter gesteigert werden, um das volle Potenzial von Holzbauten weiter zu erschliessen.



Fig. 1:  
*Kraftmessdose zur Langzeitüberwachung der Spannkraft und Beschleunigungssensor zur periodischen Schwingungsmessung.*  
*Load cell for the long-term monitoring of post-tension force and acceleration sensor for ambient vibration testing.*

## Monitoring-based performance assessment of a timber-hybrid building

This project focuses on the monitoring and structural assessment of the *ETH House of Natural Resources*, a pilot building for the implementation of hardwood in timber engineering. The building features several innovative structural systems, namely a post-tensioned timber frame, a composite beech LVL concrete floor, a hollow composite concrete-timber floor and a biaxial timber slab. Figure 2 displays a picture of the completed building. The building functions as an office building for the laboratory of hydraulics, hydrology and glaciology of the ETH Zurich and thereby serves as a «living lab».

The building incorporates a high-end monitoring concept to study the long-term behavior of its structural members (cf. Fig. 1). Several full-scale dynamic testing series, conducted in the laboratory and at the construction site, as well as ambient vibration monitoring during the operation phase, complement the static long-term monitoring campaign.

The coupling of experimentally obtained information and numerical models of the structure allows the extraction of further knowledge about the evolution of key structural parameters, such as the rotational stiffness of the post-tensioned timber connection. Thereby, the efficiency of these innovative structural systems can be further improved, with the purpose of further unlocking the full potential of timber structures.



Fig. 2:  
*Das «House of Natural Resources» auf dem Campus ETH Hönggerberg.*  
*The «House of Natural Resources» at ETH campus Hönggerberg.*

## Holz-Beton Verbunddecken mit selbstüberhöhenden Brettstapelelementen und Mikrokerben

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
 Mitarbeiterin: K. Müller  
 Projektpartner: Sidler Holz AG, Oberlunkhofen;  
 Timber Structures 3.0 AG, Thun;  
 Kommission für Technologie und  
 Innovation, Bern

Holz-Beton Verbunddecken (HBV-Decken) sind im Holzbau in der Schweiz schon seit einigen Jahren in Anwendung. Gegenüber herkömmlichen Holzdecken und Stahlbetondecken ergeben sich statische, ökologische und ökonomische Vorteile. Die Verbindung zwischen Holz und Beton kann auf verschiedene Arten ausgeführt werden, z.B. mit Schrauben, Dübeln oder Kerben. Der Beton wird meist vor Ort eingebracht.

Zwei Optimierungschancen der HBV-Bauweise mit Brettstapelelementen werden in diesem KTI-Projekt bearbeitet: Statt der bisher üblichen wenigen Kerben mit mehreren Zentimetern Tiefe und zusätzlichen stiftförmigen Verbindungsmitteln wurde ein Konzept mit sogenannten Mikrokerben entwickelt: viele kleine Kerben sollen durch Verzahnung eine kontinuierliche Schubübertragung ohne zusätzliche Schrauben ermöglichen.

HBV-Decken müssen im Bauzustand unterspriesst werden, um allzu grosse Verformungen zu verhindern. Betonierarbeiten können nur stockwerksweise erfolgen. Durch Einbringen eines expansiven Mörtels in Einschnitte auf der Holzoberseite werden die Brettstapelelemente überhöht, sodass auf die Unterspriesung verzichtet werden kann.



*HBV-Träger überhöht durch expansiven Mörtel.  
 TCC slab cambered by the use of expansive mortar.*

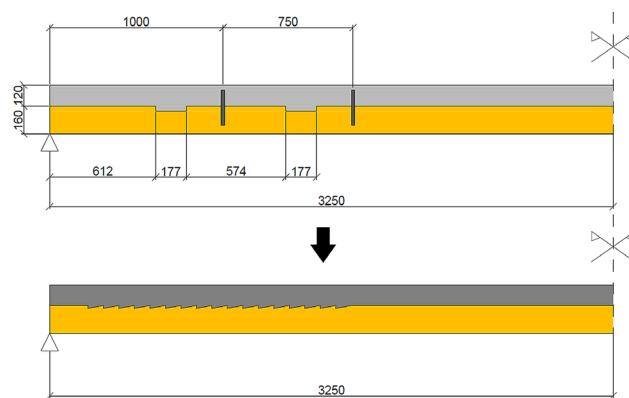
## Self-cambering timber-concrete composite slabs with micro-notches

Timber-concrete composite (TCC) slabs have been used in timber construction in Switzerland for some years. Compared to conventional timber or reinforced concrete slabs, static, ecological and economic advantages arise with TCC slabs. The connection between timber and concrete can be achieved differently, i.e. with screws, dowels or notches. The pouring of concrete often proceeds on site.

Two possible improvements in the production of TCC slabs with Brettstapel elements are investigated in this CTI-project:

So far, notches were used in a small number with notch depths of several centimetres and additional dowel type fasteners. As an alternative, a concept with so-called micro-notches has recently been invented: multiple, small notches allow by interlocking a continuous shear transfer without the need for additional screws.

During construction the timber slabs have to be supported to prevent major deflections. Placing of the concrete must be done floor by floor. By filling expansive mortar into cuts on the upper side of the timber elements, the slabs camber and the additional support can be omitted due to the superelevation.



*Vom bisherigen Kerbensystem zu Mikrokerben.  
 From conventional notches to micro-notches.*



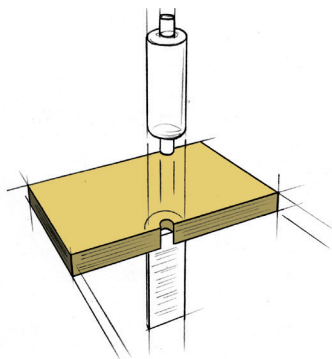
## Biaxiale Flachdecke aus Holz

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
 Mitarbeiter: M. Muster  
 Projektpartner: Timber Structures 3.0 AG; Schilliger Holz AG, Küssnacht a. Rigi, Henkel & Cie. AG, Sempach, BFH Biel, Kommission für Technologie und Innovation, Bern

Zurzeit ist es im Holzbau nur beschränkt möglich, Deckensysteme zu konstruieren, die ein zweiachsiges Tragverhalten aufweisen. Ein Grund dafür sind die fehlenden Möglichkeiten, Holzplatten (z.B. Brettsperrholzplatten BSP) biegesteif miteinander zu verbinden. In den letzten Jahren wurde eine stirnseitige Verklebung entwickelt, welche diese Möglichkeit schafft. Durch die Aktivierung der zweiten Tragrichtung öffnen sich neue Anwendungsbereiche für den Holzbau, wie beispielsweise Skelettbauten, welche nur aus Stützen, Platten und einem Kern bestehen. Werden die BSP-Platten nur noch punktuell gestützt, werden Betrachtungen notwendig, wie sie im Stahlbetonbau schon bekannt sind, z.B. das Durchstanzen von Platten.

Dem Bereich um die Stütze muss also spezielle Beachtung geschenkt werden, da dieser sowohl hohe Biege- wie auch hohe Querkraftbeanspruchungen aufnehmen muss. Erste Versuche in den Jahren 2012/13 zeigten, dass die erforderliche Tragfähigkeit von Platten, welche ganz oder teilweise aus Buchenfurnierschichtholz bestehen, erreicht werden kann.

Damit ein solches Deckensystem wirtschaftlich konkurrenzfähig ist, muss der Bereich des Stützenkopfes optimiert werden. Gleichzeitig sollen das Tragverhalten besser verstanden, die Rand- und Eckstützen untersucht und schliesslich Bemessungsgrundlagen entwickelt werden.



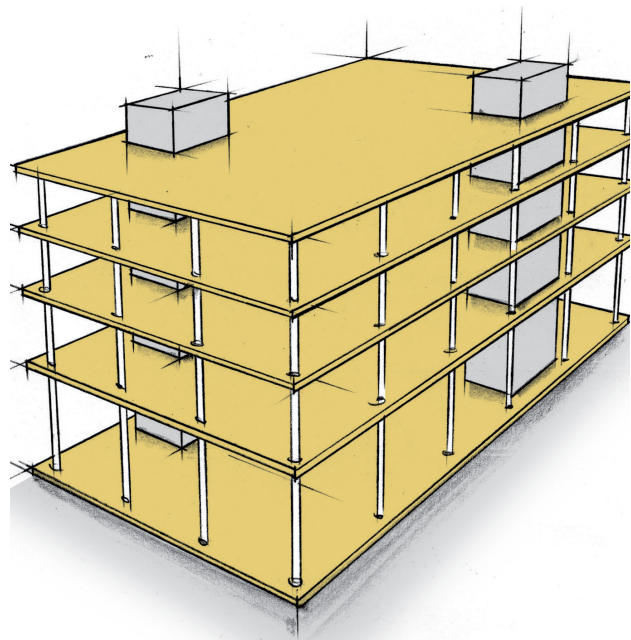
*Schnitt durch eine Platte im Bereich der Stütze.  
 Section of a slab supported by a column.*

## Biaxial timber flat slabs

At the moment, it is only possible to a limited extent to construct floor slabs in timber with a biaxial load carrying behavior. One of the reasons is that there is no technology available to connect timber slabs (e.g. cross laminated timber CLT) rigidly. In the last few years, a connection was developed that allows the bonding of timber slabs parallel to the grain. With a biaxial load carrying behavior, timber can be used in some new types of construction such as skeleton construction where only columns, slabs and a core are necessary. As the CLT elements are only supported by columns, the same structural considerations that have already been studied in the field of reinforced concrete become important, e.g. the punching of slabs.

A closer look at the area around the columns is necessary, as the slab has to resist high bending moments and shear forces simultaneously in this zone. Initial tests in 2012/13 showed a high load carrying capacity of slabs made completely or to some extent out of beech-laminated veneer lumber.

To achieve an economically competitive slab system, the central slab element on top of the column has to be optimized. In this process, the load carrying behavior has to be analyzed more closely, the columns in the corner and at the edges have to be considered as well and finally design models have to be developed.



*Neue Möglichkeit für Skelettbauten aus Holz.  
 New possibility for a skeleton construction in timber.*

## Vorgespannte Holzrahmenkonstruktionen

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
 Mitarbeitende: J. Ogrizovic, Dr. F. Wanninger  
 Projektpartner: Climate KIC

In den vergangenen Jahren wurde am Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich eine vorgespannte Holzverbindung mit Hartholzverstärkung entwickelt, welche in Rahmensystemen eingesetzt werden soll.

Das System wird derzeit weiterentwickelt um die Leistungsfähigkeit der Rahmen zu erhöhen. Zwei Ansätze werden untersucht um die globale Steifigkeit und Duktilität des Systems zu erhöhen und somit die Anwendung des Rahmens auf mittelgrosse Gebäude und Zonen mit höherer Seismizität zu erweitern.

Durch das Einspannen der Stützenfüsse mittels eingeklebter Gewindestangen wird die Steifigkeit des Rahmens durch eine Änderung der Randbedingungen erhöht. Zudem liefern die Gewindestangen zusätzliche Duktilität und dissipieren Energie im Falle eines Erdbebens. Ein weiterer Ansatz ist ein Hybrid-Rahmensystem, bei dem die Stützen aus Beton und die Balken aus Holz gefertigt werden. Durch die steifere Verbindung infolge der Betonstütze kann die Steifigkeit des Rahmens erhöht werden.

Beide Ansätze wurden analytisch sowie numerisch untersucht. Versuche wurden durchgeführt um die Berechnungen zu verifizieren.



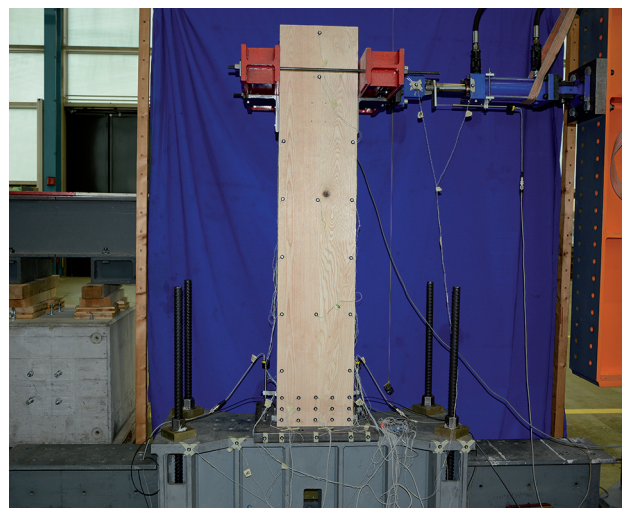
*Biege-Versuche an einem vorgespannten Knoten mit Betonstütze.  
 Tests on a post-tensioned joint with concrete column.*

## Post-tensioned timber frame structures

A post-tensioned timber connection with hardwood reinforcement has been developed at the Institute of Structural Engineering at the ETH in Zurich. The moment-resisting connection was established using only a single straight tendon in the middle of the beam, which allows a high degree of prefabrication and easy assembly on site.

The frame system is further developed to comply with the requirements of modern building codes. Two efficient solutions are proposed to increase the global stiffness and ductility of the system and expand the target construction market to medium-rise buildings and zones with higher seismicity. Establishing a semi-rigid connection at the base of the columns using glued-in rods increases the stiffness of the frame through a change in the boundary conditions. Yielding of the steel bars provides additional ductility and hysteretic energy dissipation. On the other hand, a hybrid frame system, where the columns are made of concrete and the beams are made with timber, relies on higher bending stiffness of the concrete columns, as well as practically fixed connections to the foundation. The permitted stresses in the beams are higher, since timber is loaded only parallel to the grain.

Experimental and numerical investigations are planned to study the performance of post-tensioned timber frame structures subjected to seismic actions.



*Zyklische Versuche an Holzstützen mit eingeklebten Gewindestangen.  
 Cyclic tests on timber column bases with glued-in rods.*

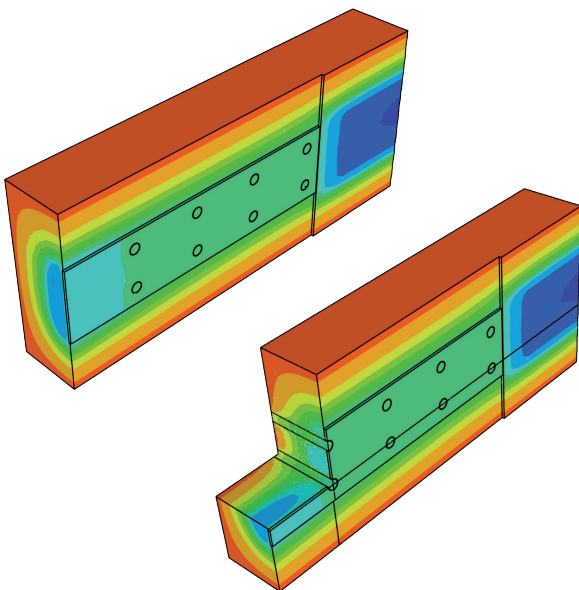


## Modellierung von Holzverbindungen im Brandfall

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
Mitarbeiter: P. Palma

Für die Modellierung von typischen Holzverbindungen im Brandfall wurde ein Modell erarbeitet, das eine FE-thermische Analyse mit einer mechanischen Analyse auf der Basis von Johansens Tragmodell [1] kombiniert. Das Modell generiert automatisch alle erforderlichen Files für die Analyse von geometrisch beliebigen Stahl-Holz-Stabdübelverbindungen im Brandfall.

Mit dem Modell wurde eine umfassende numerische Analyse durchgeführt, um die aus Brandversuchen [2] abgeleiteten wesentlichen Einflussparameter auf das Brandverhalten von Stützen-Träger-Verbindungen zu untersuchen. Die Resultate zeigen den deutlichen Einfluss der Dicke der seitlichen Holzelemente auf den Tragwiderstand im Brandfall. Durchmesser und Abstände der Dübel spielen hingegen eine untergeordnete Rolle. Auf der Basis der numerischen Untersuchungen wurden vereinfachte Bemessungsregeln für den Brandfall erarbeitet [3].



Tragwiderstand in Abhängigkeit der Brandzeit für verschiedene Dicken der seitlichen Holzelemente.  
Estimated load-carrying capacities for varying side member thickness.

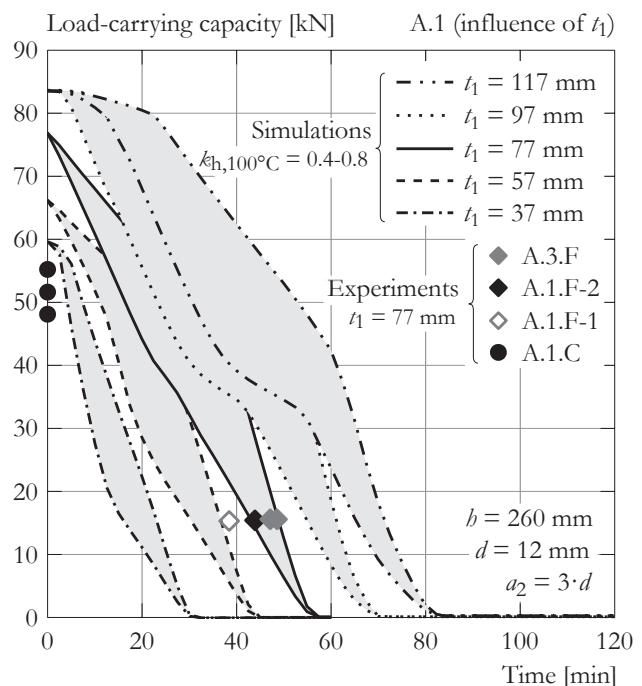
[1] Palma, P., Frangi, A., *A framework for finite element modeling of timber connections in fire*, Structures in Fire – Proceedings of the Ninth International Conference, DEStech Publications, Inc., Princeton, USA, 2016: pp. 708–715.

[2] Palma, P. et al, *Fire resistance tests on timber beam-to-column shear connections*, Journal of Structural Fire Engineering, 7 (2016) pp. 41–57.

## Modeling timber connections in fire

A framework to model timber connections exposed to fire was developed, combining finite-element models and temperature-dependent Johansen-type load-carrying models [1]. The framework generates FE models of three-member dowelled connections with a slotted-in steel plate (with any arrangement of fasteners, member geometry, and material properties), submits the analyses to the solver, post-processes the output databases, and computes the load-carrying capacity.

The framework was used to conduct a parametric study of the most important parameters identified in a previous experimental campaign on beam-to-column timber connections [2]. The results showed a clear influence of the thickness of the side members on the fire resistance and a smaller influence of the dowel diameter and spacing, which was subsequently taken into account in proposed design rules [3].



Simulierte Temperaturen für eine Stahl-Holz-Stabdübelverbindung mit einem innenliegenden Stahlblech.  
Temperature contours of a dowelled connection with a slotted-in steel plate.

[3] Palma, P., Frangi, A., *Fire design of timber connections – assessment of current design rules and improvement proposals*, International Network on Timber Engineering Research (INTER) – Meeting Forty-Nine, Timber Scientific Publishing, Graz, Austria, 2016: pp. 299–313.

## Naturbranddimensionierung von Holztragwerken

Projektleitung: Prof. Dr. A. Frangi  
Mitarbeiter: J. Schmid  
Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die Verwendung von Holz als Baustoff ist aus vielen Gründen sehr attraktiv und bietet auch konstruktive Vorzüge, wie zum Beispiel das vorteilhafte Verhältnis von Festigkeit und Eigengewicht.

Brandsicherheit muss auch für Holzkonstruktionen nachgewiesen werden, meist mit sog. Feuerwiderstandsprüfungen. Während dieser Prüfungen wird mittels Normbrand die Brandüberschlagphase simuliert, hierbei treten uniforme Temperaturen im Brandraum ohne die Verfügbarkeit von Sauerstoff auf. Reale (natürliche) Brände umfassen ferner eine Zünd-, Ausbreitungs- und Abkühlphase. Letztere beginnt nach der Maximaltemperatur von etwa 1000°C, der Temperaturabfall ist abhängig von der thermischen Trägheit der Wände, der Belüftung und ev. Löschaktivitäten. Zeitgleich mit sinkenden Temperaturen sinkt die Verbrennungsrate und der Sauerstoffgehalt steigt wieder, siehe Fig. 1. Das Glühverhalten der Holzbauteile in diesem Milieu beeinflusst die Abkühlkurve.

Dieses Projekt untersucht den Beitrag glühender Holzelemente zum Temperaturverlauf und soll letztendlich zu Bemessungsregeln führen.

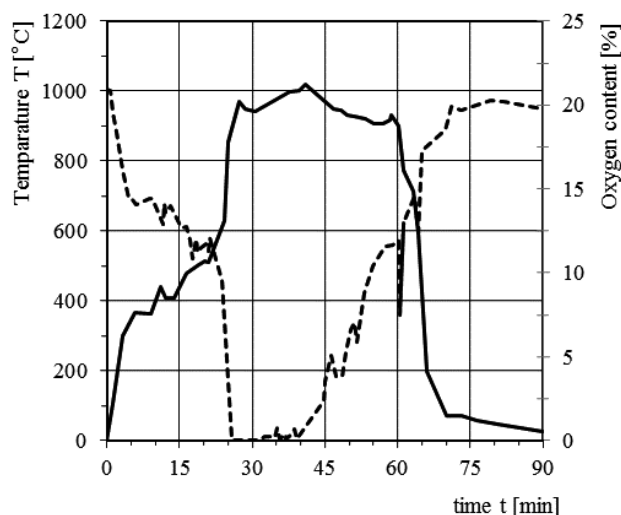


Fig. 1:  
Temperatur- und Sauerstoffmessung in einem Naturbrandversuch.  
Temperature and oxygen measurement in a fire compartment  
[Lennon et al., BRE Report No 79485-1, Watford, UK, 2000].

## Natural fire design for timber

Timber products are gaining popularity among architects and designers due to their attractive surface, their outstanding advantages regarding the carbon footprint and local production possibilities as well as the favorable ratio of strength and self-weight.

As for any other building material, the fire safety of the products and the structures built with has to be verified. To compare the load bearing capacity of products, standard fire tests were developed. While a standard fire simulates the flash-over phase with uniform temperatures in the compartment paired with no availability of oxygen (as all oxygen is consumed) and turbulent gas flow, real fires (natural fires) comprise further an ignition and growth phase and a decay phase. The decay phase starts after the peak temperature (around 1000°C) has been reached and temperatures drop at a certain rate depending on the thermal inertia of the compartment's surface, ventilation and extinction activities. At the same time the temperatures drop and combustion is reduced, the oxygen level increases again while timber elements in the compartment may glow and influence the decay rate, see Figure 1.

This project investigates the contribution of glowing timber elements to the fire scenario and should provide further design rules for structural timber members exposed to a large range of natural fires.



Holz unter einem Wärmestrahler.  
Timber specimen under a radiant heat panel.

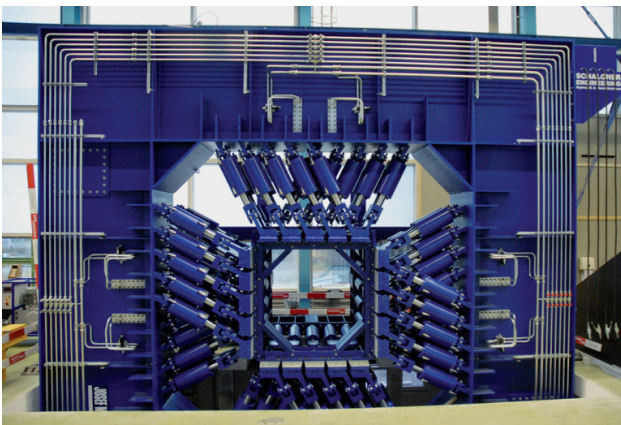
## Large Universal Shell Element Tester (LUSET)

Projektleitung: Prof. Dr. W. Kaufmann  
 Mitarbeiter: A. Beck, D. Karagiannis, D. Werne  
 Projektpartner: cemsuisse, Bern

Dieses Projekt umfasst die Planung und Realisierung der neuen Versuchsanlage Large Universal Shell Element Tester (LUSET) für Grossversuche an Stahlbeton-Schalenelementen.

Der LUSET ermöglicht präzise Grossversuche an Stahlbeton-Schalenelementen mit Abmessungen von 2.0 x 2.0 m und variabler Dicke. Die Elemente können durch 100 Hydraulikzylinder allgemeinen Beanspruchungen in ihrer Ebene und senkrecht dazu unterworfen werden (acht unabhängige Spannungsresultierende). Die Reaktionskräfte, die durch die aufgebrachten Belastungen am hinteren Ende der Zylinder entstehen, werden mittels eines Reaktionsrahmens aufgenommen und ins gegenseitige Gleichgewicht gebracht. Der Reaktionsrahmen besteht aus einem Stahlrahmen in der Ebene mit Aussenabmessungen von ca. 9.6 x 9.6 m und einem Stahlrahmen aus der Ebene mit einer Tiefenabmessung von ca. 2.8 m senkrecht zum Element.

Neben konventionell bewehrten Stahlbetonelementen ermöglicht die Anlage beispielsweise auch Versuche an faserverstärktem Beton, Mauerwerkselementen, Betongelenken und Teilen von Stützmauern.



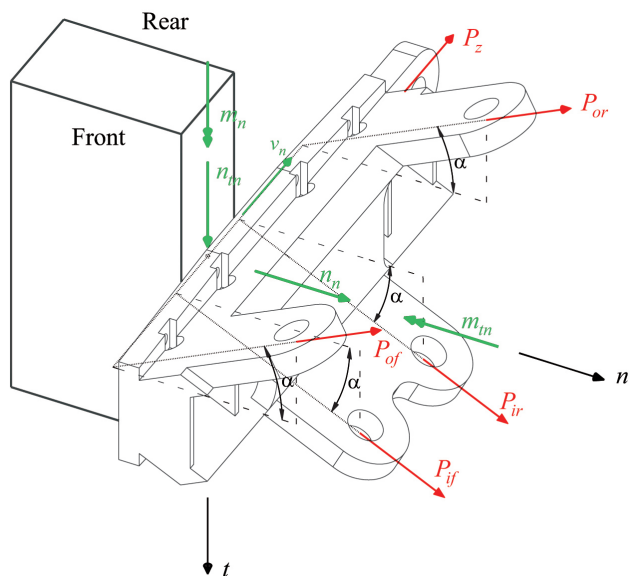
Large Universal Shell Element Tester (LUSET).

## Large Universal Shell Element Tester (LUSET)

The project deals with the design and realization of an experimental facility for the testing of shell elements.

The Large Universal Shell Element Tester (LUSET) will enable large-scale tests on reinforced concrete shell elements of dimensions 2.0 x 2.0 m and a variable thickness. The setup will enable the application of well-controlled arbitrary load combinations at the four edges of the specimen (eight independent stress resultants) by means of 100 hydraulic actuators. The reaction forces of the actuators will be brought into equilibrium by a reaction frame consisting of an in-plane frame with external dimensions of ca. 9.6 x 9.6 m and an out-of-plane frame that extends ca. 2.8 m in the out-of-plane direction.

In addition to reinforced concrete shell elements, the setup will also enable the testing of fiber-reinforced concrete, masonry elements, concrete hinges and/or parts of retaining walls.



Belastungsjoch mit fünf Zylinderkräften (rot) und resultierenden Kräften (grün) am Elementrand.

Loading yoke with five actuator forces (red) and resulting stress resultants (green) on element edge.

## Effekt von Querbiegebeanspruchung auf die Schubtragfähigkeit von Stahlbetonbrücken

Projektleitung: Prof. Dr. W. Kaufmann  
 Mitarbeiter: D. Karagiannis  
 Projektpartner: Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Zunehmende Verkehrsbelastung und Fahrbahnverbreiterungen bei bestehenden Stahlbetonbrücken erfordern die Überprüfung derer Stege bezüglich der kombinierten Belastung durch Längsschub und Querbiegung.

Die zur Verfügung stehenden Modelle zur Untersuchung der Interaktion von Längsschub und Querbiegung wurden vor über 30 Jahren für die Neubemessung entwickelt mit dem Ziel, ein duktileres Tragverhalten zu gewährleisten. Falls Betonbruch als Versagenskriterium massgebend wird, sind diese Modelle mutmasslich sehr konservativ. Tritt hingegen ein Versagen durch Reissen der Bügel ein, können die Resultate der Modellrechnungen, welche ein starr-ideal plastisches Verhalten der Werkstoffe annehmen und den Einfluss der Zugversteifung auf die Duktilität vernachlässigen, auf der unsicheren Seite liegen. Da die genannten Modelle nur anhand weniger Versuche validiert wurden, sollte ihre Anwendung für die Überprüfung bestehender Brücken, insbesondere bei Vorliegen eines tiefen Bügelbewehrungsgehalts, mit Vorsicht erfolgen.

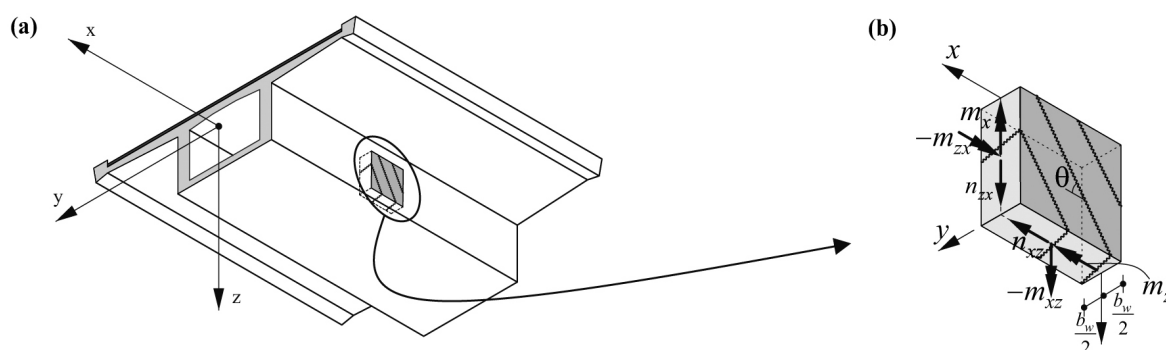
Dieses Forschungsprojekt zielt darauf ab, die beschriebene Wissenslücke mittels theoretischer Untersuchungen und grossmassstäblichen Versuchen zu schliessen. Auf Grundlage der Versuchsergebnisse soll ein mechanisch konsistentes Modell zur Beurteilung der Verformungskapazität unter kombinierter Schub- und Querbiegebeanspruchung hergeleitet werden. Die Entwicklung eines vereinfachten Berechnungsverfahrens für die Anwendung in der Praxis schliesst das Projekt ab.

## Effect of Transverse Bending on the Shear Capacity of Concrete Bridges

Increasing traffic loads and deck widening projects on existing concrete box-girder bridges require the assessment of their webs with respect to combined loading by longitudinal shear and transverse bending.

The available models for the interaction of longitudinal shear and transverse bending were developed over 30 years ago for the design of new structures, aiming at ensuring ductile failure modes. Hence, they appear to be overly conservative in cases where crushing of the web is governing. On the other hand, these models, being based on rigid plastic approaches and neglecting the limiting effect of tension stiffening on reinforcement ductility, may be non-conservative in cases where failure is triggered by stirrup ruptures. As the existing models are based on very little experimental evidence, their application for the assessment of existing bridges characterized by very low reinforcement ratios should be made with caution: The underlying assumption of sufficient deformation capacity may not always be satisfied.

This research project aims at closing this knowledge gap by developing improved assessment methods through a combination of theoretical investigations and large-scale experiments. On the basis of the experimental results, a mechanically consistent model will be developed that will allow checking of the deformation capacity under combined in-plane shear and transverse bending. Ultimately, simplified methods for use in practice will be developed on the basis of the analytical investigations and their subsequent validation by the experimental results.



*Kastenträgerbrücke: (a) Segment; (b) Übersicht der an den Kanten eines isolierten Stegelements angreifenden Spannungsergebnisse.*

*Box girder bridge: (a) Segment; (b) Isolated web element with acting stress resultants on its edges.*







## Tragverhalten von Mauerwerk mit eingebauten Einlagen

Projektleitung: Dr. N. Mojsilović  
 Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: M. Petrović  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die zentrale Idee dieses Projektes ist es, die Kraft-Verformungscharakteristik der einzelnen Mauerwerkswände zu modifizieren, damit die Horizontalkräfte kontrolliert verteilt werden können. Dies soll mit einer verformbaren Auflage an der Unterseite einer Mauerwerkswand bewerkstelligt werden. Die Entwicklung solcher Auflagen, sog. «soft layers», ist das Hauptziel des Forschungsprojekts. Diese Technologie kann wesentlich zur Verbesserung der seismischen Antwort und Sicherheit der Mauerwerksbauten beitragen ohne die Baukosten und die Umweltbelastung deutlich zu erhöhen sowie die heutige Baupraxis wesentlich zu verändern.

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes zielen auf eine effizientere Zuteilung der begrenzten wirtschaftlichen Ressourcen, welche durch eine duktilere Bauweise bewerkstelligt wird. Des Weiteren werden sie helfen die Umwelt zu schonen, indem das Mauerwerk als umweltfreundlicher Baustoff für Wohnhäuser und für kleine bis mittelgrosse Bürogebäude in Gebieten mit niedriger und moderater Erdbebengefährdung gefördert wird. Schliesslich wird die Ausbildung der nächsten Generation von Bauingenieuren, welche in der Lage sein werden, die Erdbebensicherheitsprobleme zu erkennen und deren Lösung durch Entwicklung und Anwendung neuer Technologien zu erbringen, positiv beeinflusst.



Test Z6.

## Behavior of Structural Masonry with Incorporated Soft Layer

The central idea of the present research project is based on modifying the seismic response of individual structural unreinforced masonry (URM) walls by placing engineered deformable layers (soft layers) at the bottom of a masonry structural wall. Results of the preliminary research on masonry elements with rubber granulate and elastomer soft layers indicated that the presence of such layers in the mortar bed joint can significantly alter the mechanical characteristics of URM walls by creating a sliding plane, which, in turn, could influence the seismic response of the entire structure. However, rubber granulate soft layers were in some cases heavily damaged due to sliding, while the elastomer layers were found significantly durable. Based on such experience, it was decided to protect a soft layer by placing it between two protective layers of elastomer. Such a layer formation was then placed in the middle of the bottom mortar bed joint, thus making a so-called multi-layer bed joint. A total of 9 static-cyclic shear tests on full-scale rectangular URM walls with a multi-layer bed joint were performed in two phases. The first (preliminary) testing phase resulted in choosing the most suitable core soft layer type among the four types investigated (rubber granulate, cork, cork-rubber granulate, bitumen). The second (main) phase was aimed at analyzing the influence of the precompression level, aspect ratio and size effect on the shear behavior of URM walls with a multi-layer bed joint.

In general, the presence of a multi-layer bed joint with the rubber granulate core soft layer, can lead to a relatively soft response of URM walls, i.e. towards the elongation of the initial fundamental vibration period of URM structures, and provide for significant deformation before the onset of shear failure (if any), thus improving the performance of URM structures and mitigating the seismic life-safety risk they pose in regions of low and moderate seismicity. Another important contribution of multi-layer bed joint is that, when implemented in masonry structures, a considerable dissipation of the seismic input energy and quasi-ductile behavior of such structures could be expected.

## Verformungsvermögen von Mauerwerk

Projektleitung: Dr. N. Mojsilović  
 Prof. Dr. J. Schwartz  
 Mitarbeiter: A. Salmanpour  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern;  
 promur, Bern

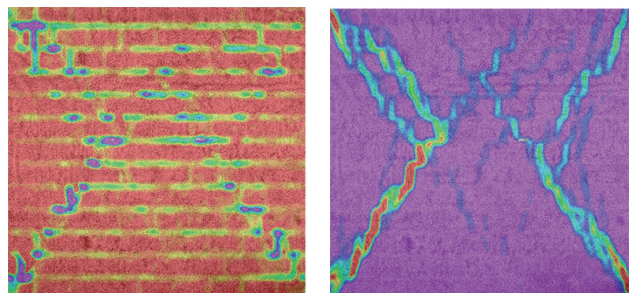
Mauerwerksbau ist eine traditionelle, äusserst anpassungsfähige und wirtschaftliche Bauweise mit beträchtlichem Potential für künftige Entwicklungen. Die übliche Bemessungspraxis von Mauerwerk ist allerdings konservativ. Die Zielsetzung des vorliegenden Projektes besteht darin, das Verformungsvermögen von Mauerwerk näher zu untersuchen und die geeigneten mechanischen Modelle zur dessen Erfassung zu entwickeln. Dabei steht die Entwicklung der Grundbausteine für das verformungsbasierte Verfahren im Vordergrund. Somit soll das Potential des Mauerwerks besser ausgeschöpft werden. Zuerst wurden die vorherige theoretische und experimentelle Forschung auf dem Gebiet des Verformungsvermögens von Mauerwerk erfasst und diskutiert. Dieses Literaturstudium unterstützte die Bestimmung der Parameter für zehn eigene Versuche. Zurzeit, werden neue, anspruchsvolle mechanische Modelle eingeführt: eine neuartige Vorgehensweise wird entwickelt und angewandt um die aus den Versuchen gewonnenen Erkenntnisse in die Entwicklung der zuverlässigen mechanischen Modelle einfließen zu lassen. Das vorliegende Forschungsprojekt ist anspruchsvoll und wichtige neue Erkenntnisse, insbesondere in Bezug auf die experimentellen Ergebnisse und ihr Einsatz in Modellierung und Bemessung, sind zu erwarten. Die Ergebnisse werden zudem eine Modernisierung der Bemessung ermöglichen.



Test T3.

## Deformation Capacity of Structural Masonry

The development of the basis for the displacement-based seismic design of unreinforced masonry (URM) structures is the ultimate objective of the present research project. After a thorough survey and assessment of previous studies, an experimental programme consisting of 10 static-cyclic shear tests on full-scale URM walls was carried out. The experimental programme aimed primarily at studying the effects of unit type, precompression level, aspect ratio, boundary conditions and size on the displacement capacity of contemporary URM walls. The test results showed that as the precompression level increases, the displacement capacity decreases. Furthermore, they indicated a possible reduction in the displacement capacity in the case of an increase in the height or a decrease in the aspect ratio of walls. A proportional relation was also found between the displacement capacity and the shear span, which is controlled by the boundary conditions. Regarding the unit type, calcium-silicate walls showed just slightly higher displacement capacity than the clay walls. A comparison between the displacement capacity values obtained from the tests with those estimated according to the current codes and guidelines showed that the current codes of practice overestimate the displacement capacity of contemporary URM walls, so they could result in an unsafe design. Hence, based on the obtained tests results, a new empirical model for the displacement capacity of URM walls was proposed. In the theoretical part of the project, a new mechanical model for the force-displacement response of URM walls failing in flexure was developed. The developed model combines the flexural and shear deformations with a rigid body rotation imposed by the rocking response of URM walls failing in flexure. A novel approach was developed to relate the rotation imposed by the rocking response to the strain state within the cracked height of the wall. The rocking response of URM walls has been widely disregarded so far. However, the developed model shows that its contribution to the top displacement of URM walls with flexural failure mode is considerable.

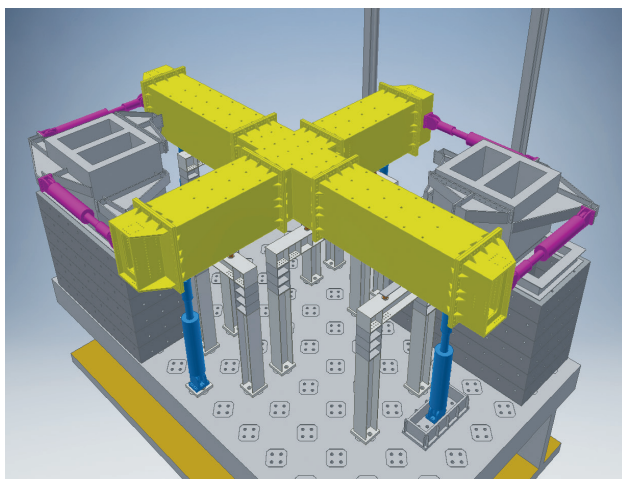


Deformationsfeld (Test T3)  
 Deformation field (Test T3)

## Hybride Simulation von grossmasstäblichen Tragwerken: der Multi-Axial Subassemblage Testing Aufbau

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: Dr. G. Abbiati  
 Projektpartner: Dr. S. Blümel  
 Bau Ing AG, Döttingen

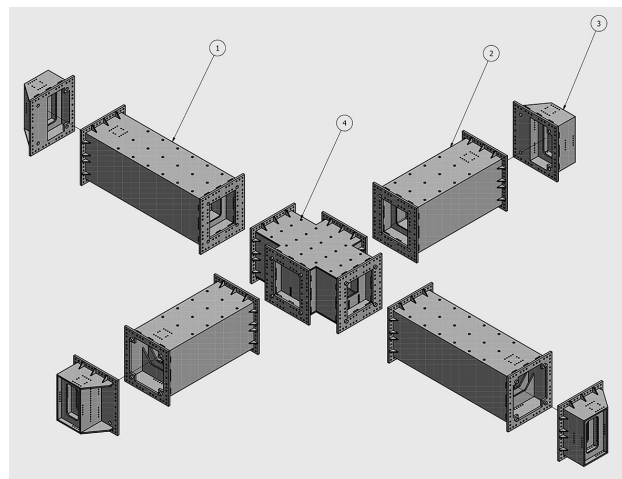
In den zwei letzten Jahrzehnten hat Hybride Simulation (HS) immer grössere Aufmerksamkeit durch die Erdbebeningenieurergemeinde als Tool zur Simulation von nichtlinearem dynamischem Verhalten von grossen Tragwerken in Einrichtungen mit limitierten Kapazitäten erhalten. Die Qualität der Simulation hängt stark von der korrekten Anwendung der Randbedingungen der Schnittstellen zwischen den numerischen und physikalischen Teilbereichen ab. Des Weiteren zwingt die Notwendigkeit zur Reduzierung der Kosten und des Aufwands zur teilweisen Lockerung der Kopplungsbedingungen, z.B. zum Verwerfen von Rotationsfreiheitsgraden der Schnittstellen. In solchen Szenarien, stellen wiederverwendbare «Multi-Axial Subassemblage Testing» (MAST) Systeme einen zweckmässigen Kompromiss zwischen erzielbarer Kopplungsgenauigkeit und Experimentkosten dar. Ein 8-Aktuator 6-Freiheitsgrade MAST Aufbau, welcher auf einem 15.12 m x 11.52 m Stahlkreuzkopfteil basiert, wird momentan in diesem Projekt entwickelt um grossmasstäbliche HS-Versuche an der ETH Zürich zu unterstützen.



3D Model des MAST Aufbaus.  
 Inventor 3D model of the MAST setup.

## Hybrid Simulation of Large-Scale Structures: the Multi-Axial Subassemblage Testing Setup

In the last two decades, Hybrid Simulation (HS) has received increasing attention from the earthquake engineering community as a tool for simulating the non-linear dynamic response of large structural systems in facilities with limited capacities. The quality of the simulation strongly depends of the correct application of the interface boundary conditions between the numerical and the physical subdomains. Nevertheless, the need for reducing costs and efforts related the experimental setup usually forces the partial relaxation of coupling conditions e.g., discarding interface rotational degrees-of-freedom. In this scenario, re-usable Multi-Axial Subassemblage Testing (MAST) systems represent a convenient trade-off between achievable coupling degree of fidelity and the cost of an experiment. An 8-actuator 6-DOF MAST setup, which is based on a 15.12 m x 11.52 m steel crosshead, is developed within this project to support large-scale HS at ETH Zürich.



Zergliederte Ansicht des MAST Kreuzkopfteils.  
 Exploded view of the MAST crosshead.



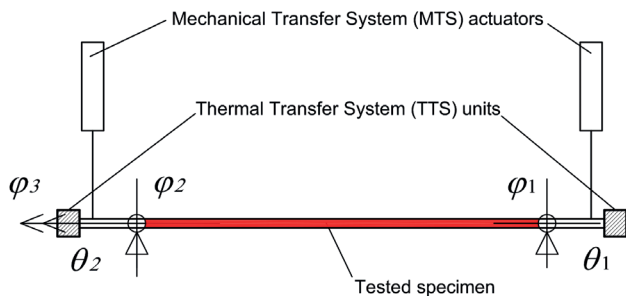
### Thermo-mechanische Virtualisierung von Hybrid Flax/Carbon Fiber Composite für Raumflugkörperstrukturen (THERMICS) Projekt

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: Dr. G. Abbiati  
 Projektpartner: Dr. J. Rion, Bcomp, Fribourg

Das tägliche Leben von jedem hängt mehr und mehr von Raumflugkörpern ab, welche in und ausserhalb der Atmosphäre fliegen und die Erde umkreisen. In der jetzigen Praxis der Entwicklung von Raumflugkörpern alternieren sich Modellierungs- und Testphasen, welche auf dem Einzelfunktionsniveau durchgeführt werden. Solche iterativen Virtualisierungsprozesse stellen einen Design-Flaschenhals dar, wenn verschiedene Funktionalitäten in der gleichen Komponente eingebaut werden sollen und die synergetische Kooperation einer Vielzahl von Entwicklern erforderlich ist. Hybride Simulation, auch bekannt als «Hardware-in-the-Loop» (HiL) Testmethode, wurde ausführlich im rein mechanischen Bereich erforscht und stellt eine sehr vielversprechende Herangehensweise zum Zusammenführen von Modellierung und Testen in einer einzigen Virtualisierungsplattform dar. Das hybride Modell von emulierten Systemen kombiniert numerische und physikalische Teilbereiche. Das dynamische Verhalten unter einer realistischen mechanischen und thermischen Beanspruchung wird durch Anwendung des numerischen Zeitschrittverfahrens simuliert. Unter diesen Voraussetzungen entwickelt dieses Projekt eine Thermo-Mechanische Testanlage (TMTR), welche ein mechanisches und thermisches Transfer System (MTS, bzw. TTS) kombiniert und so ein umfangreiches thermo-mechanisches Koppeln von physikalischen und numerischen Teilbereichen erlaubt.

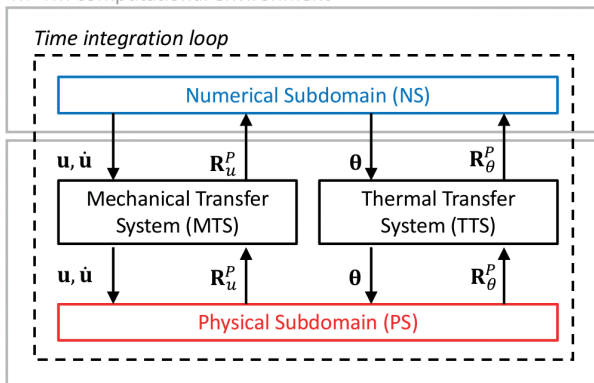
### Thermo-mechanical Virtualization of Hybrid Flax/Carbon Fiber Composite for Spacecraft Structures (THERMICS) Project

Everyone's daily life relies more and more on spacecraft structures flying and orbiting through and outside the atmosphere. In the current practice, the development of spacecraft structures alternates modeling and testing phases conducted at the singular functional level. Such an iterative virtualization process represents a design bottleneck when multiple functions are embedded into the same component and a synergic cooperation of as many developer teams is required. Hybrid Simulation, which is also known as Hardware-in-the-Loop (HiL) testing, has been extensively investigated in the pure mechanical domain and represents a very tempting approach for merging modeling and testing in a unique virtualization platform. The hybrid model of the emulated system combines numerical and physical subdomains and its dynamic response to a realistic mechanical and thermal excitation is simulated using a numerical time-stepping response history analysis. Given these premises, this project develops a Thermo-Mechanical Test Rig (TMTR) that combines a Mechanical and a Thermal Transfer System (MTS and TTS, respectively) so as to enable a full thermo-mechanical coupling between physical and numerical subdomains.



Schema einer thermomechanischen Testanlage.  
 Schematic of the thermomechanical test rig.

RT-TM computational environment



TM-HS test rig

Aufbau der Simulationsplattform der thermischen Struktur.  
 Architecture of the thermal structure simulation platform.



## Quantifizierung von Schäden in unbewehrten Mauerwerkswänden induziert durch Exploration von geothermischen Reservoirs

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović,

Dr. N. Mojsilović

Mitarbeiter: M. Didier, Dr. G. Abbiati,

Dr. M. Broccardo

Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

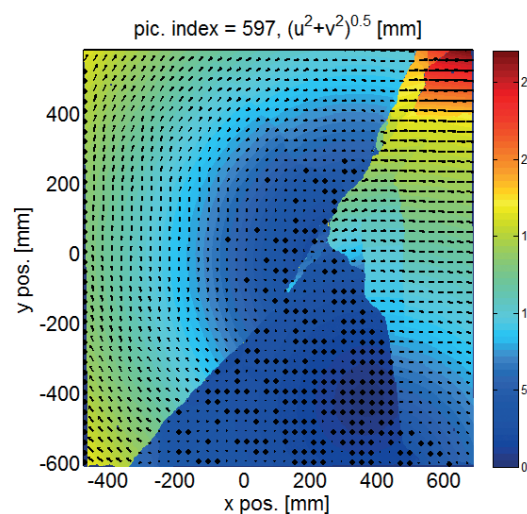
Zwei Tiefengeothermieprojekte, welche hydraulisches Fracking zum Zerkleinern von Gestein nutzen, wurden kürzlich in der Schweiz durchgeführt. Beide Projekte haben Erdbeben mit Magnituden von bis zu 3.4, bzw. 3.5 induziert. Haarrisse wurden auf den Oberflächen der Putze von angrenzenden Mauerwerksgebäuden entdeckt. Um die Rissbildung, welche durch induzierte Bodenerschütterungen ausgelöst wird, zu erforschen wurde kürzlich eine quasi-statische Testkampagne an der ETH Zürich durchgeführt. Eine Sammlung von relevanten induzierten und natürlichen Bodenerschütterungen wurde ausgewählt um die Reaktion von elastischen Ein-Freiheitsgrad-Systemen, welche ein gewöhnliches Mauerwerkgebäude darstellen sollen, zu berechnen. Die Rainflow-counting Methode wurde auf den Zeitverlauf der Verformung angewandt um zwei quasi-statische wegkontrollierte Testsequenzen zu erhalten. Fünf verputzte 1.2 m x 1.2 m x 0.15 m unbewehrte Mauerwerkswände wurden getestet und Verschiebungskarten des Putzes wurden mit Digital Image Correlation (DIC) angefertigt. Das finale Ziel des Projekts ist die Entwicklung von nicht-strukturellen Schadens-Verletzlichkeitskurven für Mauerwerksgebäude von wenigen Stockwerken [1].



Experimenteller Aufbau.  
Experimental setup.

## Quantification of Non-Structural Damage in Unreinforced Masonry Walls induced by Geothermal Reservoir Exploration

Two deep geothermal energy projects have been recently conducted in Switzerland using hydraulic fracturing and hydro-shearing. Both operations induced earthquakes of magnitude up to 3.4 and 3.5, respectively. Hairline cracks were observed on plaster of nearby masonry buildings. In order to investigate plaster cracking caused by induced ground motions, a comprehensive quasi-static cyclic test campaign was recently conducted at ETH Zurich. A pool of relevant induced and natural ground motions was selected to calculate the response of an elastic single-degree-of-freedom system, which represents the prototype masonry building. Rainflow-counting was applied to each displacement response history and bin amplitudes were averaged to produce two quasi-static displacement-controlled test sequences. Five plastered 1.2 m x 1.2 m x 0.15 m unreinforced masonry wall specimens were tested and plaster displacement maps were measured via Digital Image Correlation (DIC). The final goal of this project is to compute nonstructural damage fragility curves for few-story masonry buildings.



Absolutes Verschiebungsfeld angefertigt via DIC.  
Absolute displacement field computed via DIC.

### Experimentelle Untersuchung der seismischen Antwort eines kippschwingenden und abrollenden Blocks auf einer konkaven Aufstandsfläche

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: J. Bachmann, Dr. M. Vassiliou  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Wenn eine Struktur durch das Zulassen von Kippschwingung modifiziert wird, können die Kräfte, die an den Überbau weiter gegeben werden, kontrolliert und limitiert werden. Jedoch ist die Gesellschaft, insbesondere sind es die anwendenden Bauingenieure zurückhaltend, wenn es darum geht, eine Struktur in Kippschwingung zu versetzen, da dieses System im Falle einer Überbelastung keinerlei Redundanz bietet. Wird deshalb die Foundation verbreitert, so wird zwar die Sicherheit gegen das Umkippen erhöht, jedoch werden gleichzeitig auch die seismischen Kräfte erhöht, die an den Überbau weiter gegeben werden. Im schlimmsten Fall wird die Kippschwingung gar nicht initiiert.

Um die Stabilität von kippschwingenden System zu erhöhen, gleichzeitig aber auch die weitergegebenen Kräfte tief zu halten, schlagen wir vor, den flachen Teil des klassischen kippschwingenden Blocks mit gekrümmten Keilen zu erweitern (Fig. 1).

Diese Arbeit präsentiert die Resultate von dynamischen Tests von kleinen kippschwingenden Körpern mit gekrümmten Aufstandsflächen. Die Bewegungsgleichungen werden hergeleitet und mit einem Test für reine Schwingung validiert. Es wird gezeigt, dass der numerisch berechnete Energieverlust beim Aufprall nahe dem experimentellen liegt. Die exakte deterministische Berechnung einer numerischen Zeitschrittanalyse erweist sich jedoch trotz Bestimmung der massgebenden Parameter als äusserst schwierig (Fig. 2).

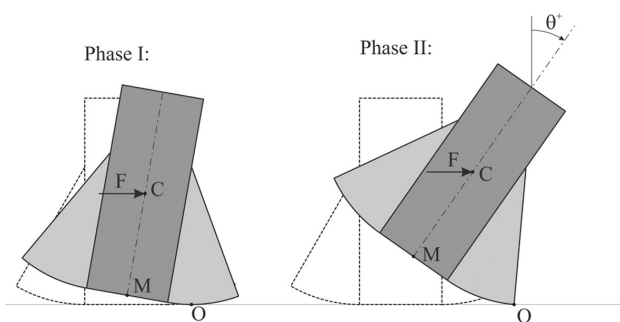


Fig. 1:  
 Dynamisches Modell.  
 Dynamic model.

### Experimental Investigation of the Seismic Response of a Column Rocking and Rolling on a Concave Base

Rocking modifies the seismic response of structures, because uplifting works as a mechanical fuse and limits the forces transmitted to the structure. However, the engineering community is in general reluctant to let a structure uplift because it can overturn, and, more important, an unanchored structure has no redundancy against this failure mode. Using a safety factor for the design of a flat rocking foundation (i.e. designing it larger than minimum required to prevent overturning) goes against the essence of the rocking seismic isolation method, as the structure would end up behaving as fixed to the ground.

To protect against overturning but preserve the ability to uplift, we propose to extend the flat rocking foundation using curved wedges at its ends (Fig. 1).

This work presents the results of dynamic tests of small bodies rocking on curved foundations. The equations of motion are derived and validated against free-vibration tests. It is shown that the theoretical values for the coefficient of restitution are numerically close to the experimentally obtained values. However, the response of the block is so sensitive to the exact coefficient of restitution value that a deterministic calculation of the response to a ground motion becomes practically impossible (Fig. 2).

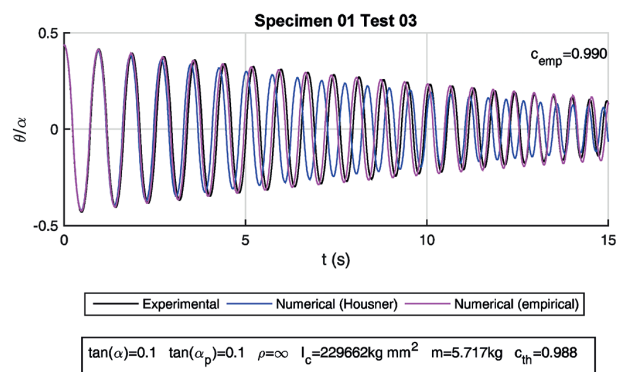


Fig. 2:  
 Zeitschrittantwort eines freien Kippschwingungsversuchs.  
 Time history response of a free vibration test.

## Dynamische Antwort eines Einmassenschwingers befestigt auf einem kippschwingenden Rahmen

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
Mitarbeiter: J. Bachmann, Dr. M. Vassiliou  
Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die Antwort von frei kippschwingenden Systemen mit einem Freiheitsgrad wurde intensiv untersucht. Es wurde gezeigt, dass grosse kippschwingende Körper oder einstöckige Rahmen, die grosse Gewichte tragen, markant stabiler sind als deren leichteres Ebenbild unter analytischen Pulsen sowie aufgezeichneten Bodenbewegungs-Verläufen. Unter diesen Anregungen ist die Schlankheit der kippschwingenden Stützen massgebend für die Kräfte, die an den Überbau weitergegeben werden. Zudem wird bei jedem Zyklus der Kippschwingung Energie dissipiert, und schlussendlich kommt die Schwingung ohne verbleibende Verformung zum Stehen.

Die Eigenschaften solcher dynamischer Systeme sind äusserst wünschenswert, jedoch extrem schwierig zu dimensionieren, wenn es um das Verhalten bei seismischer Anregung geht. In dieser Publikation [1] wurde ein analytisches Modell (Fig. 1) entwickelt, um die Bemessung von durch einen Rahmen isolierten Strukturen zu vereinfachen. Es besteht aus einem starren kippschwingenden Rahmen-Stützen-System und einem darauf befestigten Einmassenschwinger. Als solches ist das Modell eine Weiterentwicklung eines Modells für den kippschwingenden Rahmen.

Das Modell wurde verwendet um Kippschwingungs-Spektren unter analytischen Pulsen zu erzeugen (Fig. 2).

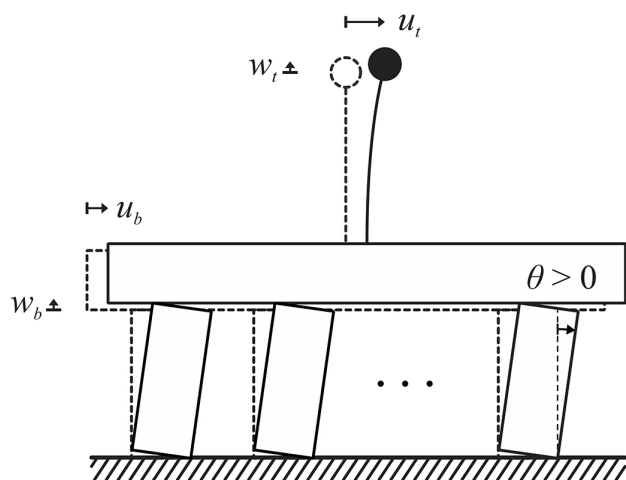


Fig. 1:  
Dynamisches Modell.  
Dynamic model.

## Dynamic response of an elastic SDOF system fixed on top of a rocking frame structure: Modeling

The response of rigid freely rocking SDOF systems has been extensively studied. It has been shown that single large rocking bodies, or single-story frames made of rocking columns capped with a beam of significant weight, are more stable than their smaller or lighter counterparts under analytical pulse and recorded ground motion excitations. Under such excitations, the lateral forces carried by the rocking body or the single-story rocking frame are controlled at the uplift force level and depend on the slenderness of the rocking elements. Furthermore, the excitation energy transmitted to the rocking system is dissipated at every impact, with the frame having no residual displacement at the end of its rocking motion.

Such dynamic response characteristics make freely rocking systems very desirable for their superior seismic performance, but very challenging to design. An analytical model developed to facilitate seismic design of structures supported by a single story rocking podium frame is presented in this paper [1]. This model comprises an elastic single-degree-of-freedom system fixed to a rigid beam that is rocking on rigid columns (Fig. 1). As such, the model is an extension of a previously developed model for a rocking podium frame.

This model was used to develop rocking uplift and overturning response spectra (Fig. 2) for the podium frame structural system under analytical pulse support excitations.

[1] Bachmann, JA, Vassiliou, MF, Stojadinović, B. *Dynamic response of an elastic SDOF system fixed on top of a rocking podium frame structure: modelling*. World Conference on Earthquake Engineering, January 2017.

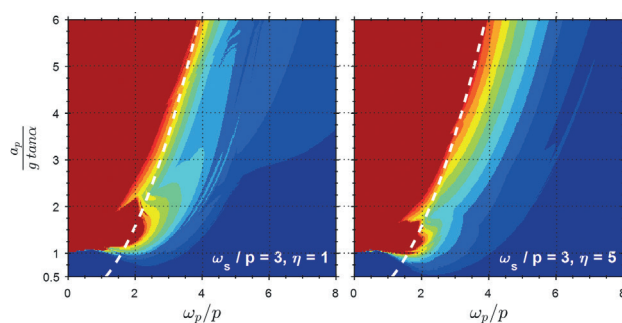
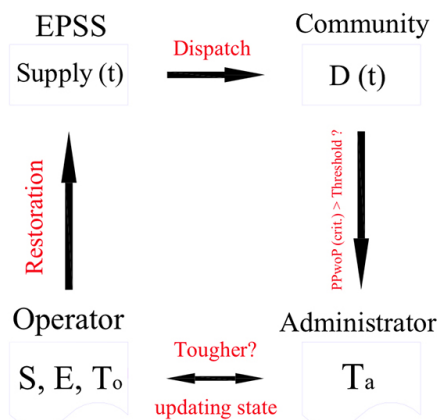


Fig. 2:  
Kippschwingungs-Spektren.  
Rocking Spectra.

### Evaluierung der seismischen Resilienz von integrierten kritischen zivilen Infrastruktur-Netzwerksystemen mit Agenten-basierten Modellen

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: L. Sun

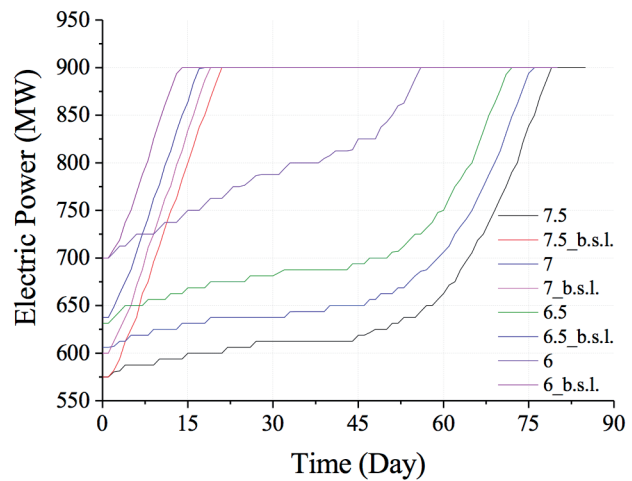
Ein Agenten-basiertes Modellierungs-Rahmenwerk (ABM) wird entwickelt um die seismische Resilienz von integrierten Stromnetzwerken, Transport- und Gesellschaftssystemen zu untersuchen. Drei Agenten, der Administrator der Gesellschaft, der Betreiber des Stromnetzwerkes und der Betreiber des Transportsystems werden definiert und betrachtet. Ihr individuelles Verhalten als auch ihre Interaktionsmuster werden durch ein Set von Agentenattributen definiert. Die Erholungskurven der Stromnachfrage der Gesellschaft, der Stromlieferungskapazität des Stromnetzwerkes und die Funktionalität des Transportsystems können mit Hilfe eines mehrteiligen Angebot/Nachfrage-Ansatzes modelliert werden. Die seismische Resilienz am Beispiel eines Stromnetzwerk-Transportsystem-Gesellschafts-Systems wird mit dem vorgeschlagenen ABM-Rahmenwerk untersucht. Parametrische Studien werden durchgeführt um den Einfluss von verschiedenen Erdbebenszenarien und verschiedenen Agenten-Verhaltensmustern auf die seismische Resilienz zu untersuchen. Es wird aufgezeigt, dass die Wechselwirkung zwischen den zwei Infrastruktursystemen die Erholungskurve des integrierten Stromnetzwerk-Transportsystem-Gesellschafts-Systems signifikant beeinflusst.



Agenten-basiertes Modell des Stromnetzwerk-Gesellschaftssystems.  
 Agent-based model of the EPSS-Community system.

### Seismic Resilience Evaluation of Integrated Critical Infrastructure Network System using Agent-Based Models

An Agent-Based Modeling (ABM) framework is developed to examine the seismic resilience of an integrated electric power supply, transportation and community system. Three agents, the community Administrator, the operator of Electric Power Supply System (EPSS) and the operator of Transportation System (TS), are defined and considered. Their individual behavior as well as the interaction patterns are defined using a set of agent attributes. The recovery trajectories of the power demand from the community, the power supply capacity of EPSS, and the functionality of TS can, therefore, be modeled using a compositional supply/demand approach. The seismic resilience of an example EPSS-TS-Community system is examined using the proposed ABM framework. Parametric studies are conducted to investigate the impact of different earthquake scenarios and different agents' behavioral attributes on the system resilience. The interdependency between the two infrastructure systems is found to significantly affect the recovery path for the integrated EPSS-TS-Community system.



Mediane Erzeugungskapazitätsskurven und die zusammenwirkenden Agentenszenarien.  
 Median generation capacity curves in the baseline and the interacting agent scenarios.



## Das drei-dimensionale Verhalten eines auf dem Kopf stehenden zylindrischen Pendels während Erdbeben

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeitende: Dr. M. Vassiliou, Dr. M. Broccardo,  
 J. Bachmann, S. Burger, M. Egger  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die planare (2D) Antwort von starren kippschwingenden Körper wurde intensiv studiert. Um die vorteilhafte Kippschwingung für grosse Strukturen wie z.B. Brücken oder Schornsteine als seismische Modifikation verwenden zu können, muss die dreidimensionale dynamische Antwort von schaukelnden Strukturen untersucht werden.

Diese 3D-Antwort beinhaltet unter anderem auch das Verlassen der Ausgangsposition in Form von Rollen und Hin- und Herkippen. Diese Publikation untersucht die 3D-Antwort am Beispiel eines schaukelnden Zylinders, mit der Einschränkung, dass kein Gleiten auftreten kann und dass der Kontaktpunkt mit dem Boden immer auf der Kreislinie liegt, auf der der Zylinder zu Beginn der Anregung steht (Fig. 1). Damit wird erwirkt, dass keine residualen Verschiebungen auftreten. Insgesamt sind somit nur 2 Freiheitsgrade nötig, um die Bewegung des Zylinders zu beschreiben, und es ist damit die einfachste Erweiterung des von Housner entwickelten 2D-Systems.

Die Bewegungsgleichungen mit und ohne Dämpfung werden hergeleitet und damit intensive Parameterstudien durchgeführt. Danach werden 3D-Kippschwingungs-Spektren erzeugt und mit den Spektren der 2D-Berechnung verglichen. Die 3D-Analyse zeigt, dass die Gesamtstabilität bei der Betrachtung nur in 2D überschätzt wird und zu einem nicht-konservativen Entwurf führt [1,2].

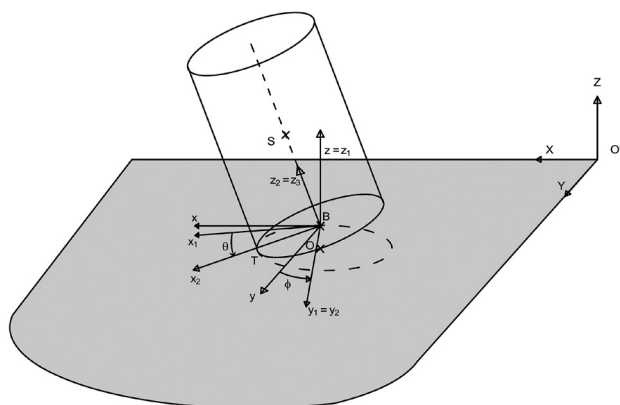


Fig 1:  
 Starrer Zylinder.  
 Rigid cylinder.

## The three-dimensional behavior of inverted pendulum cylindrical structures during earthquakes

The in-plane (2d) response of rigid rocking blocks has been extensively studied. In order to use rocking as a seismic response modification strategy for large structures (such as bridges and chimneys), the three-dimensional rocking motion of rigid bodies needs to be explored first.

Such 3d rocking motion involves stepping or rolling of rigid rocking bodies out of their initial position and/or rocking plane. This paper examines the 3d motion of a bounded rigid cylinder that is allowed to uplift and sustain rocking and wobbling (unsteady rolling) motion without sliding or rolling out of its initial position (i.e. an inverted pendulum). Thus, the cylinder is constrained to zero residual displacement at the end of its 3d motion (Fig. 1). This 3d dynamic model of the rocking rigid cylinder has two DOFs, making it the simplest 3d extension of Housner's classical 2d rocking model.

The development of the 3d bounded rocking and wobbling motion models with and without damping are presented first. These models are simple enough to perform extensive parametric analyses to understand the role of the model parameters. Modes of motion of the cylinder are identified and presented. Then, 3d rocking and wobbling earthquake response spectra are constructed and compared with the classical 2d rocking earthquake response spectra. The 3d bounded rocking earthquake response spectra are shown to have a very simple linear form. Finally, it is shown that the use of a 2d rocking model may lead to unacceptably non-conservative estimates of the 3d rocking and wobbling seismic response [1,2].

[1] Vassiliou M.F., Burger S., Egger M., Bachmann J.A., Broccardo M., Stojadinović B., *The three dimensional behavior of inverted pendulum cylindrical structures during earthquakes*, *Earthq. Eng. Struct. D.*, (under review).

[2] Burger S., Egger M., Bachmann J.A., Vassiliou M.F., Stojadinović B., (2017 – accepted) *Behavior of inverted pendulum cylindrical structures that rock and roll during earthquakes*, 16th World Conference of Earthquake Engineering, Santiago, Chile, 9-17 January 2017.

## Ein Finite-Element-Modell zur Berechnung der seismischen Antwort von elastischen kippschwingenden Rahmenstrukturen

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Prof. Dr. K. Mackie  
 University of Central Florida,  
 Orlando, USA

Mitarbeiter: Dr. M. Vassiliou  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Ein neues Finite-Elemente-Modell zur Analyse der seismischen Reaktion von verformbaren Schwingkörpern und Schwingstrukturen wird vorgestellt. Das Modell umfasst einen Satz von Balkenelementen, die den kippschwingenden Körper darstellen, sowie ein Faserquerschnittelement, welches die Oberfläche darstellt, auf der die Kippschwingung stattfindet. Die Energie wird mittels der Methode nach Hilber-Hughes-Taylor modelliert. Sie wird durch die korrekte Voraussage der horizontalen und vertikalen Verschiebung verifiziert und mit den dynamischen Antworten des Modells nach Housner für eine gegebene Boden-anregung validiert [1].

Das vorgeschlagene Modell wird durch ein dissipatives Modell des Bodens unter der Schaukeloberfläche ergänzt, um die Modellierung der Kippschwingung von elastischen Körpern und Strukturen zu erleichtern. Das erweiterte Modell wird verwendet, um Kippschwingungs-Spektren für elastische kippschwingende Körper für die symmetrischen und anti-symmetrischen Ricker-Impuls-Anregungen zu erzeugen. Es stellte sich heraus, dass die Elastizität der elastischen Stützen einer Rahmenstruktur (Fig. 1) die Stabilität nicht beeinträchtigt. Im Gegenteil, es gibt Fälle, in denen eine elastische Rahmenstruktur stabiler ist als ihr starres Gegenstück [2].

[1] Vassiliou M.F., Mackie K.R. and Stojadinović B., *A finite element model for seismic response analysis of deformable rocking frames* (2016). *Earthq. Eng. Struct. D.*, doi: 10.1002/eqe.2799.

[2] Vassiliou M.F., Mackie K.R. and Stojadinović B. (2015), *Earthquake response of deformable rocking frames*, *Engineering Mechanics Institute Conference*, June 16-19, Stanford

## A Finite Element Model for Seismic Response Analysis of Deformable Rocking Frames

A new finite element model to analyze the seismic response of deformable rocking bodies and rocking structures is presented. The model comprises a set of beam elements to represent the rocking body and zero-length fiber cross section elements at the ends of the rocking body to represent the rocking surfaces. The energy dissipation during rocking motion is modeled using a Hilber-Hughes-Taylor numerically dissipative time-step integration scheme. The model is verified through correct prediction of the horizontal and vertical displacements of a rigid rocking block and validated against the analytical Housner model solution for the rocking response of rigid bodies subjected to ground motion excitation [1].

The proposed model is augmented by a dissipative model of the ground under the rocking surface to facilitate modeling of the rocking response of deformable bodies and structures. The augmented model is used to compute the overturning and uplift rocking response spectra for a deformable rocking frame structure to symmetric and anti-symmetric Ricker pulse ground motion excitation. It is found that the deformability of the columns of a rocking frame (Fig. 1) does not jeopardize its stability under Ricker pulse ground motion excitation. In fact, there are cases where a deformable rocking frame is more stable than its rigid counterpart [2].

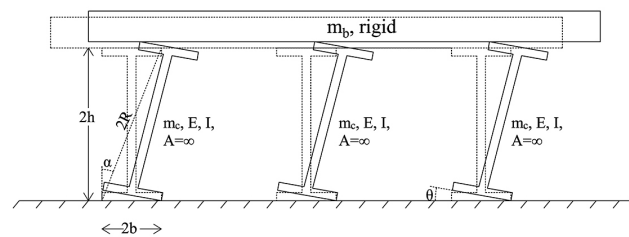
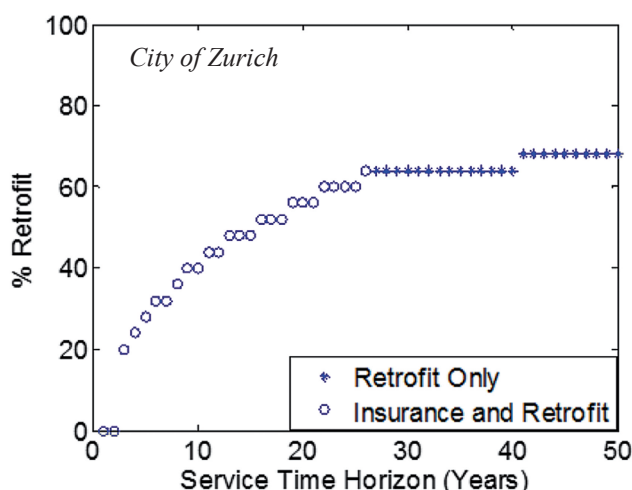


Fig. 1:  
 Elastische kippschwingende Rahmenstruktur.  
 Deformable rocking frame.

### Ein finanzielles Entscheidungsfindungssystem für das Management von Erdbebenrisiken bestehender Gebäude

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeitende: Dr. P. Galanis, Dr. M. Broccardo  
 Projektpartner: ETH-Risk-Center

Von allen Naturgefahren sind Erdbeben potentiell die mit dem grössten Zerstörungspotential, bezüglich Verlust an Leben und Eigentum. Effiziente Risikovorbereitung und Minderung des seismischen Risikos kann die Erdbebenresilienz signifikant verbessern. Die kleine Häufigkeit von grösseren Erdbeben kann zu einer Unterschätzung des Erdbebenrisikos führen und führt konsequenterweise dazu, dass eine Mehrheit von Entscheidungsträgern keine Massnahmen trifft um ihre finanzielle Gefährdung gegenüber Erdbeben zu regeln oder zu reduzieren. Die aktuelle Studie versucht die Effekte von einigen Parametern, welche möglicherweise Entscheidungen betreffend Erdbebenrisikomanagement beeinflussen, zu erklären und empfiehlt ein Entscheidungsfindungssystem welches den finanziellen Nutzen eines Entscheidungsträgers maximiert. Das System verbindet finanzielle und kognitive Überlegungen betreffend einer Gewinnmaximierung, Risikoaversion und einer Verzerrung von Wahrscheinlichkeiten. Das vorgeschlagene Framework berücksichtigt die Kombination von zwei Hauptstrategien für das Management von Erdbebenrisiken: a) Erdbebenversicherungen, und b) erdbebensicheres Nachrüsten. Die Studie beabsichtigt Entscheidungsträger beim Verstehen von Parametern zu unterstützen, wie z.B. a) des horizontalen Tragwiderstandes eines bestehenden Gebäudes, b) der Perzeption von Erdbebenrisiken, und c) dass der Gebäudenutzungshorizont einbezogen werden kann um bevorzugte Risikomanagementstrategien zu identifizieren und die finanzielle Gefährdung durch grosse Erdbeben zu reduzieren.

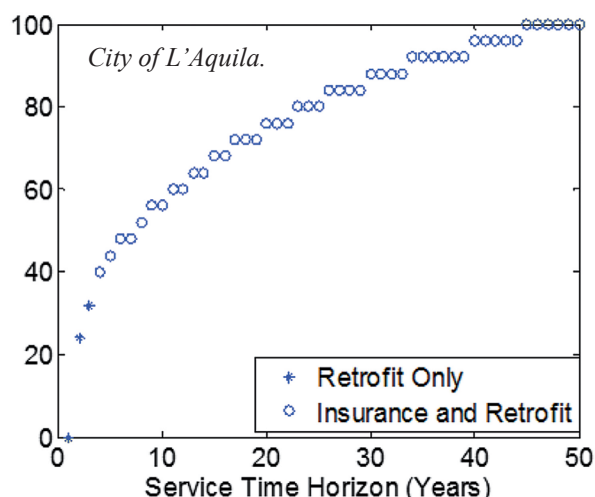


### A Financial Decision Making Framework for Managing Earthquake Risk of Existing Buildings

Of all the natural disasters, earthquakes are potentially the most destructive in terms of both, life losses and property damage. Efficient risk preparedness and seismic risk mitigation can significantly improve earthquake resilience. The low frequency of major earthquakes could lead to underestimation of earthquake risk, consequently inducing the majority of decision makers to take no action to manage and reduce their financial exposure against earthquakes. The current study attempts to explain the effect of some parameters that potentially influence decisions concerning earthquake risk management and suggest a decision making framework that maximizes the financial benefit of a decision maker. The framework incorporates both, financial and cognitive considerations related to gain maximization, risk aversion and probability distortion. The proposed framework considers combinations of two main earthquake risk management strategies: a) earthquake insurance, and b) seismic retrofit. The study aims to assist policy makers in understanding how parameters like: a) the lateral strength of the existing building b) the earthquake risk perception, and c) the building service time horizon can be taken into account to identify preferred risk management strategies and reduce the financial exposure from major earthquake events.

*Bevorzugte Erdbebenrisikomanagementstrategien für Stadt Zürich und L'Aquila.*

*Preferred earthquake risk management strategies for City of Zurich and City of L'Aquila.*



**Ein Rahmen für die Quantifizierung der Gefahr von durch anthropogene Aktivitäten induzierte Seismizität**

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Prof. Dr. S. Wiemer  
 Mitarbeitende: Dr. M. Broccardo, Dr. L. Danciu  
 Projektpartner: SCCR-SoE

Diese Studie dient drei Zwecken: (i) der Bewertung von geeigneten Metriken zum Schutz des menschlichen Lebens; (ii) dem Entwurf eines robusten mathematischen Vorgehens zu Quantifizierung und Vergleich von Risiko- und Sicherheitsmetriken; und (iii) um obere Grenzwerte für aggregierte Risikomasse bereit zu stellen. Der signifikante Anstieg der Seismizität in den letzten Jahrzehnten, verursacht durch anthropogene Aktivitäten wie hydraulisches Fracking, Flüssigkeitsinjektionen und Bergbau, führte zur Herausforderung, einen Rahmen zur Beherrschung von solchen Risiken zu schaffen. Risikometriken, welche die Grundlage für Risikomanagement und Entscheidungsfindung darstellen, sind eine entscheidende Komponenten eines Risikosteuerungs-Rahmenwerks. Es gibt ein breites Spektrum an Metriken welche eingeführt werden können; allerdings wurden alle für ganz andere Bereiche entwickelt. In dieser Studie werde diejenigen gewählt, welche mit der induzierten Seismizität am engsten verknüpft sind. Als nächstes wird ein generelles mathematisches Rahmenwerk, basierend auf dem Konzept der Normen in der Funktionsanalyse eingeführt, um generelle Risiko-Metriken zu definieren. Dieses Vorgehen erlaubt einen Vergleich von verschiedenen Metriken, Aktivitäten und Technologien. Der zweite Teil der Studie befasst sich mit der Herausforderung verschiedene Metriken für aggregierte Risiken zu verwenden, indem sie obere Grenzwerte liefert, die mit vorgegebenen Lebenssicherheitskriterien verglichen werden können.

**A framework for quantifying the risk of seismicity induced by anthropogenic activities**

This study serves three purposes: (i) to review appropriate metrics for life safety; (ii) to provide the outline of a robust mathematical framework quantifying and comparing risk safety metrics, and (iii) to provide upper bounds for aggregate measures of risk. In recent decades, the significant increase in seismicity caused by anthropogenic activities such as hydraulic fracturing, fluid injections, and mining, has posed the challenge of establishing a framework governing the risks. Risk metrics, which provide the baseline for risk management and decision-making, are a pivotal component of the risk governance framework. There is a broad spectrum of metrics that can be implemented; however, all were developed for rather different disciplines. In this study, we select the ones that are more closely related to the context of induced seismicity. Next, we introduce a general mathematical framework to define generalized risk metrics, which is based on the concept of norms in functional analysis. This framework allows comparison of different risk metrics, and different activities and technologies. The second part of this study deals with the challenge of aggregate risk measures by providing upper bounds that can be compared with prescribed life safety criteria.

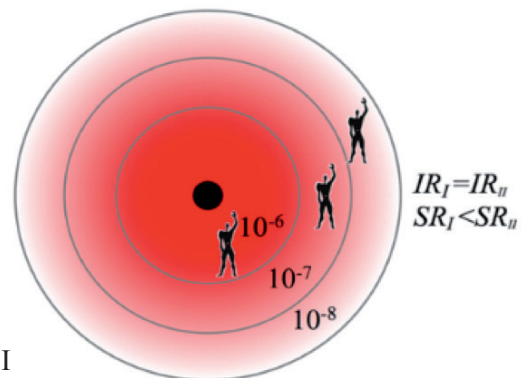


Fig. I

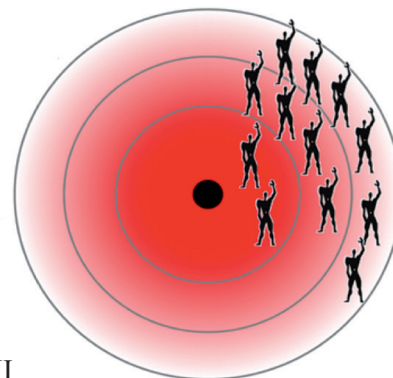


Fig. II

Fig. I: Individuelles Risiko, iso-Risiko Konturplots.  
 Individual risk, iso-risk contour plots.

Fig. II: Gesellschaftsrisiko.  
 Societal risk.



## Probabilistische Resilienzbeurteilung von Bauwerken: Analyse und Gültigkeit des PEER Rahmenwerks

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeitende: Dr. M. Broccardo  
 Dr. S. Esposito  
 Dr. P. Galanis  
 Projektpartner: ETH-Risk-Center

Das PEER-PBEE Rahmenwerk, eingeführt von Forschern des Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Centers, ist ein einfaches, aber doch wertvolles Werkzeug zur Anwendung eines verhaltensbasierten Erdbebeningenieur (PBEE) Ansatzes. Das Hauptziel dieser Arbeit ist die Erweiterung der Nutzung des ursprünglichen Rahmenwerks zur Etablierung eines zuverlässigen und einfachen Werkzeugs für einen resilienzbasierten Erdbebeningenieur-Ansatz (RBEE). Der probabilistische RBEE beabsichtigt die Basis für eine Einführung von Resilienz-Management Strategien zur Verfügung zu stellen, welche vordefinierte Ziele für eine gewisse Gefahr ansprechen. Das Resultat der Analyse ist die Berechnung von Resilienzstatistiken, wie z.B. die durchschnittliche jährliche Überschreitung eines Verlustes an Resilienz. Schliesslich führen wir das Konzept eines «resilience breaking point» ein, welcher die Szenarien bezeichnet, die zu einem Punkt führen, an dem das System aufhört resilient zu sein. Die «resilience breaking points», sowie auch die potentiellen Ereignisse, die zu solchen Punkten führen könnten, sind von speziellem Interesse, da sie die kritischen Szenarien definieren, welche von Politikern akribisch berücksichtigt werden sollten. Es wird gezeigt, dass die Anwendungsgrenzen des Rahmenwerks benutzt werden können um den Bereich, in welchem solche Punkte auftreten könnten, zu definieren.

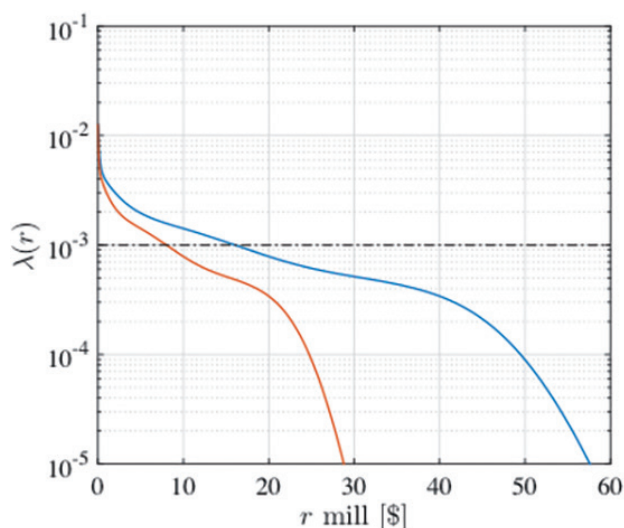


Fig. I

## Probabilistic resilience assessment of civil systems: analysis and validity of the PEER framework

The PEER-PBEE framework, introduced by researchers from the Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center, is a simple yet valuable tool for the application of a performance-based earthquake engineering (PBEE) approach. The key objective of this work is to extend the use of the original framework in order to establish a viable and simple tool for a probabilistic resilience-based earthquake engineering approach (RBEE). The probabilistic RBEE aims to set the basis for the implementation of resilient management strategies that can address predefined targets for a given hazard. The output of the analysis is the computation of resilience statistics, such as the mean annual rate of exceedance of resilience loss. Finally, we introduce the concept of a «resilience breaking point», which represents scenarios that lead to the point where the system stops being resilient. The resilience breaking points, as well as the potential events that could lead to such points, are of particular importance, as they define the critical scenarios that should be taken into meticulous account by policy makers. It is shown that the framework validity bounds can be used to define the range in which some of these critical points may occur.

*Fig. I:*  
 Verlustrate für Betriebsunterbrechungsverluste (Substitution für Resilienz) für zwei Tragwerke.  
 Rate of loss of business interruption losses (proxy for resilience) for two structural systems.

*Fig. II:*  
 Erholungs- oder Rückgewinnungsstrategien.  
 Recovery strategies.

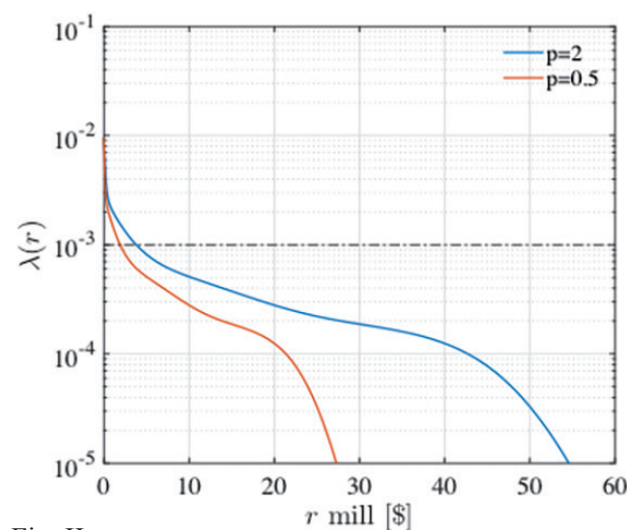


Fig. II

### Ein mehrteiliges Nachfrage/Angebot Framework zur Quantifizierung der Resilienz von baulichen Infrastruktursystemen (Re-CoDeS)

Leitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: M. Didier, Dr. M. Broccardo, Dr. S. Esposito  
 Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

Die vorliegende Studie führt ein neuartiges mehrteiliges Angebot/Nachfrage Rahmenwerk, Re-CoDeS (Resilience-Compositional Demand/Supply), ein. Das Rahmenwerk generalisiert das Konzept von Resilienz um nicht nur die Fähigkeit von baulichen Infrastruktursystemen ihre Dienstleistung anzubieten, sondern auch die Nachfrage der Gesellschaft in der Zeit nach einem Gefährdungsereignis zu berücksichtigen. Re-CoDeS basiert auf Nachfrage- und Angebotsebenen, die durch ein System-Service-Modell verbunden sind. Die Nachfrageebene ist mit der Entwicklung der Nachfrage der Gesellschaft assoziiert, die Angebotsebene mit der Leistung der baulichen Infrastruktursysteme und das System-Service-Modell regelt die Allokation der Leistung an die Verbraucher. Ein Mangel an Resilienz (Lack of Resilience) kann beobachtet werden, wenn die Nachfrage nicht gänzlich erfüllt werden kann. Normalisierte Metriken werden vorgeschlagen, die einen direkten Vergleich zwischen den baulichen Infrastruktursystemen auf Komponenten- und Systemebenen erlauben. Zusätzlich zur Quantifizierung der Resilienz gegenüber Katastrophen, kann das Rahmenwerk benutzt werden um Resilienz-Strategien für die Gesellschaft zu entwerfen und zu analysieren.

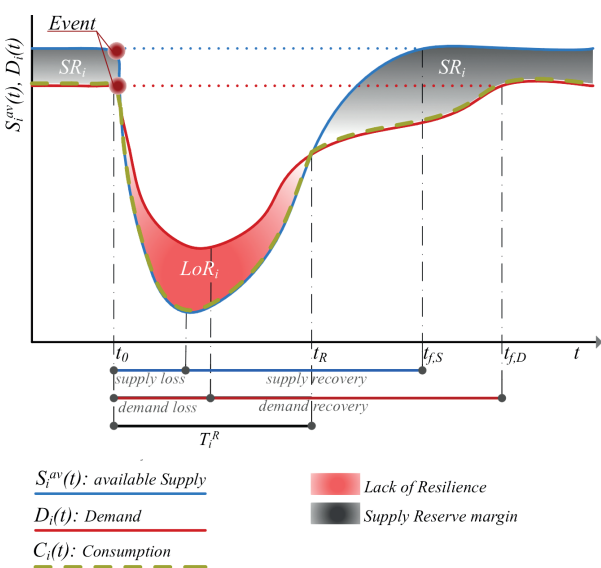


Fig. I: «Lack of Resilience» auf Komponentenebene (rote Fläche). Lack of Resilience at the component level (red area).

### A compositional demand/supply framework to quantify the resilience of civil infrastructure systems (Re-CoDeS)

This study introduces a novel compositional demand/supply resilience framework, Re-CoDeS (Resilience-Compositional Demand/Supply). The framework generalizes the concept of resilience to account not only for the ability of the civil infrastructure system to supply its service to the community, but also for the community demand in the aftermath of a hazardous event. Re-CoDeS is based on demand and supply layers, linked by a system service model. The demand layer is associated with the evolution of the community demand, the supply layer is associated with the civil infrastructure system performance, and the system service model regulates the allocation of service to the consumers. A Lack of Resilience is consequently observed when the demand for service cannot be fully supplied. Normalized Lack of Resilience measures are proposed to allow a direct comparison between different civil infrastructure systems at the component and the system levels. In addition to quantify the disaster resilience of civil infrastructure systems, the framework can be used to design and analyze community resilience strategies.

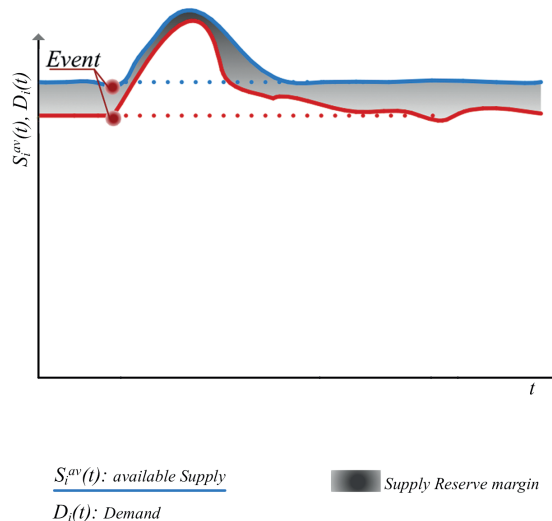


Fig. II: Nichtfragiles Komponentenverhalten. Anti-fragile behavior of components.

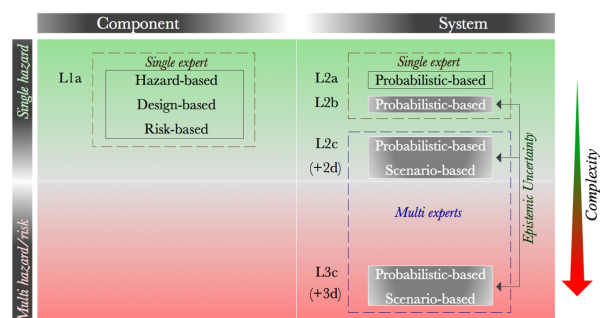
### Risikobasierte Ingenieurmethodik für Stresstests von kritischen nichtnuklearen Infrastrukturen

Projektleitung: Prof. Dr. B Stojadinović  
 Mitarbeiter: Dr. S. Esposito  
 Projektpartner: STEST

Ein ingenieurmässiger, risikobasierter, mehrstufiger Stresstest, ST@STREST, wird vorgeschlagen um die Verfahren zur Evaluierung des Gefährdungspotentials von kritischen nichtnuklearen Infrastrukturen gegenüber Naturgefahren zu verbessern. Diese Arbeit ist Teil des EU FP7 STREST Projektes. Der ST@STREST Ablauf besteht aus vier Phasen: der Voreinschätzungs-, der Bewertungs-, der Entscheidungs- und der Berichtsphase. In der Voreinschätzungsphase werden alle verfügbaren Daten über das Infrastruktursystem und über die zu untersuchenden Naturgefahren (Gefahrenkontext) gesammelt. Die Zielsetzung (d.h. die Risikomassnahmen und Schutzziele), der Zeitraum, die Gesamtkosten des Stresstests und die angemessenste Ebene des Stresstest (ST) werden definiert. In der Bewertungsphase werden sowohl die Komponenten- als auch die (in der Voreinschätzungsphase gewählte) System-ST-Ebene bearbeitet. Auf Komponentenebene werden für jede Komponente des Infrastruktursystems ursprüngliche Entwurfsanforderungen mit den verfügbaren Informationen über ihr Leistungsvermögen zum Zeitpunkt des Stresstests verglichen. Dann wird eine probabilistische Risikoanalyse des gesamten Infrastruktursystems (Systemebene) durchgeführt. In der Entscheidungsphase werden die Ergebnisse der Bewertungsphase mit den definierten Zielsetzungen aus der Voreinschätzungsphase verglichen. Das Infrastruktursystem kann den Stresstest bestehen, teilweise bestehen oder nicht bestehen. Das Infrastruktursystem besteht den Stresstest teilweise, wenn das bewertete Risiko im Vergleich zu den in der Voreinschätzungsphase definierten Zielsetzungen als möglicherweise nicht rechtfertigbar eingestuft wird. In diesem Fall schreibt das vorgeschlagene Bewertungssystem vor, inwiefern die Sicherheit des Infrastruktursystems bis zur nächsten periodischen Überprüfung verbessert werden sollte. Schlussendlich werden in der Entscheidungsphase kritische Ereignisse identifiziert, die höchstwahrscheinlich ein gegebenes Verlustniveau bewirken könnten. In der Berichtphase präsentieren die Experten die Ergebnisse des Stresstests den Betreibern und Aufsichtsbehörden. Dies umfasst das Ergebnis des Stresstests in Form einer Note, die kritischen auslösenden Ereignisse, die Richtlinien zur Risikoverminderung und die Genauigkeit der für den Stresstest benutzten Methoden.

### Engineering Risk-Based Methodology for Stress Testing of Critical Non-Nuclear Infrastructures

An engineering risk-based multi-level stress test, named ST@STREST, is proposed to enhance the procedures for evaluation of the risk exposure of critical non-nuclear infrastructures (CI) to natural hazards. This work is a part of the EU FP7 STREST project. The ST@STREST workflow consists of four phases: Pre-assessment, the assessment, the decision and the report phase. In the pre-assessment phase, all the data available on the CI and on the phenomena of interest (hazard context) are collected. Then, the objective (i.e. the risk measures and objectives), the time frame, the total costs of the stress test and the most appropriate Stress Test (ST) level to apply are defined. In the assessment phase, both component and system ST levels (selected in the pre-assessment phase) are performed. At the component level, initial design demand levels for each component of the CI are compared with the best available information about their capacity at the time of the stress test. Then, the systemic probabilistic risk analysis of the entire CI (system level) is performed. In the decision phase, the results of the assessment phase are compared to the risk objectives defined in the pre-assessment phase. It is foreseen that CI can pass, partly pass, or fail the stress test. The CI partly passes the stress test when the assessed risk is considered possibly unjustifiable with respect to the risk objective defined in the pre-assessment phase. In this case, the proposed grading system prescribes by how much the safety of the CI should be improved until the next periodical verification of the CI. Finally, in the decision phase, critical events that most likely cause a given level of loss value are identified through a disaggregation analysis. In the report phase, the experts present the stress test results to CI authorities and regulators. This includes the outcome of stress test in terms of the grade, the critical trigger events, the guidelines for risk mitigation, and the accuracy of the methods adopted in the stress test.



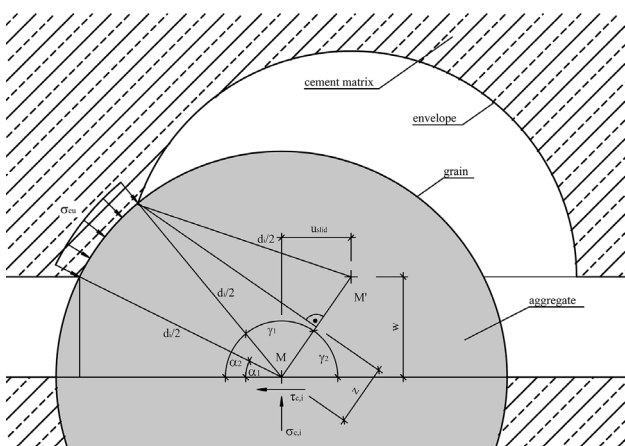
Stresstest Ebene in der ST@STREST Methodik.  
 Stress test levels in the ST@STREST methodology.

## Gleiten in der Druckzone von bewehrten Stahlbetonschubwänden

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
 Mitarbeiter: B. Trost  
 Projektpartner: Prof. Dr. H. Schuler,  
 IBau, FHNW, MuttENZ

Um einen erdbebensicheren Entwurf von Gebäuden mit aussteifenden Stahlbetonwänden zu gewährleisten, ist es wichtig, alle potentiellen Versagensformen zu berücksichtigen. Ein Gleitschubversagen kann zu einem vorzeitigen Versagen der Schubwände und damit des gesamten Gebäudes führen. Beobachtungen nach Erdbeben zeigten, dass Gleitschubverformungen an Biegerissen oder an Betonierfugen zwischen Wänden und Fundamenten auftreten können.

Das entwickelte Gleitschubmodell basiert auf den experimentellen Ergebnissen und Beobachtungen der durchgeführten Gleitschubversuche und beinhaltet ein Kornverzahnungsmodell für den Beton und ein Verformungsmodell für die Bewehrung. Das Kornverzahnungsmodell basiert auf einem plastischen Mikromodell, welches den Verzahnungsprozess am Riss beschreibt. Die Bewehrung wird über ein Verformungsmodell berücksichtigt. In diesem Verformungsprozess wird die risskreuzende Bewehrung gekrümmt. Dabei ergeben sich aus der Verlängerung und der Neigung der Bewehrung im Riss ein horizontaler und ein vertikaler Kraftanteil. Das Gleitschubmodell erfüllt das Gleichgewicht der Kräfte und die Verträglichkeit der Verformungen während des gesamten Gleitprozesses.

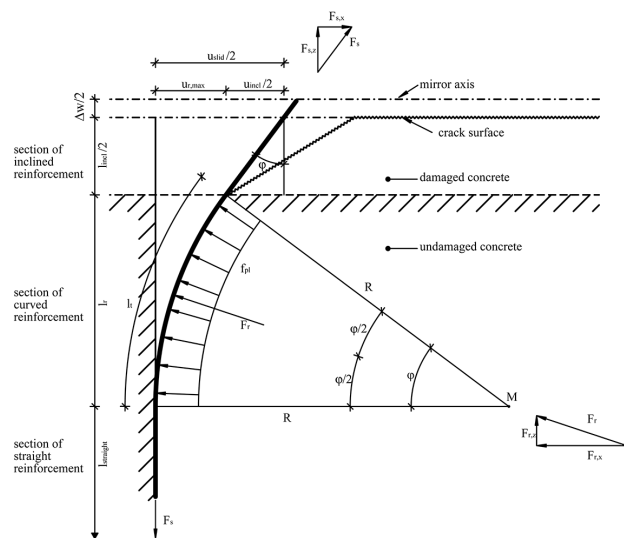


Kornverzahnungsmodell.  
 Aggregate interlock model.

## Sliding in the compression zone of reinforced concrete shear walls

In seismic design and construction, it is important to ensure that the expected seismic performance of the building is attained considering all possible failure modes of reinforced concrete shear walls. Sliding deformations can lead to a premature sliding failure of shear walls and buildings that contain them. Post-earthquake observations showed that sliding can occur at flexural cracks at walls or at cold joints between walls and foundations.

A mechanical sliding resistance-deformation model for reinforced concrete shear walls is developed. It is based on the experimental results and observations of the tested compact sliding specimens. The sliding model comprises an aggregate interlock model for the concrete and a deformation model for the reinforcement. At the core of the aggregate interlock model, a plastic micro-model characterizes the interlocking process of the aggregate grains in an existing crack. The reinforcement bars that cross the crack deform in double curvature as the sliding displacements proceed. The elongation and the inclination of the reinforcement at the crack determine the force in the reinforcement. The sliding model complies with the equilibrium of forces and the compatibility of deformations at each point in the sliding process.



Verformungsmodell der Bewehrung.  
 Deformation model of the reinforcement.

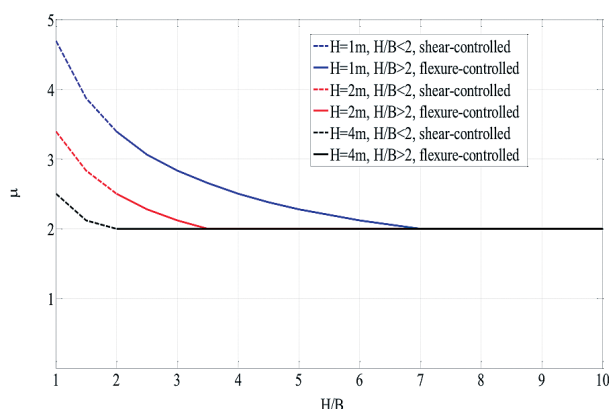


## Neue Bemessungsansätze für einen verformungs-basierte, erdbebensichere Planung von konventionellen und seismisch isolierten Tragwerken

Projektleitung: Prof. Dr. B. Stojadinović  
Mitarbeiter: A. Tsiavos

In dieser Studie wird ein neuer Bemessungsansatz für eine robuste erdbebensichere Planung von konventionellen und seismisch isolierten Tragwerken vorgeschlagen. Dieser neue Bemessungsansatz berücksichtigt den Zusammenhang zwischen Steifigkeit und Widerstand und führt zu einer realistischen Berechnung des Verschiebeduktilitätsbedarfs. Des Weiteren wird eine neue Beziehung zwischen dem Kraftreduktionsfaktor  $R^*$  und der Verschiebeduktilität  $\mu$  für unterschiedliche Schlankheit des Tragwerks  $H/B$  vorgeschlagen. Diese basiert auf dem Argument, dass die Fließverschiebung unabhängig vom Widerstand eines Tragwerks ist und nur von der Geometrie und von den mechanischen Eigenschaften fließenden Materials abhängt. Folglich wird dieser neue Bemessungsansatz als Constant Yield Displacement Design (CYDD) bezeichnet.

Abschliessend wird das seismische Verhalten eines seismisch isolierten kleinmassstäbigen Stahltragwerks auf dem Rütteltisch IBK-Tragwerkslabor der ETH Zürich durch pulsformige Anregungen und Bodenbewegungen experimentell untersucht. Das Tragwerk wird durch vier Gleitpendellager seismisch isoliert. Die Lager wurden für grosse Verschiebungen bemessen und von der Firma MAGEBA SA hergestellt.

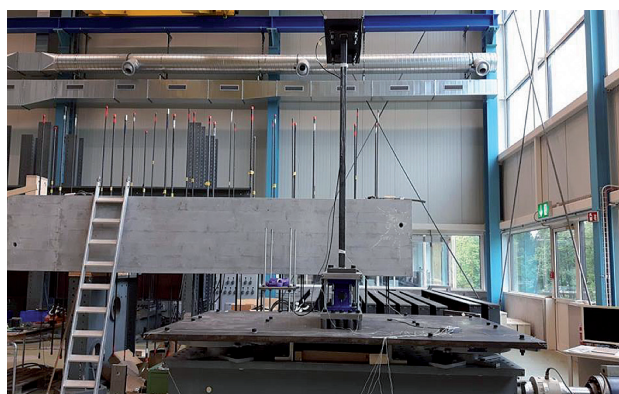


$R^*$ - $\mu$ - $H/B$  Beziehungen für Tragwerke.  
 $R^*$ - $\mu$ - $H/B$  relations for structures.

## New approaches for the performance-based seismic design of conventional and seismically isolated structures

New design recommendations are proposed in this study for the sustainable design of conventional and base-isolated structures. The new design methodology accounts for the relation between the stiffness and the strength of these structures, thus leading to realistic values of ductility demand. A new relation between the strength reduction factor  $R^*$  and the displacement ductility  $\mu$  for varying aspect ratios of structures  $H/B$  is proposed. This relation is based on the argument that the yielding displacement of these structures will depend only on their geometry and the mechanical characteristics of yielding material, and will be unaffected by the change of their strength. Henceforth, this new design approach is called Constant Yield Displacement Design Approach (CYDD).

Furthermore, the seismic behavior of a reduced-scale seismically isolated steel structure to strong analytical pulses and recorded ground motion accelerations is experimentally investigated using the shaking table of the ETH Zurich IBK Structural Testing Laboratory. The structure is seismically isolated using four friction pendulum bearings designed to accommodate the large displacements induced by strong ground motion excitations. The bearings are made by MAGEBA SA.



Experimentelle Untersuchung des unelastischen Verhaltens einer seismisch isolierten Struktur.  
Experimental investigation of the inelastic behavior of a seismically isolated structure.

## Low-Rank Approximation zur Zuverlässigkeits- und Sensitivitätsanalyse

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeiterin: Dr. K. Konakli

Der wachsende Bedarf an Unsicherheitsanalysen für komplexe Computermodelle hat zur weiten Verbreitung von Ersatzmodellen in den Ingenieurwissenschaften beigetragen. Polynomial-Chaos-Expansions (PCE) erweisen sich als wirksame Hilfsmittel für eine Vielzahl von Anwendungen. Als Problem stellt sich hierbei jedoch der «Fluch der Dimensionalität» heraus. Dies bezeichnet den starken Anstieg der Komplexität der Ersatzmodelle mit dem Umfang der Eingangsdaten. Kanonische Low-Rank-Approximationen (LRA) bieten eine vielversprechende Alternative, welche die Tensorprodukt-Form der Polynom-Basis ausnutzt, um die Anzahl an Unbekannten der Ersatzmodellform drastisch zu reduzieren.

Kanonische LRA werden in diesem Projekt verwendet, um Zuverlässigkeits- und Sensitivitätsanalysen von Finite-Elemente-Modellen durchzuführen. Wir zeigen, dass der Schwanz der Wahrscheinlichkeitsdichte (PDF) der Modellvorhersagen durch die Ersatzmodelle richtig wiedergegeben werden kann. Dies eignet sich zur Berechnung der Wahrscheinlichkeiten von seltenen Ereignissen [1]. Darüber hinaus werden analytische Ausdrücke für Varianz-basierte Sobol'-Sensitivitätsindizes hergeleitet [2]. Dies geschieht durch eine Nachbearbeitung der Ersatzmodellkoeffizienten. Kanonische LRA übertreffen sparse PCE in den betrachteten Anwendungen. Insbesondere für experimentelle Anordnungen, die im Vergleich zum Umfang der Eingangsdaten klein sind, liefern sie genaue Resultate.

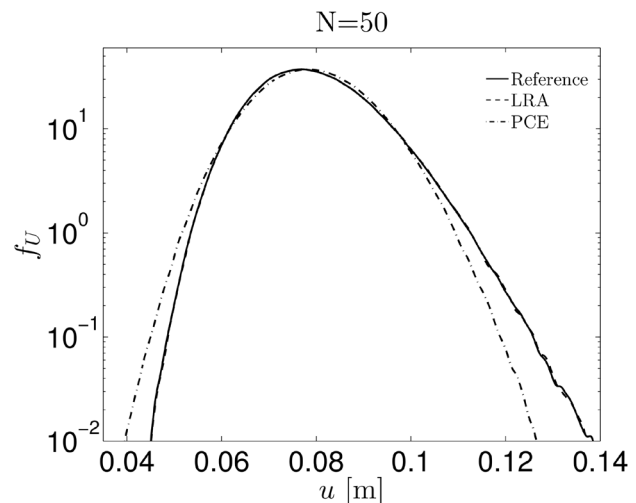
[1] Konakli, K. and Sudret, B., *Reliability analysis of high-dimensional models using low-rank tensor approximations*, Prob. Eng. Mech., 46, 18-36, 2016.

[2] Konakli, K. and Sudret, B., *Global sensitivity analysis using low-rank tensor approximations*, Reliab. Eng. Sys. Safety, 156, 64-83, 2016.

## Low-rank approximations for reliability and sensitivity analysis

The growing need for uncertainty analysis of complex computational models has led to an expanding use of meta-models across engineering and sciences. Polynomial chaos expansions (PCE) have proven to be a powerful meta-modeling tool in a wide range of applications, but suffer from the «curse of dimensionality», namely the exploding growth of the meta-model complexity with the input dimension. A promising alternative is offered by canonical low-rank approximations (LRA), which exploit the tensor-product form of the polynomial basis to drastically limit the number of unknowns in the meta-model functional form.

In this project, we use canonical LRA to conduct reliability and sensitivity analyses of finite-element models. We demonstrate that the resulting meta-models provide accurate approximations of the probability density function (PDF) of the response at the tails and are thus suitable for estimating rare-event probabilities in reliability analysis [1]. Furthermore, we derive analytical expressions for the variance-based Sobol' sensitivity indices by post-processing the meta-model coefficients [2]. In the examined applications, canonical LRA outperform sparse PCE, yielding highly accurate results even for experimental designs that are particularly small with respect to the input dimension.



Vergleich der LRA und PCE-basierten log-PDFs mit der Referenz-PDF (Grösse des experimentellen Designs:  $N=50$ , Dimensionalität des zufälligen Inputs:  $M=10$ ). Comparison of the LRA- and PCE-based log-PDFs to the reference PDF (size of experimental design:  $N=50$ , dimension of random input:  $M=10$ ).

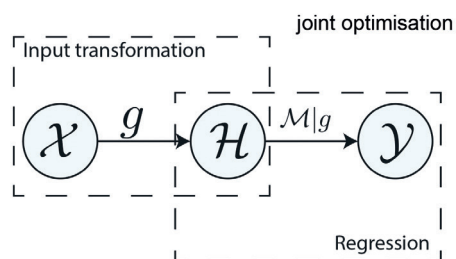
## Big-Data-Kompression für optimale Ersatzmodellierung

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret, Dr. S. Marelli  
Mitarbeiter: C. Lataniotis

Ersatzmodelle werden oft im Zusammenhang mit Unsicherheitsquantifizierung verwendet. Ein rechenintensives Modell kann so ersetzt werden. Realistische Modelle besitzen oft eine grosse Anzahl von Eingangsparametern. Dies erschwert die Konstruktion von Ersatzmodellen. Einerseits müssen grosse Datenmengen bewältigt und komprimiert werden. Andererseits stellt hohe Dimensionalität die Lernalgorithmen vor Herausforderungen. Dies wird oft als der Fluch der Dimensionalität bezeichnet [1].

Obwohl verschiedenartige Techniken zur Dimensionalitätsreduktion im Laufe der letzten Jahre entwickelt worden sind, gab es nur wenige Versuche Ersatzmodellierung und Dimensionalitätsreduktion bestmöglich zu kombinieren. Deshalb werden neuartige, nicht-intrusive Methoden zu diesem Zwecke entwickelt.

Erste Ergebnisse dieses Projekts zeigen tatsächlich, dass der Ansatz erlaubt, zufriedenstellende Ersatzmodelle mit hochdimensionalen Eingangsparametern zu erstellen. Zusätzliche Erkenntnisse über die Input-Output-Relation können dabei durch eine Nachverarbeitung des Ersatzmodells gewonnen werden.



*Optimale Kombination von Dimensionalitätsreduktion und Ersatzmodellierung.*

*Optimal coupling of dimensionality reduction and surrogate modeling.*

## Big data compression for optimal surrogate modeling

Surrogate models are often used in the context of uncertainty quantification for substituting computationally expensive numerical models. Computational models with a high number of input parameters are fairly common in real-world applications. In such cases, learning methods for building surrogate models tend to under-perform. On the one hand, technical constraints apply to the storage and processing of large data streams with high dimensionality. As the data volume increases, compression becomes an important issue. On the other hand, high input dimensionality may reduce the efficiency of learning algorithms, an issue that is broadly known as the curse of dimensionality [1].

Although various dimensionality reduction techniques have been suggested during the past decade, there is little work available in combining the «best of two worlds», namely closely coupling surrogate modeling and dimensionality reduction approaches. To that end, novel approaches are proposed that optimally combine those in a non-intrusive fashion.

Preliminary results from this project show indeed that such approaches allow one to calibrate accurate surrogate models with high dimensional inputs. Additional insight can be obtained regarding the underlying input-output relations by post-processing such surrogates.

[1] Verleysen, M. and François, D., *The curse of dimensionality in data mining and time series prediction*, Computational Intelligence and Bioinspired Systems, vol. 3512, pp. 758-770, Springer Berlin Heidelberg, 2005.

## Polynomial-Chaos-Expansions in der Struktur­dynamik

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeiter: Dr. C. V. Mai

Polynomial-Chaos-Expansions (PCEs) stellen eine vielseitige Methode dar, um rechenintensive Modelle zu ersetzen. Zeitabhängige Modellvorhersagen, wie sie in der Struktur­dynamik auftreten, konnten damit bisher jedoch nicht berechnet werden. In diesem Projekt wurden zwei neue Methoden entwickelt, um dieses Problem zu lösen.

Im ersten Verfahren werden zufällige Oszillationen durch eine PCE-basierte, stochastische Zeittransformation verarbeitet [1]. Die durch die Schwingungsfrequenz gekennzeichnete Dynamik wird zunächst durch den stochastischen Zeittransformationsprozess beschrieben. Danach werden PCEs angewendet, um die Auswirkungen von Unsicherheiten auf die zufälligen Amplituden darzustellen. Fig. 1 veranschaulicht die Effektivität dieses Verfahrens.

Die zweite Methode dient der Lösung von Problemen im Zusammenhang mit mechanischen Systemen unter stochastischer Anregung. Die Dynamik wird mit einem stochastischen, nichtlinearen, autoregressiven Modell mit exogenem Eingang (NARX) modelliert, dessen stochastische Parameter mit PCEs dargestellt werden [2]. Least-Angle-Regression wird für die Auswahl geeigneter NARX- und Polynomial-Chaos-Terme verwendet. Fig. 2 zeigt die Genauigkeit der PC-NARX-Methode.

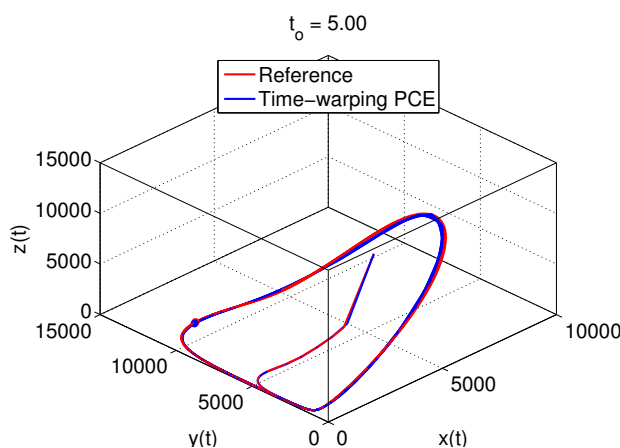


Fig. 1: Zustandsraum-Trajektorie des Oregonator-Modells, das durch PCE-basierte Zeittransformation vorhergesagt wird. State-space trajectory of the Oregonator model predicted by PCE-based time-warping.

## Polynomial chaos expansions in structural dynamics

Polynomial chaos expansions (PCEs) are a versatile tool for surrogating computationally expensive models. However, PCEs are known to fail when dealing with time-dependent model outputs such as those appearing in structural dynamics. In this project, two original methods were proposed to overcome this issue.

The first method features a PCE-based stochastic time-warping scheme to handle random oscillations [1]. The idea is to capture the dynamics characterized by the vibration frequency with the stochastic time-warping process before applying PCEs to represent the effects of uncertainties on the random amplitudes. Fig. 1 illustrates the effectiveness of this method.

The second method aims at solving problems of mechanical systems subject to stochastic excitations. The dynamics is handled with a stochastic nonlinear autoregressive model with exogenous input (NARX), whose stochastic parameters are modelled with PCEs [2]. The use of Least Angle Regression is considered for selecting appropriate NARX and polynomial chaos terms. Fig. 2 showcases the accuracy of the PC-NARX method.

- [1] Mai, C.V., Sudret, M., *Surrogate models for oscillatory systems using sparse polynomial chaos expansions and stochastic time warping*, SIAM J. Uncertainty Quantification, 2017. To appear.  
 [2] Mai, C.V., Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Sudret, B., *Surrogate modelling for stochastic dynamical systems by combining NARX models and polynomial chaos expansions*, Int. J. Uncertainty Quantification, 2016, 6(4) pp. 313-339.

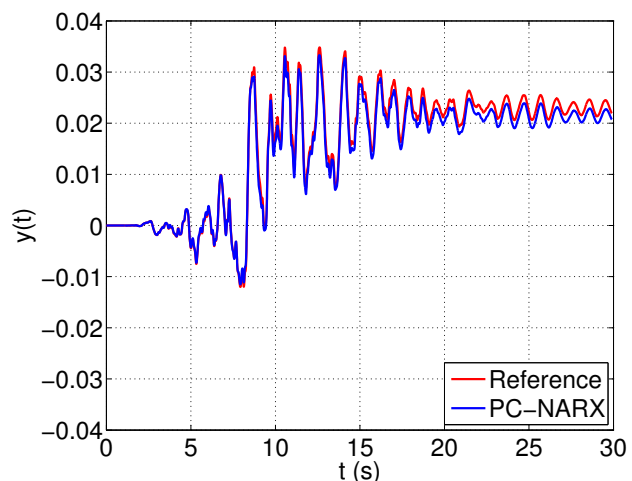


Fig. 2: Auslenkung eines von PC-NARX vorhergesagten Bouc-Wen-Oszillators. Displacement of a Bouc-Wen oscillator predicted by PC-NARX model.



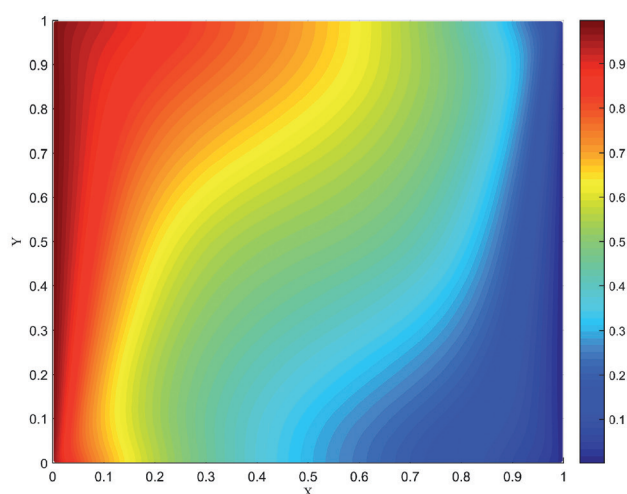
## Globale Sensitivitätsanalyse für natürliches Konvektionsproblem

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
Mitarbeiterin: Dr. N. Fajraoui

Das natürliche Konvektionsproblem in einer porösen Kavität spielt in vielen Ingenieursanwendungen eine wichtige Rolle. Es wird oft als Testproblem für die Code-Validierung verwendet. Es wird aber auch verwendet, um physikalische Einblicke in die Fluidströmung und die Wärmeübertragungseigenschaften zu liefern. Es besitzt jedoch mehrere Parameter, wie Rayleigh-Zahl, thermische Dispersionsparameter, Permeabilität und Anisotropie-Verhältnis, deren Werte unsicher sind.

In diesem Projekt untersuchen wir die Auswirkungen der Unsicherheiten und der Variabilität der Systemparameter auf die relevanten Grössen (QoIs), die das natürliche Konvektionsproblem charakterisieren. Mittels Polynomial-Chaos-Expansions (PCE) [1] werden deshalb sowohl eine Unsicherheitsquantifizierung (UQ) als auch eine globale Sensitivitätsanalyse (GSA) durchgeführt. Diese Techniken haben sich bewährt, um die Anwendbarkeit des Modells zu beurteilen, das Verhalten des Systems zu verstehen und schliesslich die Parameter zu bestimmen, die den grössten Einfluss auf die QoI-Variabilität haben. Unsere Arbeit zeigt, dass diese Methoden relevante Informationen für die Interpretation des natürlichen Konvektionsproblems liefern können.

[1] Sudret, B., *Global sensitivity analysis using polynomial chaos expansions*, Reliab. Eng. Syst. Safe, 93, pp. 964-979, 2008.



*Räumliche Verteilung des Mittelwertes der mit PCE erhaltenen Temperaturverteilung.*

*Spatial distribution of the mean value of the temperature distribution obtained with PCE.*

## Global sensitivity analysis for natural convection problem

The natural convection problem in a porous cavity plays an important role in many engineering applications. The problem is often used as a benchmark for code validation, but it is also used to provide physical insights into the fluid flow and the heat transfer characteristics. It introduces several parameters, however such as the Rayleigh number, thermal dispersion parameters, permeability anisotropy ratio, whose values are uncertain.

In this project, we investigate the effect of the imperfect knowledge on the system parameters and their variability on the model quantities of interest (QoIs) characterizing the natural convection problem. To this end, Uncertainty Quantification (UQ) and Global Sensitivity Analysis (GSA) of the model response are performed using polynomial chaos expansions (PCE) [1]. These techniques have proven powerful for assessing the applicability of the model, understanding the behavior of the system of interest and eventually determining the parameters that have the most significant effect on the QoI variability. Our work indicates that these methods can provide relevant information for the interpretation of the natural convection problem.

### Hochdimensionale Copuladarstellungen zur Unsicherheitsquantifizierung

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret,  
 Mitarbeitende: Dr. E. Torre, Dr. S. Marelli  
 Projektpartner: Prof. Dr. P. Embrechts  
 (DMATH, Risk Center)

Die Unsicherheitsquantifizierung (UQ) in der Ausgabe eines Systems, das einer (multivariaten) stochastischen Eingabe unterliegt, erfordert eine genaue probabilistische Darstellung der Eingabe. Zusätzlich erfordern moderne UQ-Techniken auf der Basis von Ersatzmodellen und spektralen Darstellungen (z.B. Polynomial-Chaos-Expansions) oftmals eine gegenseitige Unabhängigkeit zwischen den Eingangs-Zufallsvariablen. Eine übliche Technik zur Erreichung der Unabhängigkeit ist die Verwendung von isoprobabilistischen Transformationen (z.B. Rosenblatt oder Nataf) unter der Annahme einer zugrunde liegenden Gauss'schen Abhängigkeitsstruktur (Copula).

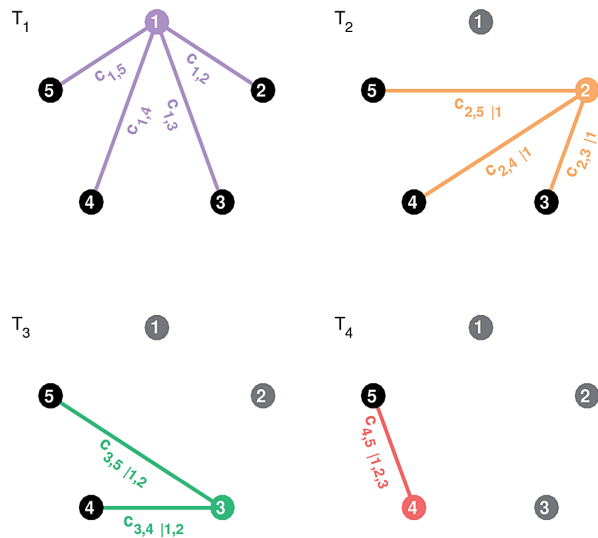
In diesem Projekt mit dem ETH Risk Center schlagen wir vor, die Copula der Eingangsvariablen über sogenannte Vine-Copulas zu modellieren. Vine-Copulas bestehen aus einer Faktorisierung der Input-Copula in paarweise Copulas ihrer Komponenten [1]. Dies hat zwei Vorteile. Erstens hat man eine grosse Flexibilität bei der Modellierung der paarweisen Abhängigkeiten in den Daten. Im Gegensatz dazu definieren hochdimensionale Copulas implizit die Abhängigkeiten niedrigerer Ordnung. Zweitens liefert die Berechnung einer Vine-Copula alle Zutaten, die notwendig sind, um die Rosenblatt-Transformation der Daten zu berechnen und so die Inputs in unabhängigen Variablen abzubilden, die in UQ-Frameworks eingesetzt werden können.

[1] Aas, K., et al., (2009) *Pair Copula construction of multivariate dependence*. Insurance: Mathematics and Economics 44: pp. 182-198.

### High-dimensional copula representations for uncertainty quantification

The quantification of uncertainty (UQ) in the output of a system subject to a (multivariate) stochastic input requires an accurate probabilistic representation of the input. In addition, state-of-the-art UQ techniques based on surrogate models and spectral representations (e.g. polynomial chaos expansions) often require mutual independence between the input random variables. A common approach to achieve independence is that of using isoprobabilistic transforms (e.g. Rosenblatt or Nataf), under the assumption that the underlying dependence structure (copula) is Gaussian.

In this joint project with the ETH Risk Center, we propose instead to model the copula of the input variables via vine copulas. Vine copulas consist of a factorization of the copula of the input into pair copulas of its components [1]. The advantage of using this approach is twofold. First, it grants full flexibility in modelling the pairwise dependencies in the data. In contrast, high-dimensional copulas implicitly define the dependencies of lower order. Second, the computation of a vine provides all ingredients necessary to compute the Rosenblatt transform of the data, and thus to map the input into independent variables ready for use in UQ frameworks.



Kanonische Vine-Kopula zwischen 5 Zufallsvariablen.  
 Canonical vine between 5 random variables.

## Adaptive, optimale, experimentelle Designs für Sparse Polynomial-Chaos-Expansions

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret, Dr. S. Marelli  
Mitarbeiter: Dr. N. Fajraoui

Dank der Fähigkeit, hochgradig nichtlineare Modelle zu emulieren, haben sich sparse Polynomial-Chaos-Expansions (PCE) mittels der Least-Angle-Regression (LAR) in den letzten Jahren durchgesetzt [1]. Obwohl sparse PCEs effizient und vielseitig sind, hängt die Qualität der Approximation stark von der Wahl des experimentellen Designs (ED) ab, d.h. von den Abtastpunkten, an denen das ursprüngliche Berechnungsmodell ausgewertet wird. Eine effiziente Stichprobenstrategie wird benötigt, um eine genaue PCE günstig zu erzeugen.

In dieser Arbeit befassen wir uns mit der Auswahl eines optimalen ED, um die Genauigkeit des Ersatzmodells über den gesamten Parameterraum zu maximieren. Wir schlagen eine neue sequentielle, adaptive Strategie vor, indem wir auf die Spärlichkeit des zugrunde liegenden Metamodells zurückgreifen. Eine vergleichende Untersuchung mehrerer Methoden wird an verschiedenen, numerischen Modellen mit unterschiedlicher Eingangsdimensionalität und Rechenkomplexität durchgeführt. In [1] wird gezeigt, dass die optimale, sequentielle Konstruktion bei Verwendung des S-Wert-Kriteriums [2] eine genaue und effiziente PCE liefert.

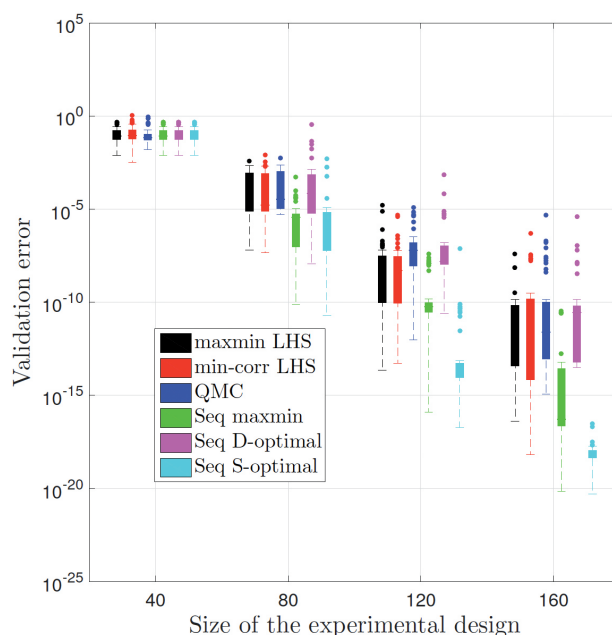
[1] Fajraoui, N., Marelli, S., Sudret, B. *On optimal experimental designs for sparse polynomial chaos expansions*, Submitted to SIAM J. on Uncert. Quant., 2016.

[2] Shin, Y., Xiu, D., *Nonadaptive quasi-optimal points selection for least squares linear regression*, SIAM J. Sci. Comput, 38(1), A385-A411, 2016.

## Adaptive optimal experimental designs for sparse polynomial chaos expansions

In the context of metamodeling, sparse Polynomial Chaos Expansions (PCE) based on Least Angle Regression (LAR) have gained popularity in the recent years because of their ability to model highly non-linear responses with low fitting cost [1]. Although sparse PCEs are efficient and versatile, the quality of approximation strongly depends on the choice of the experimental design (ED), i.e. the sample points where the original computational model is evaluated. An efficient sampling strategy is then needed to generate an accurate PCE with low computational cost.

In this work, we are concerned with selecting an optimal ED in order to maximize the accuracy of the surrogate model over the whole input space. We propose a novel sequential adaptive strategy by capitalizing on the sparsity of the underlying metamodel. A comparative study of several state-of-the-art methods is performed on different numerical models with varying input dimensionality and computational complexity. It is shown in [1] that the optimal sequential design when using the S-value criterion [2] yields accurate and computationally efficient PCE.



*Evolution Boxplot des Validierungsfehlers mit zunehmender Grösse des ED für die Ishigami-Funktion.*

*Evolution boxplot of the validation error with increasing size of the ED for the Ishigami function.*

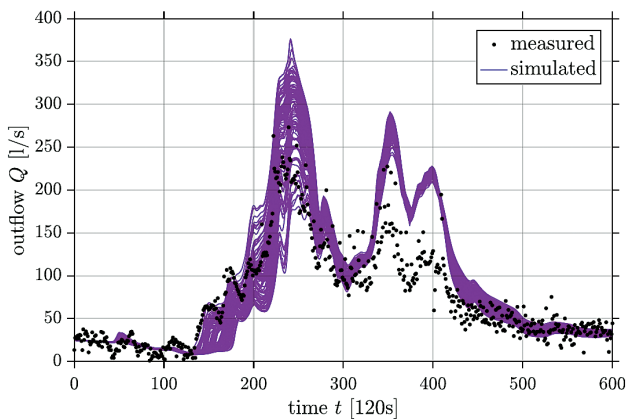
## Bayessche Kalibrierung hydrologischer Modelle

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeiter: J.B. Nagel  
 Projektpartner: Dr. J. Rieckermann (EAWAG)

Die Simulation von hydrologischen Systemen ist eine äusserst schwierige Aufgabe. Vorhersagen sind typischerweise mit grossen Unsicherheiten behaftet. Das Ziel dieses Forschungsprojekt ist es deshalb, Methoden zu entwickeln, um diese Modellunsicherheiten zu quantifizieren und zu reduzieren. Dies geschieht durch den Vergleich mit experimentellen Messdaten und einer Bayesschen Analyse.

Ein dynamisches Modell des Einzugsgebiets von Adliswil, eine kleine an Zürich angrenzende Gemeinde, wird betrachtet. Das Modell simuliert den zeitabhängigen Abfluss während eines Niederschlagsereignisses in Abhängigkeit von acht unbekanntem Parametern. Durch die Analyse von zweitausend Modellläufen und Messdaten, die von der EAWAG zur Verfügung gestellt wurden [1], können die unbekanntem Modellparameter kalibriert und die verbleibenden Unsicherheiten identifiziert werden.

Dabei werden eine Reihe moderner Techniken eingesetzt [2], z.B. Hauptkomponentenanalyse zur Dimensionsreduktion, sparse Polynomial-Chaos-Expansions zur Metamodellierung und Markov-Ketten-Monte-Carlo zur Bayesschen Posteriorberechnung.



*Stochastische Simulationen vor der Kalibrierung.  
 Stochastic simulations prior to the calibration.*

## Bayesian calibration of hydrological simulators

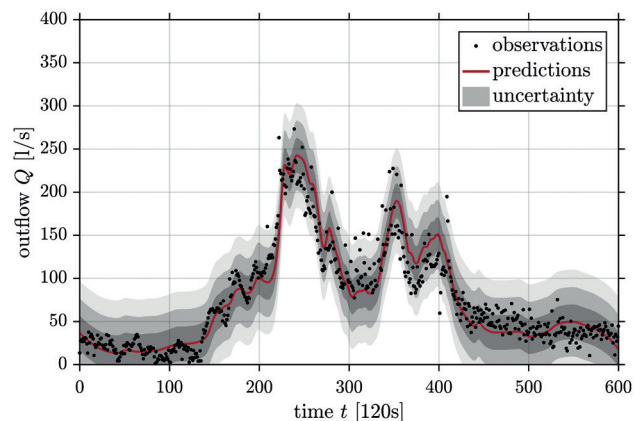
The simulation of water systems is an extremely difficult task. Typically, predictions are subject to large uncertainties. The goal of this research project is therefore to develop new methods for the quantification and reduction of these uncertainties. This is based on a comparison with experimental data and a Bayesian analysis.

A dynamical model of the catchment of Adliswil, a small municipality bordering on Zürich, is considered. It simulates time-varying outflow during a rainfall event as a function of eight unknown parameters. Through the analysis of two thousand model runs and the data that were provided by Eawag [1], one can calibrate the unknown model parameters and identify the remaining uncertainties.

A number of modern techniques are employed [2], e.g. principal component analysis for dimension reduction, sparse polynomial chaos expansions for metamodeling and Markov chain Monte Carlo for Bayesian posterior computation.

[1] Machac, D., *Mechanistic Emulators as Surrogates to Slow Hydrological Models*, PhD thesis, ETH Zürich, 2015.

[2] Nagel, J.B., Rieckermann, J., Sudret, B., *Uncertainty quantification and Bayesian calibration of hydrological black-box simulator*, in preparation, 2016.



*Probabilistische Vorhersage nach der Kalibrierung.  
 Probabilistic prediction after the calibration.*

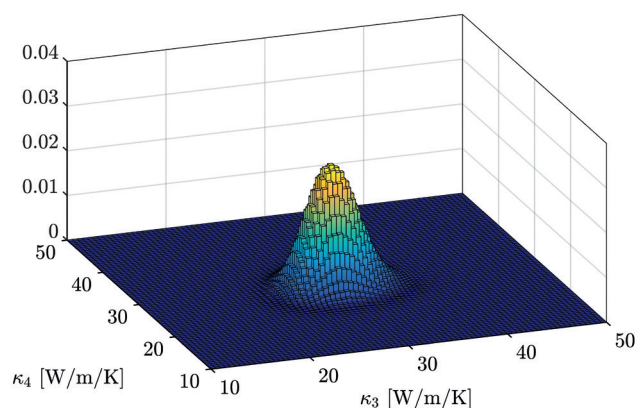


## MCMC-freie Methoden zur Bayesschen Inferenz

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
Mitarbeiter: J.B. Nagel

Bayessche Statistik wird seit etwa einem Jahrzehnt zur Kalibrierung numerischer Modelle durch experimentelle Messergebnisse verwendet, z.B. für Finite-Elemente-Modelle in computergestützter Mechanik. Die Modellparameter solcher Probleme sind experimentell oft nicht unmittelbar zugänglich und müssen deshalb durch Messungen abhängiger Größen identifiziert werden [1]. Dies geschieht meist mittels aufwendiger Markov-Ketten-Monte-Carlo-Verfahren (MCMC).

Leider sind diese numerischen Verfahren sehr rechenintensiv. Dies verhindert die Lösung von realistischen und komplexen inversen Problemen im Bauingenieurwesen. Aus diesem Grunde werden in diesem Forschungsprojekt neue Methoden zur rechnergestützten Bayesschen Inferenz entwickelt. Dies beinhaltet MCMC-freie Methoden, die auf spektralen Reihenentwicklungen der Likelihood-Funktion (SLE) oder auf effizienteren Hilfsreihen (aSLE) beruhen. Darüber hinaus beinhaltet dies auch Methoden der Transformation von entsprechenden Zufallsvariablen. Die entwickelten Methoden werden zur Lösung eines inversen Wärmeleitungsproblems eingesetzt.



Posterior Wahrscheinlichkeitsdichte (MCMC).  
Posterior probability density (MCMC).

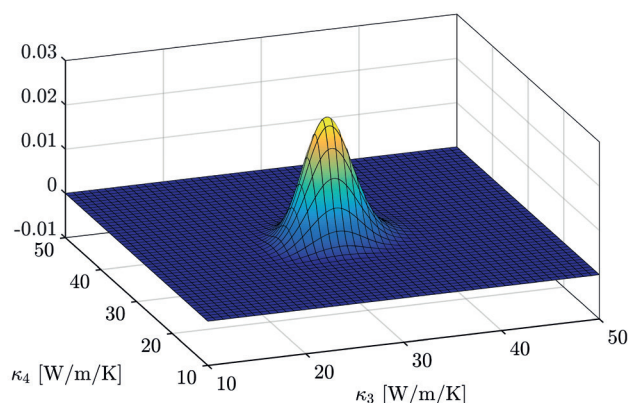
## MCMC-free methods for Bayesian inference

In the last decade, the framework of Bayesian statistics has been widely used for model calibration with experimental data, e.g. for finite element models in computational mechanics. In the majority of cases, model parameters cannot be directly measured. Therefore they have to be inferred from observations of dependent quantities [1]. This requires the employment of Markov chain Monte Carlo (MCMC) techniques.

Unfortunately, these techniques are rather expensive in computational terms. This prohibits the solution of realistic and complex inverse problems in civil engineering. New methods for computational Bayesian inference are therefore developed in this research project. This includes MCMC-free techniques based on spectral likelihood expansions (SLE) or more efficient auxiliary expansions (aSLE) [2]. Moreover, this also involves methods that are based on random variable transformations. An inverse heat conduction problem is solved with the developed methods.

[1] Nagel, J.B., Sudret, B., *A unified framework for multilevel uncertainty quantification in Bayesian inverse problems*, Prob. Eng. Mech., 43: pp. 68–84, 2016.

[2] Nagel, J.B., Sudret, B., *Spectral likelihood expansions for Bayesian inference*, J. Comput. Phys., 309: pp. 267–294, 2016.



Posterior Wahrscheinlichkeitsdichte (aSLE).  
Posterior probability density (aSLE).

## Akkurate Berechnung von Fragilitätskurven für Erdbebensicheres Bauen

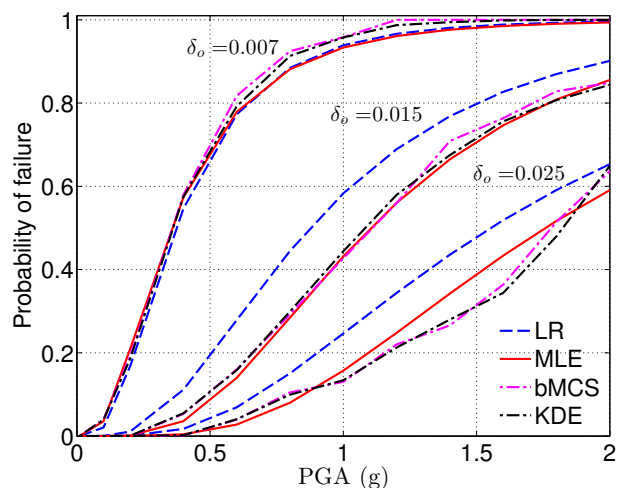
Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeitende: Dr. K. Konakli, Dr. C.V. Mai

Fragilitätskurven sind im Erdbebeningenieurwesen weit verbreitet, um die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls in Bezug auf ein bestimmtes Kriterium (z.B. den maximalen Drift einer Struktur, die einen vorgeschriebenen Schwellenwert überschreitet) in Abhängigkeit der Bodenbewegungsintensität (z.B. der Spitzenbeschleunigung oder spektralen Beschleunigung) auszudrücken. Normalerweise geht man bei der Fragilitätsanalyse davon aus, dass die Kurve die Form einer kumulativen Verteilungsfunktion einer logarithmischen Normalverteilung hat. In diesem Projekt werden die Einschränkungen der oben genannten Annahme durch die Einführung von zwei nicht-parametrischen Ansätzen für die Fragilitätsabschätzung überwunden, nämlich durch die «binned Monte-Carlo-Simulation» (bMCS) und die «Kern-dichteschätzung» (KDE) [1]. Die vorgeschlagenen Techniken können verwendet werden, um Fragilitätskurven zu berechnen, wenn ihre tatsächliche Form nicht bekannt ist, und auch, um parametrische Fragilitätskurven zu validieren oder zu kalibrieren. In Beispielanwendungen, bei denen sowohl synthetische als auch gemessene Untergrundbewegungen berücksichtigt werden, wird gezeigt, dass die Genauigkeit der lognormalen Kurven stark von dem Bodenbewegungsintensitätsmass, dem Fehlerkriterium und dem verwendeten Verfahren zur Schätzung der Parameter der lognormalen Verteilung abhängt, d.h. lineare Regression (LR) oder Maximum-Likelihood-Schätzung (MLE). In den gleichen Anwendungen sind die beiden nicht-parametrischen Kurven immer im Einklang zueinander, was die Gültigkeit der vorgeschlagenen Methoden zeigt.

[1] Mai, C.V., Konakli, K., Sudret, B., *Seismic fragility curves for structures using non-parametric representations*, *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 2016. In press.

## Accurate computation of fragility curves in earthquake engineering

Fragility curves are widely used in earthquake engineering to represent the probability of failure with respect to a certain criterion (e.g. the maximal drift of a structure exceeding a prescribed threshold) as a function of the ground-motion intensity (e.g. the peak ground acceleration or spectral acceleration). The common approach in fragility analysis relies on the assumption that the curves have the shape of a lognormal cumulative distribution function. In this project, the limitations of the aforementioned assumption is overcome by introducing two non-parametric approaches for fragility estimation, namely the binned Monte Carlo simulation (bMCS) and the kernel density estimation (KDE) [1]. The proposed approaches can be used to develop fragility curves when their actual shape is not known and also, to validate or calibrate parametric fragility curves. In example applications, where synthetic as well as recorded ground motions are considered, it is shown that the accuracy of the lognormal curves can strongly depend on the ground motion intensity measure, the failure criterion and the employed method for estimating the parameters of the lognormal distribution, i.e. linear regression (LR) or maximum likelihood estimation (MLE). In the same applications, the two non-parametric curves are found to be always consistent with each other, which proves the validity of the proposed techniques.



Fragilitätskurven mit lognormalen (LR, MLE) und nicht-parametrischen (bMCS, KDE) Darstellungen. Fragility curves with lognormal (LR, MLE) and non-parametric approaches (bMCS, KDE).

## Zuverlässigkeitsorientierte Designoptimierung

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
Mitarbeiter: Dr. M. Moustapha

Die Berücksichtigung von Unsicherheiten im Entwurfsstadium ist in den verschiedensten Ingenieursdisziplinen zu einer gängigen Praxis geworden. Dies ist auf die Allgegenwart von Unsicherheiten in den Parametern oder Umgebungsbedingungen der Struktur zurückzuführen. Die zuverlässigkeitsbasierte Designoptimierung (RBDO) hat sich zusammen mit anderen Methoden, die zu diesem Zweck entwickelt wurden, fest etabliert. Die Verfahren zur Lösung von RBDO-Problemen erfordern jedoch oft intensive Berechnungen. Dies verhindert das Lösen von komplexen Problemen, falls das dem Verhalten zugrunde liegende Berechnungsmodell teuer ist.

In den letzten Jahren wurden effiziente Approximationsverfahren entwickelt, um das Berechnungsmodell zu emulieren. Diese werden auch als Ersatzmodelle bezeichnet. Weitverbreitete Techniken basieren auf Polynomial-Chaos-Expansions, Support-Vector-Machines oder Gauss-Prozess-Modellierung.

Dieses Projekt konzentrierte sich auf Gauss-Prozess-Modelle, auch Kriging genannt. Es wurden Methoden untersucht, die ein aktives Lernen und eine neue Formulierung des RBDO-Problems beinhalten. Dies basiert auf der epistemischen Unsicherheit von Kriging Methoden [1].

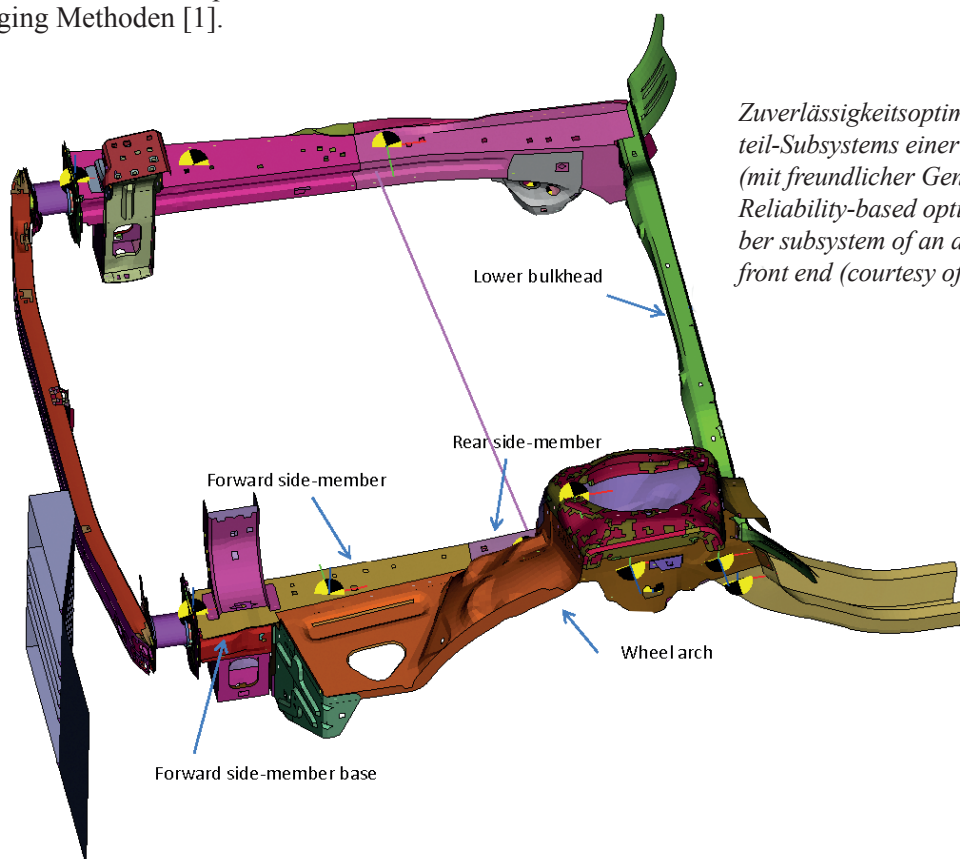
## Reliability-based design optimization

Accounting for uncertainties in structural design has become a common practice in various engineering fields. This is due to the acknowledged ubiquity of uncertainty in either the parameters or environmental conditions of the structure. Among the various methods developed for this purpose, reliability-based design optimization (RBDO) is well-established. However, the techniques for solving RBDO problems often require intensive computations. When the computational model underlying the structural behaviour is expensive, this becomes a major bottleneck hindering their applications to real-life problems.

In the past few years, low-cost approximation methods have been developed to emulate the computational model. They are known as surrogate models or metamodels. Widely-used examples include polynomial chaos expansions, support vector machines or Gaussian process modeling.

This project focused on Gaussian processes also known as Kriging. Based on the epistemic uncertainty provided by Kriging predictions, methodologies involving active learning and a new formulation of the RBDO problem were investigated [1].

[1] Moustapha M., Sudret, B., Bourinet, J.-M., Guillaume, B., (2016). *Quantile-based optimization under uncertainties using adaptive Kriging surrogate models*. Struct. Multidisc. Optim. In press.



*Zuverlässigkeitsoptimierter Entwurf des Seitenteil-Subsystems einer vorderen Karosseriestruktur (mit freundlicher Genehmigung der PSA-Gruppe). Reliability-based optimal design of the side-member subsystem of an automotive body structure front end (courtesy of PSA group).*

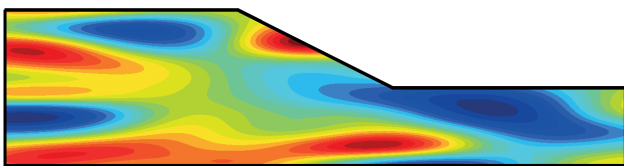
## Zuverlässigkeitsanalysen im Kontext von unpräzisen Wahrscheinlichkeitsmodellen

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
Mitarbeiter: R. Schöbi

Unpräzise Wahrscheinlichkeiten beschreiben eine Anzahl von vagen Ansätzen zur Beschreibung von Unsicherheiten, wenn verschiedene Typen zur gleichen Zeit auftreten [1]. Der gängigste Typ ist die aleatorische Unsicherheit, welche die natürliche Variabilität eines Parameters beschreibt. Ein zweiter Typ ist die epistemische Unsicherheit, welche bei Unwissen und/oder fehlender Datengenauigkeit auftritt.

Beide Unsicherheitstypen kommen in der Modellierung von natürlichen Prozessen vor, insbesondere in der Geotechnik. Darum müssen unpräzise Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt werden, z.B. für Zuverlässigkeitsanalysen. Normalerweise werden probabilistische Ansätze verwendet ohne die Unsicherheitstypen zu unterscheiden. Mit der Entwicklung von modernen Computern und fortgeschrittenen Algorithmen zur Quantifizierung von Unsicherheiten [2] können unpräzise Wahrscheinlichkeiten in realistischen Fällen berücksichtigt werden.

In diesem Projekt werden unpräzise Wahrscheinlichkeiten mit modernsten Metamodellierungsalgorithmen (z.B. Polynomial Chaos Expansions und Kriging) verbunden, um Versagenswahrscheinlichkeiten effizient zu bestimmen. Zudem werden «Random Fields» benutzt um räumlich variierende Eigenschaften zu modellieren, die typischerweise im Untergrund vorkommen. Die entwickelten Algorithmen werden auf verschiedene Geotechnikprobleme angewandt, z.B. Böschungsstabilität und Fundamentsetzungen.



*Model zur Berechnung der Böschungsstabilität mit räumlich variierenden mechanischen Eigenschaften.  
Slope stability model with spatially varying mechanical parameters.*

## Structural reliability in the context of imprecise probability modelling

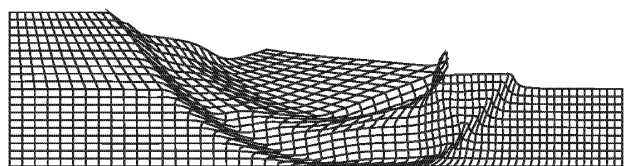
Imprecise probabilities are a vague formulation of many attempts to describe the mix of different sources of uncertainty [1]. The commonly known source is the aleatory uncertainty, which describes the natural variability of a parameter. A second source is the so-called epistemic uncertainty, which originates from the lack of knowledge and/or the lack of data precision.

Both types of uncertainty are inherent in modeling natural processes and in particular in geotechnical applications. This requires the consideration of imprecise probabilities, e.g. for structural reliability analysis. Conventionally, a probabilistic approach is considered to model the uncertainty without the distinction of the two sources. With growing computational power and more advanced uncertainty propagation techniques [2], imprecise probabilities can be handled in realistic settings.

In this project, concepts of imprecise probabilities are paired with state-of-the-art meta-modeling algorithms (such as sparse Polynomial Chaos Expansions and Kriging) to estimate probabilities of failure in an efficient manner. Furthermore, random field theory is used to model spatially varying mechanical properties that typically occur in soil masses. The developed algorithms are applied to a variety of geotechnical engineering problems, such as slope stability and foundation settlement.

[1] Helton, J., Oberkampf, W., *Alternative representations of epistemic uncertainty*, Reliab. Eng. Sys. Safety, 85(1-3), 1-10, 2004.

[2] Schöbi, R., Sudret B., *Uncertainty propagation of p-boxes using sparse polynomial chaos expansions*, J. Comput. Phys., accepted, 2017.



*Der dazugehörige Versagensmechanismus.  
Corresponding failure mechanism.*



## Sparse Polynomial Chaos Expansions von Übertragungsfunktionen durch stochastische Frequenztransformationen

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeiter: V. Yaghoubi, Dr. S. Marelli  
 Projektpartner: University of Chalmers (Sweden)

Übertragungsfunktionen (FRFs) sind zur Beschreibung der Dynamik eines stochastischen linearen dynamischen Systems essentiell. Für grössere Systeme ist deren Evaluierung jedoch sogar für eine einzige Simulation zeitaufwendig. In solchen Fällen ist die Quantifizierung von Unsicherheiten per Monte Carlo Simulation nicht tragbar. In diesem Projekt in Zusammenarbeit mit der Universität Chalmers (Schweden) wird das dynamische Modell durch sparse Polynomial Chaos Expansionen (PCE) ersetzt. Weiter wird eine a-priori Frequenztransformationsstrategie vorgeschlagen um die Limitierungen von PCE im Zusammenhang mit der Simulation von FRFs zu umgehen [1]. Dieser Ansatz resultiert in einer signifikant höheren Genauigkeit der PCE Modelle.

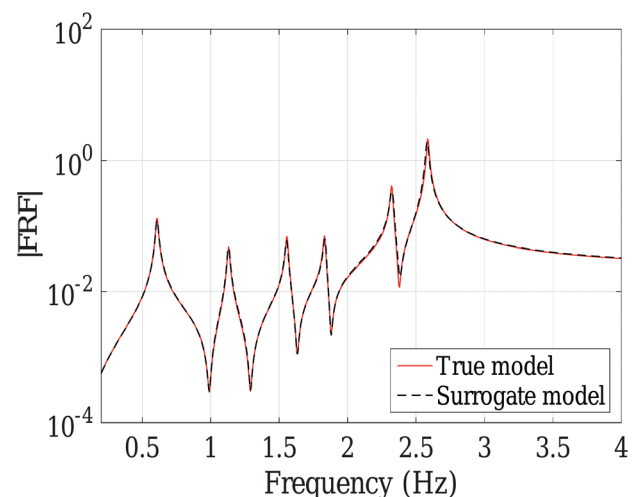
Der neue Ansatz wird auf eine Reihe von Fallbeispielen angewendet, einschliesslich einem System mit sechs Freiheitsgraden und 16 zufälligen Eingangsgrössen. Die Genauigkeitsanalyse zeigt, dass die Frequenztransformation in Kombination mit PCE eine gute Annäherung erlaubt (siehe Bild). Zusätzlich zeigt die Analyse, dass die ersten zwei Momente der FRFs im Falle von PCE schneller zur exakten Lösung konvergieren als Monte Carlo Methoden.

[1] Yaghoubi, V., Marelli, S., Sudret, B., *Sparse polynomial chaos expansions of frequency response functions using stochastic frequency transformation*, RSUQ report 2016-006.

## Sparse polynomial chaos expansions of frequency response functions using stochastic frequency transformation

Frequency response functions (FRFs) are important for assessing the behavior of stochastic linear dynamic systems. For large systems, their evaluations are time-consuming even for a single simulation. In such cases, uncertainty quantification by crude Monte-Carlo simulation is not feasible. In this joint project with the University of Chalmers (Sweden), we introduced the use of non-intrusive sparse adaptive polynomial chaos expansions (PCE) as a surrogate of the full model. To overcome known limitations of PCE when applied to FRF simulation, a frequency transformation strategy that maximizes the similarity between FRFs prior to the calculation of the PCE surrogate was proposed [1]. This strategy resulted in a significant improvement in the predictive accuracy of the PCE surrogate.

The proposed approach was then applied to several case studies, including a 6-DOF system with 16 random inputs. The accuracy assessment of the results indicates that the frequency transformation combined with PCE can accurately predict single FRFs (Figure 1). Moreover, it was shown that the first two moments of the FRFs obtained by the PCE converge to the reference results faster than with the Monte-Carlo (MC) methods.



*Exakte vs. PCE Model FRF eines gedämpften Systems mit 6 Freiheitsgraden und 16 Eingangsgrössen (Amplitude). True vs. PCE model response for a damped 6-degrees of freedom system with 16 input parameters (amplitude).*

**Ersatzmodell-basierende Inversion für die Bestimmung der Wachstumsphasen von Reis via SAR Daten**

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret,  
 Prof. Dr. I. Hajnsek (IfU)  
 Mitarbeitende: Dr. S. Marelli, O. Yuzugullu (IfU)

Reisanbau ist ein wichtiger Faktor in der globalen Ernährungswirtschaft und präzise Agrarmethoden werden eingesetzt um diesen effektiv zu handhaben. Diese Methoden basieren auf den zeitlichen Veränderungen in Morphologie und Phänologie der Reispflanze, die unter anderem durch den Einsatz von Fernerkundungsmethoden eruiert werden. Dieses Projekt befasst sich mit einem neuen Ansatz zur Bestimmung der Wachstumsstufen von Reisfeldern durch den Einsatz von Radardaten mit synthetischer Apertur (SAR). In einem ersten Schritt wird das zeitliche Verhalten von drei polarimetrischen Größen mittels zwei aufeinanderfolgenden Satellitendatensätze analysiert, um eine grobe Klassifizierung der Wachstumsstufen zu erhalten. Danach wird ein Inferenzschema mit Hilfe eines morphologie-basierten elektromagnetischen Rückstreuungsmodells angewendet. Weil solche Modelle rechenintensiv sind, werden sie durch sparse Polynomial Chaos Expansions (PCE) ersetzt [1].

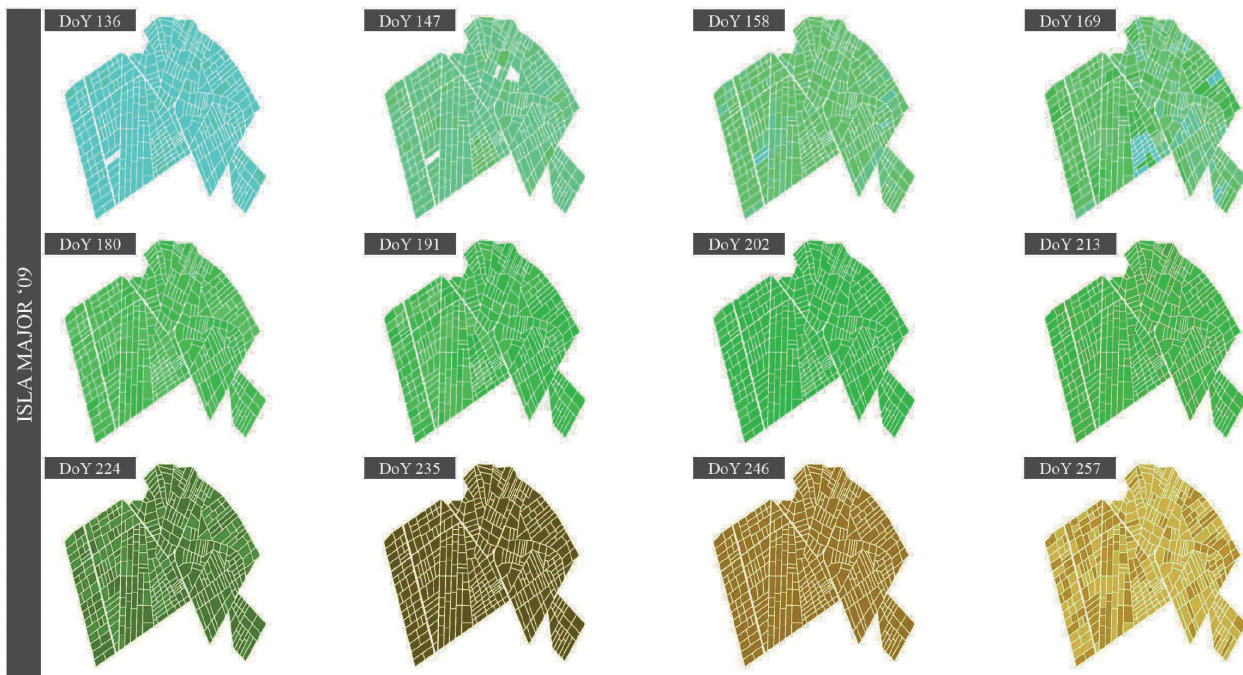
Diese Methode wurde entwickelt um die Pflanzenmorphologie und die entsprechende Wachstumsphase zu bestimmen. Die Methode hat sich in Testläufen in der Türkei und Spanien als effektiv erwiesen (Fig. 1).

**Metamodel-based inversion for rice growth stage determination from SAR data**

Rice crops are important in the global food economy and precise agricultural techniques are being implemented worldwide for their effective management. These techniques rely on the temporal changes in crop morphology and phenology, which have been investigated by remote sensing systems. This project focuses on a novel approach for growth stage determination of rice fields from Synthetic Aperture Radar (SAR) data. The two-step approach first analyzes the temporal behavior of three polarimetric observables to achieve a coarse growth stage classification using two consecutive satellite data acquisitions, followed by an inversion scheme using a morphology-based electromagnetic backscattering model. Because such a model is computationally expensive, it is first substituted by a set of sparse polynomial chaos expansion (PCE) surrogates [1].

This method is designed to provide estimates of crop morphology and corresponding growth stage from a continuous growth scale. The method proved to be effective when validated against available ground measurements from test sites in Turkey and Spain (Fig. 1).

[1] Yuzugullu, O., Marelli, S., Erten, E., Sudret, B., Hajnsek, I., *A Metamodel-based Inversion for Determining Rice Growth Stage from SAR Data*, Remote Sensing of Environment, In press.



*Fig. 1: Rekonstruktion der Wachstumsstufen von Reisfeldern in Spanien mittels SAR Daten. Reconstructed growth stage of a rice crop field in Spain based on available SAR data.*

## Globale Sensitivitätsanalyse in Computermodellen der Makroökonomie

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeiter: Dr. S. Marelli  
 Projektpartner: ETH Risk Center, D-MTEC

Sensitivitätsanalysen beschreiben den Einfluss von Eingangsgrößen auf die Ausgangsgrößen eines Computermodells. Traditionell werden makroökonomische Modelle an Referenzparametern ausgewertet und dann einer nach dem anderen Parameter modifiziert. Dieses Vorgehen liefert nur lokale Informationen und vermag den globalen Einfluss eines Parameters nicht abzuschätzen.

Das Ziel dieses Projekts ist es, zusammen mit dem Lehrstuhl «Integrative Risk Management and Economics» (D-MTEC), eine globale Sensitivitätsanalyse (GSA) und Varianzdekompositionen (ANOVA) im Kontext von makroökonomischen Modellen einzuführen. Stichprobenbasierte Ansätze für ANOVA sind normalerweise zu teuer für komplexe Modelle. Darum werden Polynomial-Chaos-Expansions für GSA adaptiert [1]. Eine spektrale Repräsentation des makroökonomischen Modells mit orthogonalen Polynomen wird basierend auf einer begrenzten Anzahl an Modellevaluierungen berechnet. Die Varianzdekomposition ist dann ohne zusätzliche Kosten analytisch verfügbar als Nachbearbeitung der Koeffizienten der Polynome.

Der Ansatz und der dazugehörige Ablauf wurden auf mehrere Benchmark dynamische Makroökonomiemodelle angewendet.

[1] Sudret, B. (2008). *Global sensitivity analysis using polynomial chaos expansions*. Reliab. Eng. Sys. Safety 93, 964-979.

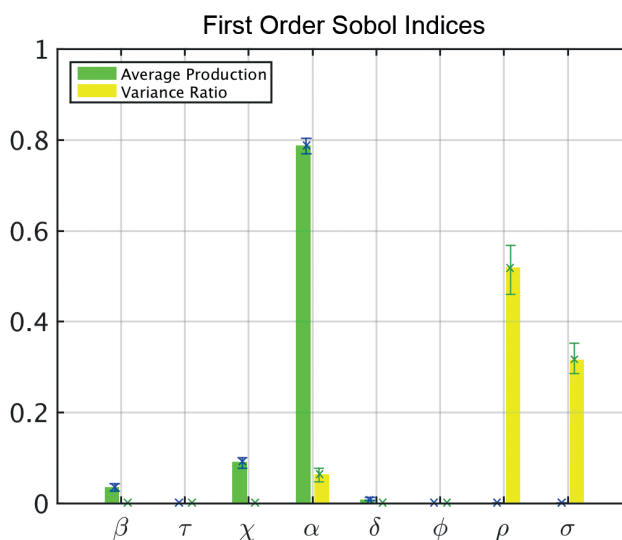
[2] Harenberg, D., Marelli, S., Sudret, B., Winschel, V., (2017). *Uncertainty quantification and global sensitivity analysis for economic models*.

## Global sensitivity analysis in computational macroeconomics

Sensitivity analysis assesses the influence of input parameters on the outcome of a computational model. Traditional analysis methods in macroeconomics are based on evaluating the model at a reference parameter set and changing one parameter at a time. They provide only localized information and cannot summarize the influence of a parameter over its entire range.

The aim of this project, jointly run with the Chair of Integrative Risk Management and Economics (D-MTEC) and ETH Risk Center, is to introduce global sensitivity analysis (GSA) and variance decomposition (aka ANOVA) in the context of macroeconomics. Sampling-based approaches to ANOVA are too computationally expensive for complex models. To overcome this limitation, polynomial chaos expansion-based GSA is adopted [1]. A spectral representation of the macroeconomic model on a set of orthogonal polynomials is obtained from a limited number of full model evaluations. Variance decomposition is then analytically available as a post-processing of the polynomial coefficients at no additional cost.

The methodology and associated workflow are employed to analyse several standard dynamic macroeconomics models [2].



Resultate einer Sensitivitätsanalyse eines Standardmodells der Makroökonomie.

Sensitivity analysis results for a standard intertemporal choice model in macroeconomics.

## UQLab: ein Software zur Quantifizierung von Unsicherheiten in Matlab

Projektleitung: Prof. Dr. B. Sudret  
 Mitarbeiter: Dr. S. Marelli, C. Lataniotis

Die Quantifizierung von Unsicherheiten (UQ) ist ein wachsender Bereich im Gebiet der Computersimulationen für wissenschaftliche Anwendungen. Das Projekt UQLab hat zum Ziel eine Matlab-basierte Software mit Fokus UQ zu entwickeln. Sie ist ausgelegt, um akademischen Forschern wie auch Ingenieuren in der Praxis zu dienen. Die Entwicklungsphilosophie hebt die Benutzerfreundlichkeit, die Ausbaufähigkeit und den nicht-intrusiven Kern hervor. Die modulare Form erlaubt eine optimierte Programmoberfläche und mehrere Module mit Stand der Technik UQ Algorithmen. UQLab beinhaltet unter anderem: Copulatheorie zur Beschreibung von Eingangunsicherheiten, Unterstützung von Matlab-basierten Modellen wie auch externer Modellierungssoftware, fortgeschrittene Metamodellierungsmethoden (inklusive Polynomial Chaos Expansion und Kriging), simulations-basierte Zuverlässigkeitsanalysen und lokale und globale Sensitivitätsanalysen.

Zusätzlich erlaubt ein Managementsystem den Benutzern zusätzliche Module zu entwickeln und einzubinden.

Seit der Veröffentlichung im Juli 2015 haben mehr als 650 Personen aus 49 Ländern UQLab heruntergeladen, was UQLab zu einer Referenzsoftware in UQ macht.

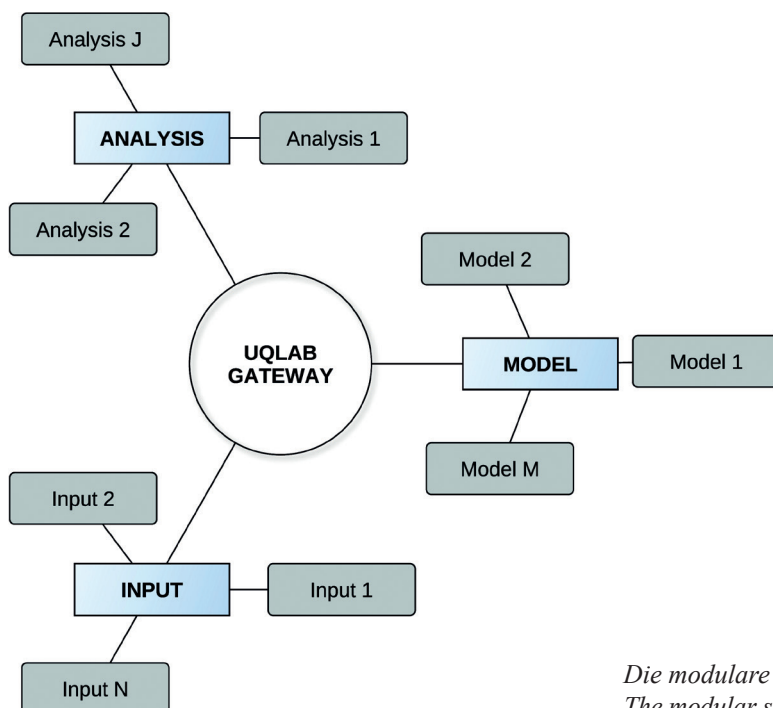
## UQLab: a framework for uncertainty quantification in Matlab

Uncertainty quantification (UQ) is a rapidly growing field in computer simulation-based scientific applications. The UQLab project aims at the development of a MATLAB-based software for uncertainty quantification. It is designed for both academic researchers and field engineers. Ease of use, extendibility and non-intrusiveness form the core of its development philosophy. The modular platform comprises a highly-optimized programming interface and several modules that implement state-of-the-art UQ algorithms. Among them are: copula formalism to represent input uncertainties; support for Matlab-based models as well as external modeling software; advanced metamodelling tools including polynomial chaos expansions, kriging and low-rank tensor representations; approximation-, simulation- and adaptive-surrogate modeling for reliability analysis; local and global sensitivity analysis.

Finally, a content-management system allows users to easily develop additional custom modules within the framework.

Since its public release in July 2015, over 650 users in 49 countries worldwide have registered and downloaded UQLab, making it a de-facto reference software in the UQ community.

[1] Marelli, S. Sudret, B., *UQLab: a framework for uncertainty quantification in MATLAB*, Proc. 2nd Int. Conf. on Vulnerability, Risk Analysis and Management (ICVRAM2014), Liverpool, United Kingdom, 2014.



Die modulare Struktur im Kern von UQLab.  
 The modular structure at the core of the UQLab framework.



## Ermüdungsverhalten von kreuzweise bewehrten Stahlbetonplatten

Projektleitung: Prof. T. Vogel  
Mitarbeiter: C. Spathelf  
Projektpartner: cemsuisse, Bern

Die Fahrbahnplatten von Stahlbetonbrücken sind typisch schlank ausgebildet mit einem geringen Verhältnis von Eigengewicht zu Nutzlasten und sind folglich ermüdungsgefährdet. Abweichungen zwischen Hauptmomenten- und Bewehrungsrichtung sind dort zu erwarten, wo die Radlasten von Schwer- oder Bahnverkehr zu bedeutenden Drillmomenten führen. Solche Beanspruchungen werden jedoch meist von kreuzweise verlegten Bewehrungslagen abgedeckt.

In dieser Arbeit wurde ein mechanisches Modell entwickelt, das eine realistische Beschreibung des Ermüdungsverhaltens von Platten unter verschiedenen Kombinationen von Biege- und Drillmomenten erlaubt. Zur Validierung der Ergebnisse wurden zwei Reihen von insgesamt vier Versuchen an kreuzweise bewehrten Stahlbetonplatten durchgeführt. Platten in denen die Bewehrungs- und Hauptmomentenrichtung übereinstimmen, wie auch das kreuzweise Bewehrungslayout um  $45^\circ$  gedreht wurden untersucht.

Vergleichsrechnungen weisen eine gute Übereinstimmung mit den experimentellen Resultaten beider Versuchsreihen auf. Weiterhin zeigen die Versuche, dass die Ermüdungsfestigkeit von Bewehrungsstäben schiefwinklig zur Hauptspannungsrichtung vergleichbar ist derjenigen von in der Hauptrichtung orientierten Stäben.



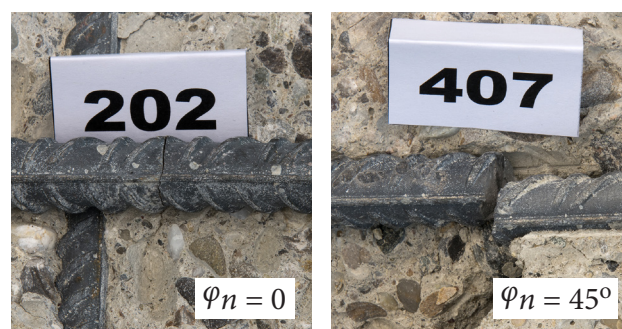
Versuchsanlage mit eingebautem Versuchskörper.  
Test setup with installed specimen.

## Fatigue performance of orthogonally reinforced concrete slabs

The deck slabs of structural concrete bridges are typically slender elements exhibiting a low ratio of own weight to live load; thus, making them susceptible to fatigue. Deviations between principal moment and reinforcement direction in these slabs are indicated wherever the wheel loads of heavy road or railway vehicles introduce a significant torsional moment. Such bending demands, however, are generally resisted by orthogonally placed layers of reinforcement.

In this research project, a mechanical model was developed that allows a realistic assessment of the fatigue performance of slabs under various combinations of bending and torsional moments. In order to validate the results, two series of four tests were carried out on large-scale orthogonally reinforced concrete slab specimens. Both specimens in which the reinforcement and principal moment coincide and where the reinforcement layout was rotated by  $45^\circ$  with respect to the direction of applied bending moment were investigated.

A comparison of calculations to experimental results shows a good correlation with both series of tests at maximum load. Furthermore, the tests indicate that the fatigue strength of reinforcing bars inclined with respect to the direction of principal stress is comparable to that of bars with an orientation coinciding with the principal direction.



Typische Ermüdungsbrüche der Bewehrungsstäbe  
Typical fatigue fractures of reinforcing bars

## Betonstahlbruchortung mittels magnetischer Streufeldmethode

Projektleitung: Prof. T. Vogel  
 Mitarbeiter: H. Diederich  
 Projektpartner: Bundesamt für Strassen ASTRA

Bewehrungsstähe im Beton sind vielfältigen Einwirkungen ausgesetzt. Als Folge von Überbelastung, Ermüdung und Korrosion kann es zu Brüchen in der Bewehrung kommen. Erste Anzeichen von Schäden zeigen sich erst spät. Bisher muss beim Verdacht auf Schäden die Überdeckung entfernt werden, da mit den heute erhältlichen kommerziellen Lösungen keine zerstörungsfreie Detektion möglich ist. Die magnetische Streufeldmethode ist ein vielversprechender Ansatz, bei dieser Problemstellung Abhilfe zu schaffen.

Aufbauend auf einem vorhergehenden Projekt [1] wurde ein Messwagen entwickelt, der die Magnetisierung der Bewehrung und Messungen in Streifen von 20 cm Breite ermöglicht. Dazu wurde eine Software entwickelt, die eine sofortige Interpretation und Auswertung der Messwerte ermöglicht.

Es konnte im Labor- und Feldversuch gezeigt werden, dass die magnetische Streufeldmethode für die Detektion von Korrosions- und Ermüdungsschäden geeignet ist, wie sie an Brücken auftreten können.

## Break Detection in Reinforcing Bars Using the Magnetic Flux Leakage Method

Reinforcement bars in concrete are exposed to many actions, such as high tensile loading, fatigue or corrosion. These actions may lead to reinforcement bar fractures, which only become outwardly visible at advanced stages of damage. Currently, the concrete cover to the reinforcement has to be removed if damage is suspected, as no suitable non-destructive testing solutions are commercially available, as yet. The magnetic flux leakage method is a promising approach to assist in solving this problem.

Building on the results of a preceding project [1], a measuring device was developed, which enables the magnetization of steel reinforcement and the measurement of a magnetic field over a width of 20 cm. Software was also developed that allows an immediate interpretation and evaluation of the results.

The project demonstrated, in laboratory and in field tests, that the magnetic flux leakage method is suitable for the detection of damage due to corrosion and fatigue as frequently encountered in bridge examinations.

[1] Wolf, T.; (2012). Zur Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode; Dissertation ETH Zürich, Dezember 2012, 113 pp.



Fig. 1

Fig. 1: Messergebnis an einem Versuchsträger: Acht von elf Brüchen konnten durch den entwickelten Bruchalgorithmus identifiziert werden. Diese zeigen sich als weisse Flächen in der Auswertung.

Measurement result on a test slab strip: Eight out of eleven fractures could be identified with the developed algorithm. These fracture predictions are represented by the white regions in the analysis.

Fig. 2: Der Prototyp des Messgerätes magnetisiert die Bewehrung über seine integrierten Spulen und misst das Magnetfeld über eine Breite von 20 cm.

The prototype of the measuring device is equipped with coils cores to magnetize the reinforcement. It enables the measurement of a magnetic field over a width of 20 cm.

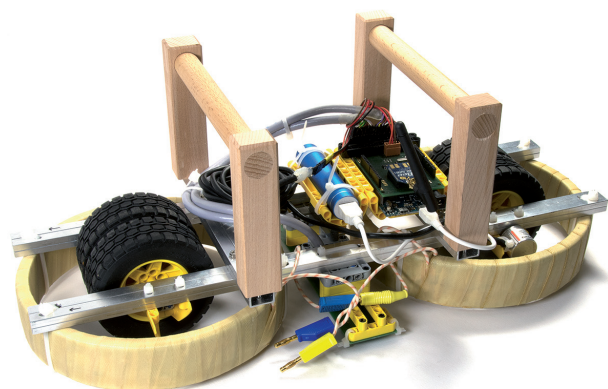


Fig. 2

## Numerische Modellierung von Schallemissionen in gerissenen Stahlbetontragwerken

Projektleitung: Prof. T. Vogel

Mitarbeiter: S. Gollob

Projektpartner: Schweizerischer Nationalfonds, Bern

In der Schallemissionsanalyse wurde Beton bisher als ein homogenes und isotropes Material betrachtet. Mit dieser Annahme stösst die Untersuchung von Betontragwerken an Grenzen, da einerseits eingelegte Bewehrungen eine entscheidende Inhomogenität und Anisotropie darstellen und andererseits mit zunehmender Belastung die Entstehung und Existenz von Rissen nicht mehr vernachlässigt werden kann.

Deshalb ist das Ziel des Forschungsprojektes die Entwicklung eines Schallemissionslokalisierungsprogramms, welches in der Lage ist heterogene Geschwindigkeitsmodelle zu verarbeiten [1]. Zusätzlich soll statt der üblichen Annahme von geraden Schallwellenausbreitungswegen auf multilineare Schallausbreitungswege zurückgegriffen werden [2]. Auf diese Art sollen die Einflüsse von Bewehrung oder Rissen auf die Schallwellenausbreitungswege besser berücksichtigt werden. Die numerische Simulation von elastischen Wellen mit der Methode der finiten Differenzen hat sich als taugliches Werkzeug erwiesen, um diese Einflüsse zu untersuchen.

Die Vorteile der neuen Methode und die Verbesserung der Lokalisierungsgenauigkeit werden durch Vergleiche der einzelnen Lokalisierungsmethoden untereinander, sowie deren Übereinstimmung mit bekannten künstlichen Schallquellen und Rissbildern aufgezeigt [3].

[1] Gollob S. and Vogel, T., *Localisation of Acoustic Emission in Reinforced Concrete Using Heterogeneous Velocity Models*, 31st Conference of the European Working Group on Acoustic Emission (EWGAE), 2014.

[2] Gollob S. and Vogel, T., *Localization of Acoustic Emission in Reinforced Concrete using a Heterogeneous Velocity Model and Multilinear Wave Propagation Paths*, fib Symposium 2015, Copenhagen, 2015.

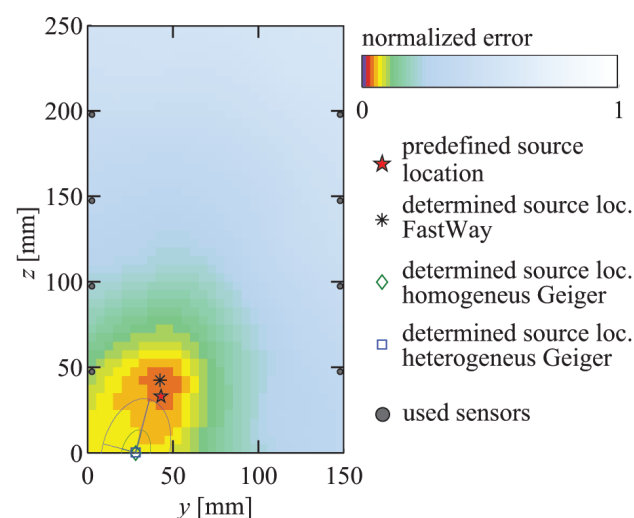
[3] Gollob, S., Kocur, G.K., Schumacher, T., Mhamdi, L. and Vogel, T., *A novel multi-segment path analysis based on a heterogeneous velocity model for the localization of acoustic emission sources in complex propagation media*, Ultrasonics, 74:48-61, 2017.

## Numerical Modelling of Acoustic Emissions in Cracked Reinforced Concrete

In acoustic emission analysis, concrete has been considered so far as a homogeneous and isotropic material. With this assumption, however, interpretation for concrete structures reaches certain limits: On the one hand, the presence of reinforcement represents a decisive inhomogeneity and anisotropy. On the other hand, with increasing loading the formation and existence of cracks cannot be neglected anymore.

The main aim of this project is to develop localization algorithms capable of processing heterogeneous velocity models [1]. Moreover, instead of straight paths, multilinear wave propagation paths will form the basis of the localization algorithm [2]. To explore the influences of cracks and reinforcement on the wave propagation, numerical simulation of elastic waves with the finite difference method has proven to be an adequate tool.

The accuracy and advantages of the approaches will be highlighted by comparing the results of the different localization calculations with each other and with the crack patterns. The results will also be compared with the known location of artificial AE's [3].



Visualisierung von Schallemissionslokalisierungen mit einer homogenen und einer heterogenen Geiger-Methode sowie mit der FastWay-Methode in einem y-z Querschnitt. Visualization of a localisation of an acoustic emission in a y-z cross-section using a homogeneous and a heterogeneous Geiger Method as well as the FastWay Method.



### Stahlbetonplatten von Steinschlagschutzgalerien

Projektleitung: Prof. T. Vogel  
 Mitarbeiterin: C. Röthlin  
 Projektpartner: Bundesamt für Strassen, Bern;  
 Schweizerische Bundesbahnen  
 SBB, Bern

Stahlbetonplatten sind wichtige Bauteile von Steinschlagschutzgalerien. Das erhöhte Dissipationsvermögen von duktilen Tragelementen der Betonbauweise führt insbesondere bei aussergewöhnlichen dynamischen Einwirkungen wie beispielsweise stossartigen Belastungen zu einem günstigen Tragverhalten. Die Erweiterung der Plastizitätstheorie zur Beschreibung des Trag- und Verformungsverhaltens von Stahlbetonplatten unter stossartiger Beanspruchung ist bislang noch unzureichend erforscht.

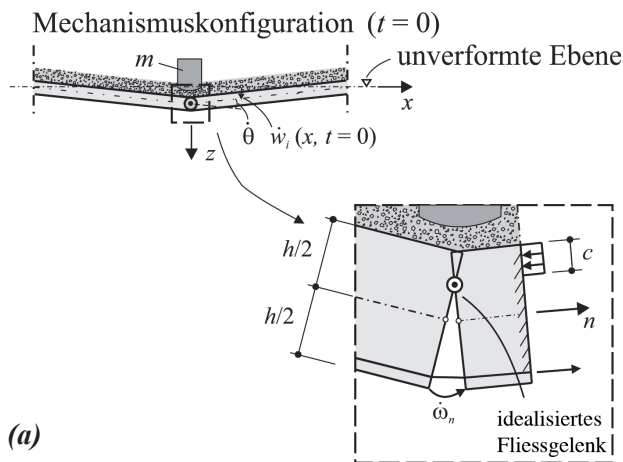
Mit der vorliegenden Arbeit wird mittels einer energetischen Betrachtungsweise das Trag- und Verformungsverhalten von duktilen Stahlbetonplatten mit granularer Eindeckung unter stossartiger Beanspruchung auf der Basis der Plastizitätstheorie durch Einbezug der d'Alembert'schen Trägheitskräfte beschrieben. Aufgrund der mit dynamischen, analytischen Verfahren einhergehenden mathematischen Komplexität wird ein Näherungsverfahren für den Versagenszustand anhand des Prinzips der virtuellen Leistungen und des Impulserhaltungssatzes auf der Basis der Fliessgelenklinientheorie vorgeschlagen. Das Verfahren setzt ein mit ausgeprägten plastischen Verformungen verbundenes Versagen sowie eine impulsartige Beanspruchung voraus. Das erarbeitete Näherungsverfahren wird mit Versuchsergebnissen [1, 2] verifiziert und seine baupraktische Anwendbarkeit diskutiert.

### RC Slabs of Rockfall Protection Galleries

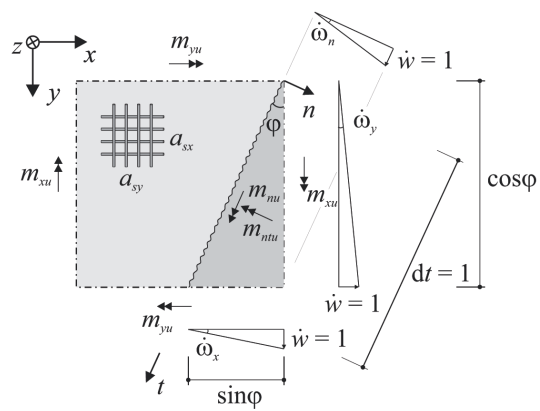
RC slabs are important structural members of rockfall protection galleries. The increased dissipation capacity of ductile structural members in reinforced concrete structures – particularly in cases of extreme, dynamic actions such as those given by impact loadings – leads to favorable structural behavior. Expansion of the theory of plasticity for reinforced concrete slabs to dynamic impact loading has not yet been sufficiently explored.

The present work addresses an energetic approach for describing the load carrying and deformation behavior of ductile RC slabs covered with granular cushion material subjected to impact loading based on the theory of plasticity under the consideration of d'Alembert's principle of inertial forces. Due to the mathematical complexity of analytical dynamic solutions, an approximation procedure is proposed for describing the limit state by means of the principle of virtual power and the conservation of momentum based on the yield line theory. The approach requires ductile behavior, whereas slab failure is associated with distinct plastic deformation, as well as the slab subjected to impulsive type loading. The approximation method is validated by means of experimental results [1, 2] and its practical applicability is discussed.

[1] Yamaguchi, S., Nishi, H., Kon-no, H., Kishi, N., Kurihashi, Y. and Ushiwatari, Y., *Large-scale falling-weight impact test on RC slabs with cushion material*, Proceedings, 9th International Conference on Shock & Impact Loads on Structures, Japan, pp. 677-684, 2011.  
 [2] Röthlin, C., Kurihashi, Y., Yamaguchi, S., Konno, H., Kishi, N., and Vogel, T., *Drop weight Tests on Full-Scale Specimen of Rockfall Protection Galleries*, Institute of Structural Engineering, IBK report, ETH Zurich, 400 pp., 2015.



(a)



(b)

*Biegeverhalten von duktilen Stahlbetonplatten mit granularer Eindeckung unter Aufprallstoss: (a) Mechanismuskonfiguration; (b) infinitesimales Plattenelement mit Fliessgelenklinie.*  
*Bending behavior of ductile RC slabs with granular cushion material subjected to impact: (a) mechanism; (b) infinitesimal plate element with yield line.*



# VERANSTALTUNGEN

## Kolloquium

### Baustatik und Konstruktion

Das Kolloquium ist seit Jahren ein Angebot sowohl für Hochschulangehörige als auch für Ingenieure aus der Praxis. Das IBK lädt im Frühjahrs- und Herbstsemester Professoren in- und ausländischer Hochschulen oder Fachleute aus Praxis und Industrie als Referenten ein. Auch wissenschaftliche Mitarbeitende des Instituts erhalten Gelegenheit, über ihre Forschungsarbeiten zu berichten. Sowohl Ingenieure aus der Praxis als auch Hochschulangehörige schätzen dieses Angebot.

10.03.2015

Jack W. Baker, Prof.

Stanford University, Stanford, USA

**Quantifying seismic risk to transportation networks: user impacts and at-risk communities**

31.03.2015

Stéphane Braune, Dipl. Bauing. ETH/SIA

Walt+Galmarini AG, Zürich

**Das neue Coop Verteilzentrum in Schafisheim: Aussergewöhnliche Tragwerke für ein aussergewöhnliches Bauwerk**

21.04.2015

Volkhard Angelmaier, Dipl. Ing.

Leonhardt, Andrä und Partner

Beratende Ingenieure VBI AG, Stuttgart, DE

**Taminabrücke – Wettbewerb, Projektierung, Herstellung**

12.05.2015

Andreas Zachmann, Dipl. Bauing. ETH/SIA

zpf Ingenieure AG, Basel

**Bemessung und konstruktive Ausbildung von schlanken Stahlbauten**

29.09.2015

Eleni Chatzi, Prof. Dr. und Andrea Frangi, Prof. Dr.

Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

**House of Natural Resources**

20.10.2015

Paulo Lourenço, Prof. Dr.

University of Minho, Guimarães, PT

**Conservation of monuments and historic structures: Methodology, research and practice**

17.11.2015

Viet Tue Nguyen, Prof. Dr.-Ing. habil.

Technische Universität Graz, AT

**Neuer Ansatz zur Ermittlung der Mindestbewehrung für dicke Stahlbetonbauteile**

01.12.2015

Paolo Gardoni, Prof. Dr.

University of Illinois, Urbana, Illinois, USA

**Reliability and Resilience of Civil Infrastructure Systems subject to Multiple Hazards**

01.03.2016

Josef Grob, Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. ETH/SIA

Geschäftsleiter Dr. J. Grob & Partner AG, Winterthur und

Sassan Mohasseb, Dr. sc. techn.,

Engineer Stanford University

Geschäftsleiter SMTEAM GmbH, Meilen

**Kornhaus Swissmill Zürich**

22.03.2016

Armand Fürst, Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. ETH/SIA und

Diego Somaini, Dr. sc. ETH, MSc Bauing. ETH/SIA

Fürst Laffranchi Bauingenieure GmbH, Aarwangen

**Ersatzneubau Aarebrücke asm, Aarwangen**

12.04.2016

Michel Kahan, Dr.,

Executive Vice President SETEC Group, Paris, FR

**Challenges of building new metro lines in dense urban area**

03.05.2016

Armen Der Kiureghian, Prof. Dr.,

President, American University of Armenia,

Yerevan, AM

Taisei Professor of Civil Engineering, Emeritus,

University of California, Berkeley, USA

**Post-hazard learning and decision-making for infrastructure systems**

31.05.2016

Andrea Bassetti, Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. ETH/SIA

Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG, Zürich

**Arch\_Tec\_Lab: Neue Tragwerksformen dank der digitalen Fabrikation**

18.10.2016

Michel Bruneau, Prof. Dr.  
Department of Civil Engineering  
University at Buffalo, Buffalo, NY, USA  
**Buckling-Restrained Braces and Other Structural Fuse Strategies for Resilient Bridges**

01.11.2016

Christian U. Grosse, Prof. Dr.-Ing. habil.  
Technische Universität München, München, DE  
**Beton mit Selbstheilungseigenschaften und welche Bedeutung zerstörungsfreie Prüfverfahren dabei haben**

08.11.2016

Walter Bieler, Dipl. Bauing. HTL SIA BSA ass.  
Walter Bieler AG, Ingenieurbüro, Bonaduz  
**Werkbericht – Holzbau erhebt Ansprüche**

22.11.2016

Peter Tanner, Dr.-Ing.  
IETec-CSIC, Madrid und CESMA Ingenieros, Madrid, ES  
**Papier und Bleistift im Zeitalter von BIM. Zum Entwurf von Brücken.**

06.12.2016

Paolo Franchin, Associate Professor of Structural Design and Earthquake Engineering, Sapienza University of Rome, IT  
**Physical and uncertainty modeling of interdependent civil infrastructure systems for the purpose of developing decision support systems and resilience assessment**

## Seminare

### Baustatik und Konstruktion

Jeder Professor und jede Professorin am IBK hat die Möglichkeit, auch kurzfristig Seminare zu Forschungsthemen durchzuführen, um z.B. akademische Gäste zu Worte kommen zu lassen. Nebst den Mitgliedern des IBK wird in der Regel auch der Adressatenkreis des IBK-Kolloquiums eingeladen.

17.02.2015

Ahmad A. Hamid, Ph.D, P.E., Professor of Structural Engineering  
Drexel University, Philadelphia, USA  
**Performance-Based Design and Retrofit of Unreinforced Masonry Buildings in the USA**

02.04.2015

Dimitrios Lignos, Dr., Assistant Professor of Structural Engineering  
Dept of Civil Engineering and Applied Mechanics  
McGill University, Montreal, CA  
**Collapse Risk Assessment of Steel Frame Buildings Designed with Deep Wide-Flange Steel Columns in Highly Seismic Regions**

14.04.2015

Ebenezer Ussher, PhD Candidate  
University of New Brunswick, Fredericton, CA  
**Enhancing dynamic performance of lightweight superstructures using supplementary damping**

29.04.2015

Ivan Damnjanovic, Dr., Associate Professor  
Zachry Department of Civil Engineering  
A&M University, Texas, USA  
**Risk-transfer Options for Natural Hazards: Capital Markets, Reinsurance, or your Facebook Friends?**

05.05.2015

Daniel Straub, Prof. Dr.  
Technical University Munich, Munich, DE  
**The Role of Information in Risk Management of Engineering Systems**

07. and 28.05.2015

Alessandro Palermo, Prof. Dr.  
University of Canterbury, Christchurch, NZ  
**Seismic Damage Resistant Post-Tensioned Structures**

15.06.2015

(Vorlesung: 101-0190-05L)  
**Seismic damage resistant precast concrete bridges**

13.05.2015

Paul Embrechts, Prof. Dr.  
Chair of Insurance Mathematics at Risklab, Department of Mathematics, ETH/University Zurich, Zurich

**Seminar on Operational Risk**

06.06.2015

Dionisio Bernal, Prof. Dr.  
Center for Digital Signal Processing, Department of Civil and Environmental engineering, Northeastern University, Boston, MA, USA

**On the Identification of Inputs**

06.06.2015

Tara C. Hutchinson, PhD, PE  
Professor, Department of Structural Engineering  
University of California, San Diego, USA  
**Earthquake and Post-Earthquake Fire - Testing of a Full-scale 5-story Building outfitted with Nonstructural Components on the World's Largest Outdoor Shake Table**

11.06.2015

Giorgio T. Proestos, B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. Candidate  
Department of Civil Engineering, University of Toronto, CA

**Complex Experimental Techniques for Testing Reinforced Concrete Shell Elements Subjected to Shear**

23.06.2015

Kristof Maes, Ph.D. Candidate  
Dept. of Civil Engineering, Structural Mechanics Section, KU Leuven, Belgium  
**Structural health monitoring: a smartwatch for structures**

25.06.2015

Branko Glišić, Assistant Professor  
Department of Civil and Environmental, Princeton University, Princeton, NJ, USA  
**Advances in Strain-Based Structural Health Monitoring**

02.07.2015

Werner Seim, Prof. Dr.  
University of Kassel, DE  
**Timber and concrete – adhesive bonded connection of high-performance materials**

06.07.2015

Tara C. Hutchinson, Professor  
Department of Structural Engineering  
University of California, San Diego, USA  
**Earthquake and Post-Earthquake Fire Testing of a Full-scale 5-story Building outfitted with Non-structural Components on the World's Largest Outdoor Shake Table**

14.09.2015

Bohua Sun, Prof.  
Cape Peninsula University of Technology, Cape Town, South Africa  
**Smart materials and structures**

22.09.2015

Sujan Malla, Dr. Eng.  
Axpo Power AG, Baden  
**2015 Nepal Earthquake Disaster**

17.11.2015

Dilum Fernando, Dr.  
University of Queensland, Australia  
**Existing research on advanced composite structures at the University of Queensland, Australia**

10.12.2015

Victor Victorsson, Dr.  
Senior Underwriter Engineering,  
Swiss Reinsurance Company Ltd, Zürich  
**Underwriting of Construction Projects**

22.02.2016

Chin-Long Lee, PhD,  
Senior Lecturer of Structural Engineering,  
Department of Civil and Natural Resources Engineering, University of Canterbury, Christchurch, NZ  
**Mixed Formulations for Frame Elements with Bond-Slip and Rocking**

## VERANSTALTUNGEN

08.03.2016

Ali Amin, Dr. Phil., CPEng.  
School of Civil and Environmental Engineering,  
University of New South Wales, Sydney, Australia  
**Post Cracking Behaviour of Steel Fibre Reinforced  
Concrete: From Material to Structure**

30.05.2016

Oral Buyukozturk, Professor Dr.  
Massachusetts Institute of Technology Cambridge  
Department of Civil and Environmental Engineering  
Massachusetts, USA  
**Quantitative Sustainability of Infrastructure:  
Innovation in materials and structural sensing**

30.05.2016

Jose V. Aguado, Postdoc  
High Performance Computing Institute (ICI)  
Ecole Centrale de Nantes, F  
**Separated Tensor Representations for Parametric  
Problems: Introduction, Applications and Perspec-  
tives for Real Time Hybrid Simulation**

20.07.2016

Dan Frangopol, Prof.  
Structural Engineering, Department of Civil and  
Environmental Engineering, Lehigh University,  
Bethlehem, PA, USA  
**Brief Overview of Past, Present, and Future  
Research on Life-Cycle Performance of Civil and  
Marine Structures at Lehigh**

26.07.2016

Masoud Sanayei, Prof.  
Department of Civil and Environmental Engineering  
Tufts University, Medford, MA  
**Real-time Statistical Bridge Condition Assessment  
using Girder Distribution Factors**

08.09.2016

Amir Gandomi, PhD  
Distinguished Research Fellow, National Science  
Foundation (NSF), Center for the study of evolution  
in action (BEACON),  
Michigan State University, MI200 College Avenue,  
USA  
**Computation in Big Data Mining and Large-Scale  
Optimization of Structural Systems**

15.09.2016

Eleni Chatzi, Assistent Professor  
Chair of Structural Mechanics, Institute of Structural  
Engineering (IBK), ETH Zürich  
**Re-powering Infrastructure via Monitoring &  
Simulation**

23.11.2016

Marcel Tschumi, Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Dr. h.c.  
**Brücken, Wunder der Technik aus vier  
Perspektiven**

28.11.2016

Gabriele Granello, PhD Candidate  
University of Canterbury, Christchurch, NZ  
**Long term performance of posttensioned timber  
structures**

30.11.2016

Hiroshi Tomofuji, Structural Engineer  
Shimizu Corporation, Chuo-ku, Tokyo  
**Concrete structure under multiple disastrous  
situations – Integration between engineering and  
research**

13.12.2016

Shamin Pakzad, Prof. Dr.  
Civil and Environmental Engineering, Lehigh Uni-  
versity, USA  
**(Big)Data in the Interest of Structures**

15.12.2016

Max Meyer, Dr. sc. h.c.  
VSL International AG, Subingen  
- **Structural Failures – Beispiele aus dem  
Brückenbau**  
- **Newmarket Viadukt, Auckland, Neuseeland  
Abbruch und Neubau einer Zwillingsbrücke  
unter Aufrechterhaltung des Verkehrs**



## Einführungsvorlesung

In die Berichtsperiode fällt die Einführungsvorlesung von Professor Dr. Walter Kaufmann.

21.05.2015  
 Walter Kaufmann, Prof. Dr. sc. techn.  
**Herausforderungen im Betonbau**

## Doktorvorträge

In den Doktorvorträgen stellen die Doktorierenden ihre Dissertationen ihren Kolleginnen und Kollegen im Institut und einer interessierten Öffentlichkeit vor.

05.08.2015  
 Flavio Wanninger, MSc ETH Bauing  
**Post-Tensioned Timber Frame Structures**

16.11.2015  
 Gianluca De Sanctis, MSc ETH Bauing  
**Generische Risikobeurteilung für einen effizienten Brandschutz**

24.11.2015  
 Kevin Rahner, Dipl. Ing. Univ. Stuttgart  
**Effiziente und nachhaltige Tragwerke für Hochhäuser aus Stahlbeton**

14.11.2016  
 Lorenzo Boccadoro, MSc ETH Bauing  
**Timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber with notched connection**

## VERANSTALTUNGEN

### Interne Anlässe des IBK

2015

Institutsskilager Ftan 23.-26.01.2015

Institutsevent 29.09.2015

- Kolloquium von E.N. Chatzi und A. Frangi, «ETH House of Natural Resources»
- Apéro und Barbecue in der Bauhalle

Weihnachtsparty 07.12.2015



*Institutsskilager Ftan*

2016

Institutsskilager Arosa 22.-25.01.2016

Institutsevent 16.09.2016

- Tropenhaus Frutigen
- Jugendstilhotel Paxmontana in Flüeli Ranft

Weihnachtsparty 05.12.2016



*Institutsskilager Arosa*



*Ftan im Unterengadin (GR)*

## Weitere Veranstaltungen

### **ETH-Tagung: Von der Forschung zur Praxis – Neue Erkenntnisse zur Zuverlässigkeit von Brettschichtholz**

31. März 2015, ETH Zürich

Organisation: Prof. Dr. A. Frangi, *ETH Zürich*  
E. Pöhler, *S-WIN c/o Lignum*

Im Rahmen von mehreren vor kurzer Zeit abgeschlossenen Forschungsprojekten wurde das Tragverhalten von Brettschichtholz (BSH) in Bezug auf Modellierung und Festigkeitsklassifizierung, Stabilitätstragverhalten, Verstärkung und Brandsicherheit grundlegend untersucht. Die umfangreichen durchgeführten numerischen und experimentellen Untersuchungen liefern wertvolle Daten für ein vertieftes Verständnis des Tragverhaltens von BSH. Sie erlauben die Entwicklung von verbesserten Tragmodellen für die Bemessung von Bauteilen aus BSH und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Tragwerken im Ingenieurholzbau. Die Tagung stellte die wesentlichen Resultate und Erkenntnisse der Forschungsprojekte für die Praxis vor, die in einem umfangreichen Tagungsband dokumentiert wurden. Die Tagung richtete sich vor allem an Bauingenieure und Holzbauunternehmungen.

Bauteile aus BSH haben gegenüber Bauteilen aus Vollholz signifikante Vorteile, wie geringere Streuung der Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften und die freiere Wahl der Abmessungen. Ausserdem ist es möglich unterschiedliche Lamellenqualitäten entsprechend den statischen Anforderungen im BSH-Träger anzuordnen. Durch diese Vorteile hat sich BSH zu einem der wichtigsten Produkte im Holzbau entwickelt. Es nahmen 84 Personen teil.

### **Mini Symposium Organizer on «Innovative Sensing Solutions for Reducing Uncertainty in Engineering Systems»**

May 25-27, 2015, Crete Island, Greece

Organisation: International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP2015)

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

This mini-symposium formed a platform for idea exchange and knowledge dissemination concerning

the latest developments in the field of innovative sensor solutions and their implementation on structural or mechanical systems.

### **FBH Studienreise Brasilien**

3.-14. Juni 2015, ETH Zürich

Organisation: Prof. Dr. M. Fontana, *ETH Zürich*  
K. Kümmin, *FBH*  
Partner: FBH/SIA

Die FBH hat eine Studienreise nach Brasilien durchgeführt, an welcher 11 Personen teilgenommen haben.

Das Programm umfasste:

- Besuch der Stahl-Beton-Verbundbrücke Niteroi, des Kunstmuseums von Oscar Niemeyer und eine Fahrt auf den Zuckerhut.
- Besuch des Maracana Stadiums und eine Präsentation von Alberto Goosen, Tuchschild AG, Frauenfeld (präsentiert durch M. Fontana).
- Besuch beim Erzbischof Karl Josef Romer (Kontakt T. Steffen) und Fahrt auf den Corcovado.
- Flug nach Brasilia mit anschliessender Rundfahrt und dem Besuch des Aussenministeriums (Kontakt O. Niemeyer).
- Besuch des Parlaments und die Vorstellung des Gebäudes durch den Architekten Elcio Gomez da Silva, anschliessendes Essen in der Nationalbibliothek.
- Besuch der Iguazu-Wasserfälle in Argentinien.
- Technische private Führung Binacional Itaipu Krafwerk und Staudamm, Flug nach Sao Paulo.
- Besichtigung SIKA Baustelle Metro TBM.
- Präsentation und Besichtigung der Schrägseilbrücke Octavio Frias de Oliveira (durch Julio Timerman und Gilson Marchesini, IABSE Vice presidents), sowie Besichtigung Edificio COPAN.

### **Weiterbildungszertifikat – CAS ETH in Risiko und Sicherheit**

Der berufsbegleitende Kurs umfasst Lehrveranstaltungen zur Analyse, Bewertung, Optimierung und Kommunikation der Risiken technischer Systeme. Für die Verbesserung der Handlungsfähigkeit in der Praxis werden rechtliche, geistes- und gesellschaftswissenschaftliche Aspekte einbezogen.



## VERANSTALTUNGEN

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben zudem die Möglichkeit, einen vom Bundesamt für Gesundheit anerkannten Abschluss als Sicherheitsingenieur gemäss Art. 11 d) der Verordnung über die Unfallverhütung SR 832.30 zu erwerben.

Trägerin des CAS ETH in Risiko und Sicherheit ist das D-BAUG in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart.

### *Brandschutz (Modul V6)*

22. bis 26. Juni 2015, ETH Zürich

Projektleiter: Prof. Dr. M. Fontana, *ETH Zürich*

Mitarbeiter: Dr. G. De Sanctis, *ETH Zürich*

Im Rahmen des Vertiefungsmoduls 6 führten wir zum neunten Mal ein Modul zum Thema Brandsicherheit durch. Das Modul wurde von 25 Teilnehmerinnen und Teilnehmern besucht. Die Dozierenden vermittelten in einer ersten Phase die Grundlagen zum vielschichtigen Thema Brand. Der theoretische Teil wurde durch praktische Demonstrationen von Sprinkleranlagen und der Druckbelüftung von Treppenhäusern anlässlich eines Besuches bei der Firma Jomos AG in Balsthal ergänzt. In einer zweiten Phase hatten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer Gelegenheit ihr Wissen und Können an drei echten Fallbeispielen, betreut von Brandspezialisten der Feuerpolizeibehörden und des Schweizerischen Institutes zur Förderung der Sicherheit, unter Beweis zu stellen.

### **Mini Symposium Organizer on «Structural Identification and Damage Detection»**

June 16-19, 2015, Stanford CA, USA

Organisation: Engineering Mechanics Institute conference, EMI 2015, Stanford University

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

Description: See description of Mini Symposium Organizer on «Uncertainty Quantification in Engineering Simulations» for the EMI 2016 conference

### **Mini Symposium Organizer on «Uncertainty Quantification in Engineering Simulations»**

July 12-15, 2015, Volos, Greece

Organisation: 8th GRACM International Congress on Computational Mechanics

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

Description: See description of Mini Symposium Organizer on «Uncertainty Quantification in Engineering Simulations», Metz, France 2016

### **Mini-symposium MS-9 on «Surrogate models for uncertainty quantification, reliability analysis and robust design»**

### **12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering**

July 12-15, 2015, Vancouver, Canada

Organisation: CERRA, *International Civil Engineering Risk and Reliability UC Berkeley, California, US*

Organizer: Prof. Dr. B. Sudret, *ETH Zurich*  
Prof. Dr. J.-M. Bourinet, *IFMA, France*  
Prof. S. Mahadevan, *Vanderbilt University, Nashville, USA*  
Prof. S. Missoum, *University of Arizona, Tucson, Arizona, USA*

Structural reliability methods and more generally, methods that aim at taking into account model and parameters uncertainty have received much attention in the mechanical, civil, and aerospace engineering communities over the past two decades. Some well-known methods such as FORM/SORM for reliability analysis, spectral methods for stochastic finite element analysis, global sensitivity analysis (Sobol' indices), etc. are nowadays applied in an industrial context, e.g. nuclear, aerospace, and automotive industries, among others.

However, accurate computational models (e.g., finite element analysis) of complex structures or systems are often costly. A single run of the model may last minutes to hours, even on powerful computers. In order to use these models for reliability analysis and reliability-based design optimization, which require repeated calls to the computational code, it is necessary to develop a substitute that may be evaluated thousands to millions of times at low cost: these substitutes are referred to as meta-models or surrogate models.



The aim of this mini-symposium was to confront various kinds of meta-modelling techniques in the context of uncertainty propagation including classical response surfaces, polynomial chaos expansions, Kriging, support vector regression, neural networks, sparse grid interpolation, etc.

**Mini Symposium Organizer on «CSC2015-S04: Computing Methods for Uncertainty Quantification in Engineering Simulations»**

September 01-04, 2015, Prague, Czech Republic

Organisation: Fourth International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering Prague

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

Description: See description of Mini Symposium Organizer on «Uncertainty Quantification in Engineering Simulations», Metz, France 2016

**25th European Safety and Reliability Conference (ESREL' 2015), ETH Zurich**

September 07.-10, 2015, Zurich

Organisation: ESRA

*University of Stavanger, Norway*

Organizer: Prof. Dr. B. Stojadinovic, *ETH Zurich*  
 Prof. Enrico Zio, *Centrale Supelec and Politecnico di Milano*  
 Prof. Dr. B. Sudret, Technical Co-Chair, *ETH Zurich*  
 Dr. Luca Podofillini, *Paul Scherrer Institute, Villingen*

The 25th annual European Safety and Reliability Conference ESREL 2015 of the European Safety and Reliability Association (ESRA) was held from September 7-10, 2015 at ETH Zurich. Prof. Dr. Božidar Stojadinović served as the Chairman and Prof. Dr. Bruno Sudret served as the Technical Co-Chairman of this Conference. ESREL 2015 provided a forum for presentation and discussion of scientific works covering theories and methods in the field of risk, safety and reliability, and their application to a wide range of industrial, civil and social sectors and problem areas. The specific focus of ESREL 2015 was to advance the understanding, modelling, and managing of the complexity of the risk, safety and reliability

of engineered systems and address the technological, societal, financial aspects of these systems. With the support of the ETH Risk Center, the conference attempted to broaden the scope of risk, safety and reliability from the technical to natural, financial and social aspects, focusing on interdependencies of functions and cascade of failures in complex systems.

About 550 papers and 6 keynote lectures were presented and published in the conference proceedings. About 600 professionals and academics attended ESREL 2015, making it the biggest ESREL to date.

**1. Fachveranstaltung: Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau**

08. September 2015, ETH Zürich

Moderation: Prof. Dr. W. Kaufmann, *ETH Zürich*

Organisation: Bau und Wissen TFB AG, Wildegg

Referenten: Dr. Martin Bimschas, *dsp Ingenieure & Planer AG, Greifensee*  
 Dr. Karlheinz Haveresch, *Landesbetrieb Strassenbau NRW, Hamm, DE*  
 Prof. Dr. Walter Kaufmann, *ETH Zürich*  
 Hartmut Mühlberg, *Monod-Piquet + Associés IC S.A., Lausanne*  
 Prof. Dr. Aurelio Muttoni, *EPFL, Lausanne*

Die erstmalig durchgeführte Brückenbau-Tagung mit 150 Teilnehmenden richtete sich an alle Fachleute, die sich mit der Planung, der Erstellung und der Erhaltung von Kunstbauten befassen, sei dies als Bauherr, Projektverfasser oder Unternehmer. Im Zentrum standen aktuelle Fragen und Innovationen im Brückenbau. Es besteht die Absicht, die Tagung mit wechselnden Schwerpunkten in loser Folge zu wiederholen.

Den Schwerpunkt des ersten Teils der Tagung bildete die Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Brücken. Dabei wurden zunächst Fragen der Durchstanzsicherheit und der Querkrafttragfähigkeit von Fahrbahnplatten sowie der Erdbebensicherheit von Brücken behandelt. Die Antworten auf diese Fragen haben eine grosse wirtschaftliche Bedeutung, sind doch Verstärkungsmassnahmen in aller Regel sehr aufwändig. Anschliessend wurde die deutsche Nachrechnungsrichtlinie für Betonbrücken vorgestellt und die damit gemachten Erfahrungen erörtert.

## VERANSTALTUNGEN

Im zweiten Themenblock wurden neuere Entwicklungen behandelt.

Im ersten Referat wurden die Überlegungen aufgezeigt, welche in Deutschland zur Anwendung von innenliegenden Längsspanngliedern ohne Verbund geführt haben und dieses System mit konventionellen Lösungen verglichen. Anschliessend wurden die Erfahrungen mit bestehenden integralen Brücken in der Schweiz aufgezeigt und mögliche Anwendungsgrenzen solcher Brücken diskutiert. Abschliessend wurde die Instandsetzung einer der grössten Brücken der Schweiz erörtert, deren Fahrbahnplatte Alkali-Aggregat-Schäden aufwies und mit ultrahochfestem Faserbeton verstärkt wurde.

### **Doctoral Course Organizer, «Identification Methods for Structural Systems»**

October 05-16, 2015, Graz, Austria

Organisation: TU Graz, Austria

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

This doctoral course treated fundamental topics within the field of Structural Health Monitoring (SHM), with a special focus on the identification of vibrating systems, based on sensory information. Structural Health Monitoring, which pertains to the collection of data from a structural system and its operating environment, can be a valuable source of information for evaluating structural integrity, durability and reliability throughout the structure life cycle as well as ensuring optimal maintenance planning and safe operation. The recent developments in sensor technology and communication networks have allowed for the rapid deployment of dense sensor arrays at a relatively low cost. As a result, advanced computational methods are required in order to process and interpret the large bulk of the obtained information. The proper combination of hardware resources and theoretical tools can ultimately lead to a «smart infrastructure management system», where structural assessment no longer depends merely on sporadic visual inspections.

### **Mini-symposium MS-42 on «Sparse Techniques for High-dimensional UQ Problems and Applications»**

April 05-08, 2016 Lausanne

Organization: SIAM Conference on Uncertainty Quantification

Organizer: Prof. Dr. B. Sudret, *ETH Zurich*  
Prof. A. Doostan,  
*University of Colorado Boulder, USA*  
Dr. K. Sargsyan,  
*Sandia National Laboratories, USA*

Uncertainty quantification in computational models is strongly challenged by the high-dimensionality of the input parameter space. Relatedly, classical techniques such as polynomial chaos expansions typically lead to under-determined problems. This curse of dimensionality has recently been tackled by sparse learning techniques, such as sparse grids interpolation, L1-regularized regression (e.g. compressive sensing and least angle regression). These methods successfully address the high-dimensionality challenge at an affordable cost, if the latter has an underlying sparse structure. This mini-symposium focused on the latest developments of these techniques for the sake of uncertainty propagation.

### **Mini-symposium MS-112 on «Low-rank Tensor Approximations for High-dimensional UQ Problems» - Part II of II**

April 05-08, 2016 Lausanne,

Organization: SIAM Conference on Uncertainty Quantification

Organizer: Prof. Dr. B. Sudret, *ETH*  
Prof. A. Doostan, *University of Colorado Boulder, USA*  
Dr. K. Sargsyan, *Sandia National Laboratories, USA*

Uncertainty quantification in computational models is strongly challenged by the high-dimensionality of the input parameter space. Relatedly, classical techniques such as polynomial chaos expansions typically lead to under-determined problems. This curse of dimensionality has recently been tackled by so-called low-rank tensor approximations. These methods successfully address the high-dimensionality challenge at an affordable cost, i.e. with the fewest simulations of the computational model, if the latter

has an underlying sparse structure. This mini-symposium will focus on the latest developments of these techniques for the sake of uncertainty propagation and sensitivity analysis.

**Mini-symposium MS-143 on «Gaussian Processes: Feature Extraction vs. Sensitivity Analysis at the SIAM Conference on Uncertainty Quantification»**

April 05-08, 2016, Lausanne, Switzerland

Organization: SIAM Conference on Uncertainty Quantification

Organizer: Prof. Dr. B. Sudret, *ETH Zurich*  
Dr. D. Ginsbourger, *University of Bern*

Gaussian process models have been used as a basic brick in uncertainty quantification when conducting sensitivity analyses and related studies in the case of expensive response evaluations. On the other hand, feature extraction is a vivid topic in machine learning, where numerous approaches have been proposed and Gaussian process models also increasingly come into play. In this session, experts gathered from both communities in order to have an overview of the latest developments and foster interdisciplinary discussions, with a special focus on the interplay between the definition of ad hoc covariance kernels and the pursued methodological goals.

**Mini Symposium Organizer on «Structural Identification and Damage Detection»**

May 22-25, 2016, Nashville, TN, USA

Organisation: Engineering Mechanics Institute & Probabilistic Mechanics and Reliability Conference, EMI & 24 PMC 2016, Vanderbilt University

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

The mini-symposium dealt with structural identification methods and applications, as well as structural health monitoring algorithms for damage detection and reliability prognosis. It covered theoretical and computational issues, applications in structural dynamics, earthquake engineering, mechanical and aerospace engineering, as well as other related engineering disciplines. Topics relevant to the session included: theoretical and experimental modal identification, operational modal analysis, linear and nonlinear system identification, statistical system identification methods (maximum-likelihood, Bayesian inference) for parameter and state estimation,

model updating/validation and correlation, uncertainty quantification in model selection and parameter estimation, stochastic simulation techniques for state estimation and model class selection, structural health monitoring and fault detection techniques, optimal strategies for experimental design, optimal sensor and actuator location methods, structural prognosis techniques, updating response and reliability predictions using data.

**Mini-symposium MS-15 on «Surrogate Models for Uncertainty Quantification, Reliability/Risk Assessment and Robust Design»**

May 22-25, 2016, Nashville, Tennessee, USA

Organisation: Engineering Mechanics Institute / Probabilistic Mechanics and Reliability (EMI-PMC2016) Conference, Vanderbilt University

Organizer: Prof. Dr. B. Sudret, *ETH Zurich*  
Prof. A. Taflanidis, *University of Notre Dame, USA*

Structural reliability methods and more generally, methods that aim at taking into account model and parameter uncertainty have received much attention in the mechanical, civil, and aerospace engineering communities over the past two decades. Some well-known methods such as FORM/SORM for reliability analysis, spectral methods for stochastic finite element analysis, global sensitivity analysis (Sobol' indices), Monte Carlo approaches etc. are nowadays applied in an industrial context, e.g. nuclear, aerospace, civil and automotive industries, among others. In parallel, advances in computer and computational science have been supporting the development of advanced, high-fidelity, numerical models that have greatly improved our ability to accurately model (and thus understand) complex engineering systems in the aforementioned fields. However, many of them are computationally intensive, involving, for example, the solution of governing ordinary or partial differential equations over a large spatial and temporal domain using finite difference or finite element methods. A single run of such models may last minutes to hours, even on powerful computers. This creates a challenge for their direct adoption for reliability-analysis and reliability-design optimization (or more generally problems that involve uncertainty propagation techniques), which require repeated calls to the computational code. It is necessary in this setting to develop a substitute that may be evaluated thousands to millions of times at low cost: these substitutes are referred to as metamodels or surrogate models.

The aim of this mini-symposium was to confront various kinds of meta-modelling techniques in the context of uncertainty propagation including classical response surfaces, polynomial chaos expansions, kriging, support vector regression, neural networks, sparse grid interpolation, etc.

**Mini Symposium Organizer, on «Multiscale Modeling of Brittle Damage Processes»**

May 29-June 1, 2016, Berkeley, California, USA

Organisation: 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), University of California, Berkeley,

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

This mini-symposium formed a platform for idea exchange and knowledge dissemination concerning the latest developments in the field of multiscale analysis procedures for the damage analysis of concrete and brittle composite materials in general. Topics relevant to the minisymposium included to, implementations and algorithmic solutions for:

- Homogenization methods
- Multiscale finite element methods
- eXtended finite element methods
- Discrete Modeling methods
- Molecular dynamics and coarse grained methods

**Workshop: Hybrid 2020: State-of-the-art and future directions for hybrid modelling and simulation**

May 31- June 03, 2016, Zurich

Organisation: Prof. Dr. B. Stojadinović, *ETH Zurich*

Invited Speaker:

- Prof. Stephen A. Mahin, Department of Civil and Environmental Engineering University of California, Berkeley, San Francisco, USA, *Hybrid simulation historical perspective to future directions*
- Prof. Oreste S. Bursi, Department of Civil, Environment and Mechanical Engineering, University of Trento, Trento, Italy, *Hybrid simulation of complex systems with parallel integrators.*

- Dr. Pierre Pegon, Responsible for ELSA and Hoplab Laboratory Activities, Safety & Security of Buildings Unit, Directorate E – Space, Security & Migration, European Commission, Joint Research Centre, Ispra (VA), Italy, *Continuous pseudodynamic testing with domain decomposition algorithms.*
- Prof. Mettupalayam Sivaselvan, Dept. of Civil, Structural and Environmental Engineering University at Buffalo, New York, USA, *Dynamic substructuring applied to soil-foundation interaction.*
- Prof. Oh-Sung Kwon, Department of Civil Engineering, University of Toronto, Toronto, CA, *Model updating method in hybrid simulation and multi-platform simulations.*
- Prof. R. Christenson, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Connecticut, Storrs, Connecticut, USA, *Real-time hybrid simulation for marine structures.*
- Prof. Khalid M. Mosalam, Director of the Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley University of California, San Francisco, USA, *«Recent developments, applications and new horizons in hybrid simulation».*
- Prof. Narutoshi Nakata, Civil & Environmental Engineering, Clarkson University, Potsdam, NY, USA, *«Advances in hybrid simulation for tsunami loads».*
- Prof. Simon Neild, Faculty of Engineering, University of Bristol, Bristol, UK, *Control challenges in real-time hybrid simulations.*
- Dr. Andreas Schellenberg, MAFFEI Structural Engineering, San Francisco Office, San Francisco, CA, USA, *OpenFresco and three hybrid simulation case studies.*
- Dr. Giuseppe Abbiati and Dr. Catherine Whyte, Chair of Structural Dynamics and Earthquake Engineering, IBK, ETH Zürich, CH, *ETH developments on hybrid simulation.*

State-of-the-art engineering relies more on simulation now than ever before, and virtual testing is rapidly replacing experiments. Nevertheless, virtual testing requires a-priori mathematical models of the overall systems. When dealing with complex structures, such models are often not available for some critical subcomponents. This is the most likely situation that engineers face in applications when, for example, hysteresis and friction-contact interaction are involved. Rigorous answers to future engineers' requests will increasingly be given by the integration of virtual testing and experiments. Hybrid simulation



(HS) is the resulting simulation paradigm. HS combines numerical and physical subdomains to provide a reliable emulator of overall structural dynamic response. HS has strong potential to raise the bar of standard engineering practices, but engineers and researchers should be able to run HS without needing the advanced skills of developers. Furthermore, synergistic efforts are needed to develop a new generation of HS platforms where multi-hazard scenarios can be accommodated. The objectives of this workshop were to develop a reference vision for best practices for HS, including requirements for standardization of tools and testing protocols, and to point out future research paths. Recordings of lectures are available online.

**Mini-symposium MS-1307 on «Non-intrusive surrogate models for uncertainty quantification in high dimensions»**

June 05-10, 2016, Crete Island, Greece

Organisation: European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2016)

Organizer: Prof. Dr. B. Sudret, *ETH Zurich*  
 Prof. E. Chatzi, *ETH Zurich*  
 Prof. J.-M. Bourinet, *IFMA, France*  
 Prof. N. Gayton, *IFMA, France*

Uncertainty quantification has become a key challenge in modern engineering, whether it is used for assessing the safety of systems (structural reliability methods), for finding the distributions and moments of quantities of interest, for determining the key parameters of the problem (sensitivity analysis), or for optimizing under safety constraints (reliability-based design optimization (RBDO)). Various techniques for solving these problems have received much attention in the mechanical, civil, and aerospace engineering communities over the past two decades.

However, accurate computational models (e.g., finite element analysis) of complex structures or systems are often costly. A single run of the model may last minutes to hours, even on powerful computers. In order to use these models in analyses that require repeated calls to the computer code, it is necessary to develop a substitute that may be evaluated thousands to millions of times at low cost: these substitutes are referred to as meta-models or surrogate models.

The «curse of dimensionality», i.e. the exploding complexity observed when the number of input variables increases, is a recurrent problem in surrogate modelling. The aim of this mini-symposium to confront various kinds of meta-modelling techniques in the context of uncertainty propagation, including polynomial chaos expansions, kriging, support vector regression, etc. and to discuss the recent advances towards solving high dimensional problems.

**Mini Symposium Organizer on «Fatigue monitoring for residual life-cycle assessment and maintenance»**

July 05-08, 2016, Bilbao, Spain

Organisation: 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016)

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

The assessment of fatigue accumulation forms a crucial topic across a multiplicity of infrastructure domains. On one hand, modern infrastructure components of civil, mechanical, industrial, offshore and marine systems, including bridges, wind turbines, turbine blade, etc., have notably grown in size in recent years leading to increased structural loads and, in turn, increased occurrences of fatigue failures. On the other hand, a large bulk of existing infrastructure is currently approaching the end of its nominal life-span. As a result, numerous components have already been subjected to high fatigue cycles with a direct effect on their residual life. Preventive maintenance, aims in the development of monitoring practices able to assess fatigue and deterioration phenomena, thus reducing maintenance costs and extending useful life. This special session welcomed contributions related to monitoring practices, and suitable analysis algorithms, for the assessment of fatigue accumulation on engineered systems.

**Mini Symposium Organizer on «COST Action 1402. Health monitoring and structural performance assessment»**

July 5-8, 2016, Bilbao, Spain

Organisation: 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016)

Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

The field of Structural Health Monitoring (SHM) has evolved rapidly during the last decade, with a multi-

## VERANSTALTUNGEN

tude of methods developed for condition and damage assessment of structures of several types. In practice, however, and, more in particular, in civil engineering, the implementation of these methods is lagging behind. One important reason is that it is not always clear how, for example, vibration-based damage assessment methods integrate in a general strategy for asset management or what their added value, in terms of information, is in structural performance assessment. This link between SHM and performance assessment has received significant scientific attention lately and is considered as a key element for increasing the efficiency of the structural integrity management and to quantify the value of health monitoring information. We invited in this session contributions addressing this link, focussing on SHM in conjunction with e.g. the development of performance indicators, performance assessment and reliability, risk and Value of Information analyses. This session was organized under the auspices of COST Action 1402 «Quantifying the Value of SHM».

### **Mini-Symposia; Wood Products & Components, 30 WCTE 2016 World Conference on Timber Engineering Innovative wood construction and materials at the ETH House of Natural Resources**

August 23, 2016, Vienna, Austria

Organizers: Prof. Dr. I. Burgert, *ETH Zürich*  
Prof. Dr. A. Frangi, *ETH Zürich*

The mini-symposium was related to a pilot building, named ETH House of Natural Resources, which has been designed at ETH Zurich, to be used as an office building and additionally will serve as a showcase building of sustainable and reliable timber construction and innovative wood materials. The underlying concept was be introduced to the timber engineering community by addressing multiple innovation aspects, such as the use of beech for structural elements, the implementation of permanent sensor networks as well as in-situ tests at different construction stages. In terms of wood materials, research activities on UV protective and water repellent coatings and autonomously deforming wood elements for wood facades are presented. The activities are supported by Climate KIC in the framework of the Building Technologies Accelerator Flagship program.

### **Workshop fib Working Party 2.2.1 on Beam Shear**

05.-06. September 2016, ETH Zurich

Organisation: Prof. Dr. Oguzhan Bayrak,  
*Charles Elmer Rowe Fellowship  
in Engineering, University of  
Texas at Austin*  
Prof. Dr. W. Kaufmann, *ETH Zurich*

*Preparation of an fib Bulletin on the subject of Beam Shear.* Der Workshop mit 30 Teilnehmenden diente dem Austausch über den aktuellen Wissensstand zum Schubtragverhalten von Stahlbeton und vereinte die weltweit führenden Forscher in diesem Gebiet. Die präsentierten Beiträge werden in einem *fib* Bulletin (erscheint 2017) veröffentlicht.

### **2. Fachveranstaltung: Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau**

13. September 2016, ETH Zürich

Moderation: Prof. Dr. W. Kaufmann, *ETH Zürich*  
Organisation: Bau und Wissen TFB AG, Wildegg

Referenten: Dr. Hans Rudolf Ganz,  
*Ganz Consulting, Bössingen*  
Prof. Dr. Daniel Heinzmann,  
*Baustatik und Betonbau,  
FH Luzern – Technik & Architektur*  
Dr. Jean-François Klein,  
*T engineering intl sa, Genf*  
TRDir Dr.-Ing. Gero Marzahn,  
*Bundesministerium für Verkehr und  
digitale Infrastruktur, Bonn*  
Dr. Heinrich Schnetzer,  
*Schnetzer Puskas Ingenieure, Basel*  
Andreas Steiger,  
*Andreas Steiger & Partner AG, Luzern*  
Prof. Thomas Vogel,  
*ETH Zürich*

Den Schwerpunkt der Referate am Vormittag bildeten die aussergewöhnlichen Einwirkungen. Im Einführungsreferat wurden grundsätzliche Aspekte erläutert und es wurde dargelegt, inwiefern Normen auf sie eingehen und wo eigenständiges Denken und Handeln gefragt ist. Danach wurden Ursachen, Auswirkungen, Untersuchungen, Nachrechnungen und Instandsetzungsmassnahmen sowie die Lehren aus Ereignissen anhand des Brands der SBB-Brücke in Ruppoldingen und des Steinschlags beim Lopper Viadukt in Hergiswil behandelt.

Im ersten Referat des zweiten Themenblocks wurde die Herangehensweise eines grossen Bauherren bei der Suche nach der bestmöglichen Gestaltung von Brücken des Deutschen Bundesfernstrassennetzes unter Einbezug aller wichtigen Aspekte wie z.B. auch der Dauerhaftigkeit dargelegt. Im nachfolgenden Referat wurden Entwurf, Planung und Ausführung der 1'875 m langen dritten Brücke über den Bosphorus in Istanbul, der Yavuz-Sultan-Selim-Brücke, vorgestellt. Diese innovative kombinierte Hänge- und Schrägseilbrücke für den Strassen- und Bahnverkehr mit einer Hauptspannweite von 1'408 m ist hinsichtlich Gestaltung, Konstruktion und Bauprozess ausgesprochen interessant.

In den weiteren Referaten wurde auf zwei sehr aktuelle Themen eingegangen. Zum einen werden die Ergebnisse der AG SIA 262 «Mindestbewehrung» präsentiert und die durch diese Arbeitsgruppe erarbeiteten Anpassungsvorschläge der Norm SIA 262 erläutert. Im letzten Referat wurden die neuesten Erkenntnisse und Verbesserungen beim Injektionsgut, beim temporären Korrosionsschutz und bei Kunststoff-Hüllrohren dargelegt.

148 Teilnehmende nahmen an der 2. Brückenbau-Tagung teil.

## YES2016 – 7. Symposium der IVBH Schweiz

06. Oktober 2016, Hochschule Luzern

Organisation: Prof. Dr. A. Frangi, *ETH, Zürich*  
 Prof. Dr. A. Kenel,  
*Hochschule Luzern*  
 Dr. A. Bassetti,  
*Dr. Lüchinger+Meyer*  
*Bauingenieure AG, Zürich*  
 H. Huber,  
*Huber Consulting, Schattdorf*  
 Dr. M. Klippel, *ETH, Zürich*  
 T. Ehrhart, *ETH, Zürich*,  
 R. Meichtry,  
*Meichtry & Widmer AG, Zürich*  
 R. Thürler,  
*Emch + Berger AG, Bern*

Am 6. Oktober 2016 fand das Young Engineers' Symposium (YES2016) zum siebenten Mal erneut an der Hochschule für Technik und Architektur in Luzern statt. Rund 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der ganzen Schweiz nutzten die Gelegenheit, den Projektpräsentationen ihrer jungen Kolleginnen und Kollegen zuzuhören und in den vier Seminaren über aktuelle Fragestellungen des konstruktiven Ingenieurbaus zu diskutieren.

Der Hauptteil des YES2016 bestand natürlich in den Präsentationen der jungen Ingenieure. Aus allen zugesandten Bewerbungen wurden von der Jury 12 Beiträge als Plenarpräsentationen ausgewählt.

Wie auch in den letzten Jahren war das Niveau dieser unterschiedlichen Beiträge ausserordentlich hoch, was auch die zahlreichen Fragen der Zuhörer zeigte.

Insgesamt 4 Teilnehmern wurde das Preisgeld von je CHF 2'000.- zugeteilt, welches ihnen ermöglicht an einer internationalen Konferenz der IVBH teilzunehmen. Zudem wurde zum erstmals ein Publikumspreis vergeben; dieser wurde an Etienne Bouleau für seinem Beitrag «Passarelle mobile de l'eplanade du jet d'eau, Geneve» vergeben.

Das Symposium wurde durch zwei spannende Keynotes von Hans Tschamper (Basler & Hofmann AG) und Toni Büchler (AlpTransit Gotthard AG) abgerundet. Beide Präsentationen zeigten deutlich, welche zentrale Stellung der Bauingenieur auch heute noch in unserer Gesellschaft einnimmt und vor welchen Herausforderungen der Bauingenieur stehen wird.

Beim abschliessenden Apéro riche konnte erneut an die Seminare angeknüpft werden. Der abwechslungsreiche Inhalt der Seminare, die spannenden Beiträge der jungen Ingenieure in Form von Postern oder Präsentationen sowie die angenehme und entspannte Atmosphäre des YES2016 hat allen Teilnehmern gefallen. Der Anlass bot Gelegenheit zum fachlichen Austausch und bestimmt konnten zahlreiche neue Kontakte geknüpft werden.

## Safe Infrastructures for Resilient Communities in Nepal

October 23-24, 2016, Kathmandu, Nepal

Organisation: Prof. Dr. B. Stojadinović, *ETH Zurich*  
 Prof. Ghosh, *IIT Bombay, IN*  
 Max Didier, *ETH Zurich*

Presentations:

- Prof. Dr. B. Stojadinović, Prof. Dr. Siddhartha Ghosh, Max Didier  
*Seismic Resilience of Infrastructure Systems during the 2015 Nepal Earthquake Events.*
- Prof. Dr. Bijay Anand Misra  
*Bridging the Missing Link and covering the Last Mile in Disaster Management in Building Resilient Communities.*
- Dr. Ramesh Guragain  
*Fragility Functions of Nepalese Buildings: A comparison between Analytical proposition and Actual Damage Recorded during 2015 Gorkha Earthquake.*
- Ajaya Dixit  
*Building Resilience: Unpacking the Complexity.*

- Rajani Maharjan  
*Sub national entities towards resilience. Case Study of Community Rural Electrification Entities in Nepal.*
- Ashutosh Shuka  
*School as an entry point for mainstreaming resilience.*
- Prof. Dr. Svetlana Brzev  
*A Proposal for Reducing Seismic Vulnerability of Low-Rise Reinforced Concrete Housing in Nepal.*

ETH Zurich organized the conference «Safe Infrastructures for Resilient Communities in Nepal» to present the findings of an 18-month long project conducted to gather the data on and to quantify the resilience of civil infrastructure systems in Kathmandu and Nepal during the April 25, 2015 Gorkha earthquake event. The focus was on the electric power supply, water distribution and telecommunication infrastructure systems as well as on the residential building inventory. The newly developed Re-CoDeS framework was used to model the evolution of the supply and demand for these civil infrastructure systems over a period about one year after the 2015 earthquake.

Based on the findings, ETH Zurich initiated a discussion among the earthquake safety practitioners in Nepal and came to a commonly agreed set of conclusions on how best to act now so that the civil infrastructure systems of Kathmandu and Nepal will be more resilient in future earthquakes.  
(<http://www.resilient-nepal.com>)

### **Mini Symposium Organizer on «Uncertainty Quantification in Engineering Simulations»**

October 26-27, 2016, Metz, France.

Organisation: 2016 EMI International Conference  
Organizer: Prof. Dr. E.N. Chatzi, *ETH Zurich*

Due to factors related to manufacturing or construction processes, ageing, loading & boundary conditions, measurement errors, modeling assumptions/inefficiencies and numerous others, almost every engineering system is characterized by uncertainty. The propagation of uncertainty through the system gives rise to corresponding complexities in the simulation of structural response and behavior. Consequently, only a limited degree of confidence can be attributed in the behavior, reliability and safety of structural systems in particular throughout their life cycle. For this purpose, it is imperative to develop models and processes able to encompass the aforementioned uncertainties. This mini-symposium deals with uncertainty quantification and propagation methods

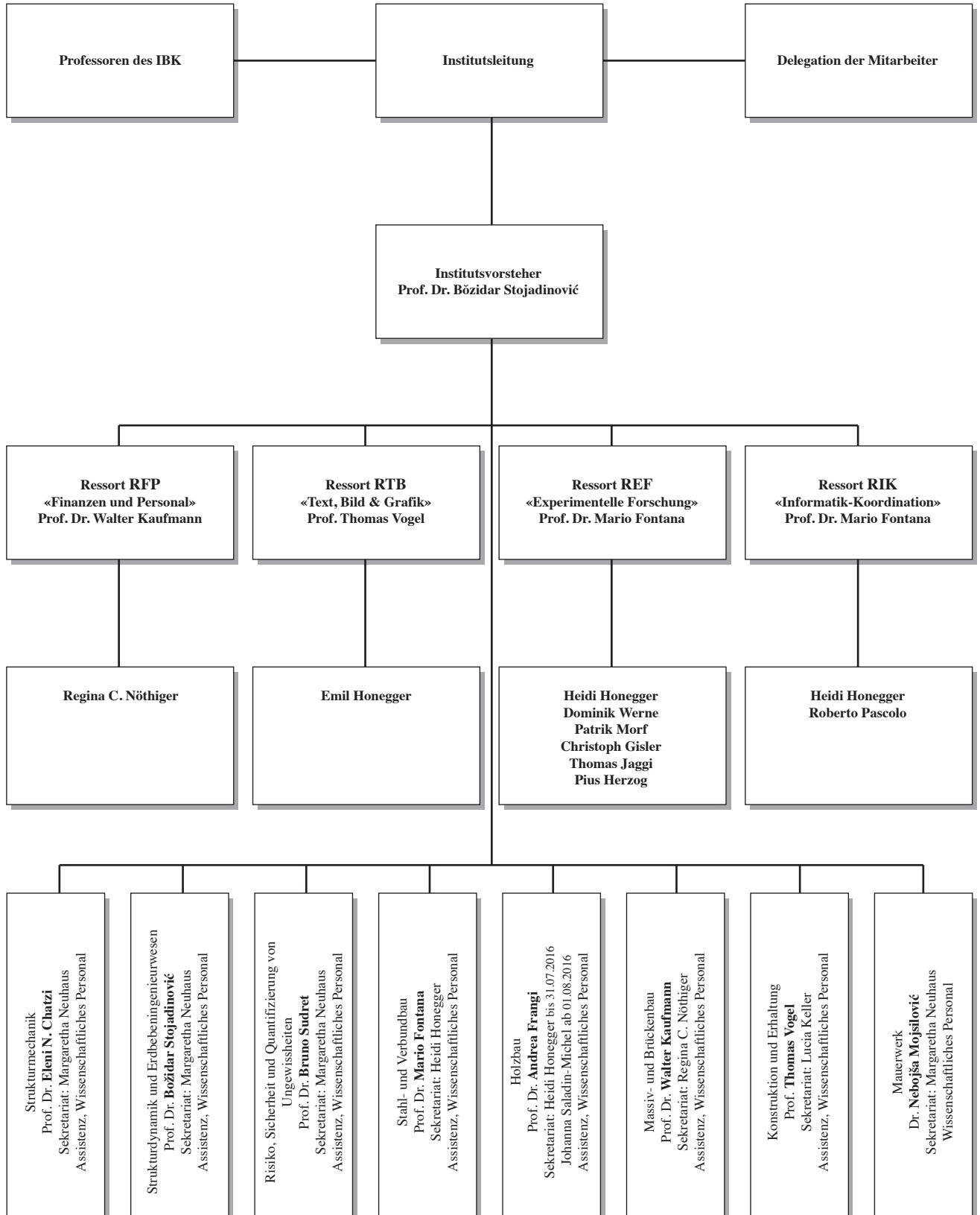
applicable to the simulation of complex engineering systems. It covers theoretical and computational issues, applications in structural dynamics, earthquake engineering, mechanical and aerospace engineering, as well as other related engineering disciplines.



# ANHANG

## Organigramm

vom 01.01.2015 bis 31.12.2016



## Institutsangehörige

### Professoren

Prof. Dr. Eleni N. Chatzi  
 Prof. Dr. Mario Fontana  
 Prof. Dr. Andrea Frangi  
 Prof. Dr. Walter Kaufmann  
 Prof. Dr. Božidar Stojadinović  
 Prof. Dr. Bruno Sudret  
 Prof. Thomas Vogel

Dr. Michael Klippel  
 Peter Kobel  
 Benjamin Kreis seit 01.04.2015  
 Katharina Müller seit 01.11.2016  
 Marcel Muster seit 17.05.2016  
 Jelena Ogrizovic  
 Pedro Palma bis 31.12.2016  
 Ljupko Peric (AP) seit 01.10.2015  
 Joachim Schmid seit 01.11.2015  
 Dr. Flavio Wanninger  
 Simon Wynistorf 01.10.2015 bis 30.04.2016

### Assistenz und wissenschaftliches Personal

#### Sektion Chatzi

Dr. Imad Abdallah seit 01.06.2016  
 Mohamadreza Afrasiabi seit 01.08.2016  
 Dr. Luis David Avendaño Valencia seit 01.06.2016  
 Dr. Barahona Garzón, Braulio seit 01.06.2016  
 Adrian Walter Egger  
 Juan Pablo Escallón Osorio bis 31.03.2015  
 Juliana Marie Felkner bis 31.08.2016  
 Yunus Emre Harmanci  
 Roman Pawel Klis bis 31.12.2015  
 Henar Martín-Sanz García seit 01.06.2015  
 Mohammad Shamim Miah bis 31.07.2015  
 Charilaos Mylonas seit 01.10.2016  
 Dr. Vasileios Ntertimanis  
 Yaowen Ou  
 Dr. Minas Spyridonakos bis 30.06.2015  
 Konstantinos Tatsis seit 01.07.2016

#### Sektion Fontana

Jakob Baader (AP) seit 13.04.2015  
 Dr. Gianluca De Sanctis bis 31.10.2015  
 Reto Grolimund  
 Clemens Krapfenbauer seit 01.10.2016  
 Dr. Andrew Liew bis 31.07.2015  
 Dr. Fangxia Lu  
 Florian Müller 01.03.2016 bis 30.06.2016  
 Dr. Martin Neuenschwander  
 Claudio Scandella  
 Patrick Schulthess  
 Hiroshi Tomofuji (AP) 09.01.2015 bis 11.12.2016  
 Johann van der Merwe seit 22.08.2016

#### Sektion Frangi

Lukas Blank  
 Lorenzo Boccadoro bis 30.11.2016  
 Thomas Ehrhart seit 01.02.2015  
 Reto Fahrni seit 01.09.2016  
 Dr. Robert Jockwer  
 Claude Leyder  
 Dr. Karsznia, Krzysztof bis 30.06.2015

#### Sektion Kaufmann

Alexander Beck  
 Dr. Martin Bimschas  
 Patrick Bischof seit 01.04.2015  
 Severin Häfliger seit 01.03.2015  
 Dimosthenis Karagiannis  
 Minu Lee seit 01.09.2016  
 Tomislav Markić seit 14.09.2015  
 Dr. Jaime Mata Falcón seit 01.09.2015  
 Luca Trachsler bis 31.03.2015  
 Duc Thong Tran seit 01.09.2016  
 Dr. Simon Zweidler

#### Sektion Stojadinović

Dr. Giuseppe Abbiati  
 Jonas Andrin Bachmann  
 Max Claude Didier  
 Dr. Simona Esposito bis 01.02.2016  
 Dr. Panagiotis Galanis  
 Patrik Gasser seit 01.10.2015  
 Prof. Dr. Siddhartha Ghosh bis 30.06.2015  
 Peter Lustenberger seit 01.12.2015  
 Dr. Nebojša Mojsilović  
 Ljupko Peric bis 30.09.2015  
 Milos Petrović  
 Michaela Pilotto seit 01.10.2015  
 Amir Hosein Salmanpour  
 Li Sun  
 Burkhard Trost  
 Anastasios Tsiavos  
 Dr. Michail Vassiliou  
 Dr. Catherine Alexandra Whyte bis 31.10.2016

#### Sektion Sudret

Dr. Imad Abdallah bis 31.05.2016  
 Dr. Noura Fajraoui seit 01.09.2015  
 Anna Mihajlovna Kalinina bis 31.05.2016  
 Dr. Aikaterini Konakli bis 31.12.2016  
 Christos Lataniotis  
 Van Chu Mai bis 30.11.2016

Dr. Stefano Marelli	
Dr. Moustapha Maliki	seit 01.03.2016
Charilaos Mylonas	bis 30.09.2016
Joseph Benjamin Nagel	
Roland Schöbi	
Dr. Emiliano Torre	seit 01.09.2016
Junyi Yang	seit 01.10.2016

**Sektion Vogel**

Holger Diederich	bis 30.09.2016
Gabriel-Martin Elekes	seit 01.07.2016
Stephan Gollob	
Borja Herraiz Gómez	bis 31.07.2016
Yasmin Lemcherreq	seit 01.05.2016
Salma Mozaffari Kojidi	seit 01.07.2016
Fernando Ortiz Quintana	seit 01.11.2016
René Ringli	bis 31.03.2016
Christina Röthlin	bis 30.11.2016
Christian Spathelf	

**Verwaltungspersonal**

Heidi Honegger	
Lucia Keller	
Margaretha Neuhaus	
Regina C. Nöthiger	
Johanna Saladin-Michel	seit 01.08.2016

**Technisches Personal**

Christoph Gisler  
Pius Herzog  
Emil Honegger  
Thomas Jaggi  
Patrik Morf  
Roberto Pascolo  
Dominik Werne

## Akademische Gäste

### 2015

03.02.2015 bis 06.02.2015

**Prof. Dr. Bart Merci**

Ghent University – Ugent, Faculty of Engineering and Architecture Combustion, Fire and Fire Safety, Ghent, Belgium.

09.03.2015 bis 29.05.2015

**Ebenezer Ussher**

PhD Student, The University of New Brunswick, Fredericton N.B., Canada.

15.03.2015 bis 15.07.2015

**Prof. Dr. Alessandro Palermo**

University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.

10.06.2015 bis 14.06.2015

**Giorgio T. Proestos**

B.A.Sc., M.A.Sc., Ph.D. Candidate  
Department of Civil Engineering, University of Toronto, Canada.

01.07.2015 bis 30.09.2015

**Giovanni Capellari**

PhD Student, Politecnico di Milano, Milano, Italy.

01.07.2014 bis 30.06.2015

**Prof. Dr. Siddhartha Ghosh**

Professor of the Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, India.

15.08.2015 bis 15.12.2015

**Vahid Yaghoubi Nasrabadi**

PhD Student, Chalmers University of Technology, Chalmers, Sweden.

23.11.2015 bis 21.12.2015

**Simona Bogoevska**

PhD Student, University of Ss. Cyril and Methodius, Skopje, Macedonia.

### 2016

29.02.2016 bis 24.03.2016

**Dr. Phil., CPEng. Ali Amin**

School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales, Sydney, Australia.

01.01.2016 bis 01.03.2016

**Dr. Rosalba Ferrari**

Research Associate, University of Bergamo, Dalmine, Italy

02.06.2016

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Oliver Fischer**

**Dipl.-Ing. (Univ.) Wolfgang Scheufler,**

**Nicholas Schramm, M.Sc. TU München, Doktorand**

Lehrstuhl für Massivbau, Technische Universität München, Deutschland.

01.09.2016 bis 31.12.2016

**Gabriele Granello**

PhD Student, University of Canterbury, New Zealand.

10.04.2016

**Dr. Yusuke Kurihashi**

Muroran Institute of Technology, Japan.

15.12.2016

**Dr. sc. h.c. Max Meyer**

VSL International AG, Subingen, Schweiz.

01.08.2016 bis 15.01.2017

**Prof. Ph.D. Shamim N. Pakzad**

Associate Professor of Structural Engineering ATLSS. Lehigh University, Bethlehem, PA, USA.

09.01.2015 bis 11.12.2016

**Hiroshi Tomofuji**

PhD Student, Nuclear Division, Shimizu Corporation, Tokyo-prefecture, Japan.

12.09.2016, bis 11.12.2016

**Wilfried Njomo Wandji**

PhD Student, DTU, Wind Energy, Denmark.

01.10.2016 bis 30.07.2017

**Junyi Yang**

PhD Student, Tongji University, Shanghai, China.



## Abgeschlossene Dissertationen

2015

De Sanctis, G.

**Generic fire risk assessment in residential and industrial buildings**

Referent: Prof. Dr. M. Fontana  
Korreferenten: Prof. Dr. M. H. Faber  
Prof. Dr. J. Köhler

Escallón, J.P.

**Simulation of flexible steel wirenet rockfall barriers via finite element model updating**

Referent: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Korreferenten: Dr. P. Bartelt  
Prof. Dr. M. Cala

Kollaboration: WSL & Geobrug AG

Ghafoori, E.

**Fatigue Strengthening of Metallic Members using Un-bonded and Bonded CFRP Laminates**

Referent: Prof. Dr. M. Fontana  
Korreferenten: Prof. Dr. M. Motavalli  
Prof. Dr. A. Nussbaumer  
Prof. Dr. R. Al-Mahaidi

Klis, R.

**Data compression techniques for wireless vibration-based monitoring of civil structures**

Referent: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Korreferenten: Dr. G. Feltrin,  
Prof. Dr. M. Sternad

Kollaboration: Empa

Lu, F.

**On the prediction of concrete spalling under fire**

Referent: Prof. Dr. M. Fontana  
Korreferenten: Dr. D. N. Fernando  
Prof. Dr. V. Kodur,  
Univ-Prof. Dr. sc. techn. habil.  
M. Knobloch

Miah, M.

**Semi-active control for magnetorheological dampers via coupling of system identification methods**

Referent: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Korreferenten: Prof. Dr. V. Koumousis  
Dr. F. Weber

Kollaboration: Empa

Wanninger, F.

**Post-tensioned timber frame structures**

Referent: Prof. Dr. A. Frangi  
Korreferenten: Prof. Dr. M. Fragiaco  
Prof. Dr. B. Stojadinović

Rahner, K.

**Effiziente und nachhaltige Tragwerke für Hochhäuser aus Stahlbeton**

Referent: Prof. Dr. W. Kaufmann  
Korreferenten: Prof. Dr. P. Marti  
Prof. Dr. M. Schlaich

Sadeghi Marzaleh, A.

**Prestressing of masonry walls to increase the inplane lateral load bearing capacity**

Referent: Prof. Dr. P. Marti  
Korreferenten: Prof. Dr. M. Motavalli  
Prof. Dr. W. Kaufmann  
B. Weber

Trösch, E.

**Tragverhalten von überlappend laminierten Glasverbundträgern für grosse Spannweiten**

Referent: Prof. T. Vogel  
Korreferenten: Prof. Dr. J. Schneider  
Prof. Dr. M. Fontana  
Prof. Dr. I. Burgert

Zweidler, S.

**Kraftfluss in Stahlbetonplatten**

Referent: Prof. Dr. P. Marti  
Korreferenten: Prof. Dr. W. Kaufmann  
Prof. Dr.-Ing. J. Kollegger

**2016**

Boccadoro, L.M.

**Timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber with notched connection**

Referent: Prof. Dr. A. Frangi  
Korreferenten: Prof. Dr. W. Kaufmann,  
Prof. Dr.-Ing. J.-W. van de Kuilen  
Dr. R. Steiger

Ringli, R.

**Zum Kraftfluss in gestossenen Biegeträgern aus Verbundsicherheitsglas**

Referent: Prof. T. Vogel  
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. J. Schneider

Diederich, H.

**Detektion von Betonstahlbrüchen mithilfe von Messungen im remanenten und aktiven Magnetfeld**

Referent: Prof. T. Vogel  
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. habil. C. U. Grosse

Felux-Kalicka, M.W.

**Structural diagnosis of prestressed concrete bridges by acoustic emission**

Referent: Prof. T. Vogel  
Korreferent: Prof. Dr. T. Schumacher

Herraiz Gómez, B.

**Robustness assessment and analysis of reinforced concrete flat slabs subjected to sudden column loss**

Referent: Prof. T. Vogel  
Korreferent: Prof. Dr. ir. R. Caspeele

Mai, C.V.

**Polynomial chaos expansion for uncertain dynamical systems. Applications in earthquake engineering**

Referent: Prof. Dr. B. Sudret  
Korreferenten: Prof. Dr. E.N. Chatzi  
Prof. Dr. A. Nouy  
Prof. Dr. B. Stojadinović

Neuenschwander, M.

**Structural Fire Behavior of Concrete-Filled Tube Columns with Solid Steel Core**

Referent: Prof. Dr. M. Fontana  
Korreferenten: Prof. Dr. V. Kodur,  
Univ-Prof. Dr. sc. techn. habil.  
M. Knobloch

Palma (Coutinho), P.

**Fire behavior of timber connections**

Referent: Prof. Dr. A. Frangi  
Korreferenten: Prof. Dr. M. Fontana  
Prof. Dr. P. Barreto Cachim  
Dr. H. Pires Cruz, Dr. E. Hugi

## Ehrungen

### 2015

#### **Xavier Bellagamba**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Eleni N. Chatzi, Prof. Dr.**

- European Research Council (ERC) Starting Grant Award, ERC-2015-StG #679843
- Outstanding Reviewer for the Journal of Sound and Vibration
- Outstanding Reviewer for the ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering

#### **Romain Crettaz**

SBEB-Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Rafael Dubs**

- ETH-Medaille
- Culmann Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Andrea Frangi, Prof. Dr.**

Schweighoferpreis

#### **Andrea Frangi, Prof. Dr.**

Prix Lignum, Laubholzpreis

#### **Severin Häfliger**

ETH-Medaille für herausragende Master-Arbeit

#### **Michael Klippel, Dr.**

Leo-Schörghuber-Preis, Doktorarbeit, Unternehmer Leo Schörghuber

#### **Franz Kogler**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Benjamin Kreis**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Chu Van Mai**

SMIRT Junior Award (ICASP) awarded by the International Association for his conference contribution

#### **Chu Van Mai**

Student Award from the International Civil Engineering Risk and Reliability Association (CERRA), ICASP12 Conference

#### **Tomislav Markić**

Holcim Beton Preis für seine hervorragende Master-Arbeit

#### **Jaime Mata Falcón, Dr.**

Cátedra CSA Prize for the best PhD dissertation on advanced and sustainable construction awarded by the Universitat Politècnica de València, Spain

#### **Amelie Theresia Schweikert**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Bruno Sudret, Prof. Dr.**

Outstanding Reviewer for the journal Reliability Engineering and System Safety

### 2016

#### **Matteo Berchier**

- ETH-Medaille
- Hatt-Bucher-Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Giovanni Capellari**

2nd place award EMI SHMC Committee Student Paper Competition

#### **Eleni N. Chatzi, Prof. Dr.**

Fall 2016 T. Francis Ogilvie Young Investigator Lecture award, Massachusetts Institute of Technology (MIT)

#### **Reto Fahrni**

Culmann Preis für hervorragende Master-Arbeit

#### **Jaime Mata Falcón, Dr.**

- Swiss Technology Award in the category of «Inventors» for the project «Mesh Mould» (in collaboration with the National Centre of Competence in Research (NCCR), Digital Fabrication).
- Second Prize ANCI 2016 for construction related PhD dissertations awarded by the National Spanish Association of Independent Construction Companies, Madrid, Spain

#### **Elyas Ghafoori**

Medaille der ETH Zürich für hervorragende Doktorarbeit

#### **Benedikt Grauvogl**

3. Hatt-Bucher-Preis für hervorragende Master-Arbeit

**Panagiothis Martakis**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit

**Minu Lee**

- ETH-Medaille
- 1. Heinrich Hatt-Bucher-Preis; für ausgezeichnete Master-Arbeit
- Willi-Studer-Preis für den besten Absolventen aus dem Master-Studiengang der Bauingenieurwissenschaften

**Paul-Remo Wagner**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit

**David Schlatter**

SGEB-Preis für hervorragende Master-Arbeit

**Duc Thong Tran**

Culmann-Preis für hervorragende Master-Arbeit



## Institutspublikationen

Die IBK-Berichte werden nicht mehr verkauft. Sie finden die elektronische Version auf der e-collection der ETH-Bibliothek über die Links auf unserer Homepage: [www.ibk.ethz.ch](http://www.ibk.ethz.ch)

IBK-reports will no longer be sold. You will find the electronic version on the e-collection of the ETH Library with the links on our homepage: [www.ibk.ethz.ch](http://www.ibk.ethz.ch)

Theiler, M., Frangi, A.

### **Knickversuche mit Brettschichtholzstützen unter exzentrischer Normalkraftbeanspruchung**

Bericht IBK Nr.: **361**

Juni 2015, 153 pp., 38 Abb., 4 Tab., A4,

Zusammenfassung: d, e.

Bauteile aus Holz unter Druckbeanspruchung oder kombinierter Druck- und Biegebeanspruchung zeigen ein ausgeprägt nichtlineares Kraft-Verformungs-Verhalten. Dies wird einerseits durch das Anwachsen der Lastexzentrizität und andererseits durch das nichtlineare Materialverhalten von Holz unter Druckbeanspruchung parallel zur Faser hervorgerufen.

Es wurden umfangreiche Versuche an Stützen aus Brettschichtholz unter exzentrischer Druckbeanspruchung durchgeführt. Das Hauptziel der Versuche war das Schaffen einer Datengrundlage, welche für das Validieren von theoretischen Berechnungsmodellen und für das Überprüfen von Bemessungsregeln in den Holzbaunormen verwendet werden kann.

Aus sortierten Lamellen wurden insgesamt 50 Prüfkörper hergestellt, wobei diese in fünf Serien mit jeweils zehn Prüfkörpern eingeteilt wurden. Es wurden drei Serien aus Brettschichtholz GL24h und zwei Serien aus Brettschichtholz GL32h produziert und getestet. Die Längen der Stützen betragen je nach Serie zwischen 1'400 mm und 3'200 mm. Bei den durchgeführten Knickversuchen wurden die Stützen mit einer exzentrischen Normalkraft bis zum Versagen belastet. Es wurden sowohl die aufgebrachte Last als auch die horizontalen und vertikalen Verformungen der Stützen kontinuierlich gemessen. Bei einer Auswahl von 20 Stützen wurden zusätzlich lokale Verformungen mit einem optischen Messsystem erfasst.

Röthlin, Ch., Kurihashi, Y., Yamaguchi, S., Konno, H., Kishi, N., Vogel, T.

### **Drop Weight Tests on Full-Scale Specimen of Rockfall Protection Galleries**

IBK Bericht Nr. **362**

Oktober 2015, 396 pp., 388 Abb., 103 Tab., A4

Zusammenfassungen: d, e.

Der Versuchsbericht dokumentiert zwei in Japan durchgeführte Versuchsserien. Mit 23 Fallversuchen auf eine Stahlbetongalerie mit Eindeckungsmaterial (Kies, Sand, 3-schichtiges sogenanntes Three-Layer Absorbing System TLAS) wurde das globale Biegetragverhalten der Deckenplatte bis nahe zum Versagen des Tragsystems ermittelt. Die Grösse des Versuchsobjektes orientierte sich an einem nachgebauten Bauwerk (Massstab 1:1), um aussagekräftige Resultate zu erhalten, welche gut auf bestehende und neue Tragwerke übertragen werden können. Die Hauptparameter waren: Stossenergie, Eindeckungs-material und Belastungsort.

Mit 36 Fallversuchen an einer grossmassstäblichen, steif gelagerten Stahl-Beton-Verbundplatte wurde das dynamische Verhalten verschiedener Eindeckungs-materialien, nämlich Kies und Sand, untersucht, wobei als weiterer Parameter die Methode der Verdichtung mitberücksichtigt wurde.

Bei allen Fallversuchen wurde das Fallgewicht mit einem Kran auf die berechnete Höhe angehoben und mit einer speziellen Vorrichtung ausgelöst. Eine obere Grenze für die maximal aufzubringende Fallhöhe von ca. 30 m ergab sich durch die Kapazität des mobilen Krans. Die verwendeten Fallgewichte wiesen Massen von 2 t, 5 t und 10 t auf.

De Sanctis, G.

### **Generic Risk Assessment for Fire Safety – Performance Evaluation and Optimisation of Design Provisions**

Bericht IBK Nr. **363**

Oktober 2015, 174 pp., 59 Abb., 19 Tab., A4,

Zusammenfassungen: e, d

Entscheidungen bezüglich Brandschutzmassnahmen sollten nicht nur die Reduktion von Konsequenzen (Personen- und Sachschäden) berücksichtigen, sondern auch deren Kosten. Ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Kosten und Konsequenzen sollte angestrebt werden, um einen effizienten Brandschutz zu gewährleisten. Generische Risikomodelle können

verwendet werden, um die Konsequenzen sowohl auf Objektebene als auch auf gesellschaftlicher Ebene abzuschätzen und so diesen Entscheidungsprozess zu unterstützen. Daher sind diese Modelle vor allem zur Beurteilung gesellschaftlicher Fragestellungen geeignet, beispielsweise zur Beurteilung der Effizienz von Brandschutzrichtlinien und -normen.

Wanninger, F.

**Post-tensioned Timber Frame Structures**

Bericht IBK Nr. **364**

November 2015, 158 pp., 135 Abb., 30 Tab., A4,  
Zusammenfassungen: e, d.

A post-tensioned timber joint was developed within the framework of promoting hardwood as construction material. The joint is made of glued laminated timber with local hardwood reinforcement. Aside from a single straight tendon placed in a cavity in the middle of the beam, there are no steel elements required. The post-tensioned joint is characterised by a high degree of prefabrication and easy assembly on site.

The properties of such a post-tensioned timber joint have been investigated through analytical as well as numerical models, which allow predicting its structural behaviour. The models were validated with physical tests on such connections under gravity load as well as on a frame under horizontal load. Particular attention was also given to the long-term behaviour of post-tensioned timber structures.

The moment-rotation behaviour of the post-tensioned timber connection was implemented in an OpenSees model using a trilinear rotational spring. The design process revealed that neither the gravity nor the seismic loads are the controlling criteria. Instead, the lateral deformations due to wind must be seen as the controlling design criteria.

Jockwer, R.

**Structural behaviour of glued laminated timber beams with unreinforced and reinforced notches**

Bericht IBK Nr.: **365**

November 2015, 166 pp., 73 Abb., 28 Tab., A4,  
Zusammenfassung: d, e.

Notches considerably reduce the load-carrying capacity of glued-laminated timber (glulam) beams, because of the stress concentrations at the abrupt change of cross-section together with low strengths

and brittle failure mechanisms of timber in tension perpendicular to grain and in shear. In this doctoral thesis the reliability of the design of unreinforced notched beams is evaluated and recommendations for the design of reinforced notched beams are given.

The review of design approaches in the design codes shows the variety of different design models based on different material properties. Own tests and simulations based on finite-element (FE) models show that knots have a considerable impact on the fracture of the notch corner, which can be separated into crack opening (mode 1) and crack shearing (mode 2) in dependency of the notch height and notch length. Material constants for the implementation in design codes are suggested based on a reliability analysis.

So far reinforced notched beams are designed only with regard to the perpendicular to grain force acting in the notch corner. An analytical model is presented for the description of the structural behaviour of reinforced notched beams. Recommendations are given for the required reinforcement of notched beams in order to restore the shear capacity of the reduced cross-section.

Seefeld-Ebert, B., Ott, Ch., Marti, P.

**Versuche zur Querkraftverstärkung einseitig zugänglicher Stahlbetonplatten mit eingemörtelten Bewehrungsstäben**

IBK Bericht Nr. **366**

Januar 2016, 243 pp., 147 Abb., 55 Tab., A4,  
Zusammenfassung: d.

Der Bericht beschreibt 13 Bruchversuche, die am IBK zum Thema der Querkraftverstärkung einseitig zugänglicher Stahlbetonplatten mit orthogonal zur Plattenebene eingemörtelten Bewehrungsstäben durchgeführt wurden. Sechs Versuche wurden an 0.2 m dicken und 0.8 m breiten Plattenstreifen durchgeführt, sieben Versuche an 0.5 m dicken und 1 m breiten Plattenstreifen. Die Plattenstreifen wurden als Kragarme unter Einzellast mit Schubspanweiten von 0.64 m, bzw. 1.5 m getestet.

Ein Versuchskörper enthielt keine Querkraftbewehrung, bei vier Versuchen kamen einbetonierte Bügelbewehrungen zum Einsatz, bei sechs Versuchen wurden von der Biegedruckseite her eingemörtelte Querkraftbewehrungsstäbe verwendet und bei zwei Versuchen wurden Querkraftbewehrungsstäbe von der Biegezugseite her eingemörtelt.

Die Versuche demonstrierten die Wirksamkeit der Querkraftverstärkung und lieferten wertvolle Erkenntnisse zur konstruktiven Durchbildung (Stab-

abstände, Versetztiefen, Mindestbewehrung). Eine auf der Basis dieser Versuche ausgearbeitete Modellvorstellung für Bauteile ohne und mit eingemörtelter Querkraftbewehrung ist in einem ASTRA-Forschungsbericht [1] dargestellt.

[1] Marti, P., Seefeld-Ebert, B., Beck, A., «Querkraftverstärkung einseitig zugänglicher Stahlbetonplatten mit eingemörtelten Bewehrungsstäben», Forschungsprojekt AGB 2009/003, Bundesamt für Strassen, *Bericht* Nr. 678, Aug. 2016, 85 pp.

Ringli, R.

### **Zum Kraftfluss in gestossenen Biegeträgern aus Verbundsicherheitsglas**

IBK-Bericht Nr. 367

Juni 2016, 196 pp., 82 Abb., 8 Tab., A4,

Zusammenfassungen: e, d.

Glaskonstruktionen werden in der jüngeren Vergangenheit gerne als Eyecatcher in der Architektur eingesetzt. Eine neue Konstruktion sind volltransparente Biegeträger für grosse Spannweiten, die sowohl in Längs- als auch in Querrichtung aus mehreren einzelnen Glasscheiben bestehen, welche durch ein Interlayermaterial zusammengeklebt werden.

Durch das spröde Versagen von Glas, das viskoelastische Materialverhalten des Interlayers, den ungewöhnlichen Trägeraufbau und die daraus resultierenden Spannungskonzentrationen stellen diese Strukturen eine grosse Herausforderung für die bearbeitenden Ingenieure dar.

In der Arbeit wird ein analytisches Modell vorgestellt, das die wichtigsten Effekte, die zur Spannungskonzentration beitragen, berücksichtigt. Durchgeführte experimentelle Untersuchungen und Finite-Elemente-Simulationen zeigen, dass das analytische Modell im Wesentlichen funktioniert.

Weiterführende Finite-Elemente-Simulationen zeigen, dass die Höhe der Spannungskonzentrationen stark von der Schubsteifigkeit des verwendeten Interlayermaterials abhängig ist, die wiederum temperatur- und lastdauerabhängig ist. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass hohe Interlayersteifigkeiten zu hohen Spannungskonzentrationen führen. Bei einer geringen Interlayersteifigkeit erfolgt die Kraftübertragung zwischen den einzelnen Scheiben in einem grösseren Bereich, was einerseits dazu führt, dass sich die Spannungen innerhalb des Trägers gleichförmiger ausbreiten können, was in geringen Spannungskonzentrationen resultiert. Andererseits kann der grössere aktivierte Bereich dazu führen, dass

sich nebeneinanderliegende Stösse gegenseitig beeinflussen. Das heisst, bei der Bemessung sind jeweils mindestens zwei Lastfälle zu untersuchen: einmal unter der Annahme von hohen und einmal von geringen Interlayersteifigkeiten.

Herraiz, B.

### **Robustness of flat slab structures subjected to a sudden column failure scenario**

IBK Bericht Nr. 368

Oktober 2016, 182 pp. 99 Abb., 20 Tab. A4,

Zusammenfassungen: d, e, sp.

Several building collapses during the last decades have emphasised the necessity for increasing the progressive collapse resistance of structures. In response, design codes have included the requirement that a structure should be capable of surviving the sudden removal of a column. The behaviour of flat slab structures subjected to this hazard is quite complex and includes structural dynamics as well as material and geometrical nonlinearities. This research project proposes a global procedure to estimate this structural response.

On the one hand, an energy balance method is used to simplify the dynamic component of the problem, which reduces the analysis of the system to that of a push-over static response. This approach is based on several simplifications that lead to approximate yet accurate values of the system's maximum dynamic response. A parameter study was performed and results indicate that this approach leads to moderately conservative predictions for typical slab configurations.

On the other hand, a new approach to estimate the static response of laterally unrestrained reinforced concrete slabs considering membrane action was developed. This method is based on the kinematics of a rigid perfectly-plastic slab model and equilibrium of the internal forces originating from the corresponding deformations. Failure criteria were implemented to estimate the load-bearing capacity and corresponding failure deflection. Response predictions from the developed approach were compared to experimental results. This comparison suggests that this new approach generally leads to more precise, accurate, and therefore reliable predictions than other methods. By combination of both approaches, a global procedure to evaluate the structural robustness of flat slab structures subjected to a sudden column removal scenario is obtained.

Diederich, H.

**Zerstörungsfreie Prüfung der Bewehrung von Betonbauteilen mithilfe der magnetischen Streufeldmethode**

IBK Bericht Nr. 369

November 2016, 126 pp., 107 Abb., 10 Tab., A4,  
Zusammenfassungen: d, e, f.

In der vorliegenden Dissertation wurde die magnetische Streufeldmethode als zerstörungsfreie Prüfmethode zur Detektion von Schäden in der Bewehrung untersucht.

Mithilfe von magnetischen Gleichfeldern ist es möglich, Schadstellen in der ferromagnetischen Bewehrung von Stahlbetonbauteilen zu detektieren. An der Schadstelle entsteht dabei ein Streufeld, das durch eine geeignete Messapparatur erfasst und mittels Software dargestellt und ausgewertet werden kann. Auf diese Weise konnten mit dem entwickelten Verfahren im Labor- und Feldversuch Ermüdungsbrüche und Korrosionsschäden zerstörungsfrei innerhalb von üblichen Bewehrungsüberdeckungen geortet werden.

Boccardo, L., Frangi, A.

**Experimental investigations on timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber with notched connection**

Bericht IBK Nr. 370

November 2016, 190 p., 157 Abb., 94 Tab., A4,  
Zusammenfassungen: d, e, i.

This report illustrates three series of laboratory tests on timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber (LVL). The connection between the timber and concrete is accomplished by means of notches cut from the timber part of the composite member. These composite structures were developed in the frame of a research project conducted at the Institute of Structural Engineering (IBK) at ETH Zurich. The purpose of the project was to create a reliable and ductile design model. The report starts with the preliminary bending tests conducted at the beginning of this research project to examine the feasibility of the concept. Then, a series of connection shear tests is presented. Notches as timber-concrete connection systems were tested with a setup, which reproduced the boundary conditions of the notch close to the support. Finally, this report presents a series of bending tests. These test results showed that the structural behaviour of the composite member can be governed by ductile compressive failures of the LVL

in the notches followed by a compressive failure of the compressive zone at the top of the concrete cross section. In this way, the structural behaviour of the composite member is ductile and predictable. These test results validated the ductile design model.



## Neuerschienene Autographien und Bücher

### Stahlbeton I

Prof. Dr. Walter Kaufmann  
Vorlesungsunterlagen, 2015, 498 pp.  
[www.kaufmann.ibk.ethz.ch/lehre/bachelorstudium/stahlbeton-i-ii.html](http://www.kaufmann.ibk.ethz.ch/lehre/bachelorstudium/stahlbeton-i-ii.html)

### Stahlbeton II

Prof. Dr. Walter Kaufmann  
Vorlesungsunterlagen, 2016, 520 pp.  
[www.kaufmann.ibk.ethz.ch/lehre/bachelorstudium/stahlbeton-i-ii.html](http://www.kaufmann.ibk.ethz.ch/lehre/bachelorstudium/stahlbeton-i-ii.html)

### Stahlbeton III

Prof. Dr. Walter Kaufmann  
Vorlesungsunterlagen, 2015, 435 pp.  
[www.kaufmann.ibk.ethz.ch/lehre/bachelorstudium/stahlbeton-i-ii.html](http://www.kaufmann.ibk.ethz.ch/lehre/bachelorstudium/stahlbeton-i-ii.html)

### Structural Reliability and Risk Analysis

Prof. Dr. Bruno Sudret  
Vorlesungsunterlagen, 2015, 663 pp.

### Uncertainty Quantification in Engineering

Prof. Dr. Bruno Sudret and Dr. Stefano Marelli  
Vorlesungsunterlagen, 2015, 570 pp.

### Baustatik II

Dr. Simon Zweidler  
Autographie, 2015, 89 pp.

### Baustatik I

Dr. Simon Zweidler

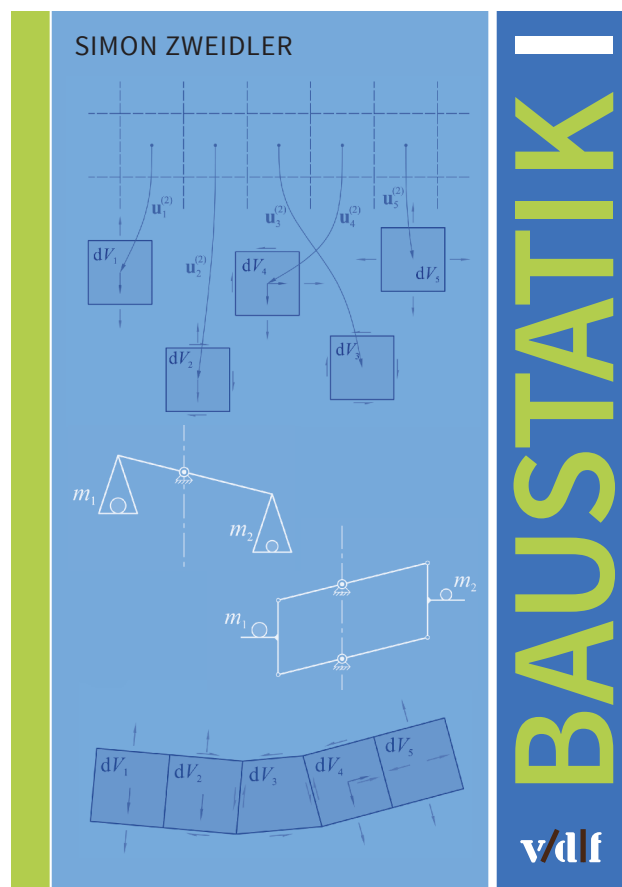
Grundlagen der Baustatik, Stabtragwerke, Schnittkörperdiagramm, Fachwerk, Einflusslinien, Mechanische Grundlagen, Elastizitätstheorie, Verformungslinien, Arbeits- und Energiesätze, Kraftmethode, Prinzip der virtuellen Arbeiten.

Das Ziel dieser Einführung besteht in der Vermittlung eines vertieften Verständnisses für die baustatischen Zusammenhänge auf Grundlage der weit ausgebauten Kontinuums- bzw. Strukturmechanik, ohne dabei hinsichtlich der Modellbildung die für Bauingenieurinnen und Bauingenieure essenziellen Vorteile einer pragmatischen Vereinfachung aus den Augen zu verlieren.

Die Einführung erhebt den zeitgemässen Anspruch an einen axiomatischen Aufbau, ausgehend von den beiden Axiomen der Impuls- und Drallerhaltung. Die Kombination aus einem statisch zulässigen

Spannungszustand mit einem dazu nicht zwingend verträglichen kinematisch zulässigen Verformungszustand führt für ein vorgegebenes statisches System auf das Prinzip der virtuellen Arbeiten. Es stellt das zentrale Element dieser Einführung dar, von welchem sich alle baustatischen Verfahren wie beispielsweise der Arbeitssatz, die Energiesätze oder die Sätze nach Castigliano bzw. Engesser ableiten lassen.

Das Denken in diesen zulässigen Zuständen und die damit vollzogene Auftrennung in Statik und Kinetik lässt die Bauingenieurin bzw. den Bauingenieur den Fokus auf das essenzielle Gleichgewicht richten, wie es in der Tradition der Zürcher Schule steht.



Auflage: 1., 2016, Seiten: 164 Seiten, Abbildungen:  
zahlreiche Grafiken, farbig, Format in cm: 21.0 x 29.7,  
Einbandart: broschiert, ISBN: 978-3-7281-3785-2

(Baustatik II, Dr. Simon Zweidler, erscheint im März 2017  
im gleichen Verlag.)

## Beiträge in Fachzeitschriften und in Tagungsunterlagen

Abbiati, G., Bursi, O. S., Stojadinović, B., Tondini, N., Whyte, C. A.

### **Hybrid Simulation of Heat Transfer Problems in Structural Applications**

*Proceedings*, 6th International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering, Coupled Problems 2015, Venice, IT, May 18-20, 2015.

Abbiati, G., Bursi, O. S., Lasalandra, V., Marelli S., Stojadinović, B.

### **Global Sensitivity Analysis of Hybrid Systems Based on Generalized Polynomial Chaos Expansion**

*Proceedings*, 4th International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, (Civil-Soft-Comp 2015), Prague, CZ, September 1-4, 2015.

Abbiati, G., Marelli, S., Bursi, O., Sudret, B., Stojadinović, B.

### **Uncertainty propagation and global sensitivity analysis in hybrid simulation using polynomial chaos expansion.**

*Proceedings*, 4th International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, Prague, CZ, September 1-4, 2015.

Abbiati, G., Ferraiuolo, M., Tondini, N., Stojadinović, B.

### **Fully Coupled Hybrid Simulation of Spacecraft Thermal Structures**

*Proceedings*, Thermal Stresses Conference (TS2016), Salerno, IT, June 5-9, 2016.

Abbiati, G., Miraglia, G., Ceravolo, R., Stojadinović, B.

### **Recent Advances on Pseudodynamic Hybrid Simulation of Masonry Structures**

*Proceedings*, 6th European Conference of Structural Control and Health Monitoring (EACS2016), Sheffield, UK, July 11-13, 2016.

Abdallah, I., Sudret, B., Lataniotis, C., Sørensen, J., Natarajan, A.

### **Fusing simulation results from multifidelity aero-servo-elastic simulators – Application to extreme loads on wind turbine.**

*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #223

Agathos, K., Chatzi, E.N., Bordas, P.A., Talaslidis, D.

### **A well-conditioned and optimally convergent XFEM for 3D linear elastic fracture**

*International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 2016, Volume 105(9), pp. 643-677.

Agathos, K., Chatzi, E.N., Bordas, S.

### **Stable 3D extended finite elements with higher order enrichment for accurate non planar fracture**

*Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 306, pp. 19-46, 21 March 2016.

Agathos, K., Chatzi, E.N., Bordas, S.

### **3D Crack Detection Using an XFEM Variant and Global Optimization Algorithms**

*Proceedings*, 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), Berkeley, California, US, May 29 - June 1, 2016.

Agathos, K., Ventura, G., Chatzi, E.N., Bordas, S.

### **Well Conditioned and Optimally Convergent Extended Finite Elements and Vector Level Sets for Three-Dimensional Crack Propagation**

*Proceedings*, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, GR, June 5-10, 2016.

Allen, C., Masia, M.J., Page, A.W., Griffith, M.C., Derakhshan, H., Mojsilović N.

### **Experimental Testing of Unreinforced Masonry Walls with Openings Subject to Cyclic In-plane Shear**

*Proceedings*, 16th International Brick/Block Masonry Conference, Padova, IT, June 26-30, 2016, pp. 1401-1408.

Amin, A., Foster, S.J., Kaufmann, W.

### **Instantaneous deflection calculation for steel fibre reinforced concrete one way members**

*Engineering Structures*, Elsevier, Oct. 2016, online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.10.041>.

Antoniadis I.A., Sapountzakis, I.E., Chatzi, E.N.

### **A KDamping concept for seismic excitation absorption**

*Proceedings*, 1st International Conference on Natural Hazards and Infrastructure: Protection, Design, Rehabilitation, Chania, GR, June 28-30, 2016.

- Asenov, M., Mojsilović, N., Mičić, T.  
**Probability of Occurrence of Slip Failure along Head Joints in Masonry Subjected to In-Plane Loading**  
*Proceedings*, 16th International Brick/Block Masonry Conference, Padova, Italy, June 26-30, 2016, pp. 57-64.
- Asenov, M., Mojsilović, N., Mičić, T.  
**Reliability of masonry walls subjected to in-plane loading: A slip failure along head joints**  
*Mauerwerk*, 20 (4), 2016, pp. 271-283.
- Asgarieh, E., Moaveni, B., Barbosa, A.D., Chatzi, E.N.  
**Nonlinear Model Calibration of a Shear Wall Building using Time and Frequency Data Features**  
*Mechanical Systems and Signal Processing*, 85, August 20 2016, pp. 236-251.Z.
- Avendaño-Valencia, L.D., Chatzi, E.N.  
**Non-stationary random coefficient models for vibration-based SHM in structures influenced by strong operational and environmental variability**  
*Proceedings*, International Workshop on Structural Health Monitoring 2015, Stanford, CA, US, September 1-3, 2015.
- Avendaño-Valencia, L.D., Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.D.  
**Surrogate modeling of nonstationary systems with uncertain properties**  
*Proceedings*, ESREL 2015, The annual European Safety and Reliability Conference ESREL, Zurich, September 7-10, 2015.
- Azam, S.E., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C.  
**A dual Kalman filter approach for state estimation via output-only acceleration measurements**  
*Mechanical System and Signal Processing*, 60-61, 2015, pp. 866-886.
- Baader, J., Fontana, M.  
**Active vibration control of lightweight floor systems**  
*Proceedings*, Active and Passive Smart Structures and Integrated Systems 2016, Las Vegas, USA, 20.03.2016, SPIE, Bellingham, WA, Vol 9799, 2016, 12 pp.
- Bachmann, J.A., Jost, C., Studemann, Q., Vassiliou, M.F., Stojadinović, B.  
**An Analytical Model for the Dynamic Response of an Elastic SDOF System Fixed on Top of a Rocking Single-Story Frame Structure: Experimental Validation**  
*Proceedings*, 7th European Congress on Computation Methods in Applied Sciences and Engineering EC-COMAS 2016, Crete Island, GR, June 5-10, 2016.
- Bachmann, J.A., Blöchlinger, P., Wellauer M., Vassiliou M.F., Stojadinović, B.  
**Experimental Investigation of the Seismic Response of a Column Rocking and Rolling on a Concave Base**  
*Proceedings*, 7th European Congress on Computation Methods in Applied Sciences and Engineering ECCOMAS 2016, Crete Island, GR, June. 5-10, 2016.
- Bachmann, J.A., Jost, C., Studemann, Q., Vassiliou M.F., Stojadinović, B.  
**An Analytical Model for the Dynamic Response of an Elastic SDOF System Fixed on Top of a Rocking Single-Story Frame Structure: Experimental Validation**  
*Proceedings*, 7th European Congress on Computation Methods in Applied Sciences and Engineering EC-COMAS 2016, Crete Island, GR, June 5-10 2016.
- Bartlett, A., Wiesner, F. Hadden, R., Bisby, L.A., Lane B., Lawrence, A., Palma, P., Frangi, A.  
**Needs for total fire engineering of mass timber buildings**  
*Proceedings*, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, AT, 22.-25.08.2016, pp. 3856-3865.
- Bimschas, M., Chatzi, E.N., Marti, P.  
**Inelastic Deformation Analysis of RC Bridge Piers, Part 1: Theory and Background**  
*ACI Structural Journal*, 112/3, May-June 2015, pp. 267-276.
- Bimschas, M., Chatzi, E.N., Marti, P.,  
**Inelastic Deformation Analysis of RC Bridge Piers, Part 2: Application and Verification**  
*ACI Structural Journal*, 112/3, May-June 2015, pp. 277-286.

Bimschas, M.

**Erdbebensicherheit bestehender Brücken und Folgerungen für den Neubau**

*Proceedings*, Bau und Wissen Fachveranstaltung 164851 «Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau», TFB AG, ETH Höggerberg, 8. Sept. 2015, Kap. 3, pp. 1-28.

Bisby, L.A., Klippel, M.

**Structural elements made of bio-based materials and detailing**

*Proceedings*, Bio-based Building Products and fire safe Design of Buildings – Recent Developments, 1st European Workshop COST Action FP 1404, April 20-21, 2015, CTFC Centre Tecnologic Forestal de Catalunya, Barcelona ES, 2015, pp. 75-76.

Bisby, L.A., Frangi, A.

**Editorial. Special Issue on Timber in Fire**

*Fire Technology*, Springer Verlag, Berlin, DE, 2015, Vol 51/6, pp. 1275-1277.

Bischof, P., Chatzi, E.N., Suter, R., Lestuzzi, P.

**Numerical and analytical investigation on bonding of CFRP sheets on steel**

*Proceedings*, 3rd Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, SMAR2015, Antalya, TR, September 7-9, 2015.

Bischof, P., Borgogno, W., Zumstein, K., Kaufmann, W., Siemon, M., Zehfuss, J.

**Fire column tests of Swiss precast industry: Fire resistance calculations**

*Proceedings*, Braunschweiger Brandschutz-Tage 2016, 30. Fachtagung «Brandschutz Forschung und Praxis - Workshop» Heissbemessung Structural Fire Engineering, Braunschweig, DE, 21.-22. Sept. 2016, pp. 1-22.

Blank, L., Jockwer, R., Frangi, A., Fink, G.

**Quasi-brittleness of glued laminated timber beams subjected to bending**

*Proceedings*, SEMC 2016: VI International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation, CRC Press, Boca Raton, FL, September 5-7, 2016, Cape Town, SA, 2016, pp. 609-610.

Boccardo, L., Frangi, A.

**Experimentelle Untersuchungen zum Tragverhalten von Holz-Beton-Verbunddecken aus Buche**

*Bautechnik*, Wilhelm Ernst & Sohn - Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin, DE, Vol 92/11, 2015, pp. 783-789.

Boccardo, L., Zweidler, S., Frangi, A.

**Timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber**

*Proceedings*, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, AT, 22.-25.08.2016, pp. 135-144.

Bogoevska, S., Spyridonakos, M., Chatzi, E.N., Dumova-Jovanoska, E., Höffer, R.

**A novel bi-component Structural Health Monitoring strategy for deriving global models of operational Wind Turbines**

*Proceedings*, 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), July 5-8, 2016, Bilbao, ES.

Bogoevska, S., Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Jovanoska, E.R., Höffer, R.

**A data-driven framework for comprehensive identification of operational Wind Turbines under uncertainty**

*Proceedings*, International Conference on Uncertainty in Structural Dynamics, September 19-21, 2016, KU Leuven, BE.

Broccardo, M., Galanis, P., Esposito, S., Stojadinović, B.

**Resilience-based Risk Assessment of Civil Systems using the PEER Framework for Seismic Hazard**

*Proceedings*, ESREL 2015, 25th European Safety and Reliability Conference, ETH Zurich, September 7-10, 2015. p. 53.

Broccardo, M., Der Kiureghian, A.

**Multicomponent Nonlinear Stochastic Dynamic Analysis by Tail-Equivalent Linearization**

*ASCE Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 142, Issue 3, [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EM.1943-7889.0001026](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001026).

Burnaev, E., Panin, I., Sudret, B.

**Effective design for Sobol' indices estimation based on polynomial chaos expansions**

*Proceedings*, Conformal and Probabilistic Prediction with Applications, 5th Int. Symp. COPA'2016, Madrid, Spain, April 20-22, 2016, Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI) 9653.



Capellari, G., Chatzi, E.N., Mariani, S.

**An optimal sensor placement method for SHM based on Bayesian Experimental Design and Polynomial Chaos Expansion**

*Proceedings*, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, GR, June 5-10, 2016.

Capellari, G., Chatzi, E.N., Mariani S.

**Optimal sensor placement through Bayesian experimental design: effect of measurement error and number of sensors**

*Proceedings*, 3rd International Electronic Conference on Sensors and Applications, November 15-30, 2016, online.

Cattarinussi, L., Hofstetter, K., Ryffel, R., Zumstein, K., Ioannidou, D., Klippel, M.

**Life cycle assessment of a post-tensioned timber frame in comparison to a reinforced concrete frame for tall buildings**

*Tagungsunterlagen*, Sustainable Built Environment (SBE) Regional Conference Zurich 2016, 15.-17. Juni 2016, Zürich, Expanding Boundaries: Systems Thinking in the Built Environment, vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 2016, pp. 656-661.

Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.

**Use of a Stochastically Enhanced Framework for the Modeling of Uncertain Dynamical Systems**

*Proceedings*, 18. Symposium «Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen», Empa Dübendorf, May 29, 2015.

Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.

**Dealing with Uncertainty in the Monitoring and Simulation of Dynamically Evolving Systems**

*Proceedings*, 7th International conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHM-II), Torino, IT, July 1-3, 2015.

Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.

**Incorporating Uncertainty in Vibration-based Monitoring and Simulation**

*Proceedings*, 4th International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering (CIVIL-SOFT-COMP 2015), Prague, CZ, September 1-4, 2015.

Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.

**Structural Identification and Modeling based on Uncertain/Limited Information, Experimental Vibration Analysis of Civil Engineering Structures**

*Proceedings*, EVACES 2015, Empa Dübendorf, October 19-21, 2015.

Chatzi, E.N., Fuggini, C.

**Online correction of drift in structural identification using Artificial White Noise observations and an Unscented Kalman Filter**

*Smart Structures and Systems*, Special Volume, errors / uncertainties in sensors for structural health monitoring, 2015, Volume 16(2), pp. 296-328.

Chatzis M.N., Chatzi E.N., Smyth A.W.

**An experimental validation of time domain system identification methods with fusion of heterogeneous data**

*Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 44/4, April 2015, pp. 523-547, doi:10.1002/eqe.2528.

Chatzis, M.N., Chatzi, E.N. Triantafyllou, S.P.

**Identification of non-smooth dynamics for assessing structural performance**

*Proceedings*, 11th HSTAM International Congress on Mechanics, Athens, May 27-30, 2016, GR.

Chatzis, M.N., Chatzi, E.N., Triantafyllou, S.

**A discontinuous class of filtering methods for the identification of non-smooth dynamical systems**

*Proceedings*, 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016), October 16-19, 2016, Delft, NL.

Crettaz, R., Tsiavos A., Stojadinović, B.

**Seismic Isolation of Historic Masonry Towers: Tower of Pisa Feasibility Study**

*Proceedings*, 10th International Conference on Structural Analysis of Historical Construction, SAHC 2016, September 13-15, 2016, Leuven, BE.

Deman, G., Konakli, K., Sudret, B., Kerrou, J., Perrochet, P., Benabderrahmane, H.

**Using sparse polynomial chaos expansions for the global sensitivity analysis of groundwater lifetime expectancy in a multi-layered hydrogeological model**

*Reliability Engineering and System Safety*, 2016, Volume: 147, pp. 156-169.

Dertimanis, V.K., Chatzi, E.N., Eftekhari Azam, S., Papadimitriou, C.,

**Fatigue assessment in steel railway bridges using output only vibration measurements and partial structural information**

*Proceedings*, 3rd International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, Cagliari, Sardinia, IT, April 5-8, 2016.

- Dertimanis, V., Giagopoulos, D., Chatzi, E.N.  
**Finite Element Metamodeling of Uncertain Structures**  
*Proceedings*, European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2016, Crete Island, GR, June 5-10, 2016.
- Dertimanis, V.K., Eftekhar Azam, S., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C.  
**Output-only fatigue prediction of uncertain steel structures**  
*Proceedings*, 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), July 5-8, 2016, ES, Bilbao.
- Dertimanis, V., Chatzi, E.N.,  
**LQR-UKF semi-active control of (partially) uncertain structures**  
*Proceedings*, 6th EACS European Conference, University of Sheffield, July 11-13, 2016.
- Dertimanis, V.K., Antoniadis, I.A., Chatzi, E.N.  
**Feasibility analysis on the attenuation of strong ground motions using finite periodic lattices of mass-in-mass barriers**  
*Journal of Engineering Mechanics*, 142/9, September 2016, pp. 1-10. 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0001120, 04016060.
- Dertimanis, V.K., Spiridonakos, M.D., Chatzi, E.N.  
**Dispersion-corrected, Operationally Normalized Stabilization Diagrams for Robust Structural Identification**  
*Proceedings*, IMAC-XXXIII, Orlando, FL, US.
- De Sanctis, G., Ridder, A., Barth, U., Fontana, M.  
**A systematical Bayesian approach for outcome-oriented fire service data collection**  
*Fire Safety Journal*, Polestar Wheatons Ltd, Exeter UK, Vol 78, Elsevier, Amsterdam, 2015, pp. 219-228.
- De Sanctis, G., Fontana, M.  
**Risk-based optimisation of fire safety egress provisions based on the LQI acceptance criterion**  
*Reliability Engineering & System Safety*, Vol 152, Elsevier, Barking, 2016, pp. 339-350.
- Didier, M., Sun, L., Ghosh S., Stojadinović, B.  
**Post-Earthquake Recovery of a Community and its Power Supply System**  
*Proceedings*, 5th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Crete Island, GR, May 25-27, 2015, CompDyn 2015, Paper #C869.
- Didier, M., Ghosh S., Stojadinović, B.  
**Vulnerability of the Nepalese Building Stock During the 2015 Gorkha Earthquake**  
 Technical Journal: Special Issue on Gorkha Earthquake 2015, Nepal Engineers' Association, October 2016, Vol. 43-EC30-Issue 1, pp. 103-107.
- Diederich, H., Vogel, T.  
**Evaluation of Reinforcing Bars Using the Magnetic Flux Leakage Method**  
 ASCE's Journal of Infrastructure Systems, published online 16.03.2016.
- Diederich, H., Vogel, T.  
**Zerstörungsfreie Prüfung der Bewehrung von Betonbauteilen mithilfe der magnetischen Streufeldmethode**  
*Schlussbericht* Forschungsprojekt AGB 2013/004, Bundesamt für Strassen, Nr. 681, Dez. 2016, 131 pp.
- De Sanctis, G., Fontana, M.  
**Risk-based optimisation of fire safety egress provisions based on the LQI acceptance criterion**  
*Reliability Engineering & System Safety*, Vol 152, Elsevier, Barking, 2016, pp. 339-350.
- Dumas, A., Gayton, N., Dantan, J.-Y., Sudret, B.  
**A new system formulation for the tolerance analysis of overconstrained mechanisms**  
*Probabilistic Engineering Mechanics*, 2015, Volume: 40, pp. 66-74.
- Ebel, R., Scandella, C., Fontana, M., Knobloch, M.  
**Member Buckling Behaviour of High-Strength Steel in Fire**  
*Proceedings* International Colloquium on Stability and Ductility of Steel Structures, Timisoara RO, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim, 2016, 485-492.
- Eftekhar-Azam, S., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C., Smyth, A.W.  
**Experimental Validation of the Dual Kalman Filter for Online and Real-time State and Input Estimation**  
 IMAC-XXXIII, Orlando, US, February 2-5, 2015.
- Eftekhar-Azam, S., Dertimanis, V.K., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C.  
**Output only schemes for input-state-parameter estimation of linear systems**  
*Proceedings*, UNCECOMP 2015, Crete Island, GR, May 25-27, 2015.

- Eftekhar-Azam, S., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C.  
**Online fatigue damage prediction for metallic structures via output only vibration measurements**  
*Proceedings*, International Workshop on Structural Health Monitoring 2015, Stanford, CA, US, September 1-3, 2015.
- Eftekhar-Azam, S., Chatzi, E.N., Papadimitriou, C., Smyth, A.W.  
**Experimental Validation of the Dual Kalman Filter for Online and Real-time State and Input Estimation**  
 IMAC-XXXIII, Orlando, US, February 2-5, 2015.
- Egger, A., Triantafyllou, S., Chatzi, E.N.,  
**The Scaled Boundary Finite Element Method for the efficient Modeling of Linear Elastic Fracture**  
*Proceedings*, 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), Berkeley, California, US, May 29 - June 1, 2016.
- Ehrhart, T., Brandner, R., Schickhofer, G., Frangi, A.  
**Rolling Shear Properties of some European Timber Species with Focus on Cross Laminated Timber (CLT): Test Configuration and Parameter Study**  
*Proceedings Meeting 48*; International Network on Timber Engineering Research; August 24-27, 2015, Sibenik, Croatia; Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und Baukonstruktionen, Karlsruhe DE, 2015, pp. 61-76.
- Ehrhart, T., Fink, G., Steiger, R., Frangi, A.  
**Strength grading of European beech for the production of GLT and CLT**  
*Proceedings of Meeting 49*; International Network on Timber Engineering Research; August 16-19, 2016, Graz, AT; Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und Baukonstruktionen, Karlsruhe DE, 2016, pp. 29-44.
- Ehrhart, T., Fink, G., Steiger, R., Frangi, A.  
**Experimental investigation of tensile strength and stiffness indicators regarding European beech timber**  
*Proceedings World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016)*, TU Verlag, Wien, AT, 22.-25.08.2016, pp. 600-607.
- Escallón, J., Bartelt, P., Chatzi, E.N.  
**Application of a General Contact Algorithm for Impact Analysis of Rockfall Barriers**  
*Proceedings*, COMPDYN 2015, Crete Island, GR May 25-27, 2015.
- Escallon, J.P., Von Bötticher, A., Wendeler, C., Chatzi, E.N., Bartelt, P.  
**Mechanics of chain-link wire nets with loose connections**  
*Engineering Structures*, Volume 101, October 2015, pp. 68-87.
- Faraonis, P., Sextos, A., Chatzi, E.N., Zabel, V.  
**Model Updating of a Bridge-Foundation-Soil System Based on Ambient Vibration Data**  
*Proceedings*, COMPDYN 2015, Crete Island, GR, May 25-27, 2015.
- Felkner, J., Chatzi, E.N., Kotnink, T.  
**Interactive Truss Design using Particle Swarm Optimization and NURBS curves**  
*Journal of Building Engineering*, 4, August 8, 2015, pp. 60-74, ISSN 2352-7102,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2015.08.004>.
- Fernando, D., Frangi, A., Kobel, P.  
**Behaviour of basalt fibre reinforced polymer strengthened timber laminates under tensile loading**  
*Engineering Structures*, Elsevier, Amsterdam, NL, Juni 2016, Vol 117, pp. 437-456.
- Ferrari, R., Froio, D., Chatzi, E.N., Gentile, C., Pioldi, F., Rizzi, E.  
**Experimental and Numerical Investigations for the Structural Characterization of a Historic RC Arch Bridge**  
*Proceedings*, COMPDYN 2015, Crete Island, GR, May 25-27, 2015.
- Ferrari, R., Pioldi, F., Rizzi, E., Gentile, C., Chatzi, E.N., Klis, R., Serantoni, E., Wieser, A.  
**Heterogeneous Sensor Fusion for Reducing Uncertainty in Structural Health Monitoring**  
*Proceedings*, UNCECOMP 2015, Crete Island, GR, May 25-27, 2015.
- Ferrari, R., Pioldi, F., Rizzi, E., Gentile, C., Chatzi, E.N., Serantoni, E., Wieser, A.  
**Fusion of wireless and non-contact technologies for the dynamic testing of a historic RC bridge**  
*Measurement Science and Technology*, 27, 124014, Oct. 2016, pp. 1-15.
- Fischer, K., De Sanctis, G., Kohler, J., Faber, M.H., Fontana, M.  
**Combining engineering and data-driven approaches: Calibration of a generic fire risk model with data**  
*Fire Safety Journal*, Elsevier, Polestar Wheatons Ltd, Exeter UK, 2015, Vol 74, pp. 32-42.

Fink, G., Frangi, A., Kohler, J.

**Probabilistic approach for modelling the load-bearing capacity of glued laminated timber**  
*Engineering Structures*, Elsevier, Kidlington, Vol. 100, 2015, pp. 751-762.

Fink, G., Klippel, M., Frangi, A.

**Extension of data sets for a more reliable prediction of the fire resistance of finger joint connections**  
*Proceedings*, 12th International Conference on Application of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP12, 12-15 July 2015, Vancouver, CA, Vol. 12, 2015, 8 p.

Fink, G., Kohler, J.

**Probabilistic modelling of the tensile material properties of timber boards and finger joint connections**  
*European Journal of Wood and Wood Products*, Springer, Berlin, DE, Vol. 73, 2015, pp. 335-346.

Fink, G., Frangi, A., Kohler, J.

**Bending tests on GLT beams having well-known local material properties**  
*Materials and Structures*, Springer, Dordrecht, November 2015, Vol. 48, No. 11, pp. 3571-3584.

Fink, G., Jockwer, R., Köhler, J.

**Reliability based design of timber structures - system focussed application**  
*Proceedings*, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, 22.-25.08.2016, pp. 3702-3709.

Fischli-Boson, P., Fontana, M.

**Stahlbau trotz Brand**  
*Tec21 und Stahlpromotion Newsletter Schweiz*, 27.4.2014, SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich, 1 p.

Fontana, M.

**Darf eine Gesellschaft den vorbeugenden Brandschutz unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren? - Eine wissenschaftlich gesicherte Antwort auf diese Frage fordert der Gesetzgeber und Normenschaffende doppelt heraus**  
*Der Prüfingenieur*: das Magazin der Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik, S.n., Berlin, Vol 48, 2016, pp. 66-68.

Fontana, M., Kohler, J., Fischer, K., De Sanctis, G.  
Fire Load Density  
**SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**, Springer, New York, Ed. 5, 2015, pp. 1131-1142.

Frangi, A.

**Fire resistance assessment of timber structures**  
JRC Science and Policy Reports, Eurocodes: Background & Applications, Structural Fire Design, Worked Examples, Poljansek, M., et al, European Commission, Luxembourg, 2014, pp. 215-238.

Frangi, A.

**Construire in legno: cosa come e quanto brucia**  
*Tagungsunterlagen*, Fortbildungskurs – S-WIN Swiss Wood Innovation Network, La costruzione in legno moderna: soluzione interessante per un'architettura di qualita e strutture portanti esigenti, Accademia di Architettura Mendrisio, 22. Mai 2015, S-WIN, Zürich, 2015.

Frangi, A.

**L'evoluzione tecnologica applicata: un edificio del Politecnico Federale**  
*Tagungsunterlagen*, Fortbildungskurs – S-WIN Swiss Wood Innovation Network, La costruzione in legno moderna: soluzione interessante per un'architettura di qualita e strutture portanti esigenti, Accademia di Architettura Mendrisio, 22. Mai 2015, S-WIN, Zürich, 2015.

Frangi, A., Klippel, M.

**Massivbau in Holz – Die Sicht des Brandschutzes**  
*Tagungsunterlagen*, Moderner Massivbau aus Holz – vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus, 47. Fortbildungskurs Swiss Wood Innovation Network S-WIN, Weinfelden, 20.-21. Oktober 2015, S-WIN, Zürich, 2015, Vol. 47, pp. 31-38.

Frangi, A., Leyder, C.

**Les hautes performances du feuillu et du hêtre**  
*Proceedings*, Cours de perfectionnement S-WIN, Yverdon-les-Bains VD, 5. März 2015, Swiss Wood Innovation Network S-WIN, Zürich, 2015.

Frangi, A., Steiger, R.

**Mit Laubholz zu höheren Leistungen**  
*Tagungsunterlagen*, Moderner Massivbau aus Holz – vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus, 47. Fortbildungskurs Swiss Wood Innovation Network S-WIN, Weinfelden, 20.-21. Oktober 2015, S-WIN, Zürich, 2015, Vol. 47, pp. 141-152.

Frangi, A., Steiger, R., Theiler, M.

**Design of timber members subjected to axial compression or combined axial compression and bending based on 2nd order theory**  
*Proceedings of Meeting 48*; International Network on Timber Engineering Research; August 24-27 2015, Sibenik, Croatia; Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und Baukonstruktion, Karlsruhe DE, 2015, pp. 45-58.



- Frangi, A., Wanninger, F.  
**Tragverhalten von vorgespannten Holzrahmenkonstruktionen**  
*Tagungsunterlagen*, 21. Internationales Holzbau-Forum (IHF 2015), Aus der Praxis – Für die Praxis, Forum Holz Bau Garmisch Partenkirchen DE, 2.-4.12.2015, forum-holzbau, Biel, 2015, 8 pp.
- Galanis, P., Sycheva, A., Broccardo, M., Mimra W., Stojadinović, B.  
**A Risk management approach for the Swiss seismic hazard**  
*Proceedings*, 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015, ETH Zurich, September 7-10, 2015. pp. 4529 - 4536.
- Galmarini, A., Locher, D., Marti, P.  
**Predicting the response of reinforced concrete slab strips subjected to axial tension and transverse load – a competition**  
*Structural Concrete*, No. 2, 2015, pp. 172-183.
- Gemperle, C., Fontana, M.  
**Zum Tod von Konrad Huber**  
*Stahlbau*, Vol 85/9, Ernst & Sohn: Wiley, Berlin, September 2016, p. 639.
- Ghafoori, E., Motavalli, M., Nussbaumer, A., Herwig, A., Prinz, G.S., Fontana, M.  
**Design criterion for fatigue strengthening of riveted beams in a 120-year-old railway metallic bridge using pre-stressed CFRP plates**  
*Composites Part B: Engineering*, Elsevier, Oxford, Vol 68, Januar 2015, pp. 1-13.
- Ghafoori, E., Motavalli, M., Nussbaumer, A., Herwig, A., Prinz, G.S., Fontana, M.  
**Determination of minimum CFRP pre-stress levels for fatigue crack prevention in retrofitted metallic beams**  
*Engineering Structures*, 84 (2015), Elsevier, Kidlington, Vol 84, Januar 2015, pp. 29-41.
- Ghafoori, E., Motavalli, M., Zhao, X-L., Nussbaumer, A., Fontana, M.  
**Fatigue design criteria for strengthening metallic beams with bonded CFRP plates**  
*Engineering Structures*, Vol. 101, Elsevier, Kidlington, October 2015, pp. 542-557.
- Giagopoulos, D., Dertimanis, V., Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.  
**Online state and parameter estimation of a nonlinear gear transmission system**  
*Proceedings*, IMAC-XXXIV, January 25-28 2016, Orlando, US.
- Giagopoulos, D., Arailopoulos, A., Eftekhar Azam, S., Papadimitriou, C., Chatzi, E.N., Grompanopoulos, K.  
**Dynamic Response Estimation and Fatigue Prediction in a Linear Substructure of a Complex Mechanical Assembly**  
*Proceedings*, 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), July 5-8, 2016, Spain, Bilbao.
- Gilani, M.S., Hugi, E., Carl, S., Palma, P., Vontobel, P.  
**Heat Induced Desorption of Moisture in Timber Joints with Fastener During Charring**  
*Fire technology*, Springer, Berlin DE, November 2015, Vol 51, No. 6, pp. 1433-1445.
- Gollob, S., Kocur, G. K., Vogel, T.  
**Localization of Acoustic Emissions in a numerically simulated T-shaped Concrete Beam**  
*Proceedings*, World Conference on Acoustic emission (WCAE-2015), Hawaii, US, November 10-13, 2015.
- Gollob, S., Kocur G. K., Schumacher, T., Mhamdi, L., Vogel, T.  
**A novel multi-segment path analysis based on a heterogeneous velocity model for the localization of acoustic emission sources in complex propagation media**  
*Ultrasonics*, Vol. 74(2017), available: 4 October 4, 2016, pp. 48-61.
- Gollob, S., Mhamdi, L., Kocur, G. K., Schumacher, T., Vogel, T.  
**A novel multi-segment path analysis-based technique for acoustic emission source localization in complex solid media**  
*Proceedings*, 9th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), May 22-25, 2016, Berkeley, CA, US.
- Gollob, S., Vogel, T.  
**Localization of Acoustic Emission in Reinforced Concrete using a Heterogeneous Velocity Model and Multilinear Wave Propagation Paths**  
*Proceedings*, fib Symposium Copenhagen, May 18-20, 2015.
- Gollob, S., Vogel, T.  
**Updating cracks within a heterogeneous numerical model based on estimated AE source locations**  
*Proceedings*, 8th International Conference on Acoustic Emission (IIIAE 2016), December 5-9, 2016, Kyoto, JP.

Guntern, U., Fontana, M.

**Brandschutz - Fluchtwege im Fokus**

*Architektur + Technik*, 38. Jg., 8/15, B + L Verlags AG, Schlieren, pp. 48-49.

Gustafsson, P.-J., Jockwer, R., Serrano, E., Steiger, R.  
**A strongest link model applied to fracture propagating along grain**

*Proceedings Meeting 48; International Network on Timber Engineering Research; August, 24-27 2015, Sibenik, Croatia; Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und Baukonstruktion, Karlsruhe DE, 2015, pp. 351-365.*

Han, S.-W., Moon, K.-H., Hwang, S.-H., Stojadinović B.

**Seismic Performance Evaluation of Intermediate Moment Frames with Reduced Beam Section and Bolted Web Connection**

*Earthquake Spectra*, EERI, May 2015, vol. 31, no. 2, pp. 895-919.

Harmanci, Y.E., Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Kübler, W.

**Monitoring of a Novel Structure using Fiber Bragg Grating Strain Sensors**

*Proceedings, 3rd Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Structures, SMAR 2015 Antalya, TR, September 7-9, 2015.*

Harmanci, Y.E., Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Kübler, W.

**An Autonomous Strain-based Structural Monitoring Framework for Life-Cycle Analysis of a Novel Structure**

*Front. Built Environ. - Structural Sensing*, DOI: 10.3389/fbuil.2016.00013, 2016.

Harte, A., Jockwer, R., Stepinac, M., Descamps, T., Rajcic, V., Dietsch, P.

**Reinforcement of timber structures – The route to standardisation**

*Proceedings, 3rd International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures SHATIS'15, Sept. 9-11 2015, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław PL, 2015, pp. 78-88.*

Herraiz, B., Vogel, T.

**Novel design approach for the analysis of laterally unrestrained reinforced concrete slabs considering membrane action**

*Engineering Structures*, 123 (2016), May 17, 2016, pp. 313-329.

Herraiz, B., Vogel, T.

**Robustness and energy absorption capacity of laterally unrestrained reinforced concrete slabs**

*Proceedings, 2015 Structures Congress, Portland, OR, US, April 23-25, 2015.*

Herraiz, B., Vogel, T., Russell, J.

**Energy-based method for sudden column failure scenarios**

*Proceedings, IABSE Workshop, Safety, Robustness and Condition Assessment of Structures, Helsinki, February 11-12, 2015.*

Jockwer, R.

**Bemessung von querzugbeanspruchten Bereichen und deren Verstärkung**

SIA Dokumentation D-0251, Edt: Lignum Holzwirtschaft Schweiz, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich, 2015, pp. 53-62.

Jockwer, R., Serrano, E., Gustafsson, P.-J., Steiger, R.

**Impact of Growth Characteristics on the Fracture Perpendicular to the Grain of Timber**

*Proceedings, 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP12), July 12-15, 2015, Vancouver, CA, 2015, 2429/53260, 8 p.*

Jockwer, R., Steiger, R., Frangi, A.

**Evaluation of the reliability of design approaches for connections perpendicular to the grain**

*Proceedings 2nd International Network on Timber Engineering Research, Meeting 48, August 24-27, 2015, Sibenik, Croatia, Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und Baukonstruktionen, Karlsruhe, DE, 2015, pp. 131-144.*

Jockwer, R.

**Connections in cold and fire situation - Study on the reliability of connections**

*Proceedings, Expert meetings Connections in Fire, Eds. Palma, P. and Jockwer, R., February 11-12, 2016, Lisbon, PT, 2016.*

Jockwer, R., Steiger, R., Frangi, A., Serrano, E.

**Load-carrying capacity and failure modes of glulam beams with reinforced notches**

*European Journal of Wood and Wood Products*, 2016, Springer, Berlin, 2016, Vol 74/3, May 2016, pp. 481-482.

Jockwer, R.

**Impact of varying material properties and geometrical parameters on the reliability of shear connections with dowel type fasteners**

*Proceedings*, Meeting 49; International Network on Timber Engineering Research; August 16-19, 2016, Graz, AT; Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und Baukonstruktionen, Karlsruhe, DE, 2016, pp. 45-62.

Jockwer, R., Steiger, R.

**Performance of self-tapping screws and threaded rods in shear reinforcement of glulam beams**

*Proceedings of the World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016)*, Wien, AT, August 2016, TU Verlag, Wien, 2016, pp. 2781-2790.

Karagiannis, D., Kaufmann, W.

**Effect of transverse bending moments on the shear resistance of concrete bridges**

*Proceedings*, 19th Congress of IABSE, Stockholm 2016, 'Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment', ISBN 978-3-85748-144-4, Stockholm, Sept. 21-23, 2016, pp. 1600-1607.

**Multifunktionaler Hochleistungs-Oberflächenschutz für Kunstbauten (Multifunctional high-performance surface protection systems for civil engineering structures)**

Schlussbericht Forschungsprojekt AGB 2009/004, Bundesamt für Strassen, Nr. 668, Sept. 2015, 77 pp.

Kaufmann, W.

**Integrale Brücken: Erfahrungen in der Schweiz und Anwendungsgrenzen**

*Proceedings*, Bau und Wissen Fachveranstaltung 164851 «Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau», TFB AG, ETH Zürich, 8. Sept. 2015, pp. 1-52.

Kaufmann, W., Meier, B.

**Conceptual Bridge Design beyond Signature Structures**

*Proceedings*, IABSE Conference Geneva 2015 «Structural Engineering: Providing Solutions to Global Challenges», ISBN 978-3-85748-140-6, Geneva, Sept. 23-25, 2015, pp. 510-517.

Kaufmann, W., Sigrist, V., Alvarez, M., Kenel, A., Marti, P.

**Zuschrift zu «Erweitertes Modell zur Berechnung der Rissbreite» von Empelmann/Krakowski (V. 110, Nr. 7, 2015, pp. 458-467)**

*Beton- und Stahlbetonbau*, V. 110, Nr. 10, 2015, pp. 723-725.

Kaufmann, W.

**Zur Vorgabe der Zementart CEM III/B für Hochbaubetone**

Empfehlung der Normenkommission SIA 262, *Schweizerische Bauzeitung TEC21*, Nr. 23, Juni 2016, p. 18.

Kaufmann, W.

**Reduktion von Teilsicherheitsbeiwerten nicht zulässig**

Empfehlung der Normenkommission SIA 262, *Schweizerische Bauzeitung TEC21*, Nr. 38-39, Sept. 2016, pp. 30-31.

Kaufmann, W., Buchheister, J.

**Erfahrungen mit langen integralen Brücken (Experiences with long integral bridges)**

*Schlussbericht* Forschungsprojekt AGB 2009/001, Bundesamt für Strassen, Nr. 679, Sept. 2016, 153 pp.

Kersaudy, P., Sudret, B., Varsier, N., Picon, O., Wiart, J.

**A new surrogate modeling technique combining Kriging and polynomial chaos expansions – Application to uncertainty analysis in computational dosimetry**

*Journal of Computational Physics*, 2015, Volume: 286, pp. 103-117.

Kersaudy, P., Mostarshedi, S., Sudret, B., Picon, O., Wiart, J.

**Statistical analysis of scattered field by building facades**

*Proceedings*, Radio Science Conference (URSI Mid-Atlantic), Gran Canaria, ES, May 18-22, 2015.

Klingsch, E., Klippel M., Boccadoro L., Frangi A., Fontana M.

**Brandverhalten von Holz-Beton-Verbunddecken aus Buchenholz**

*Bautechnik*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, Vol. 92/5, Mai 2015, pp. 323-329.

Klingsch, E., Lu, F., Kässmann, R., Tan, K.H.

**Tests on the hot and residual permeability of concrete at high temperatures**

*Proceedings*, 4th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, MFPA Leipzig, October 8-9, 2015, pp. 65-75.

Klippel, M.

**Brandsicherheit von verklebten tragenden Holzbauteilen**

Neue Erkenntnisse zur Zuverlässigkeit von Brett-schichtholz, Tagungsband D 0251, SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2015, pp. 43-51.

Klippel, M., Frangi, A.

**Switzerland - Fire Safety regulations, research and future challenges**

*Proceedings*, European Workshop FPS COST Action FP1404 Fire Safe Use of Bio-Based Building Products, April 20-21, 2015, Barcelona, Spain, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona, Lleida ES, 2015, pp. 41-44.

Klippel, M., Frangi, A.

**Fire behaviour of cross-laminated timber (CLT)**

*Proceedings*, Fire Safety of Green Buildings, COST Action FP1404, 1st European Workshop, October 6-7, 2015, Berlin DE, Shaker, Aachen, 2015, pp. 103-106.

Klippel, M., Schmid, J., Frangi, A.

**Fire Design of CLT**

*Proceedings*, Joint Conference of COST Actions FP1402 & FP1404 KTH Building Materials, 11.-10.3.2016, Stockholm SE, Swedish National Testing and Research Institute, Borås, SE, Vol 2016/41, pp. 101-122.

Klippel, M., Frangi, A.

**Fire Design of CLT Elements (General, Tests vs. Design) / Comparison of Design Concepts**

*Proceedings*, Joint Conference of COST Actions FP1402 & FP1404 KTH Building Materials, 10.3.2016, Stockholm SE, pp. 123-124.

Klippel, M., Frangi, A.

**Brandverhalten von Brettsperrholz**

*Bautechnik*, Ernst & Sohn, Berlin, Vol 93/8, August 2016, pp. 567-573.

Klippel, M., Boccadoro, L., Klingsch, E., Frangi, A.

**Fire tests on timber-concrete composite slabs using beech laminated veneer lumber**

*Proceedings*, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, 22.-25.08.2016, pp. 3910-3917.

Klis, R., Chatzi, E.N.,

**Structural damage detection using hybrid tethered-wireless sensor networks**

*Proceedings*, 7th International conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHM-II), Torino, IT, July 1-3, 2015.

Klis, R., Chatzi, E.N.

**Vibration Monitoring via Spectro-temporal Compressive Sensing for Wireless Sensor Networks**

*Structure and Infrastructure Engineering*, 13/1, June 24, 2016, pp. 195-209.

Klis, R., Chatzi, E.N., Spiridonakos, M.

**Validation of Vibration Monitoring via Spectro-Temporal Compressive Sensing for Wireless Sensors Networks using bridge deployment data**

*Proceedings*, 8th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2016), June 26 - 30, 2016.

Klis, R., Chatzi, E.N., Dertimanis, V.

**Experimental Validation of Spectro-Temporal Compressive Sensing for Vibration Monitoring using Wireless Sensor Networks**

*Proceedings*, 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016), October 16-19, 2016, Delft NL.

Klis, R., Chatzi, E.N., Dertimanis, V.

**Experimental Validation of Spectro-Temporal Compressive Sensing for Vibration Monitoring using Wireless Sensor Networks**

*Proceedings*, 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016), October 16-19, 2016, Delft NL.

Klis, R., Chatzi, E.N.

**Data recovery via Hybrid Sensor Networks for Vibration Monitoring of Civil Structures**

*International Journal of Sustainable Materials and Structural Systems*, Special Issue on «Data Acquisition and Processing, Uncertainty Management and Inverse Problem Techniques for Structural Health Monitoring Applications», 2016.

Knobloch, M., Fontana, M.

**Longitudinal Shear Capacity of Composite Slabs-In Situ Tests on Slabs in Use for 35 Years and a Historic Review of Design Methods, Research, and Development**

*Proceedings*, 7th International Conference on Composite Construction in Steel and Concrete, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 28-31.07.2013, North Queensland, AU, pp. 763-778.



- Kobel, P., Frangi, A., Steiger, R.  
**Timber trusses made of European beech LVL**  
**World Conference on Timber Engineering**  
*Proceedings*, of the World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, 22.-25.08.2016, pp. 635-642.
- Kocur, K. G., Saenger, E. H., Grosse, C. U., Vogel, T.  
**Time reverse modeling of acoustic emissions in a reinforced concrete beam**  
*Ultrasonics*, Vol. 65, February 2016, pp. 96-104.
- Kocur, G., Chatzi, E.N., Häusler, F.  
**Numerical study on the structural behavior of serrated cast-in anchor channels subjected to longitudinal loading close to the edge**  
*Proceedings*, 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS-9), Berkeley, California, US, May 29-June 1, 2016.
- Konakli, K., Sudret, B.  
**Uncertainty quantification in high-dimensional spaces with low-rank tensor approximations**  
*Proceedings*, 1st Int. Conf. Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP), Crete Island, GR, May 25-27, 2015.
- Konakli, K., Sudret, B.  
**Low-rank tensor approximations for reliability analysis**  
*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #159.
- Konakli, K., Sudret, B.  
**Addressing high dimensionality in reliability analysis using low-rank tensor approximations**  
*Proceedings*, 25th European Safety and Reliability Conference (ESREL'2015), Zürich, September 7-10, 2015, CRC Press, pp. 4133 - 4140.
- Konakli, K., Sudret, B.  
**Global sensitivity analysis using low-rank tensor approximations**  
*Reliability Engineering and System Safety*, 2016, Volume: 156, pp. 64-83.
- Konakli, K., Sudret, B.  
**Polynomial meta-models with canonical low-rank approximations: Numerical insights and comparison to sparse polynomial chaos expansions**  
*Journal of Computational Physics*, 2016, Volume: 321, pp. 1144-1169.
- Konakli, K., Sudret, B.  
**Reliability analysis of high-dimensional models using low-rank tensor approximations**  
*Probabilistic Engineering Mechanics*, 2016, Volume: 46, pp. 18-36.
- Konakli, K., Sudret, B., Faber, M.  
**Numerical investigations into the value of information in lifecycle analysis of structural systems**  
*ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems*. Part A, Civil Engineering, 2016, Volume: 2, B4015007.
- Kongar, I., Esposito, S., Giovinazzi, S.  
**Post-earthquake assessment and management for infrastructure systems: learning from the Canterbury (New Zealand) and L'Aquila (Italy) earthquakes**  
*Bulletin of Earthquake Engineering*, February 2017, Vol. 15: Issue 2, pp. 589-620. doi:10.1007/s10518-015-9761-y.
- Kreis, B., Frangi, A.  
**Zweiachsig tragende Holz-Beton-Verbunddecken aus Buchenfurnierschichtholz**  
*Tagungsunterlagen*, 6. Doktorandenkolloquium «Holzbau Forschung und Praxis», 1.-2. März 2016, Universität Stuttgart, DE, pp. 153-160.
- Laflamme, S., Cao, L., Chatzi, E.N., Ubertini, F.  
**Damage Detection and Localization from Dense Network of Strain Sensors**  
*Shock and Vibration*, Volume 2016, Article ID 2562949, pp. 1-13. doi: 10.1155/2016/2562949.
- Lalas, A., Dertimanis, V.K., Antoniadis, I.A., Chatzi, E.N.  
**Considerations towards the application of low-frequency locally resonant metamaterials for earthquake hazard mitigation**  
*Proceedings*, Engineering Mechanics Institute (ASCE) 2015 International Conference, Hong Kong, January 7-9, 2015.
- Le Gratiet, L., Marelli, S., Sudret, B.  
**Metamodel-based sensitivity analysis: Polynomial chaos expansions and Gaussian processes**  
*Handbook on Uncertainty Quantification*, R. Ghanem, D. Higdon, H. Owhadi (Eds.), Springer, Berlin.

Lestuzzi, P., Podestà, S., Luchini, C., Garofano, A., Kazantzidou-Firtinidou, D., Bozzano, C., Bischof, P., Haffter, A., Rouiller, J.-D.

**Seismic vulnerability assessment at urban scale for two typical Swiss cities using Risk-UE methodology**  
*Natural Hazards*, V. 84, No. 1, Oct. 2016, pp. 249-269.

Leyder, C., Frangi, A.

**Un prototype en bois de hêtre:  
4 étages de bureaux pour l'EPF de Zurich**

*Proceedings*, La construction en bois moderne multi-étage et urbaine – Technologie – Possibilités – Applications, Fortbildungskurs Swiss Wood Innovation Network S-WIN, 5. März 2015, Yverdon-les-Bains, VD, S-WIN, Zürich, 2015, 6 p.

Leyder, C., Dertimanis, V., Chatzi, E.N., Frangi, A.

**Optimal Sensor Placement for the Modal Identification of an Innovative Timber Structure**

*Proceedings*, UNCECOMP 2015, Crete Island, GR, May 25- 27, 2015.

Leyder, C., Ntertimanis, V.K., Chatzi, E.N., Frangi, A.

**Optimal sensor placement for the modal identification of an innovative timber structure**

*Proceedings* 1st International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP 2015), Crete Island, Greece, 25-27 May 2015, National Technical University of Athens, Athens, GR, 2015, pp. 467-476.

Leyder, C., Chatzi, E.N., Frangi, A.

**Structural health monitoring of an innovative timber building**

*Proceedings*, Second International Conference on Performance-based and Life-cycle Structural Engineering PLSE 2015, 9.-11.12.2015, Brisbane AUS, School of Civil Engineering, The University of Queensland, Brisbane, AU, 2015, pp. 1383-1392.

Leyder, C., Wanninger, F., Frangi, A., Chatzi, E.N.

**Dynamic response of an innovative hybrid structure in hardwood**

*Proceedings*, Institution of Civil Engineers: Construction Materials, ICE Publishing, London UK, 2015-03, Vol. 168 No. 3, pp. 132-143.

Leyder, C., Frangi, A., Chatzi, E.N.

**Modal vibration testing of an innovative timber structure**

*Proceedings*, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, AT, pp. 145-153.

Leyder, C., Chatzi, E.N., Frangi, A., Lombaert, G.

**Comparison of optimal sensor placement algorithms via implementation on an innovative timber structure**

*Proceedings*, International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016), October 16-19, 2016, Delft NL, Life-Cycle of Engineering Systems: Emphasis on Sustainable Civil Infrastructure, CRC Press, Boca Raton, FL, October 2016, pp. 260-267.

Limongelli, M.P., Chatzi, E.N., Döhler, M.,

Lombaert, G., Reynders, E.

**Towards extraction of vibration-based damage indicators**

*Proceedings*, 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), July 5-8, 2016, Bilbao, ES.

Limongelli, M.P., Chatzi, E.N., Döhler, M.,

Lombaert, G.

**Towards Extraction of Vibration-based Damage Indicators**

Factsheet of COST TU1402 (2015): Quantifying the Value of Structural Health Monitoring.

Lu, F., Klingsch, E., Fontana, M.

**Protection Methods against the Explosive Spalling of Concrete**

*Proceedings*, Response of Structures under Extreme Loading: PROTECT 2015, Fifth International Workshop on Performance, Protection & Strengthening of Structures Under Extreme Loading, Destech, Lancaster, June 28-30, 2015, East Lansing, MI, US, pp. 229-237.

Lu, F., Fontana, M.

**A thermo-hydro model for predicting spalling and evaluating the protective methods**

4th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, IWCS 2015, Leipzig University, October 8 - 9, 2015, Leibzig, DE, pp. 385-395.

Lu, F., Fontana, M.

**Effects of Polypropylene Fibers on Preventing Concrete Spalling In Fire**

*Proceedings*, SiF 2016: 9th International Conference on Structures in Fire, Princeton University, M.E.M. Garlock and V.K.R. Kodur, June 8-10, 2016, Princeton, US, 2016, pp. 241-248.

Lu, F., Fontana, M.

**Concrete permeability and explosive spalling in Fire**

*Proceedings*, 8th International Conference on Concrete Under Severe Conditions-Environment & Loading, CONSEC2016, Politecnico di Milano, Lecco, Lake Como IT, 12.-14.9.2016, Ed. Colombo, M., Di Prisco, M., Trans Tech Publications Ltd, 2016, pp. 541-548.

Lu, S., Beyer, K., Bosiljkov, V., Butenweg, C., D'Ayala, D., Degee, H., Gams, M., Klouda, J., Lagomarsino, S., Mojsilović, N., Penna, A., da Porto, F., Sorrentino, L., Vintzileou, E.  
**Next Generation of Eurocode 8, Masonry Chapter**  
*Proceedings*, 16th International Brick/Block Masonry Conference, Padova, IT, June 26-30, 2016, pp. 695-700.

Mai, C.V., Sudret, B.

**Hierarchical adaptive polynomial chaos expansions**  
*Proceedings*, 1st Int. Conf. Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP) Crete Island, GR, May 25-27, 2015.

Mai, C.V., Sudret, B.

**Polynomial chaos expansions for damped oscillators.**

*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #187.

Mai, C.V., Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Sudret, B.

**LARS-based ARX PCE metamodel for computing seismic fragility curves**

*Proceedings*, EMI/PMC 2016 Conferences, Nashville, TN, US, May 22-25, 2016.

Mai, C.V., Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Sudret, B.

**Surrogate modeling for stochastic dynamical systems by combining nonlinear autoregressive with exogenous input models and polynomial chaos expansions.**

*International Journal for Uncertainty Quantification*, 2016, Volume: 6, pp. 313-339.

Marelli, S., Sudret, B.

**Compressive polynomial chaos expansion for multi-dimensional model maps**

*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #209.

Marti, P., Seefeld-Ebert, B., Beck, A.

**Querkraftverstärkung einseitig zugänglicher Stahlbetonplatten mit eingemörtelten Bewehrungsstäben (Shear strengthening of unilaterally accessible reinforced concrete slabs using grouted reinforcing bars)**

*Schlussbericht* Forschungsprojekt AGB 2009/003, Bundesamt für Strassen, *Monographie* Nr. 678, Aug. 2016, 85 pp.

Marti, P., Beck, A.

**Querkraftwiderstand von Stahlbetonbauteilen ohne Querkraftbewehrung**

*Beton- und Stahlbetonbau*, V. 111, Nr. 11, Nov. 2016, pp. 716-727.

Mojsilović, N., Stewart, M.G.

**Probability and structural reliability assessment of mortar joint thickness in load-bearing masonry walls**

*Structural Safety*, 52, 2015, pp. 209-218.

Mojsilović, N., Petrović, M., Anglada X.R.

**Masonry elements with multi-layer bed joints: Behaviour under monotonic and static-cyclic shear**  
*Construction and Building Materials*, 100, 2015, pp. 149-162.

Mojsilović, N., Salmanpour, A.H., Hofer, D.

**Modeling of inelastic response of masonry subjected to semi-cyclic compression**

*Proceedings*, 12th World Congress on Computational Mechanics and 6th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics, Seoul, KR, July 24-29, 2016.

Mojsilović, N., Petrović, M., Büchler, R.,

**Compressive strength of masonry with soft layers in bed joint**

*Proceedings*, 6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Cape Town, ZA, September 5-7, 2016, pp. 1691-1696.

Mojsilović, N., Salmanpour, A.H.

**Masonry walls subjected to in-plane cyclic loading: Application of Digital Image Correlation for deformation field measurement**  
*International Journal of Masonry Research and Innovation*, Vol. 1, No. 2, 2016, pp. 165-187.

Moustapha, M., Sudret, B., Bourinet, J.-M., Guillaume, B.

**Adaptive Kriging reliabilitybased design optimization of an automotive body structure under crashworthiness constraints**

*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #529.

Moustapha, M., Sudret, B., Bourinet, J.-M., Guillaume, B.

**Quantile-based optimization under uncertainties using adaptive Kriging surrogate models**

*Structural and Multidisciplinary Optimization*, 2016, Volume: 54, pp. 1403-1421.

Nagel, J., Mojsilović, N., Sudret, B.

**Bayesian assessment of the compressive strength of structural masonry**

*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #194.

Nagel, J., Sudret, B.

**Optimal transportation for Bayesian inference in engineering**

*Proceedings*, Symposium on Reliability of Engineering System (SRES'2015), Hangzhou, CN, October 15-17, 2015.

Nagel, J., Sudret, B.

**Bayesian multilevel model calibration for inverse problems under uncertainty with perfect data**

*Journal Aerospace Information Systems*, Special Issue on Uncertainty Quantification 2015, Volume: 12, pp. 97 - 113.

Nagel, J. B., Sudret, B.

**Hamiltonian Monte Carlo for borrowing strength in hierarchical inverse problems**

*ASCE-ASME Journal of Risk Uncertainty Engineering System*, 2016, Volume: 2015, Part A: Civ. Eng. B4015008.

Nagel, J., Sudret, B.

**Spectral likelihood expansions for Bayesian inference**

*Journal of Computational Physics*, 2016, Volume: 309, pp. 267-294.

Nagel, J., Sudret, B.

**A unified framework for multilevel uncertainty quantification in Bayesian inverse problems**

*Probabilistic Engineering Mechanics*, 2016, Volume 43, pp. 68-84

Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M.  
**Suitability of the damage-plasticity modelling concept for concrete at elevated temperatures: Experimental validation with uniaxial cyclic compression tests**

*Cement and Concrete Research*, Vol 79, Elsevier, January 2016, pp. 57-75.

Neuenschwander, M., Scandella, C., Knobloch, M., Fontana, M.

**Experimental Validation of the Damage-Plasticity Modeling Concept for Normal Strength Concrete in Fire**

*Proceedings*, 9th International Conference on Structures in Fire, SiF 2016, Princeton University, M.E.M. Garlock and V.K.R. Kodur, June 8-10, 2016, Princeton, US, 2016, pp. 293-300.

Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M.  
**Fire Tests of Concrete-Filled Circular Hollow Section Columns with a Solid Steel Core**

*Proceedings*, 7th International Conference on Composite Construction in Steel and Concrete, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 28-31.07.2013, North Queensland, AU, 2016, pp. 508-521.

Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M.  
**Tragverhalten von betongefüllten Stahl-Hohlprofilstützen mit massivem Stahlkern im Brandfall**

*Tagungsunterlagen*, Workshop Heissbemessung vom 20.09.2016, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Technische Universität Braunschweig, DE, 2016, 18 p.

Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M.  
**Generic Model Stress-Strain Relationship for Concrete in Compression at Elevated Temperatures**

*ACI Materials Journal*, 2017, Vol 114/1.

Martin-Sanz, H., Chatzi, E.N., Brühwiler, E.

**The use of Ultra-High Performance Fiber Reinforced Cement-based Composites in Rehabilitation Projects: A review**

*Proceedings*, 9th International Conference on Fracture of Concrete and Concrete Structures (FraM-CoS-9), Berkeley, California, US, May 29- June 1, 2016.



Martin-Sanz, H., Chatzi, E.N., Brühwiler, E.,  
**Sustainable strengthening of structures using  
 Ultra High Performance Fibre Reinforced  
 Cement-Based Composites and Computational  
 Verification**

*Proceedings*, 19th IABSE Congress Stockholm,  
 September 21-23, 2016, Challenges in Design and  
 Construction of an Innovative and Sustainable Built  
 Environment.

Matos, J.C., Casas, J.R., Chatzi, E.N., Høj, N.P.,  
 Strauss, A., Stipanovic, I., Hajdin, R.

**COST Action TU1406**

*Proceedings*, 1st Workshop Meeting Geneva,  
 September 21-22, 2015, ETH-Zürich, DOI: <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-010578903>, e-Book.

Miah, M.S., Chatzi, E.N., Weber, F.

**Semi-active control for vibration mitigation of  
 structural systems incorporating uncertainties**  
*Smart Materials and Structures*, 24/5, April 2015,  
 pp. 055016 - 055028.

Miah, M.S., Chatzi, E.N., Dertimanis, V., Weber, F.  
**Nonlinear Modeling of a Rotational MR Damper  
 via an Enhanced Bouc-Wen Model**

*Smart Materials and Structures*, 24/10, September  
 2015, 105020, 14 pp.

Miah, M.S., Chatzi, E.N., Dertimanis, V., Weber, F.  
**Real-time Experimental Validation of a Novel  
 Semi-active Control Scheme for Vibration  
 Mitigation**

*Structural Control and Health Monitoring*, 24/3,  
 May 2016. doi: 10.1002/stc.1878, 2016.

Mieler, M., Stojadinović, B., Budnitz, R.,  
 Comerio M., Mahin, S.

**A Framework for Linking Community-Resilience  
 Goals to Specific Performance Targets for the  
 Built Environment**

*Earthquake Spectra*, August 2015, vol. 31, no. 3, pp.  
 1267-1283.

Ogrizovic, J., Wanninger, F., Frangi, A.

**Numerical investigations on post-tensioned  
 timber frames**

*Proceedings*, SEMC 2016: VI International Con-  
 ference on Structural Engineering, Mechanics and  
 Computation, Insights and Innovations in Structural  
 Engineering, Mechanics and Computation, Septem-  
 ber 5-7, 2016, Cape Town, ZA, 2016, pp. 611-612.

Ogrizovic, J., Wanninger, F., Frangi, A.

**Post-tensioned timber frames at the ETH House  
 of Natural Resources**

*Proceedings*, World Conference on Timber Enginee-  
 ring (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, August 22-25,  
 2016, Wien, AT, 2016, pp. 127-134.

Ou, Y., Grauvogl, B., Spiridonakos, M.,  
 Dertimanis, V., Chatzi, E.N., Vidal, J.

**Vibration-based damage detection and localization  
 on a blade of a small scale wind turbine**

*Proceedings*, International Workshop on Structural  
 Health Monitoring 2015, Stanford, CA, US,  
 September 1-3, 2015.

Ou, Y., Dertimanis, V., and Chatzi, E.N.,

**Experimental damage detection of a wind turbi-  
 ne blade under varying operational conditions**

*Proceedings*, International Conference on Uncer-  
 tainty in Structural Dynamics, September 19-21,  
 2016, KU Leuven, BE.

Ou, Y., Dertimanis, V., Chatzi, E.N.

**Wind Turbine Blade Damage Detection and Loca-  
 lization via Spatiotemporal Kalman Filtering**

*Proceedings*, 5th International Symposium on Li-  
 fe-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2016),  
 October 16-19 2016, Delft NL.

Palma, P., Frangi, A.

**A Framework for Finite Element Modelling of  
 Timber Connections in Fire**

*Proceedings*, SiF 2016: 9th International Conference  
 on Structures in Fire, Princeton University, M.E.M.  
 Garlock and V.K.R. Kodur, June 8-10, 2016, Prince-  
 ton, US, DEStech Publications, Inc., Lancaster, PA,  
 2016, pp. 708-715.

Palma, P., Frangi, A.

**Fire Design of Timber Connections – Assessment of  
 Current Design Rules and Improvement Proposals**

*Proceedings*: Meeting 49; International Network on  
 Timber Engineering Research; August 16-19, 2016,  
 Graz, AT; Timber Scientific Publ., KIT Holzbau und  
 Baukonstruktionen, Karlsruhe DE, Vol 49, 2016, pp.  
 299-314.

Palma, P., Kobel, P., Minor, A., Frangi, A.

**Dowelled timber connections with internal  
 members of densified veneer wood and fibre-rein-  
 forced polymer dowels**

*Proceedings*, World Conference on Timber Enginee-  
 ring (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, AT,  
 pp. 204-211.

Palma, P., Frangi, A., Hugi, E., Cachim, P. Cruz, H.  
**Fire resistance tests on timber beam-to-column shear connections**

*Journal of Structural Fire Engineering*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, Vol 7/1, 2016, pp. 41-57.

Petrović, M., Anglada, X.R., Mojsilović, N.  
**Shear Tests on Masonry Elements with Soft Layer in Bed Joint**

*Proceedings*, 12th North American Masonry Conference, Denver, Colorado, May 17-20, 2015.

Petrović, M., Mojsilović, N., Stojadinović, B.  
**Use of Soft Layers to Modify the Response of Masonry Structures: State-of-the-Art Review**  
*Proceedings*, 12th North American Masonry Conference, Denver, Colorado, USA, May 17-10, 2015.

Petrović, M., Mojsilović, N., Stojadinović, B.  
**Use of Soft Layers to Modify the Response of Masonry Structures: State-Of-The-Art Review**  
*Proceedings*, 12th North American Masonry Conference, Denver, Colorado, May 17-20, 2015.

Petrović, M., Mojsilović, N., Stojadinović, B.  
**Masonry Walls with a Multi-Layer Bottom Bed Joint: Behavior under Static-Cyclic Loading**  
*Proceedings*, 11th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Tokyo, JP, August 31, 2016, paper 68.

Petrović, M., Mojsilović, N., Stojadinović, B.  
**Masonry walls with a multi-layer bottom bed joint: Behavior under static-cyclic shear**  
*Proceedings*, 11th PhD International Symposium in Civil Engineering, Tokyo, JP, August 27-29, 2016, pp. 687-694.

Petrović, M., Stojadinović, B., Mojsilović, N.  
**Static-cyclic tests on I-shaped masonry wallettes with soft layer bed joint**  
*Proceedings*, 16th International Brick/Block Masonry Conference, Padova, IT, June 26-30, 2016, pp. 1807-1813.

Qin, J., Mackie K. R., Stojadinović, B.,  
**Improved Probability Distribution Model for Seismic Fragility Assessment**  
*Proceedings*, 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP12, Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #154.

Reynders, E., Chatzi, E.N., Döhler, M., Lombaert, G.  
**Monitoring the structural health of the Z24 Bridge**  
Factsheet of COST TU1402 (2015): Quantifying the Value of Structural Health Monitoring.

Ringli, R., Vogel, T.  
**Load-bearing behavior of spliced glass beams under bending action**  
*Glass Structures & Engineering*, Vol. 1, Issue 1, June 2016, pp. 61-80.

Salmanpour, A.H., Mojsilović, N.  
**Simulation of Boundary Conditions for Testing of Masonry Shear Walls**  
*Proceedings*, International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering, Athens, GR, March 21-23, 2015.

Salmanpour, A.H., Bitterli, S., Mojsilović, N.  
**Compression Tests on Masonry Wallettes with Inclined Bed Joints**  
*Proceedings*, 12th North American Masonry Conference, Denver, Colorado, May 17-20, 2015.

Salmanpour, A.H., Mojsilović, N., Schwartz, J.  
**Displacement capacity of contemporary unreinforced masonry walls: An experimental study**  
*Engineering Structures*, 89, 2015, pp. 1-16.

Schmid, J., Just, A., Klippel, M., Fragiaco, M.  
**The Reduced Cross-Section Method for Evaluation of the Fire Resistance of Timber Members: Discussion and Determination of the Zero-Strength Layer**  
*Fire Technology*, Springer, Berlin, Vol. 51, No 6, November 2015, pp. 1285-1309.

Schmid, J., Brandon, D., Santomaso, A., Wickstrom, U., Frangi, A.  
**Timber under Real Fire Conditions – the Influence of Oxygen Content and Gas Velocity on the Charring Behavior**  
*Proceedings*, 9th International Conference on Structures in Fire SiF'16, Princeton University, M.E.M. Garlock and V.K.R. Kodur, Destech Publications, Lancaster, PA, June 8-10, 2016, Princeton, US, 2016, pp. 692-699.

Schmid, J., Santomaso, A., Brandon, D., Wickstrom, U., Frangi, A.  
**Timber under Real Fire Conditions – the Influence of Oxygen Content and Gas Velocity on the Charring Behavior**  
*Proceedings*, Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, 22.-25.08.2016, pp. 3866-3873.

Schmid, J., Klippel, M., Frangi, A.

**Brettsper Holz im Brandfall – Bauteilprüfung und Tragfähigkeitsberechnung**

*Tagungsband*, Karlsruher Tage 2016 Holzbau Forschung für die Praxis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), KTI Scientific Publishing, 6.-7.10.2016, Karlsruhe DE, 2016, pp. 49-69.

Schober, K.-U., Harte, A.M., Klinger, R., Jockwer, R., Xu, Q., Chen, J.-F.

**FRP reinforcement of timber structures**

*Construction and Building Materials*, Elsevier, New York, October 2015, Vol. 97, 2 July 2015, pp. 106-118.

Schöbi, R., Sudret, B.

**Propagation of uncertainties modelled by parametric p-boxes using sparse polynomial chaos expansions**

*Proceedings*, 12th Int. Conf. on Applications of Stat. and Prob. in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, CA, July 12-15, 2015, Paper #116.

Schöbi, R., Sudret, B.

**Imprecise structural reliability analysis using PC-Kriging**

*Proceedings*, 25th European Safety and Reliability Conference (ESREL'2015), Zürich, September 7-10, 2015, CRC Press, pp. 4197 - 4206.

Schöbi, R., Chatzi, E.N.

**Maintenance Planning using Continuous-State POMDPs and Nonlinear Action Models**

*Structure and Infrastructure Engineering*, published online: September 14 2015, doi:10.1080/15732479.2015.1076485.

Schöbi, R., Sudret, B.

**Application of conditional random fields and sparse polynomial chaos expansions to geotechnical problems**

*Proceedings*, 5th Int. Symposium of Geotechnical Safety and Risk (ISGSR2015), Rotterdam, NL, October 13-16, 2015.

Schöbi, R., Sudret, B., Wiart, J.

**Polynomial-chaos-based Kriging**

*International Journal for Uncertainty Quantification*, 2015, Volume: 5(2), pp. 171-193.

Schöbi, R., Sudret, B.

**Comparing probabilistic and p-box input modelling in structural reliability analysis**

*Proceedings*, 18th IFIP WG 7.5 Conference on Reliability and Optimization of Structural Systems 2016, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, US, May 18-21, 2016.

Schöbi, R., Marelli, S., Sudret, B.

**Méthodes numériques pour la fiabilité des systèmes complexes: la plate-forme UQlab**

*Proceedings*, 9e Journées Fiabilité des Matériaux et des Structures, Nancy, FR, March 31 - April 1, 2016.

Schöbi, R., Sudret, B., Marelli, S.

**Rare event estimation using Polynomial-Chaos-Kriging**

*ASCE ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems*, 2016, Part A, Civil engineering, D4016002.

Schöbi, R., Sudret, B.

**Multi-level meta-modelling in imprecise structural reliability analysis**

*Proceedings*, 6th Asian-Pacific Symposium on Structural Reliability and its Applications (APSS-RA2016), Tongji University, Shanghai, CN, May 27-31, 2016

Schulthess, P., Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M.

**Consolidated fire testing – A framework for thermo-mechanical modelling**

*Proceedings*, VI International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering, University of Trento, San Servolo Island, Venedig, IT, 18.-20.5.2015, International Center for Numerical Methods in Engineering (CIMNE), Barcelona, 2015, pp. 222-229.

Schulthess, P., Neuenschwander, M., Knobloch, M., Fontana, M.

**Consolidated Fire Analysis – Coupled Thermo-mechanical modelling for global structural fire analysis**

*Proceedings*, SiF 2016: 9th International Conference on Structures in Fire, Princeton University, M.E.M. Garlock and V.K.R. Kodur, Destech Publications, Lancaster, PA, June 8-10, 2016, Princeton, US, 2016, pp. 819-826.

Schulthess, P., Neuenschwander, M., Fontana, M., Knobloch, M.

**Consolidated Fire Testing – Coupled thermo-mechanical modelling for analysis of the global structural fire behavior**

*Proceedings*, SEMC 2016: VI International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation, September 5-7, 2016, Cape Town, SA, 2016, pp. 633 - 634.

Smith, I., Frangi, A.

**Technologies enabling advanced urban timber construction**

*Proceedings*, Institution of Civil Engineers. Civil Engineering, ICE Publishing, London UK, November 2015, Vol. 168, No. 6, pp. 17-22.

Streule, T., Miserini, N., Bartlomé, O., Klippel, M., Garcia de Soto, B.

**Implementation of Scrum in the Construction Industry**

*Proceedings*, 2016 Creative Construction Conference, June 25-28, 2016, Budapest, Hungary: CCC 2016, Diamond Congress Ltd., Budapest, HU, 2016, pp. 377-383.

Sun, L., Didier, M., Déle, E. Stojadinović, B.,  
**Probabilistic Demand and Supply Resilience Model for Electric Power Supply System under Seismic Hazard**

*Proceedings*, 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP12, Vancouver, CA, July 12-15, 2015, paper 267.

Sun, L., Didier, M., Stojadinović, B.  
**Study of Seismic Recovery and Resilience of Electric Power Supply System**

*Proceedings*, 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015, ETH Zurich, September 7-10, 2015.

Soldatos, D., Triantafyllou, S.P., Chatzi, E.N.,  
**On the constitutive modeling of dual-phase steels at finite strains – a generalized plasticity based approach**

*Proceedings*, Forming Technology Forum 2015, Zurich, June 29-30, 2015.

Spiridonakos, M., Chatzi, E.N.

**Metamodelling of nonstationary uncertain structural systems based on wavelet transform decomposition**

SRESA Journal, Life Cycle Reliability and Safety Engineering, Volume 4(2), April-June 2015.

Spiridonakos, M., Ou, Y., Chatzi, E.N., Romberg, M.  
**Wind turbines structural identification framework for the representation of both short- and long-term variability**

*Proceedings*, 7th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHM-II), Torino, IT, July 1-3, 2015.

Spiridonakos, M.D, Chatzi, E.N.

**Data-Driven Polynomial Chaos Basis Estimation**

*Proceedings*, 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, ICASP12, Vancouver, CA, July 12-15, 2015.

Spiridonakos, M.D., Dertimanis, V.K. Chatzi, E.N.

**Estimation of Data-Driven Polynomial Chaos using hybrid Evolution Strategies**

*Proceedings*, CIVIL-SOFT-COMP 2015, 4th International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, Prague, CZ, September 1-4, 2015.

Spiridonakos, M., Chatzi, E.N.

**Metamodeling of structural systems with parametric uncertainty subject to stochastic dynamic excitation**

Special Issue on «Structural Identification and Monitoring with Dynamic Data» in *Earthquakes and Structures*, 8/4, 2015, pp. 915-934.

Spiridonakos, M., Chatzi, E.N.

**Metamodeling of Dynamic Nonlinear Structural Systems through Polynomial Chaos NARX Models**

*Computers & Structures* 157, Sept-2015, 157, pp. 99-113.

Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Sudret, B.  
**Polynomial Chaos Expansion Models for the Monitoring of Structures under Operational Variability**

Special Issue on Uncertainty Quantification and Propagation in Structural Systems, *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems*, 2/3, September 2016, pp. 1-13, 10.1061/AJRU6.0000872, B4016003.

Spiridonakos, M., Chatzi, E.N., Sudret, B.

**Polynomial chaos expansion models for the monitoring of structures under operational variability**

*ASCE-ASME J. Risk Uncertainty Eng. Syst.*, 2016 Part A: Civ. Eng., Volume: 2.

Streule, T., Miserini, N., Bartlomé, O., Klippel, M., Garcia de Soto, B.

**Implementation of Scrum in the Construction Industry**

*Procedia Engineering*, Elsevier, Amsterdam, NL, Vol 164, December 2016, pp. 269-276.



Sudret, B., Dang, H.X, Berveiller, M., Zeghadi, A., Yalamas, T.

**Characterization of random stress fields obtained from polycrystalline aggregate calculations using multi-scale stochastic finite elements.**

*Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 2015, Volume: 9, pp. 212-140.

Sudret, B., Mai, C.-V.

**Computing derivative-based global sensitivity measures using polynomial chaos expansions.**

*Reliability Engineering System Safety*, 2015, Volume: 134, pp. 241-250.

Sudret, B.

**Polynomial chaos expansions and stochastic finite element methods**

Risk and Reliability in Geotechnical Engineering, chapter 6, Taylor and Francis, pp. 265-300. Taylor and Francis.

Svetozarevic, B., Nagy, Z., Hofer, J., Jacob, D., Begle, M., Chatzi, E.N., Schlueter, A.

**SoRoTrack: A Two-Axis Soft Robotic Platform for Solar Tracking and Building-Integrated Photovoltaic Applications**

*Proceedings*, IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 16-21, 2016, Stockholm, SE.

Terzic, V., Stojadinović, B.

**Evaluation of the Post-Earthquake Axial Load Capacity of Circular Bridge Columns**

*ACI Structures Journal*, January 2015, Vol. 112, No. 1, pp. 23-34,

Terzic, V., Stojadinović, B.,

**Calibration and Validation of Analytical Models for Predicting the Seismic and Axial-Load Response of Circular Bridge Columns**

*ASCE Journal of Bridge Engineering*, September 2015, vol. 20, no. 9, 14 pp.

Theiler, M., Frangi, A.

**Stabilität von druckbeanspruchten Bauteilen aus Brettschichtholz**

*Tagungsband*, 21. Internationales Holzbau-Forum (IHF 2015), Aus der Praxis – Für die Praxis, Garmisch Partenkirchen DE, forum-holzbau, Biel, 2.-4.12.2015, 15 pp.

Tondini, N., Abbiati G., Possidente, L.,

Stojadinović, B.

**Hybrid simulation applied to fire testing: a newly conceived numerical framework**

*Proceedings*, 6th European Conference of Structural Control and Health Monitoring (EACS2016), Sheffield, UK, July 11-13, 2016 .

Tondini, N., Abbiati, G., Possidente, L.,

Stojadinović, B.

**A partitioned static solver for hybrid fire testing**

*Proceedings*, Structures-in-Fire Conference (SiF2016), Princeton, US, June 8-10, 2016.

Triantafyllou, S.P., Chatzi, E.N.,

**A Hysteretic Multiscale formulation for Validating Computational Models of Heterogeneous Structures**

*Journal of Strain Analysis for Engineering Design*, 51/1, May 18, 2015, pp. 46-62. doi: 10.1177/0309324715582113.

Trovato, M., Sun L., Stojadinović, B.

**Buckling Restrained Brace Retrofit Technique for Existing Electric Transmission Towers**

*Proceedings*, 8th International Conference on Behavior of Steel Structures in Seismic Areas, STESSA 2015, Tongji University, Shanghai, CN, July 1-4, 2015, paper 7 - 9.

Truniger, R., Vassiliou, M.F., Stojadinović, B.

**An analytical model of a deformable cantilever structure rocking on a rigid surface:**

**Experimental validation**

*Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, December 2015, Vol. 44, No. 15, pp. 2795 - 2815.

Tsiavos, A., Mackie, K. R., Stojadinović, B.

**R<sub>y</sub>-μ-T<sub>n</sub> Beziehungen für seismisch isolierte Strukturen**

*Tagungsband*, 14. D-A-CH Tagung: Erdbeben und bestehende Bauten, ETH Zurich, 20-21. August, 2015

Tsiavos, A. Stojadinović, B.

**A Probabilistic Approach Towards an Evaluation of Existing Code Provisions for Seismically Isolated Structures**

*Proceedings*, 7th European Congress on Computation Methods in Applied Sciences and Engineering ECCOMAS 2016, Crete Island, GR, June 5-10 2016.

- Tsiavos, A., Mackie, K.R., Vassiliou, M.F., Stojadinović, B.  
**Dynamics of Inelastic Base-Isolated Structures Subjected to Recorded Ground Motions**  
*Bulletin of Earthquake Engineering*, early view, October 2016, DOI: 10.1007/s10518-016-0022-5.
- Vassiliou, M.F., Truniger, R., Stojadinović, B.  
**An analytical model of a deformable cantilever structure rocking on a rigid surface: Development and verification**  
*Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, December 2015, Vol. 44, No. 15, pp. 2775-2794.
- Vassiliou, M.F., Mackie K.R., Stojadinović, B.  
**A Finite Element Model for Seismic Response of Deformable Rocking Frames**  
*Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, early view, August 2016, DOI: 10.1002/eqe.2799.
- Vögeli, C., Mojsiović, N., Stojadinović, B.  
**Masonry wallettes with a soft layer bed joint: Behaviour under static-cyclic loading**  
*Engineering Structures*, 86, 2015, pp. 16-32.
- Vogel, T.  
**Suicide prevention for high bridges**  
*Proceedings*, 19th Congress of IABSE Stockholm, September 21-23, 2016, pp. 433-440.
- Vogel, T., Schellenberg, K.  
**The Impact of the Sunniberg Bridge on Structural Engineering, Switzerland**  
*Structural Engineering International*, Vol. 25, No. 4, November 2015, pp. 381-388.
- Vogel, T., Schellenberg, K., Ghadimi Khasraghy, S.  
**Dynamic structural capacity of reinforced slabs due to rockfall**  
*Schlussbericht Forschungsprojekt AGB 2006/017*, Bundesamt für Strassen, Nr. 673, Nov. 2015, 249 pp.
- Wagner, P.R., Dertimanis, V., Chatzi, E.N., Antoniadis, I.  
**Design of metamaterials for seismic isolation**  
*Proceedings*, IMAC-XXXIV, January 25-28, 2016, Orlando, US.
- Wagner, P.R., Dertimanis, V.K., Antoniadis, I.A., Chatzi, E.N.  
**On the feasibility of structural metamaterials for seismic-induced vibration mitigation**  
*International Journal of Earthquake and Impact Engineering*, 2016, pp.20-56.
- Wanninger, F., Frangi, A., Steiger, R.  
**Bearing stiffness in wood-to-wood compression joints**  
*Engineering Structures*, Elsevier, Kidlington UK, October 2015, Vol. 101, pp. 631-640.
- Wanninger, F., Frangi, A., Stojadinović, B.  
**Preliminary performance-based design of a post-tensioned glue-laminated timber frame**  
*Proceedings*, 2nd International Conference on Performance-based and Life-cycle Structural Engineering (PLSE 2015), 9.-11.12.2015, Brisbane QLD, AU, 2015, pp. 1422-1432.
- Wanninger, F., Frangi A., Stojadinović, B.  
**Preliminary Performance-Based Design of a Post-Tensioned Glue-Laminated Timber Frame**  
*Proceedings*, 2nd International Conference on Performance-Based and Life-Cycle Structural Engineering, PLSE 2015, Brisbane, AU, December 9-11, 2015.
- Wanninger, F., Frangi, A., Fragiacomò, M.  
**Long-Term Behavior of Posttensioned Timber Connections**  
*Journal of Structural Engineering*, ASCE, New York, 2015-06, Vol. 141 No. 6, 13 p.
- Wanninger, F., Frangi, A.  
**Experimental and analytical analysis of a post-tensioned timber frame under horizontal loads**  
*Engineering Structures*, Elsevier, Kidlington, April 2016, Vol 113, pp. 16-25.
- Wanninger, F., Hamm, J., Frangi, A.  
**Upscaling the «ETH House of Natural Resources»**  
*Proceedings*, IABSE Conference, Bridges and Sustainability – Seeking Intelligent Solutions, 8.-11.5.2016, The Chinese Group of IABSE, Tongji University, Hongkong, Guangzhou, CN, Vol 106, 2016, pp. 638-645.
- Whyte, C. A., Mackie, K. R., Abbiati G., Stojadinović, B.  
**Validation of OpenFresco-Based Thermomechanical Hybrid Simulation to Address an Earthquake-Fire Coupled Problem – Coupled Problems 2015**  
*Proceedings*, 6th International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering 2015, Coupled Problems 2015, Venice, IT, May 18-20, 2015.

Whyte, C.A., Stojadinović, B.

**Use of High-Precision Digital Displacement Encoder for Hybrid Simulation of Seismic Response of Stiff Specimens**

SEM Experimental Techniques, August 25, 2014, published online, April 2016, vol. 40, no. 2, pp. 677-688.

Zöllig, S., Frangi, A., Franke, S., Muster M.

**Timber Structures 3.0 - New Technology for multi-axial, slim, high performance timber structures**

*Proceedings*, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), TU Verlag, Wien, 22.-25.08.2016, pp. 1258-1265.

Whyte, C.A., Mackie, K. R., Abbiati, G., Stojadinović, B.

**Optimal Tuning of Thermomechanical Hybrid Simulation Parameters**

*Proceedings*, Structures-in-Fire Conference (SiF2016), Princeton, US, June 8-10, 2016.

Whyte, C. A., Mackie K. R., Stojadinović, B.

**Hybrid Simulation of Thermomechanical Structural Response**

*ASCE Journal of Structural Engineering*, February 2016, vol. 142, no. 2, pp,

Wiert, J., Kersaudy, P., Ghanmi, A., Varsier, N., Hadhem, A., Picon, O., Sudret, B., Mitra, R.

**Stochastic dosimetry to manage uncertainty in numerical EMF exposure assessment**

Forum for Electromagnetic Research Methods and Application Technologies (FERMAT), 12, 2015

Wynistorf, S., Frangi, A.

**Entwicklung eines zuverlässigen Bemessungsansatzes für die Bemessung von Holzbauteilen im Brandfall**

*Tagungsunterlagen*, 6. Doktorandenkolloquium «Holzbau Forschung und Praxis», 1.-2. März 2016, Universität Stuttgart, DE, 2016, pp. 125-132.

Yuzugullu, O., Marelli, S., Erten, E., Sudret, B. Hajnsek, I.

**Global sensitivity analysis of a morphology-based electromagnetic scattering model**

*Proceedings*, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Milan, IT, July 26-31, 2015

Zimmermann, M., Gülan, U., Harmanci, Y.E., Chatzi, E.N., Holzner, M.

**Structural Health Monitoring through Video Recording**

*Proceedings*, 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), July 5-8, 2016, ES, Bilbao.

## Vorträge von Institutsangehörigen

Abbiati, G.

### **Hybrid simulation of uncertainty contaminated structural systems**

ASCE Engineering Mechanics Institute Conference 2015, Stanford University, US, 17.06.2015.

Bachmann, J.

- **Rocking of a Rigid Block on a Curved Foundation**

- **Earthquake response of deformable rocking frames**

ASCE Engineering Mechanics Institute Conference 2015, Stanford University, US, 16.06.2015

Whyte, C.

### **Thermomechanical hybrid simulation of an earthquake-fire-earthquake scenario**

ASCE Engineering Mechanics Institute Conference 2015, Stanford University, US, 17.06.2015.

Bimschas, M.

### **Erdbebensicherheit bestehender Brücken und Folgerungen für den Neubau**

Bau und Wissen Fachveranstaltung 164851 'Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau', TFB AG, ETH Zürich, 08.09.2015.

Bimschas, M.

### **Erdbebensicherheit bestehender Brücken – Stand der Wissenschaft und Erfahrungen aus der praktischen Anwendung**

Vortragsreihe der Fakultät für Bauingenieurwissenschaften, TU Graz, AT, 30.06.2016.

Bischof, P.

### **Numerical and analytical investigation on bonding of CFRP sheets on steel**

Third Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures, SMAR2015, Antalya, TR, 09.09. 2015.

Bischof, P.

### **Fire column tests of Swiss precast industry: Fire resistance calculations**

Braunschweiger Brandschutz-Tage 2016, Workshop 'Heissbemessung – Structural Fire Engineering', Braunschweig, DE, 20.09.2016.

Blank, L.

### **Quasi-brittleness of glued laminated timber beams subjected to bending**

6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation, SEMC, Cape Town, ZA 07.09.2016.

Boccardo, L.

### **Timber-concrete composite slabs made of beech laminated veneer lumber**

World Conference on Timber Engineering (WCTE), Wien, AT, 23.08.2016.

Chatzi, E.N.

### **Reducing structural uncertainty via vibration based monitoring**

Invited Lecture; D-BAUG Workshop, Monitoring and Modelling for Real-Time Control and Intervention, ETH Zürich, 05.02.2015.

Chatzi, E.N.

### **On the handling of uncertainty in the simulation and monitoring of vibrating systems**

International Schools/Workshop Presentations – Invited Lecture; Asian Pacific Euro Summer School (APESS), University of Cambridge, UK, 25.06.2016.

Chatzi, E.N.

### **Use of a Stochastically Enhanced Framework for the Modeling of Uncertain Dynamical Systems**

Invited Lecture; 18. Symposium Bauwerksdynamik und Erschütterungsmessungen, Empa, Dübendorf, 29.05.2015.

Chatzi, E.N.

### **Vibration Monitoring via Spectro-temporal Compressive Sensing for Wireless Sensor Networks**

Mini-Keynote Speaker; ASCE Engineering Mechanics Institute (EMI) 2015 Conference CIVIL-SOFT-COMP 2015, Stanford, CA, USA, 18.06.2015.

Chatzi, E.N.

### **Dealing with Uncertainty in the Monitoring and Simulation of Dynamically Evolving Systems**

Keynote Presentation, 7th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure in Torino (SHMII-7 2015), Turin, IT, 03.07.2015.



Chatzi, E.N.

**Incorporating Uncertainty in Vibration-based Monitoring**

Keynote Presentation; CIVIL-SOFT-COMP 2015, 4th International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering (CIVIL-SOFT-COMP 2015), Prague, CZ, 01.09.2015.

Chatzi, E.N.

**Structural Identification and Modeling based on Uncertain/Limited Information, Experimental Vibration Analysis of Civil Engineering Structures**

Keynote Presentation; EVACES 2015, Empa, Dübendorf, 19.10.2015.

Chatzi, E.N.

**Structures and Composites Laboratory**

Invited Seminar; Stanford University, CA, US, 09.11.2015.

Chatzi, E.N.

**Smart Monitoring, Inspection & Life-Cycle Assessment of WTs**

Invited Seminar; EWZ Energieproduktion, Zürich, 28.11.2015.

Chatzi, E.N.

**Vibration-Based Structural Health Monitoring for Wind Turbines**

Invited Seminar; Centre Building Materials and Materials Testing, TU Munich, , 21.01.2016.

Chatzi, E.N.

**Getting more out of structures with monitoring and simulation**

Invited Lecture; Seminar Series of the Dynamics Research Group, University of Sheffield, UK, 28.04.2016.

Chatzi, E.N.

**On the use of Particle Based Methods for the Real Time Identification and Control of Nonlinear Dynamical Systems**

Invited Lecture; DeGrieLab Summer School 2015, Aristotle University of Thessaloniki, GR, 15.05.2015.

Chatzi, E.N.

**Getting more out of structures with monitoring and simulation**

Invited Lecture; Seminar Series of the Department of Civil and Environmental Engineering, University of Oxford, UK, 27.06.2016.

Chatzi, E.N.

**Smart Monitoring, Inspection & Life-Cycle Assessment of WTs**

Invited Seminar; IQPC Conference «Wind Turbine Towers», Bremen, DE, 31.08.2016.

Chatzi, E.N.

**Re-powering Infrastructure via Monitoring & Simulation**

Distinguished Lecture; T.F. Ogilvie lecture in the Department of Mechanical Engineering at MIT, Cambridge, US, 17.11.2016.

De Sanctis, G.

**Forschung im Holzbau – Brandrisikobeurteilung von Wohn- und Industriegebäuden**

Kurs Brandschutzfachmann / Brandschutzfachfrau Holzbau, BFH Bern / ETH Zürich, 27.03.2015.

De Sanctis, G.

**Risikobeurteilung im Brandschutz**

CAS Risiko & Sicherheit, Modul Brandschutz, ETH Zürich, 24.06.2015.

Diederich, H.

**Break Detection in Reinforcing Bars Using the Magnetic Flux Leakage Method**

NDT in Canada 2015, Edmonton AB, CA, 16.06.2015.

Didier, M.

**Modelling Post-Earthquake Recovery and Resilience of the Electric Power Supply Systems in Nepal**

ASCE Engineering Mechanics Institute Conference 2016, Vanderbilt University, US, 21.05.2016.

Didier, M.

**Assessment of civil infrastructure system seismic resilience using a compositional supply/demand frame work**

1st International Workshop on Resilience, Torino, IT, 20.09.2016.

Ehrhart, T.

**Experimental investigation of tensile strength and stiffness indicators regarding European beech timber**

World Conference on Timber Engineering (WCTE), Wien, AT, 22.08.2016.

Fajraoui, N.

**Uncertainty quantification for complex systems**  
13th African Conference on Research in Computer Science and Applied Mathematics (CARI'2016), Tunis, TN, 13.10.2016.

Fontana, M.

**Brandschutz – Neue Richtlinien eröffnen neue Möglichkeiten**  
Urbane Verdichtung – Aufstocken & Erneuern, SZS steelacademy, ETH Zürich, 25.06.2015.

Fontana, M.

**Influence of earthquake damage on passive fire protection and structural fire behavior**  
8th International Conference on Behavior of Steel Structures in Seismic Areas, STESSA, Tongji University, Shanghai, CN, 03.07.2015.

Fontana, M.

**Neue Brandschutzvorschriften VKF - wie geht es weiter mit der Schweiz und dem harmonisierten europäischen Binnenmarkt?**  
Europäischer Brandschutzgipfel 2015 / Workshop, Dr. Peter Kuhn Consulting, Tutzing DE, Horn, 27.08.2015.

Fontana, M.

**Wirtschaftliche Optimierung im vorbeugenden Brandschutz**  
Arbeitstagung Bundesvereinigung der Prüfeningenieure für Bautechnik e.V., BVPI, Halle, DE, 26.09.2015.

Fontana, M.

**Fire Safety**  
Invited lecture, Ruhr Universität Bochum, Bochum, DE, 29.10.2015.

Fontana, M.

**Economic optimization and fire safety**  
Invited lecture, University of Swinburne, Melbourne, AU, 15.12.2015.

Fontana, M.

**Vorlesung**  
Bogazici University, Istanbul, TR, 29.03.2016.

Fontana, M.

**Vorlesung Brandschutzexperten**  
Luzern, 05.04.2016.

Fontana, M.

**Die Umsetzung einer wissenschaftlichen Studie in der Praxis am Beispiel Brandschutz, 175 Jahre Assekuranz AR**  
Urnäsch, Schwägalp, 31.05.2016.

Fontana, M.

**Neubau & Ertüchtigung**  
Brückenbautagung Neubau & Ertüchtigung – SZS steelacademy, Hochschule Luzern HSLU, Horw, 30.6.2016.

Fontana, M.

**Vorlesung, BS-Fachmann VKF**  
AFC Akademie, Zürich, 30.08.2016.

Fontana, M.

**Abplatzproblematik und Permeabilitätsmessungen**  
UBMC Consulting AG, Ehrendingen, 25.10.2016.

Frangi, A.

**Einführung und Verabschiedung**  
ETH Tagung «Neue Erkenntnisse zur Zuverlässigkeit von Brettschichtholz», Swiss Wood Innovation Network S-WIN, ETH Zürich, 31.03.2015.

Frangi, A.

**Les hautes performances du feuillu et du hêtre**  
S-WIN-Tagung: «Les Bâtiments en bois multi-étages pour le milieu urbain», Swiss Wood Innovation Network S-WIN, Fortbildungskurs, Yverdon-les-Bains, 05.03.2015.

Frangi, A.

**Sicherheit dank Forschung & Entwicklung**  
Holzbautag Biel, Brandschutzvorschriften VKF 2015 – neue Vorschriften bedingen neues Wissen, Kongresshaus Biel, 21.05.2015.

Frangi, A.

• **Costruire in legno: cosa come e quanto brucia**  
• **L'evoluzione tecnologica applicata: un edificio del Politecnico Federale**  
S-WIN-Tagung: «La costruzione in legno moderna», Swiss Wood Innovation Network S-WIN, Fortbildungskurs, Mendrisio, 22.05.2015.

Frangi, A.

**Feuerwiderstand von Holzstrukturen - La resistenza al fuoco delle strutture in legno**, Kurs Brandverhütung, Ingenieurkammer Bozen, IT, 30.06.2015.

- Frangi, A.  
**Erfolgreiche Zusammenarbeiten zwischen Forschung und Praxis**  
 Workshop «Von der Idee zum Markt», Swiss Wood Innovation Network S-WIN, ETH Zürich, 10.09.2015.
- Frangi, A.  
**Massivbau in Holz: Die Sicht des Brandschutzes**  
 S-WIN-Tagung: «Moderner Massivbau aus Holz – vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus», Swiss Wood Innovation Network S-WIN, 47. Fortbildungskurs, Weinfelden, 20.10.2015.
- Frangi, A.  
**Mit Laubholz zu höheren Leistungen**  
 S-WIN-Tagung: «Moderner Massivbau aus Holz – vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus», Swiss Wood Innovation Network S-WIN, 47. Fortbildungskurs, Weinfelden, 21.10.2015.
- Frangi, A.  
**Forschungslabor aus Laubholz – das ETH House of Natural Resources**  
 Holzbau Kompakt 2015 - Aus der Praxis für die Praxis, Hochschule Augsburg, DE, 10.11.2015.
- Frangi, A.  
**Tragverhalten von vorgespannten Holzrahmenkonstruktionen**  
 21. Internationales Holzbau-Forum IHF, Garmisch-Partenkirchen DE, 02.12.2015.
- Frangi, A.  
**Laubholz, Beton und Vorspannung – Das «House of Natural Resources»**, Holzbau – Forschung und Praxis – Kassel 2016, Universität Kassel, DE, 18.03.2016.
- Frangi, A.  
**Brandsicherheit dank Forschung und Entwicklung**  
 3. Freiburger Brandschutz Tag, «Brandschutz im Holzbau», Hotel Santa Isabel im Europa Park Rust, DE, 13.10.2016.
- Frangi, A.  
**Forschungslabor aus Laubholz – das ETH House of Natural Resources**  
 Schweizerischer Verband für geprüfte Qualitätshäuser VGQ, Unternehmerfrühstück, ETH Zürich, 28.10.2016.
- Frangi, A.  
**Fire Design of CLT Comparison of Design Concepts**  
 Joint Conference of COST Actions FP1402 & FP1404 KTH Building Materials, Stockholm, SE, 10.03.2016.
- Frangi, A.  
**Fire tests on timber-concrete composite slabs using beech laminated veneer lumber**  
 World Conference on Timber Engineering (WCTE), Wien, AT, 23.08.2016.
- Gollob, S.  
**Localization of Acoustic Emission in Reinforced Concrete using a Heterogeneous Velocity Model and Multilinear Wave Propagation Paths**  
 fib Symposium 2015, Copenhagen, DK, 19.05.2015.
- Gollob, S.  
**Localization of Acoustic Emissions in a numerically simulated T-shaped Concrete Beam**  
 World Conference on Acoustic Emission (WCAE-2015), Hawaii, US, 11.11.2015.
- Gollob, S.  
**A novel multi-segment path analysis-based technique for acoustic emission source localization in complex solid media**  
 9th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures (FramCoS-9), Berkeley CA, US, 25.05.2016.
- Gollob, S.  
**Neuen Lokalisierungsalgorithmen für die Schallemissionsanalyse im Beton**  
 TU München, DE, 03.11.2016
- Gollob, S.  
**Updating cracks within a heterogeneous numerical model based on estimated AE source locations**  
 8th International Conference on Acoustic Emission (IIAE 2016), Kyoto, JP, 07.12.2016.
- Herraiz, B.  
**Energy-based method for sudden column failure scenarios**  
 IABSE Workshop Safety, Robustness and Condition Assessment of Structures, Helsinki, FI, 11.02.2015.
- Herraiz, B.  
**Robustness and energy absorption capacity of laterally unrestrained reinforced concrete slabs**  
 Structures Congress 2015, Portland OR, US, 23.04.2015.

Jockwer, R.  
**Selbstbohrende Schrauben als Verstärkung in querzugbeanspruchten Bereichen ausgeklinkter Träger**  
20. Internationales Holzbau-Forum IHF, Garmisch-Partenkirchen, DE, 05.12.2014.

Jockwer, R.  
**Reinforcement of Timber Structures and Developments in Innovative Structural Timber Systems in Switzerland**  
University of Auckland, Faculty of Engineering / New Zealand Timber Design Society. Auckland, NZ, 10.03.2015.

Jockwer, R.  
**Bemessung von querzugbeanspruchten Bereichen und deren Verstärkung**  
ETH Tagung, S-WIN Swiss Wood Innovation Network. Zurich, 31.03.2015.

Jockwer, R.  
**Impact of Growth Characteristics on the Fracture Perpendicular to the Grain of Timber**,  
12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, BC, CA, 14.07.2015.

Jockwer, R.  
**Reinforcement of Timber Structures and Developments in Innovative Structural Timber Systems in Switzerland**  
Forest Products Laboratory. Madison, WI, US, 20.07.2015.

Jockwer, R.  
• **Evaluation of the reliability of design approaches for connections perpendicular to the grain**  
• **Design of timber members subjected to axial compression or combined axial compression and bending based on 2nd order theory**  
2nd INTER Meeting: International Network on Timber Engineering Research. Sibenik, HR, 24.08.2015.

Jockwer, R.  
**A strongest link model applied to fracture propagating along grain**  
2nd INTER Meeting: International Network on Timber Engineering Research. Sibenik, HR, 25.08.2015.

Jockwer, R.  
**COST Action FP1402**  
WG3 – Connections and Reinforcement of Timber Structures, Pamplona, ES, 01.10.2015.

Jockwer, R.  
**Connections in cold and fire situation - Study on the reliability of connections**  
Expert meetings Connections in Fire COST Action FP 1404, Lisbon, PT, 12.02.2016.

Jockwer, R.  
**Fracture and Reinforcement of Timber Structures and Related Research in Switzerland**  
Timber Group Meeting, TU Munich, DE, 15.02.2016.

Jockwer, R.  
**Impact of varying material properties on the reliability of connections**  
COST Action FP 1402 Meeting, Stockholm, SE, 11.03.2016.

Jockwer, R.  
**Potential of hybrid testing in timber engineering**  
Workshop Hybrid 2020: State-of-the-art and future directions for hybrid modelling and simulation, ETH Zürich, 03.06.2016.

Jockwer, R.  
**Impact of varying material properties and geometrical parameters on the reliability of shear connections with dowel type fasteners**  
3rd INTER Meeting: International Network on Timber Engineering Research, Graz, AT, 19.08.2016.

Jockwer, R.  
**Performance of self-tapping screws and threaded rods in shear reinforcement of glulam beams**  
14th World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Vienna, AT, 24.08.2016.

Jockwer, R.  
**ETH House of natural resources**  
Trae & Teknik, Gothenburg, SE, 07.09.2016.

Jockwer, R.  
**Review of Design Recommendations for Connections Loaded Perpendicular to the Grain**  
COST Action FP 1402 Meeting, Mons, BE, 26.09.2016.



Karagiannis, D., and Beck, A.

**New instrumentation techniques in structural concrete research**

Seminar, Dept. of Civil Engineering., University of Toronto, CA, 17.08.2015.

Karagiannis, D.

**Effect of transverse bending moments on the shear resistance of concrete bridges**

19th Congress of IABSE, Stockholm 2016, «Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment», Stockholm, SE, 22.09.2016.

Kaufmann, W.

**Integrale Brücken: Erfahrungen in der Schweiz und Anwendungsgrenzen**

Bau und Wissen Fachveranstaltung 164851 «Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau», TFB AG, ETH Zürich, 08.09.2015.

Kaufmann, W.

**Conceptual Bridge Design beyond Signature Structures**

IABSE Conference Geneva 2015, «Structural Engineering – Providing Solutions to Global Challenges», IABSE, Geneva, 24.09.2015.

Klippel, M.

**Brandsicherheit von verklebten tragenden Holzbauteilen**

S-WIN - ETH Tagung: Neue Erkenntnisse zur Zuverlässigkeit von Brettschichtholz, Swiss Wood Innovation Network S-WIN und ETH Zürich, Lignum, Zürich, 31.03.2015.

Klippel, M.

**Switzerland – Fire safety regulations, research and future challenges**

COST Action FP1404 Meeting: Fire Safe Use of Bio-based Building Products, COST Action FP1404, Barcelona, ES, 20.04.2015.

Klippel, M.

**ETH House of Natural Resources - Labor für innovative und effiziente Holzkonstruktionen**

Aachener Wooddays in Aachen, DE, 04.09.2015.

Klippel, M.

**Fire behaviour of cross-laminated timber (CLT)**

COST Action FP1404 Meeting: Fire Safe Use of Bio-based Building Products, COST Action FP1404, Berlin, DE, 06.10.2015.

Klippel, M.

**Fire design of CLT**

WG and MC meetings Cross Laminated Timber – a competitive wood product for visionary and fire safe buildings, COST Action FP1404, Stockholm, SE, 10.03.2016.

Klippel, M.

**Fire Safety Engineering**

74th session of the UNECE Committee on Forests and the Forest Industry (COFFI), UNECE, Geneva, 19.10.2016.

Kobel, P.

**Timber trusses made of European beech LVL**

World Conference on Timber Engineering (WCTE), Wien, AT, 22.8.2016.

Konakli, K.

**Low-rank tensor approximations for rare-event simulation in high-dimensional spaces**

Society for Industrial and Applied Mathematics SIAM Conference on Uncertainty Quantification (UQ 2016), EPFL Lausanne, 07.04.2016.

Lataniotis C.

**Combining feature mapping and Gaussian process modelling in the context of uncertainty quantification.**

SIAM Conference on Uncertainty Quantification 2016, Lausanne, 08.04.2016.

Leyder, C.

**Un prototype en bois de hêtre: 4 étages de bureaux pour l'EPF de Zurich**

Fortbildungskurs Swiss Wood Innovation Network S-WIN, Yverdon-les-Bains, 05.03.2015.

Leyder, C.

**Optimization of modal sensor placement for an innovative timber structure**

1st International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering, UNCECOMP2015, Crete, GR, 24.05.2015.

Leyder, C.

**ETH House of Natural Resources – Test setup: office building using hardwood**

PhD Colloquium Munich, DE, 02.09.2015.

- Leyder, C.  
**Structural Health monitoring of an innovative timber building**  
2nd International Conference on Performance-based and Life-cycle Structural Engineering PLSE2015, Brisbane, AU, 10.12.2015.
- Leyder, C.  
**Modal vibration testing of an innovative timber structure**  
World Conference on Timber Engineering WCTE, Wien, AT, 23.08.2016.
- Leyder, C.  
**Innovative Monitoring-systems – Opportunities for civil engineering applications?**  
C. Leyder and Y. Harmanci, YES Young Engineers Symposium, Lucerne, 06.10.2016.
- Leyder, C.  
**Comparison of optimal sensor placement algorithms via implementation on an innovative timber structure**  
IALCCE2016, 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, Delft, NL, 18.10.2016.
- Schulthess, P.  
**Consolidated fire testing: Coupled thermo-mechanical modelling for analysis of the global structural fire behavior**  
The Sixth International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation, SEMC, Cape Town, ZA, 06.09.2016.
- Lu, F.  
**A thermo-hydro model for predicting spalling and evaluating the protective methods**  
4th International Workshop on Concrete Spalling due to Fire Exposure, IWCS 2015, Leipzig University, DE, 09.10.2015.
- Lu, F.  
**Effects of polypropylene fibers on preventing concrete spalling in fire**  
9th International Conference on Structures in Fire SiF'16, Princeton University, US, 09.06.2016.
- Lu, F.  
**Concrete permeability and explosive spalling in Fire**  
8th International Conference on Concrete Under Severe Conditions-Environment & Loading, CON-SEC2016, Politecnico di Milano, Lecco, Lake Como IT, 13.09.16.
- Mai, C.V.  
**Polynomial chaos expansions for time-dependent problems**  
MascotNum Annual Conference 2015, St. Etienne, FR, 08.04. 2016.
- Marelli, S.  
**UQLab: a framework for uncertainty quantification in Matlab.**  
In 2nd Frontiers in Computational Physics Conference: Energy Sciences, Zurich, 25.01.2016.
- Marelli, S.  
**Advancements in the UQLab framework for uncertainty quantification**  
Society for Industrial and Applied Mathematics SIAM Conference on Uncertainty Quantification (UQ 2016), EPFL Lausanne, 06.04.2016.
- Mojsilović, N.  
  - **Use of Soft Layers to Modify the Response of Masonry Structures: State-Of-The-Art Review**
  - **Compression Tests on Masonry Wallettes with Inclined Bed Joints**
 12th North American Masonry Conference, Denver, CO, US, 18.05.2015.
- Mojsilović, N.  
**Shear Tests on Masonry Elements with Soft Layer in Bed Joint**  
12th North American Masonry Conference, Denver, CO, US, 20.05.2015.
- Mojsilović, N.  
**Modeling of inelastic response of masonry subjected to semi-cyclic compression**  
12th World Congress on Computational Mechanics and 6th Asia Pacific Congress on Computational Mechanics, Seoul, KR, 28.07.2016.
- Mojsilović, N.  
**Compressive strength of masonry with soft layers in bed joint**  
6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Cape Town, ZA, 07.09.2016. 53rd Meeting of CIB W023 Committee, Warsaw, PL, 26.09.2016.
- Mojsilović, N.  
**A probabilistic approach for the design of structural masonry**  
City University London, UK, 07.11.2016.

Moustapha, M.

**Quantile-based optimization using adaptive kriging models: Application to car body design**  
3èmes Journées de la conception robuste et fiable, Association Française de Mécanique, Paris, FR, 10.05.2016.

Moustapha, M.

**Quantile-based optimization using adaptive kriging models: Application to car body design**  
MascotNum workshop on «Dealing with stochastics in optimization problems», Paris, FR, 13.05.2016.

Nagel, J.

**Spectral Likelihood Expansions and Nonparametric Posterior Surrogates**  
Society for Industrial and Applied Mathematics SIAM Conference on Uncertainty Quantification (UQ 2016), EPFL Lausanne, 06.04.2016.

Nagel, J.

**Nonparametric posterior surrogates based on spectral likelihood expansions and least angle regression**  
7th European Congress Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS 2016), Crete, GR, 10.06.2016.

Neuenschwander, M.

**Consolidated fire testing – A framework for thermo-mechanical modelling**  
Coupled Problems Conference CIMNE, University of Trento, Venedig, IT, 19.05.2015.

Neuenschwander, M.

**Tragverhalten von betongefüllten Stahl-Hohlprofilstützen mit massivem Stahlkern**  
Braunschweiger Brandschutz-Tage 2016, Workshop Heissbemessung – Structural Fire Engineering, Braunschweig, DE, 20.09.2016.

Ogrizovic, J.

**Post-tensioned timber frames at the ETH House of Natural Resources**  
World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Wien, AT, 23.08.2016.

Ogrizovic, J.

**Numerical investigations on post-tensioned timber frames**  
The 6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation SEMC, Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation, Cape Town, ZA, 07.09.2016.

Palma, P.

**Dowelled timber connections with internal members of densified veneer wood and fibre-reinforced polymer dowels**  
World Conference on Timber Engineering (WCTE), Wien, AT, 22.08.2016.

Petrović, M.

**Static-cyclic tests on I-shaped masonry wallettes with soft layer bed joint**  
16th International Brick/Block Masonry Conference, Padova, IT, 28.06.2016.

Petrović, M.

**Masonry walls with a multi-layer bottom bed joint: Behavior under static-cyclic shear**  
11th International PhD Symposium in Civil Engineering, Tokyo, JP, 29.08.2016.

Ringli, R.

**Load bearing behavior of sliced beams under tensile load**  
Glass Processing Days, Tampere, FI, 26.06.2015.

Salmanpour, A. H.

**Simulation of boundary conditions for testing of masonry shear walls**  
11th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering, Athens, GR, 21.03.2015.

Schmid, J.

**Fire Design of CLT**  
Joint Conference of COST Actions FP1402 & FP1404 KTH Building Materials, Stockholm, SE, 10.03.2016.

Schmid, J.

**Timber under real fire conditions – the influence of oxygen content and gas velocity on the charring behavior**  
9th International Conference on Structures in Fire SiF'16, Princeton University, USA, 08.06.2016.  
World Conference on Timber Engineering (WCTE), Wien, AT, 22.08.2016.

Schmid, J.

**Brettsperrholz im Brandfall – Bauteilprüfung und Tragfähigkeitsberechnung**  
Karlsruher Tage 2016 – Forschung für die Praxis, Karlsruhe, DE, 06.10.2016.

Schöbi, R.

**From probability-boxes to imprecise failure probabilities using meta-models**

Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) Conference on Uncertainty Quantification (UQ 2016), Lausanne, EPFL, 06.04.2016.

Stojadinović, B.

**Reducing Seismic Risks of Communities**

3rd ETH Risk Center Dialogue Event, ETH Zurich, 09.01.2015.

Stojadinović, B.

**Modeling Community (Seismic) Resilience**

ISISE Day and 6th PhD Workshop, Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering, University of Coimbra, University of Minho, Santa Cruz do Douro, PT, 17.04.2015.

Stojadinović, B.

**Resilience-Related Work at ETH Zurich**

Towards More Resilient Communities, 3rd UC Life-line Week, University of Rome Sapienza, Rome, IT, 21.04.2015.

Stojadinović, B.

**How Ductile Should Base-Isolated Structures Be?**

Department of Civil and Environmental Engineering, University of California Los Angeles, US, 04.06.2015.

Stojadinović, B.

**Risk assessment of non-nuclear critical civil infrastructure: recent developments and challenges**

Pacific Rim Forum on the Earthquake Resilience of Nuclear Facilities, University of California Berkeley, US, 08.06.2015.

Stojadinović, B.

**Modeling Community (Seismic) Resilience**

Department of Civil Engineering, IIT Ghandinagar, IN, 07.01.2016.

Stojadinović, B.

**Stress Tests for Critical Civil Infrastructure with respect to Natural Hazard: STREST Project**

Department of Civil Engineering, IIT Bombay, IN, 19.01.2016.

Stojadinović, B.

**Quantifying the Resilience of Civil Infrastructure Systems**

Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, USA, 04.04.2016.  
Department of Civil and Environmental Engineering, University of California Berkeley, US, 05.04.2016.

Stojadinović, B.

**Seismic Resilience of The Electric Power Supply System During The 2015 Gorkha Earthquake**

2016 Annual Meeting of the Earthquake Engineering Research Institute, San Francisco, US, 08.04.2016.

Stojadinović, B.

**Seismic Resilience of Civil Infrastructure Systems: A Structural Engineer's View**

Future Resilient Systems Program, Singapore-ETH Center, SG, 06.05.2016.

Sudret, B.

**Sparse polynomial chaos expansions for uncertainty propagation and sensitivity analysis**

Workshop on «Propagation of Uncertainty», Institut Louis Bachelier, Paris, FR, 11.12.2015.

Sudret, B.

**Polynomial chaos expansions for structural reliability**

2èmes Journée de la conception robuste et fiable, Paris, FR, 10.04.2015.

Sudret, B.

**Sparse polynomial chaos expansions for solving high-dimensional UQ problems**

Semi-plenary lecture 1st International Conference Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP), Crete Island, GR, 26.05.2015.

Sudret, B.

**Sparse polynomial chaos expansions as a machine learning regression technique**

International Symposium on Big Data and Predictive Computational Modeling, Munich, DE, 18.05.2015.

Sudret, B.

**PCE-metamodeling for inverse heat conduction**

1st Pan American Congress on Computational Mechanics (PANACM2015), Buenos Aires, AR, 29.04.2015.



- Sudret, B.  
**A few things I learned from Prof. Armen Der Kiureghian**  
 Risk and Reliability Symposium in Honor of Prof. Armen Der Kiureghian, MAE Center, Urbana, Illinois, US, 04.10.2015.
- Sudret, B.  
**Surrogate models for uncertainty quantification and reliability analysis**  
 Plenary lecture Engineering Mechanics Institute Conference (EMI'2016), Vanderbilt University, Nashville, US (Plenary lecture), 23.05.2016.
- Sudret, B.  
**Surrogate models for uncertainty quantification and sensitivity analysis**  
 Séminaire de la Fédération Francilienne de Mécanique, Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, Paris, FR, 16.06.2016.
- Sudret, B.  
**Uncertainty quantification in engineering sciences – Focus on surrogate models.**  
 Uncertainty Modeling for Electromagnetic Applications (UMEMA 2016), Paris, FR, 04.07.2016.
- Sudret, B.  
 • **Uncertainty propagation using polynomial chaos expansions**  
 • **UQLab: the uncertainty quantification software framework**  
 Summer School «Uncertainty in Modelling», Bauhaus Universität Weimar, DE, 05.09.2016.
- Sudret, B.  
 • **Uncertainty quantification for engineering risk analysis**  
 • **Structural reliability methods**  
 GAMM-UQ Uncertainty Quantification Summer School, Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics, Berlin, DE, 13.09.2016.
- Sudret, B.  
**Surrogate models for uncertain dynamical systems: polynomial chaos expansion for time-dependent responses**  
 4ème Forum sur les Méthodes de Quantification des Incertitudes, CEA DAM, Bruyères-le-Châtel, FR, 04.10.2016.
- Sudret, B.  
**Surrogate models for global sensitivity analysis – old and new**  
 Keynote lecture 8th Int. Conf. Sensitivity Analysis of Model Output (SAMO'2016), La Réunion Island, FR (Keynote lecture), 01.12.2016.
- Sudret, B.  
**Uncertainty quantification in engineering – Framework and applications**  
 4th Risk Center Dialog Event, ETH Zurich, 15.01.2016.
- Sudret, B.  
**Uncertainty quantification in engineering – Framework and applications**  
 Bundesamt für Energie, Bern, 17.03.2016.
- Sudret, B.  
**Mixing auto-regressive models and sparse polynomial chaos expansions for time-variant problems**  
 Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) Conference on Uncertainty Quantification (UQ 2016), EPFL Lausanne, 06.04.2016.
- Torre, E.  
**Modeling high-dimensional system inputs with copulas for uncertainty quantification problems**  
 Welcome Home Workshop 2016, University of Torino, IT, 22.12.2016.
- Tsiavos, A.  
**Dynamics of inelastic seismically isolated structures**  
 ASCE Engineering Mechanics Institute Conference 2015, Stanford University, US, 17.06.2015.
- Vogel, T.  
**Umsetzung der Norm SIA 269 für Seilbahnen**  
 Technische Tagung der Bauingenieure im Bereich Seilbahnen, Bundesamt für Verkehr (BAV), Ittigen BE, 17.06.2015.
- Vogel, T.  
**Herausforderungen des modernen Brückenbaus am Beispiel der Sunnibergbrücke Klosters und der Taminabrücke Pfäfers**  
 Vortragsreihe Thurgauische Naturforschende Gesellschaft, Frauenfeld TG, 19.01.2016.

## ANHANG

Vogel T.

**Aussergewöhnliche Einwirkungen**

Aktuelle Fragen und Entwicklungen im Brückenbau, ETH Zürich, 13.09.2016.

Vogel, T.

**Suicide prevention for high bridges**

19th Congress of IABSE, Stockholm, SE, 22.09.2016.

Wanninger, F.

**Upscaling the «ETH House of Natural Resources»**

IABSE Conference, Bridges and Sustainability – Seeking Intelligent Solutions, Guangzhou, CN, 10.05.2016.

## Dienstleistungen

Angehörige des Institutes sind sowohl in nationalen und internationalen Vereinigungen des Bauingenieurwesens als auch in nationalen und internationalen Normenkommissionen tätig.

Verwendete, nicht weiter erklärte Abkürzungen:

ACI	American Concrete Institute
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASTRA	Bundesamt für Strassen
CEN	Comité Européen de Normalisation
CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction
COST	Coopération européenne dans la domaine de la recherche scientifique et technique
D-ARCH	Departement Architektur
D-BAUG	Departement Bau, Umwelt und Geomatik
ECCS	European Convention for Constructional Steelwork
EMI	Engineering Mechanics Institute (of ASCE)
fib	fédération internationale du béton
IABSE/IVBH	International Association of Bridge and Structural Engineering / Internationale Vereinigung für Brückenbau und Hochbau
IAFSS	International Association for Fire Safety Science
ivbh.ch	Schweizer Gruppe der IVBH
RILEM	International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
YES	Young Engineers' Symposium (der ivbh.ch)

### Chatzi, E.N.

- Executive Committee member, ivbh.ch
- Branch Secretary, ASCE International Group in Switzerland
- Member, Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics (SGEB)
- Member, Hellenic Society for Theoretical and Applied Mechanics (HSTAM)
- Member, Energy Science Center, ETH Zürich
- Member, ASCE SEI Technical Committee, «Methods of Monitoring Structural Performance»
- Member, EMI Dynamics Committee of the ASCE
- Member, International Association for Life-Cycle Civil Engineering (IALCE)
- Member, International Association for Computational Mechanics (ALM)
- Member, International Society for Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (ISMII)
- Member, EMI Structural Control and Health Monitoring Committee of the ASCE
- Member, American Society of Civil Engineers ASCE
- Member IABSE
- Member, Technical Chamber of Greece (TEE - TCG)
- ETH coordinator of the joint ETHZ/University of Zurich PhD Program: «COMPUTATIONAL SCIENCE ZURICH»
- Member Energy Science Center, ETH Zürich
- Member Partnership Council for Sustainable Construction, ETH Zürich

### Didier, M.

- Stiftungsrat, Stiftung für Studentisches Wohnen Zürich (SSWZ)
- Präsident, Association of Scientific Staff at D-BAUG (ASB)
- Vorstand VSETH

### Fontana, M.

- Mitglied, Eidgenössische Rüstungskommission
- Vizepräsident, Eidgenössische Bauprodukte Kommission
- Member, IAFSS
- Vizepräsident IVBH (bis 31.10.2015)
- Mitglied Kommission SIA 264 Verbundbau
- Mitglied Technische Kommission der Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (VKF)
- Mitglied, Kommission SIA 263 Stahlbauten
- Mitglied, ECCS TC 3  
Technical Committee 3 Fire safety of steel structures

- Präsident, Projektgruppe Brandschutz der Schweizerischen Zentralstelle für Stahlbau (SZS)
- Mitglied, Vorstand Schweizerischen Zentralstelle für Stahlbau SZS
- Mitglied, Vorstand Fachgruppe für Brücken und Hochbau (FBH)/SIA
- Stv. Studiendelegierter Studiengang Bauingenieurwissenschaften D-BAUG
- Mitglied Berufungskommissionen Risiko und Sicherheit, Nachhaltiges Bauen und Baudynamik
- Mitglied, Advisory Board Organising Committee / Jury, YES 2016, Hochschule, Luzern
- Member, Advisory Board SEMC 2016 International Conference, Cape Town SA
- Mitglied, Steuerungs-/Programmkomitee für akademische Konferenzen, Symposium Structures in Fire (SiF) 2016
- Jurymitglied, Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt, Städtebau & Architektur, Hochbauamt, 2015
- Mitglied, Stiftungsrat, bildung Schweizerische Stiftung zur Förderung des beruflichen Nachwuchses von Ingenieuren im Bauwesen
- Mitglied, Gebäudesysteme D-ARCH MBS
- Mitglied, Beförderungskommission D-BAUG
- Mitglied, ETH House of Natural Resources
- Mitglied, Advisory Board International Scientific Committee on Smart Monitoring SMAR, Assessment and rehabilitation of civil structures 2015
- Member, Scientific Committee IABSE Conference 2016, Guangzhou CN

**Frangi, A.**

- Präsident, SIA Normenkommission NK 265, Holzbau
- Mitglied, SIA Kommission Tragwerksnormen KTN
- Vorsitz Organising Committee YES 2016, Hochschule, Luzern
- Vice President, Eurocode 5 Timber Structures (CEN/TC250/SC5)
- Vorsitz, Eurocode 5 Timber Structures (CEN/TC 250 SC5), Working Group 4
- Member «Horizontal Group on Fire Design» (CEN/TC250/HGF)
- Member, Project Team «Horizontal Group on Fire Design» (CEN/TC250/HGF PT)
- Member, IAFSS
- Mitglied Kommission für Forschung im Strassenwesen FOKO des UVEK
- Co-Präsident, Swiss Wood Innovation Network S-WIN

- Mitglied, REG Prüfungskommission
- Mitglied, Fachausschuss Bauingenieurwesen HSR, Hochschule für Technik Rapperswil
- Mitglied, Fachausschuss Bauingenieurwesen SUPSI, Scuola universtaria professionale della Svizzera italiana
- Mitglied Lignum Technische Kommission
- Mitglied, Editorial Board Structural Engineering international (SEI)
- Mitglied, Partnership Council «Sustainable Construction»
- Vorsitz, IABSE Working Commission WC 2, Steel, Timber and Composite Structures
- Mitglied, FSUW European Network (Fire Safe Use of Wood)
- Mitglied IABSE und ivbh.ch

**Herraiz, B.**

- Mitglied, CEN TC 250/WG 6 Robustness und der spanischen Spiegelgruppe

**Jockwer, R.**

- Sachbearbeiter und Mitglied, SIA Normenkommission NK 265, Holzbau
- Vorsitzender, Arbeitsgruppe «Verbindungen und Verstärkungen» der SIA NK 265, Holzbau
- MC Member, COST Action FP 1402 «Basis of structural timber design from research to standards»
- Mitglied Schweiz, COST Action FP 1101 «Assessment, Reinforcement and Monitoring of Timber Structures», W2 «Reinforcement»
- Mitglied, COST Action FP 1004 «Fire Safe Use of Bio-Based Building Products», WG2 «Structural Elements made of bio-based building materials and detailing», TG3 «Connections in Fire»
- Schweizer Delegierter, Eurocode 5 Timber Structures (CEN/TC250/SC5)
- Mitglied, CEN/TC250/SC5 WG5 «Connections and fasteners»
- Mitglied, CEN/TC250/SC5 WG7 «Reinforcement»
- Mitglied, CEN/TC250/SC5 WG10 «Basis of Design»
- «Druckscherversuche Schraubenverbindungen Manifesta» D-ARCH, Studio Tom Emerson, ETH Zurich

**Kaufmann, W.**

- Präsident, Normkommission SIA 262 Betonbau
- Mitglied, SIA Kommission für Tragwerksnormen
- Mitglied, Project Management SIA 2nd Generation Eurocodes



- Mitglied, Arbeitsgruppe Brückenforschung des ASTRA
- Mitglied, Schweizer Delegation der *fib*
- Mitglied, *fib* Commission 2 Analysis and Design (ehemals Commission 4)
- Mitglied, *fib* Task Group 2.2 Ultimate Limit State Models
- Mitglied, *fib* Task Group 2.4 Computer-Based Modelling and Design
- Expert Mandate, CEN/TC 250, M/515 Eurocodes, Horizontal Group Bridges
- Stiftungsrat, Albert Lück-Stiftung
- Associated Investigator, National Competence Center in Research - Digital Fabrication (NCCR dfab)

#### **Keller L.**

- Mitglied, Personalkommission der ETH Zürich

#### **Klippel, M.**

- Member, Management Committee, COST ACTION FP1404 Fire safe use of bio-based building products
- Working group co-leader, working group «Structural elements made of bio-based building materials and detailing» of COST Action FP1404
- Member Organising Committee, YES 2016, Hochschule für Technik und Architektur, Luzern
- Member, CEN TC 193/SC 1 /WG13 High temperature testing of adhesives for load-bearing timber structures
- Member, CEN TC 250/SC4 / WG4 Fire design of timber elements

#### **Mata Falcón, J.**

- Associated Postdoctoral Researcher, National Competence Center in Research - Digital Fabrication (NCCR dfab)

#### **Mojsilović, N.**

- Fellow, International Masonry Society
- Professional member, The Masonry Society
- Member, Research Committee of The Masonry Society
- Präsident, Normenkommission SIA 266 Mauerwerksbau
- Swiss National Technical Contact, Europäische Normenkommission CEN TC/250/SC6 Mauerwerk
- Mitglied, Working Commission W23 – Wall Structures des CIB, Co-convenor, WorkingGroup Reinforced and Prestressed Masonry
- Gutachter für Projekte, Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR)

- Mitglied, Editorial Board International Journal of Masonry Research and Innovation
- Mitglied, International Technical Committee of 12th North American Conference, Denver, Colorado, May 17-20, 2015
- Mitglied, International Technical Committee of 16th International Brick/Block Masonry Conference, Padova, Italy, June 26-30, 2016

#### **Pascolo, R.**

- Mitglied, Personalkommission ETH Zürich
- Mitglied, Gastronomiekommission der ETH Zürich

#### **Schmid, J.**

- Member, CEN/TC/250/SC5/WG4 «Eurocode 5 - Structural Fire Design»
- Swedish delegate, CEN/TC/250/SC5 «Eurocode 5 Timber Structures»
- Expert, CEN/TC/127/WG1/TG12 «Fire Safety in Buildings – Structural and separating elements»
- Chair, COST Action FP1404 «Fire Safe Use of Bio-Based Building Products»

#### **Stojadinović, B.**

- Member, Advisory Board of SED (Swiss Seismological Service), ETH Zurich
- Member and Chair, ETH Risk Center Steering Committee, ETH Zurich
- Member, ACI 349 Concrete Nuclear Structures Committee, USA
- Member, ACI 374 Performance-Based Design of Reinforced Concrete Buildings Committee, USA
- Member, ACI 341 Earthquake-Resistant Reinforced Concrete Bridges Committee, USA
- Member, ACI 335 Composite and Hybrid Structures Committee, USA
- Member, ECCS TC13 Seismic Design Committee
- Member, Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering Advisory Board, Portugal
- Member, Member of External Advisory Board for Research Project: A Modern Computational Framework for the Nonlinear Seismic Analysis of Nuclear Facilities and Systems, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA
- Member, Earthquake Engineering Research Institute, USA
- Member, American Concrete Institute, USA
- Member American Institute of Steel Construction, USA
- Affiliate Scientist, Earth Science Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

**Sudret, B.**

- Member, Joint Committee on Structural Safety (JCSS) <http://www.jcss.byg.dtu.dk/>
- Member, Scientific Committee IFIP WG 7.5 on Reliability and Optimization of Structural Systems, International Federation for Information Processing
- Member, Board of Directors of the International Civil Engineering Risk and Reliability Association (CERRA)
- Member, Technical Committee TC3 of the International Association for Structural Safety and Reliability (IASSAR)
- Member of the Scientific Committee, GDR Mascot-NUM (Stochastic Methods for Computer Codes)
- Member of System-X, Scientific and Technological Council of SystemX, Paris-Saclay (France)
- Member, ETH Risk Center, ETH Zürich
- Member, European Safety and Reliability Association
- Member, Editorial Board of the ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems
- Member, Editorial Board of the journal Reliability Engineering and Systems Safety
- Member, Editorial Board of the Journal of Smart Cities
- Member, Editorial Board of Sustainable and Resilient Infrastructures
- Member, SIA 260 Commission
- Member, Eurocode 0 (TC250/SC10)
- Guest Editor, Journal of Engineering Design, Special Issue on Engineering Systems Design under Uncertainty, together with Prof. S.K. Choi, Dr. J. Patel, Prof. K.K. Phoon
- Technical Co-Chair, 25th European Safety and Reliability Conference (ESREL'2015), Zurich, Switzerland
- Member of the Scientific Committee, 1st International Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering (UNCECOMP'2015), Crete, Greece
- Member of the Scientific Committee, 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP12), Vancouver, Canada
- Member of the Scientific Committee, Symposium on reliability of engineering systems (SRES'2015), Hangzhou, China
- Member of the Scientific Committee, 18th IFIP WG7.5 Conference on Reliability and Optimization of Structural Systems, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA

- Member of the Scientific Committee of the Probabilistic Mechanics and Reliability Conference (PMC'2016), Vanderbilt University, Nashville, USA

**Vogel, T.**

- Vorsteher D-BAUG (seit Jan. 2016)
- Prorektor für das Doktorat der ETH Zürich (bis März 2016)
- Mitglied, Kuratorium des Sprachenzentrums der Universität und der ETH Zürich (bis Dez. 2015)
- Mitglied, Arbeitsgruppe TP2 Doktorat – Zusammenarbeit zwischen universitären Hochschulen und FHs/PHs von swissuniversities
- Mitglied des Stiftungsrats, Degen-Stiftung
- Mitglied des Stiftungsrats, Albert-Lück-Stiftung (bis Dez. 2015)
- Mitglied des Stiftungsrats, Gottfried R. Friedli Stiftung
- Vertreter der Schweizerischen Hochschulen, Stiftungsrat der Stiftung der Schweizer Register (REG, bis Dez. 2015)
- Mitglied des Fachausschusses Schallemissionsprüfverfahren, Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP)
- Mitglied, RILEM TC On-site measurement of concrete and masonry structures by visualized NDT (MCM)
- Vizepräsident, IVBH (seit. Nov. 2015)
- Mitglied des Scientific Committee, Multi Span Large Bridges, Porto 2015
- Mitglied des Scientific Committee, IABSE Conference, Geneva 2015
- Mitglied des Scientific Committees, 6th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation (SEMC 2016), Cape Town, SA
- Mitglied des Scientific Committees, Istanbul Bridge Conference 2016
- Mitglied des Scientific Committee, IABSE Symposium Vancouver 2017
- Mitglied des Scientific Committee, 6th Interdisciplinary Workshop on Rockfall Protection (RocExs) 2017 Barcelona

**Werne, D.**

- Mitglied, TAP Vertreter des technischen und administrativen Personals des D-BAUG

