

Rückblick Baumechanik, Statik und Dynamik auf das akademische Jahr 2020 (1.10.2019 – 30.09.2020)

LEHR- UND FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Die Lehrstühle Baumechanik sowie Statik und Dynamik beschreiben eine natürliche zeitliche Linie in der Ausbildung theoriebasierter Fächer im Studium des Bauingenieurwesens. Diese Linie spiegelt sich in der 2019 überarbeiteten Abfolge von Pflicht- und Wahlpflichtfächern, welche sich im vergangenen Jahr etablieren konnte. Die nun räumliche Nähe der Mitarbeiterschaft als auch zahlreiche gemeinsame Aktionen haben den Teamgeist zwischen den Gruppen gestärkt, was rückblickend im Bestehen des Alltags aber auch in der besonderen Situation durch Covid-19 hilfreich war. Ohne es zu ahnen, haben sich die Lehrstuhlinhaber schon im November 2019 dazu entschlossen, ein gemeinsames Winterseminar mit den Lehrstühlen von Prof. Carolin Birk (Uni Duisburg Essen) und Prof. Sven Klinkel (RWTH Aachen) zu planen, welches u.a. die Digitalisierung der Lehre zum Inhalt hatte. Es hat sich bei unserem Aufenthalt in einem Selbstversorgerhaus in Winterberg (Sauerland) weiterhin gezeigt, dass unsere internationale Besetzung der Küchenteams den kulinarischen Genuss befeuert und so manches Gericht von innen wärmt, während sich draußen im Gefolge von Orkan Sabine eine Schneedecke über das Mittelgebirge legte und es ganz still wurde um uns herum. Keiner hätte damals geglaubt, dass sich solche eine Stille auch über den Campus legen könnte.



Teilnehmer*innen am Winterseminar für Lehre und Forschung aus Lehrstühlen für Mechanik bzw. Statik und Dynamik der RWTH Aachen, Universität Duisburg Essen sowie der TU Dortmund, 10-13.02.2020, Winterberg (Sauerland)

Mit zahlreichen Teilnehmer*innen fand auch noch das zweite Seminar und die Hauptversammlung des „GAMM Student Chapter at TU Dortmund University“ am 19. November 2019 statt. Dieser Zusammenschluss hat zum Ziel, die interdisziplinäre Zusammenarbeit in angewandter Mathematik und Mechanik zwischen Masterstudenten und Doktoranden der TU Dortmund zu fördern. Sämtliche Mitarbeiter des Lehrstuhls Statik und Dynamik traten der Gruppe bei und Prof. Münch hielt einen Vortrag zum Thema „Stress field analysis for higher order continuum theories“.

Die Hauptversammlung der GAMM (Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik) vom 15-19. März 2020, welche regelmäßig von beiden Lehrstühlen als Plattform für wissenschaftlichen Austausch wahrgenommen wurde, musste als eine der ersten Konferenzen wegen der Corona-Krise abgesagt werden. Kurze Zeit später auch die Tagung „Baustatik-Baupraxis“, welche interessante

Bereiche der Mechanik, Statik und Dynamik aus dem praktischen Betätigungsfeld heraus anspricht.



GAMM Student Gruppe der TU Dortmund

Computergestützte Berechnung mit umfangreicher und komplexer Software bestimmen zunehmend das Berufsbild des Bauingenieurs. Um die Studierenden hierauf vorzubereiten, halten die beiden Lehrstühle eine Strategie für sinnvoll, welche theoretisches Grundlagenwissen mit der Erkundung solcher Softwareprodukte kombiniert. Dies wird z.B. durch das Wahlpflichtfach „Software in der Strukturmechanik“ oder „Engineering with ANSYS“ sowohl im Bachelor- als auch im Masterstudium angeboten. Einige Vorlesungseinheiten werden durch gemeinsame Webinare mit Schulungskräften der Softwarehäuser angereichert um u.a. neueste Funktionen aus erster Hand kennen zu lernen. Die Studierenden erhalten i.d.R. dafür zeitlich limitierte Softwarelizenzen für den kompletten Programmumfang, was der digitalen Lehre im Sommersemester den Weg ebnete.



baumechanik
statik dynamik

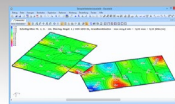
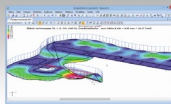
Veranstaltungsreihe
Software in der Strukturmechanik

am **24.04.2020**

10:00-16:00 Uhr

Online-Webinar

Zugangsdaten über den Moodle-Arbeitsraum BMSD KoSo



tu technische universität
dortmund

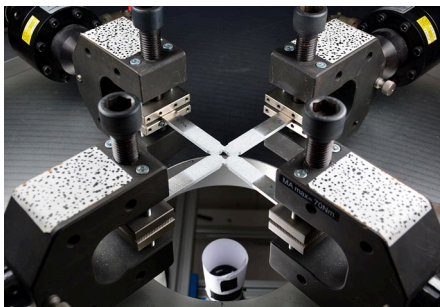
www.die.de

DIE
EINFACH · ANDERS · BESSER

Ankündigung eines Webinars im digitalen Sommersemester in Kooperation mit einem kommerziellen Anbieter für Statiksoftware

In der Vertiefungsrichtung „Numerische Mechanik“ finden sich zudem Wahlpflichtfächer wie z.B. „Strukturoptimierung“ und „Nichtlineare Materialmechanik“, welche die Studierenden auf anspruchsvolle aber durchaus verbreitete Aufgaben vorbereiten. Vor allem die Kombination dieser Fächerangebote bietet die Grundlage für Studien- und Abschlussarbeiten auf hohem wissenschaftlichen Niveau. Beispielsweise wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit die Inverse Bestimmung von Materialparametern eines komplexen Schädigungsmodells anhand von Biaxialversuchen einer Aluminiumlegierung

thematisiert. In Kooperation mit dem Lehrstuhl von Prof. Brüning (UniBW München) wurden Versuche durchgeführt, deren Messdaten mithilfe digitaler Bildkorrelation (DIC) ausgewertet und den Simulationsergebnissen gegenübergestellt werden konnten.



Biaxialversuch einer Aluminiumprobe an der Universität der Bundeswehr in München

Eine Neuerung im Wahlangebot der Lehrstühle ist das Fach „Tree Engineering“, welches erstmalig im Sommersemester 2020 angeboten wurde. Herr Dipl. Des. Martin Zeller erhielt dafür den Lehrauftrag der Fakultät und gab am 15.01.2020 einen Einführungsvortrag an der TU Dortmund zu den Kursinhalten. Leider blieb dies die einzige Präsenzveranstaltung für ihn. Doch Herr Zeller trat der Corona-Krise entschieden entgegen und somit öfters vor die Kamera. Dies wurde von zahlreichen Kursteilnehmern dankbar aufgenommen und es entstanden 48 Seminararbeiten, welche nun in einem Seminarband zusammengefasst werden. Zum Abschluss der Veranstaltung konnte sogar noch die ursprünglich für Mai geplante Exkursion an unterschiedliche, baubotanische Versuchsfelder in Kamen und Olfen durchgeführt werden. In diesen Anlagen wird die Fähigkeit verschiedener Baumarten zur Verbindung von Baumorganismus und Bauelement untersucht und demonstriert. Auf Initiative von Herrn Zeller entstand nun eine Kooperation mit der Stadt Kamen, welches uns die wissenschaftliche Auswertung der Versuche sowie die weitere Konzeptionierung des Versuchsfeldes erlaubt. Davon werden zukünftige Lehrveranstaltungen zum „Tree Engineering“ als auch Forschungsaktivitäten profitieren.



Martin Zeller unter dem „Wachsenden Steg“ im baubotanischen Versuchsfeld in Kamen



Junge Roteichen verwachsen untereinander und mit den Lagerpunkten des Stegs um ihn zu tragen

Mit Unterstützung des Forstlichen Bildungszentrums NRW wurden Anfang Juni erstmals eine Reihe von knapp 70 jährigen Rotbuchen (*Fagus Sylvatica*) dem Forst in Arnsberg frisch entnommen und innerhalb von zwei Tagen im Institut für Bauforschung untersucht. Unter anderem konnten die Schäfte als Vollquerschnitt in Druck- und Biegeversuchen bis zum Bruch belastet werden. Das Tragverhalten des frischen, wassergesättigten Schaftes unterscheidet sich signifikant von technisch getrocknetem Holz, was für die Traglast von vitalen Bäumen bedeutsam ist.

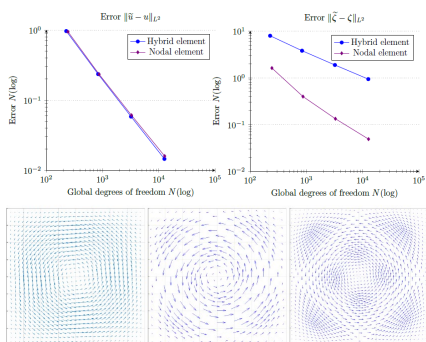


Biegeversuch am frisch geschlagenen Schaft einer Rotbuche im Institut für Bauforschung

Weitere Forschungsschwerpunkte der beiden Lehrstühle sind im Bereich der numerischen Methoden, verfeinerten Balkentheorien, Sensitivitätsanalyse und Strukturoptimierung im Rahmen der Nichtlinearen Elastizitätstheorie, der Metallplastizität und in der Simulation von Rissen in Bauteilen mit der Extended Finite Element Method (XFEM) zu finden. Im Zentrum steht der eigene Zugang zur effektiven Herleitung sowie die numerische Umsetzung. Dazu gehören auch Sensitivitätsanalysen bei Parametervariation, die Erweiterung dieser Betrachtung auf geschichtsabhängige Materialien und die Berücksichtigung von Schädigung in der Fertigung. Die zentrale Rolle der Sensitivitätsanalyse wird weiterhin im Rahmen von Mehrskalproblemen untersucht. Zugehörige Optimierungsprobleme zeichnen sich dadurch aus, dass die Zielfunktionen, Nebenbedingungen und Designvariablen sowohl auf der Mikroskala (Materialstruktur) als auch der Makroskala (Tragwerksstruktur) definiert sind. Für die effiziente Umsetzung entwickelter Algorithmen in Computerprogrammen spielt das High Performance Computing (HPC) eine wesentliche Rolle. In diesem Zusammenhang wurden Programme so entwickelt, dass die Leistungsfähigkeit der Rechenknoten des hochschulinternen Linux-HPC-Clusters (LiDO) im Rahmen der parallelen Numerik ausgenutzt werden kann.

In Kooperation mit Prof. Patrizio Neff (Universität Duisburg Essen), sowie Prof. Joachim Schöberl (TU Wien) wird die Simulation mikromorpher

Kontinua mit dem Nédélec-Ansatz erforscht. Durch Kombination mit Lagrangeschen Ansatzfunktionen wird ein hybrider Ansatzraum erzielt, welcher sowohl den Gradienten des Verschiebungsfeldes als auch die Rotation des Mikrofeldes erlaubt.



Vergleich der Konvergenz (oben) zwischen FEM in Standardformulierung und FEM mit hybridem Ansatzraum bei vorliegender Rotation (unten) im Mikrodistsionsfeld

Seit September 2020 wird in Kooperation mit der RWTH Aachen, der Universität Duisburg Essen, der TH Köln sowie der FH Aachen das „Open Education Ressources“ Projekt „Digitale Lernumgebung in der Baustatik als ganzheitliches Konzept“ gefördert und bearbeitet. Die Förderlinie soll den Nutzen von frei zugänglichen Lehr- und Lernangeboten für Lehrende und Studierende erkennbar und erfahrbar machen. Dazu gehört z.B. die Abstimmung von Lernzielen und eine einheitliche Nomenklatur. Weiterhin wird eine große Bandbreite an digitalen Lernformaten mit gleichem Lernziel entstehen, so dass sich Studierende das für Sie geeignete Format selbst wählen können. Das Projekt wird fachdidaktisch begleitet und universitätsübergreifend evaluiert. Bereits im Wintersemester 20/21 können erste Erfahrungen aus diesem Projekt in die digitale Lehre an der TU Dortmund einfließen.

Liste der Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen

Wintersemester 2019/20

Stereostatik

Grundlagen der Statik und Dynamik
Lineare Elastizitätstheorie
Lineare Finite Elemente Methode
Computerorientierte höhere Mechanik
Nichtlineare Finite Elemente Methode
Sondergebiete der Strukturoptimierung

Sommersemester 2020

Elastostatik

Computerorientierte Statik und Dynamik
Software in der Strukturmechanik
Engineering with Ansys
Tree Engineering
Nichtlineare Materialmechanik
Strukturoptimierung

Veröffentlichungen

Molinari, A., Witte, R., Neelisetty, K. K., Gorji, S., Kübel, C., Münch, I., Wöhler, F., Hahn, L., Hengsbach, S., Bade, K., Hahn, H., Kruk, R.: Configurable Resistive Response in BaTiO₃ Ferroelectric Memristors via Electron Beam Radiation. *Advanced Materials* 32 (2020).

Münch, I., Wagner, W., Naumann, J.: Isogeometrische Analyse zur Evolution von Verbundsystemen mit der Phasenfeldmethode,

in: Bischoff, M., von Scheven, M., Oesterle, B. (eds.) *Berichte der Fachtagung Baustatik - Baupraxis* 14 (2020).

Muench, I., Klassen, M., Wagner, W.: Topology Optimization with Isogeometric Analysis and Phase Field Modeling. *Proc. Appl. Math. Mech.* 19 (2019).

Klassen, M., Muench, I., Klinkel, S.: Phase field modeling with IGA and FEM: Error surveillance in the transition zone. *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Keller, A., Muench, I., Wagner, W.: Comprehensive optimization of frame structures. *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Liedmann, J., Barthold, F.-J.: Shape Optimization of the X0-specimen; theory, numerical simulation and experimental verification. *Comp. Mech.*, (2020).

Liedmann, J., Barthold, F.-J.: Variational sensitivity analysis of elastoplastic structures applied to optimal shape of specimens. *Struct. Multidisc. Optim.*, (2020).

Liedmann, J., Barthold, F.-J.: Sensitivity analysis of elastoplastic structures and application to optimal specimen design. *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Guhr, F., Sprave, L., Barthold, F.-J., Menzel, A.: Computational shape optimisation for a gradient-enhanced continuum damage model. *Comp. Mech.* 65, (2020).

Guhr, F., Barthold, F.-J., Meya, R., Tekkaya, E.: Load Optimisation for Air Bending in the Context of Damage Reduction. *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Wohlgemuth, F., Barthold, F.-J.: Controlling Physical Properties on Interfaces Using Parametrised Level Set Methods and Extended Finite Element Method, *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Loske S., F., Barthold, F.-J.: Free Material Optimization of Multilayer Composite Materials, *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Waschinsky, N., Barthold, F.-J., Menzel, A.: Optimisation of Diffusion Driven Degradation Processes. *Proc. Appl. Math. Mech.* 19, (2019).

Forschungsfelder

Kontinuumsmechanik
Numerische Methoden und FEM-Formulierungen
Strukturoptimierung (Topologie-, Form- und Materialoptimierung)
Inverse Probleme
Variationelle Sensitivitätsanalyse
Kontrolle von Schädigung bei Umformprozessen
Analyse und Optimierung von Mehrskalensystemen
Mikromorphe Kontinua
Phasensimulation
Tree Engineering

Forschungsprojekte

Kombinierte Form- und Querschnittsoptimierung von Faserverbundstrukturen basierend auf der Singulärwertzerlegung der Empfindlichkeiten (DFG)

SFB/Transregio 188 „Schädigungskontrollierte Umformprozesse“, TP C05: „Sensitivität und Optimierung“ (DFG)

Digitale Lernumgebung in der Baustatik als ganzheitliches Konzept (Förderlinie „OER-Content.nrw“ zur Produktion von digitalen Lehr- und Lernangeboten für das Landesportal DH-NRW)

Tree Engineering (Förderlinie „Holz-Wissen“ zur Verbesserung des Wissenstandes über Laub- und Nadelhölzer als Werk- und Baustoffe im Bauwesen)

Liste der Mitarbeiter*innen

Prof. Dr.-Ing. habil. Franz-Joseph Barthold
Prof. Dr.-Ing. Ingo Münch
Sigrid Middeldorf
Mirjana Vujanic
Markus Behlau
M.Sc. Seyed Ali Ghasemi
M. Sc. Fabian Guhr
M. Sc. Jan Liedmann
M.Sc. Mohammad Amin Esmail Molod
M. Sc. Felix Wohlgemuth
M.Eng. Adam Chejanovsky
M.Sc. Simon Loske
B.Sc. Lydia Puttkamer
M.Sc. Navina Waschinsky
M.Sc. Jan Bernd Wulf
Dipl.Des. Martin Zeller

Liste der studentischen Hilfskräfte

Lukas Kloppenburg
Nepomuk Pinkernell
Johannes Sundheim
Hannes Wagener
Moritz Schäferhoff
Andrew Khourn
Silas Blume
Lina Offermann
Kira Peper
Dominik Schwarzenberg
Markus Waldecker