Rückblick Baumechanik, Statik und Dynamik auf das akademische Jahr 2021 (1.10.2020 – 30.09.2021)

LEHR- UND FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

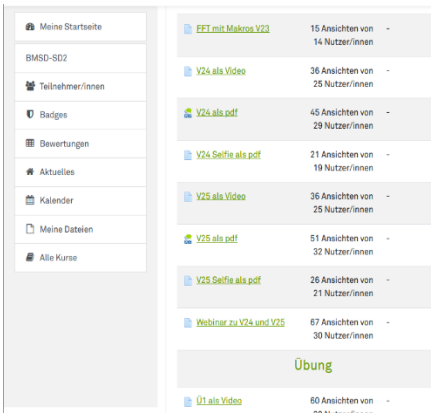
Die Lehrstühle Baumechanik sowie Statik und Dynamik haben im akademischen Jahr 2021 offiziell das *Institut für Baumechanik, Statik und Dynamik* (BMSD) gegründet, was durch den Fakultätsrat in seiner 423. Sitzung einstimmig befürwortet wurde. Der Zusammenschluss wird

- die Durchgängigkeit in der Lehre,
- die Sichtbarkeit in der Forschung und
- die Effizienz im Betrieb

gewährleisten. Die enge Kooperation ist seit dem akademischen Jahr 2020 in Vorbereitung.
Die Bündelung der Kräfte war insbesondere für die Erarbeitung der digitalen Lehre hilfreich. So konnten im akademischen Jahr 2021 alle vorgesehenen Vorlesungen, Übungen und Tutorien für das Studium des Bauingenieurwesens problemlos digital durchgeführt werden.

Die ausgebaute Medientechnik und die Erfahrung aus dem vorangehenden Sommersemester 2020 dienten als solide Basis. Die Kombination aus Webinaren, Videos und schriftlichen Arbeitsmaterialien haben Lernangebote geschaffen, welche von den Studierenden gut angenommen werden, was sich über die Moodle-Plattform nachvollziehen lässt, siehe Bild unten.

Bei einer Rückkehr in den Präsenzbetrieb stellen die digitalen Formate einen Mehrwert dar, sofern sie in der jetzigen Intensität weiter gepflegt und verbessert werden.



Statistik der Zahl an Nutzer*innen am Ende der Vorlesungszeit im Fach SD2

Das mittelfristige Ziel unserer digitalen Lehre ist die Förderung des individuellen Lernverhaltens. Dies ist durch das Angebot unterschiedlicher Formate mit äquivalentem Lerninhalt möglich.
Erste Effekte sind z.B. an der Nutzerstatistik im obigen Bild ablesbar.
Dort werden Webinare, welche bereits von zahlreichen Studierenden live verfolgt wurde, von etwa der gleichen Personenanzahl nachträglich abgerufen. Ähnlich verhält es sich bei der Auswahl der Vorlesungsunterlagen, welche in etwa im Verhältnis 3:2 als Volltext bzw. Selbstergänzungstext (Selfie) abgerufen werden.

In beiden Fällen kann man davon ausgehen, dass Studierende nur eine der beiden redundanten Varianten verfolgen, je nach persönlicher Neigung.

Hinzu kommt der Abruf vorlesungsbegleitender Arbeitsmaterialien, wie z.B. des VBA-Programms zur Fast-Fourier-Transformation (FFT). Hier lässt sich allerdings aus der Statistik auch leicht erkennen, dass solch weniger prüfungsrelevante Materialien nur von einer kleineren Teilnehmergruppe genutzt werden. Die anonyme Auswahlmöglichkeit impliziert, dass interessierte Studierende gefördert werden, ohne den Gesamtkurs zu überfordern.

Professor Ingo Münch hielt am 18. Januar 2021 seine Antrittsvorlesung unter dem Thema *Bauen mit Bäumen - Von der Vision zu konkreten Forschungsaktivitäten*. Die Veranstaltung musste ebenfalls digital durchgeführt werden, ermöglichte aber, dass zahlreiche Kollegen auch weit entfernter Universitäten daran teilnahmen.

Antrittsvorlesung im Rahmen der Vortragsreihe *Kommen.Bleiben.Gehen*

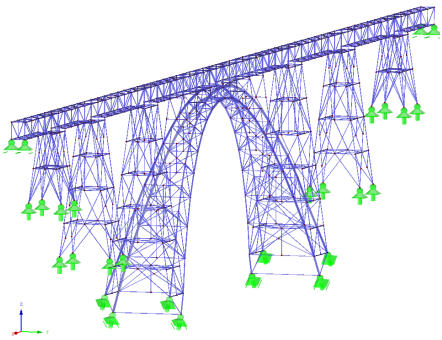
Als Ersatz für eine studentische Exkursion im Frühjahr wurden Bild- und Filmaufnahmen sowie das sehr aufwändige numerische Modell der Müngstener Brücke als digitale Lehrmaterialien erstellt und innerhalb der Vorlesung *Computerorientierte Statik und Dynamik* vorgeführt.

Interview mit Jens Kalameya zur Geschichte, Statik und laufenden Sanierungsarbeiten an der Müngstener Brücke

Unterstützt wurde die Aktion durch die laufende Fördermaßnahme des *OER-Content* Projektes „Digitale Lernumgebung – Baustatik – als ganzheitliches Konzept“, sowie Herrn Dr. Jens Kalameya vom *Ingenieurbüro PSP*, welcher das Konzept begleitet und für das Interview zur Verfügung stand. Weiterhin bedanken wir uns bei der *Deutschen Bahn* für die Drehgenehmigung.
Die Müngstener Brücke überspannt seit 1897 das Tal der Wupper zwischen Remscheid und Solingen

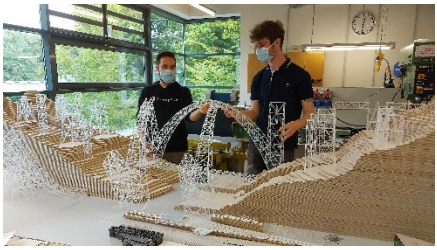
in bis zu 107 Metern Höhe und ist bis heute die höchste Eisenbahnbrücke Deutschlands.

Der statisch unbestimmte Bogen mit 170 Metern Spannweite durchlief in der Erstellung unterschiedliche statische Systeme um den freien Vorbau zu ermöglichen.



Numerisches Modell der Müngstener Brücke mit 802 Knoten und 2276 Stäben

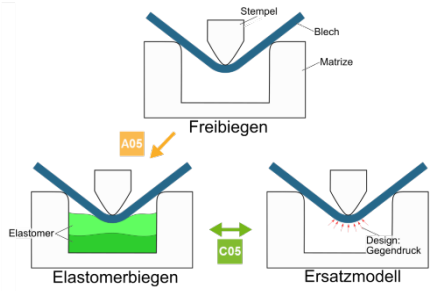
In Kooperation mit der Modellbauwerkstatt wird aktuell ein Modell angefertigt, welches in Lehrveranstaltungen u.a. die statischen Systeme beim Bau der Brücke vor Augen führen wird.



Zwischenstand der Modellbauarbeiten zur Müngstener Brücke im September 2021

Der Bibliothek der TU Dortmund ist es zudem gelungen, ein beeindruckendes Buchexemplar zur Statik der Brücke aus dem Jahr 1904 zu erwerben. Daraus ist ersichtlich, wie sich die Berechnungsmethoden der Mechanik und Statik vor ca. 130 Jahren etabliert haben. Es zeigt zudem, wo die Vorteile der Weiterentwicklung insbesondere durch numerische Methoden bis heute liegen.

Die Lehre zur Numerischen Mechanik im Masterstudium enthält Vorlesungen zur Optimierung und Materialmodellierung. Ein Aspekt hierbei ist die Beschreibung und Kontrolle von Schädigung in Anlehnung an das Teilprojekt C05 des TRR 188.
Hierzu wurde am Lehrstuhl Baumechanik die numerische Optimierung auf den Umformprozess des Freibiegens angewendet. In Kooperation mit dem IUL der Fakultät Maschinenbau, wurden deren Erfahrungen aus dem erweiterten Prozess des Elastomerbiegen genutzt, um das Optimierungsproblem für die Lastoptimierung aufzusetzen.
Hierbei wurde das Elastomerkissen durch externe Lasten im Außenbereiches des Umformprozesses ersetzt. Für die Kontaktberechnung der Simulation wurde die Software Abaqus verwendet, welche in der Optimierungsroutine berücksichtigt werden musste. Auf diesem Wege konnten optimierte externe Lasten mittels der numerischen Optimierung generiert werden.



Optimierung des Elastomerbiegens mittels externer optimaler Lasten

Wissenschaftliche Treffen und Konferenzen fanden im zurückliegenden Jahr ebenfalls ausschließlich digital statt. So auch das dritte Seminar und die Hauptversammlung des „GAMM Student Chapter at TU Dortmund University“ am 26. November 2020. Dieser Zusammenschluss hat zum Ziel, die interdisziplinäre Zusammenarbeit in angewandter Mathematik und Mechanik zwischen Masterstudenten und Doktoranden der TU Dortmund zu fördern.

Die Jahreshauptversammlung der GAMM (Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik, 15. bis 19. März 2021), wurde von den wissenschaftlichen Mitarbeitern ebenfalls online besucht, da dies eine wichtige Plattform für den wissenschaftlichen Austausch der Lehrstühle ist.

Im Sommersemester 2021 wurde das Fach Stabilität der Tragwerke, erstmals als Wahlangebot für Studierende im Masterstudiengang Bauingenieurwesen angeboten und von einem kleinen Hörerkreis besucht. Der Begriff des stabilen Tragwerks kann auch auf Systeme erweitert werden, welche eine Kinematik aufweisen und sich ausgeprägt dynamisch verhalten, wie z.B. das Baumhaus in der nachfolgenden Abbildung. Auch hier wurden Filmaufnahmen erstellt, um das Thema Einflusslinie anhand eines realen Tragwerks zu erklären.

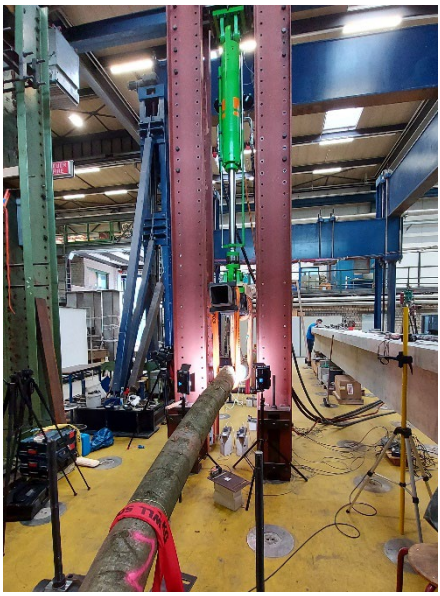
Kinematisches aber stabiles Tragwerk, welches zur Erklärung von Einflusslinien herangezogen wird

Die studentische Exkursion am 15.09.2021 führte wieder zur baubotanischen Versuchsanlage in Kamen, welche durch das Institut begutachtet und gepflegt wird.
Unter der Anleitung von Martin Zeller konnten die Studierenden „Baumchirurgische Maßnahmen“ erlernen und praktizieren, um z.B. überkreuzende Schäfte der flankierenden Bepflanzung gezielt miteinander verwachsen zu lassen.
Auch ein ehemaliger Student der Architektur nahm an der Exkursion teil, was wir nun zum Anlass nehmen, ehemalige Studierende in Zukunft über unsere Aktivitäten zu informieren und einzuladen.
Die flankierende Bepflanzung hat sich im regenreichen Sommer 2021 derart positiv entwickelt, dass wir schon im kommenden Jahr mit

dem partiellen Abbau der Stahlstützen beginnen möchten, was ein primäres Ziel des vorliegenden baubotanischen Experimentes ist.

Verschweißung zweier Baumschäfte zur Ausbildung eines Kreuzverbandes unter dem „Wachsenden Steg“ im baubotanischen Versuchsfeld in Kamen

In Kooperation mit dem *Forstlichen Bildungszentrums für Waldarbeit und Forsttechnik NRW* wurden wiederholt eine Reihe von knapp 70-jährigen Rotbuchen (Fagus Sylvatica) dem Forst in Arnsberg entnommen und innerhalb einer Woche im Institut für Bauforschung zerstörend auf deren Tragvermögen unter Biegebeanspruchung geprüft. Es kam erstmals der neue Differential-Prüfzylinder mit einem Hub von 1000 mm und einer Maximallast von 350 kN, welcher von der Firma *Walter + Bai* nach unseren Anforderungen konstruiert wurde, zum Einsatz. An dieser Stelle sei Christoph Rempe und allen weiteren Mitarbeitern des Instituts für Bauforschung für das hohe Engagement bei der Inbetriebnahme des Zylinders sowie bei der Versuchsdurchführung gedankt.



Biegeversuch am frisch geschlagenen Schaft einer Rotbuche mit dem neuen Langhubzylinder

Die Versuche dienen der Erforschung von Festigkeitswerten sowie Versagensmechanismen von grünem Holz, um z.B. die Bebauung von Bäumen durch deterministische Modelle abzusichern. So soll einerseits das Risiko minimiert und andererseits die Bebauung skalierbarer werden. Die damit verbundene Bautechnik und Baubiologie findet als weiteres Forschungsfeld im Tree Engineering vielfältige Aufgaben.

Am Lehrstuhl Baumechanik wird seit 2017 das Teilprojekt C05 „Sensitvität und Optimierung der Schädigung in Umformprozessen“ bearbeitet. Dies Projekt ist Teil des TRR 188, welcher sich mit dem Verständnis und der Kontrolle von Schädigung in Umformprozessen beschäftigt. Nach einer erfolgreichen ersten vierjährigen Förderperiode wurde in der Begehung im Jahr 2020 die Förderung weiterer vier Jahre für die zweiten Förderperiode gesichert. Für diese zweite Förderperiode setzt der TRR 188 seinen Schwerpunkt auf die Leistungsfähigkeit von umformtechnisch erzeugten Bauteilen.
Übergreifend wird somit auch der Temperatureinfluss große Berücksichtigungen in den einzelnen Teilprojekten finden. Teilprojekt C05 im speziellen erweitert dafür die zugrundeliegende Materialbeschreibung in der Modellierung. Weiterhin wird die bereits entwickelte Optimierung mittels Abaqus weitergeführt um die komplexen Umformprozesse des TRR 188 berücksichtigen zu können. Zusätzlich wird die Optimierung auf der Mikroskala Berücksichtigung finden.

Verknüpfung des Teilprojektes C05 in der 2. Förderperiode des TRR 188

Unter dem Titel *Organic Tiny Houses* wird seit Juli 2021 an der Entwicklung kleiner Wohnmodule geforscht. Innerhalb des Konsortiums übernimmt die Arbeitsgruppe des Instituts technische und planerischen Aufgaben mit einem deutlichen Akzent auf Nachhaltigkeit. Dazu gehört u.a. die Einsparung von Ressourcen beim Bau sowie die Erhaltung von Stoffkreisläufen. Ökologische und zeitgemäße Bauweise sowie die Einhaltung höchster Standards im Wärmeschutz, der konstruktiven Durchbildung und der Tragsicherheit stehen hierbei im Fokus. Sämtliche Arbeitsziele werden durch den Bau von Prototypen unterstützt und evaluiert.

Im Mai wurde unsere langjährige und geschätzte Mitarbeiterin Sigrid Middeldorf in den Ruhestand verabschiedet. Wir danken für die jahrelangen Dienste und wünschen ihr alles Gute.

Mirjana Vujanic, Sabine Potrafke und Sigrid Middeldorf bei deren Verabschiedung

Liste der Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen

Wintersemester 2020/21
Stereostatik
Grundlagen der Statik und Dynamik
Lineare Elastizitätstheorie
Lineare Finite Elemente Methode
Computerorientierte höhere Mechanik
Nichtlineare Finite Elemente Methode
Tree Engineering in der Praxis
Engineering with ANSYS
Sondergebiete der Strukturoptimierung

Sommersemester 2021
Elastostatik
Computerorientierte Statik und Dynamik
Software in der Strukturmechanik
Tree Engineering
Nichtlineare Materialmechanik
Strukturoptimierung
Enhanced Simulation with ANSYS
Stabilität der Tragwerke

Promotionen
Dr. Mohammad Amin Esmail Molod
Strengthening reinforced concrete column-beam joints with modular shape memory alloy plate optimized through probabilistic damage prediction

Dr. Navina Waschinsky
Structural optimisation of diffusion-driven degradation processes

Dr.-Ing. Jan Liedmann
Elastic-plastic design sensitivities based on variational analysis and applications in optimal specimen design

Veröffentlichungen
Sky, A., Polindara, C., Muench, I., Birk, C.: Assembly of sparse matrices via atomics, SIAM Journal of Scientific Computing, eingereicht 2021.

Zeller, M., Muench, I.: Befestigung von Bauwerken in Bäumen mit Baumanker und doppelter Umreifung, Bautechnik, eingereicht 2021.

Sky, A., Neunteufel, M., Münch, I., Schöberl, J., Neff, P.: A hybrid H1 x H(curl) finite element formulation for a relaxed micromorphic continuum model of antiplane shear. Journal for Computational Mechanics, 2021. https://doi.org/10.1007/s00466-021-02002-8

Wulf, J. B., Muench, I.: Topology evolution of composite structures based on a phase field model. Proc. Appl. Math. Mech. 20(1), 2020. https://doi.org/10.1002/pamm.202000163

Sky, A., Muench, I., Neff, P.: A finite element formulation for a simplified, relaxed micromorphic continuum model. Proc. Appl. Math. Mech. 20(1), 2020. https://doi.org/10.1002/pamm.202000336

Ghasemi, S. A., Muench, I., Liedmann, J., Barthold, F.-J.: Numerical approach for a continuum theory with higher stress gradients. Proc. Appl. Math. Mech. 20(1), 2020. https://doi.org/10.1002/pamm.202000264

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. https://doi.org/10.1002/adma.201907541

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.

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).

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

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 Mehrskalenproblemen
Mikromorphe Kontinua
Phasenfeldsimulation
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)

Organic Tiny Houses (Sonderprogramm Umweltwirtschaft NRW)

Liste der Mitarbeiter*innen
Prof. Dr.-Ing. habil. Franz-Joseph Barthold
Prof. Dr. Angela Madeo
Prof. Dr.-Ing. Ingo Münch
Sigrid Middeldorf
Mirjana Vujanic
Markus Behlau
M.Sc. Seyed Ali Ghasemi
M. Sc. Fabian Guhr
Dr.-Ing. Jan Liedmann
Dr.-Ing. Mohammad Amin Esmail Molod
M. Sc. Felix Wohlgemuth
M.Eng. Adam Sky
M.Sc. Simon Loske
B.Sc. Lydia Puttkamer
Dr.-Ing. Navina Waschinsky
M.Sc. Jan Bernd Wulf
Dipl. Des. Martin Zeller
M.Sc. Leonardo Andres Perez Ramirez
Dr. Gianluca Rizzi
Dr. Max Jendrik Voss

Liste der studentischen Hilfskräfte
Lukas Kloppenburg
Nepomuk Pinkernell
Johannes Sundheim
Hannes Wagener
Silas Blume
Lina Offermann
Kira Peper
Markus Waldecker
Otto-Baxter Horn