

# Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik

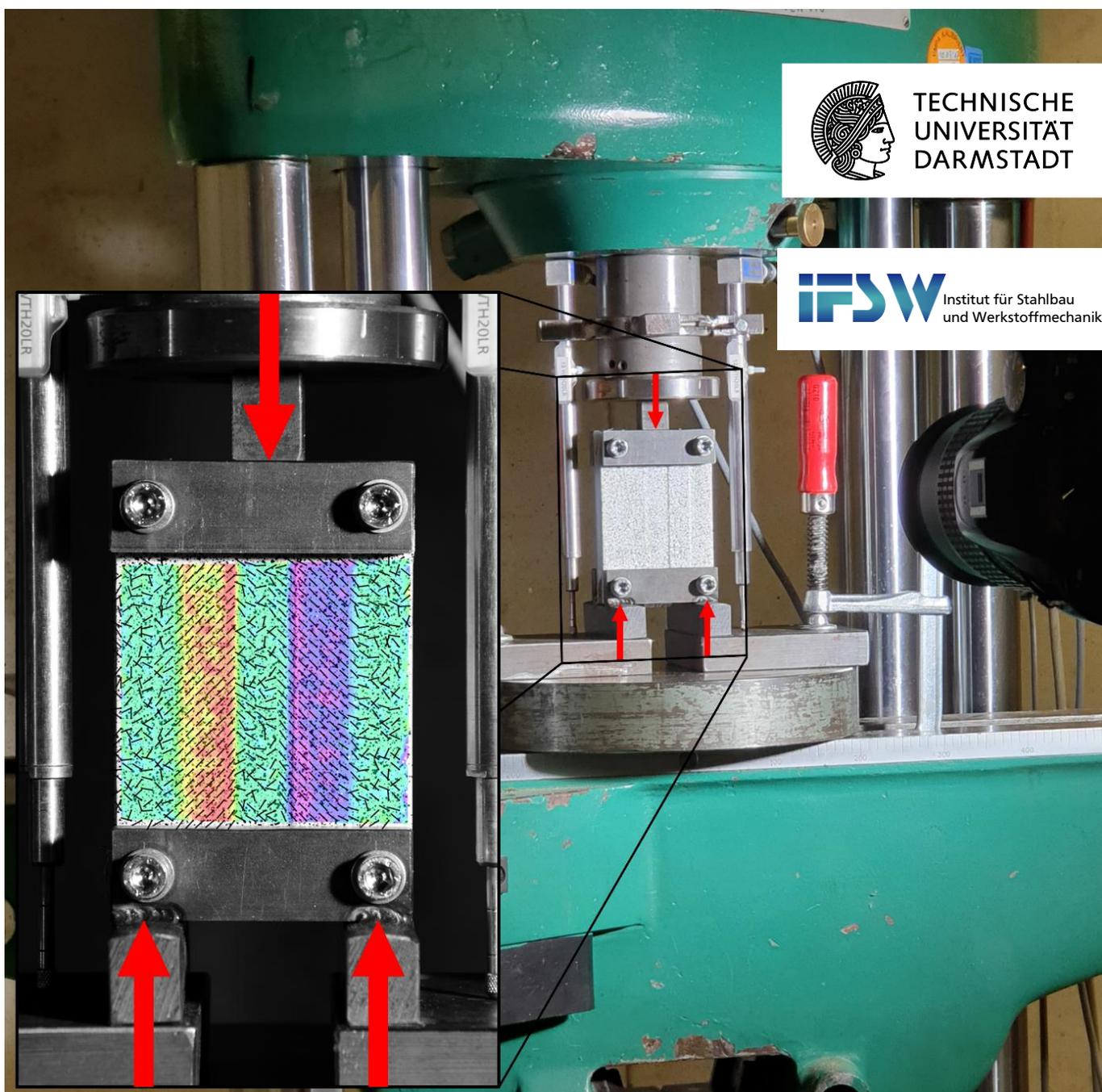
Informationsmagazin des Instituts  
für Stahlbau und Werkstoffmechanik  
14. Jahrgang | 2020



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**ifsw**

Institut für Stahlbau  
und Werkstoffmechanik



## Impressum (V.i.S.d.P.G.)

Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik  
Technische Universität Darmstadt  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange  
Prof. Dr.-Ing. Michael Vormwald  
Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt

## Spendenkonto IFSW

DE36 5085 0105 0000 7043 00  
Sparkasse Darmstadt  
Bitte als Verwendungszweck die  
Verbuchungsstelle angeben!

## FG Stahlbau

Verbuchungsstelle: 13 06 02 / 563 001 91

## FG Werkstoffmechanik

Verbuchungsstelle: 13 06 03 / 563 003 43

## **Anschrift und E-Mail-Adressen**

Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik  
Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt  
Tel.: 06151-16-22401 | Fax.: 06151-16-22404  
[www.stahlbau.tu-darmstadt.de](http://www.stahlbau.tu-darmstadt.de)

## **Direkter Kontakt zu den Mitarbeitern**

FG Stahlbau: [nachname@stahlbau.tu-darmstadt.de](mailto:nachname@stahlbau.tu-darmstadt.de)  
FG Werkstoffmechanik: [nachname@wm.tu-darmstadt.de](mailto:nachname@wm.tu-darmstadt.de)

Liebe Leser,

das Thema des Jahres 2020 beherrscht auch das Vorwort unseres Informationsmagazins. Die guten Nachrichten sind: Die krankheitsbedingten Fehltage sind im Jahr 2020 nahe der unteren Grenze des langjährigen Streubands. Vielleicht ist das nur Glück, vielleicht aber die Folge vernünftigen Verhaltens, wie es sich für die Mitarbeiter eines wissenschaftlichen Instituts gehört. Folgerichtig und wegen besonderen Engagements der Lehrenden ist keine einzige Lehrveranstaltung ausgefallen oder abgesagt worden. Lehrveranstaltungen finden ebenso wie mündliche Prüfungen „online“ statt. Die TU Darmstadt hat im Frühjahr sehr schnell reagiert und ein leistungsfähiges Softwaresystem zum Laufen gebracht, Respekt. Eine weitere gemeisterte Herausforderung war die Durchführung von Klausuren unter hygienisch einwandfreien Bedingungen.

Die Büroarbeit funktioniert wie an vielen anderen Stellen Deutschlands sehr gut unter den Bedingungen der Telearbeit. Bemerkenswert ist, dass unser Laborbetrieb auch auf Hochtouren läuft. Wir erfahren Beeinträchtigungen nur, wenn wir auf Lieferungen von Probenmaterial, Versuchskörpern, Geräten, Reparatur- oder Wartungsarbeiten von externen Partnern angewiesen sind. Die entstandenen Verzögerungen in unseren wissenschaftlichen Arbeiten versuchen wir, so gut es geht mit erhöhtem Einsatz wett zu machen.

Haben Sie es bemerkt? Keine schlechten Nachrichten aus dem Institut, kein Gejammer. Wir hoffen, dass es so bleibt.

Wir wünschen Ihnen diesmal ganz besonders viel Gesundheit und viel Freude mit der Lektüre.

Prof. Dr.-Ing. Michael Vormwald

Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange

Titelbild:

Stählerner Lamellenprobekörper mit zwei Zwischenschichten aus massivem Polyurethan im Schubversuch. Farblich die qualitative Verteilung der Schubgleitung über die Schichten und schwarz die Trajektorien der zweiten Hauptspannung ermittelt über die Deformation mittels digitaler Bildkorrelation.

- 1** **Forschung**
- 7** **Lehre**
- 9** **Forschungslabor**
- 11** **Exkursionen und Weiterbildung**
- 12** **Termine und Ereignisse**
- 14** **Absolventen und Ehemalige**

## Flächentragwerke aus gekrümmten Sandwichelementen

Sören Grimm, M.Eng.

Im Bauwesen, insbesondere im Industriebau, haben sich Sandwichelemente als wirtschaftliche Lösung für raumabschließende Dach- und Wandbauteile etabliert. Mit dieser Bauweise werden hohe Tragfähigkeiten bei geringem Eigengewicht und guten bauphysikalischen Eigenschaften für den Einsatz als Gebäudehülle erreicht.

Eine weitere Bauweise, mit der sich große Spannweiten bei geringem Materialeinsatz realisieren lassen, ist die Ausbildung von Schalen- oder Bogentragwerken.



Doppelt-gekrümmte Dachkonstruktion aus Sandwichelementen – © KGBauko

In Zusammenarbeit dem KGBauko und dem PtU der TU Darmstadt wurde in einem, von der AIF geförderten, Forschungsvorhaben die Ausbildung von Flächentragwerken aus vorgefertigten, gekrümmten Sandwichprofilen untersucht. Ziel war es, die Möglichkeiten im Hinblick auf die realisierbaren Gebäudegeometrien und Spannweiten von Sandwichtragwerken unter Erhalt ihrer Wirtschaftlichkeit zu erweitern.

Aktuell werden, aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes, weitere Detailfragen untersucht, um die Vision dieser neuen Bauweise weiter voranzutreiben.

### Veröffentlichung:

Lange, J.; Groche, P.; Schäfer, S.; Grimm, S.; Moneke, M.; Reising, J. (2020): „Flächentragwerke aus gekrümmten Sandwichelementen.“ (19519 N), Düsseldorf, Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. FOSTA

## Die Anwendung der SPS-Technologie im Bahnbrückenbau

Pascal Händler, M.Sc.

Für den Neubau von trogförmigen Bahnbrücken aus Stahl existieren nur drei verschiedene Möglichkeiten zur Ausbildung der Fahrbahn. Das Sandwich-Plate-System (SPS) könnte eine leichtere sowie unempfindlichere Alternative zu den etablierten Fahrbahnen sein. SPS ist ein Verbundsystem aus zwei stählernen Deckschichten verbunden durch einem Kern aus massivem Polyurethan (PUR). Das laufende Forschungsprojekt untersucht offene Fragen in drei Detailstufen zu dessen Anwendung im Neubau von Bahnbrücken.

In der ersten und detailliertesten Stufe des Projekts wird das spezielle Polyurethan im SPS mit Hilfe verschiedener Kriech- und Relaxationsexperimente auf sein zeitabhängiges Verhalten untersucht, um eine Möglichkeit zu dessen analytischer Beschreibung zu finden.

In der zweiten Stufe werden sowohl allgemeine Fragen zur Mechanik von Sandwichelementen mit dicken Deckschichten als auch die Auswirkungen eines zeitlich veränderlichen Kernmaterials untersucht. Als Ziel sollen Empfehlungen erarbeitet werden, wie SPS-Elemente sinnvoll und sicher eingesetzt werden können.

In der letzten Stufe wird das Potential von SPS und seiner Anwendung in Fahrbahnen von Trogbrücken im Rahmen einer großen Parameterstudie untersucht. Entwürfe von Bahnbrücken werden angefertigt und hinsichtlich verschiedenen Schlüsselfaktoren verglichen. Dabei wird ebenfalls den zeitlich veränderlichen Eigenschaften des Kerns Rechnung getragen.

### Veröffentlichungen:

Händler, P.; Lange, J.: „Die Anwendung der SPS-Technologie im Bahnbrückenbau“, 21. DAST-Kolloquium, 6.-7. März 2018, Kaiserslautern

Händler, P.; Lange, J.: „Application of the SPS-Technology in Short-Span Railway Bridges“, 7. International Conference on Structural Engineering, Mechanics a Computation, Cape Town, South Africa, 2.-4. September 2019

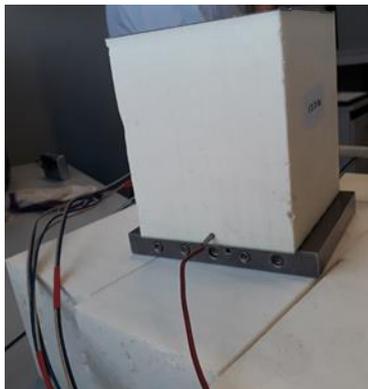
### Sandwichelemente mit gradierten Schäumen

Sonja Steineck, M.Sc.

Im Industrie und Hallenbau ist die Verwendung von Sandwichelementen eine sehr wirtschaftliche Lösung. Durch den Einsatz von Sandwichplatten erreicht man unter anderem eine kurze Bauzeit. In der Regel werden im Industrie- und Hallenbau Sandwichelemente zur Herstellung der tragenden Gebäudehülle verbaut.

Als Gebäudehülle ist das Bauteil auf der Außenseite den Wettergegebenheiten direkt ausgesetzt. Hier entwickeln sich bei Sonneneinstrahlung und dunklen Oberflächen Temperaturen von über 80 °C. Die innenliegende Bauteilseite ist hingegen oftmals klimatisiert. Dadurch stellt sich ein Temperaturgradient vom äußeren zum inneren Deckblech ein.

Ein Ziel der Forschung ist es Versuchsaufbauten zu entwickeln, die diesen Temperaturgradienten erfassen und abbilden können. Die aktuelle Fassung der DIN EN 14509 für selbsttragende Sandwichelemente sieht solche Versuche zur Zulassung von Sandwichbauteilen nicht vor.



Vorversuche zur Aufbringung eines Temperaturgradienten

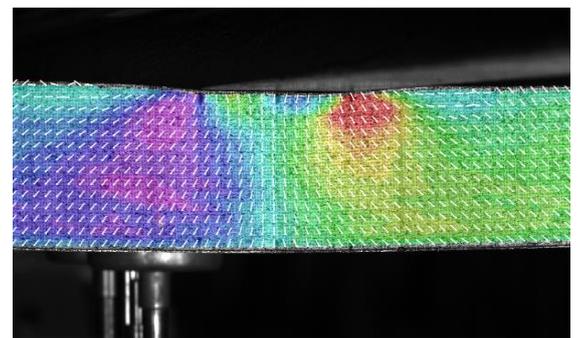
Anhand experimentellen, analytischen und numerischen Untersuchungen werden Aussagen zu dem Verhalten von Sandwichelementen mit Temperaturgradienten getroffen. Dadurch kann anschließend die Relevanz einer detaillierten Betrachtung des Temperaturgradienten im Vergleich zu einer gesamten gleichmäßigen Erwärmung beurteilt werden.

### Momenten-Auflager-Interaktion mehrfeldrig gespannter Sandwichelemente

Alexander Engel, M.Sc.

Im Bauwesen eingesetzte Sandwichelemente bestehen meist aus zwei dünnen Deckblechen und einer dazwischenliegenden Kernschicht aus PU-Hartschaum oder Mineralwolle. Sandwichelemente werden in Deutschland vorwiegend als Mehrfeldträger verbaut, weshalb stets eine Interaktion zwischen Stützmoment und Auflagerkraft auftritt, welche sich durch eine reduzierte Tragfähigkeit bzw. eine reduzierte Knitterspannung über dem Auflager äußert.

Im Rahmen des von der DFG geförderten Forschungsprojekts wurde die reduzierte Tragfähigkeit mehrfeldrig gespannter Sandwichelemente untersucht. Es wurden Bauteilversuche („Ersatzträgerversuche“) mit verschiedenen Stützweiten, Kernhöhen, Deckblechdurchführungen und Auflagerbreiten durchgeführt. Mittels optischer Dehnungsmessungen wurden die Verläufe der Kernsteifigkeit über die Bauteilhöhe sowie die lokalen Verformungen unterhalb der Lasteinleitung erfasst.



Optische Messung der Schubgleitung an der Lasteinleitung

Momentan wird der durch die Bauteilversuche abgedeckte Parameterbereich mit Hilfe numerischer Untersuchungen ergänzt und erweitert.

#### Veröffentlichung:

Engel, A.; Lange, J.: Resistance of Direct Fixings of Sandwich Panels under Cyclic Loading”, The 14<sup>th</sup> Nordic Steel Construction Conference, September 2019

### Additive Fertigung von Anchlusselementen

Thilo Feucht, M.Sc.

Die Additive Fertigung ist in der Forschung derzeit sehr präsent. Für den Stahlbau ist das Verfahren „Wire + Arc Additive Manufacturing“ (kurz WAAM) geeignet, das dem Metallschutzgasschweißen ähnlich ist. Die Abschmelzleistung des WAAM ist mit bis zu 5 kg/h interessant für den Stahlbau. Das IfSW verfügt über zwei Schweißroboter, mit denen die Möglichkeiten des WAAM im Stahlbau erforscht werden.



Additiv gefertigte Steifen in I-Träger

Die Forschung fokussiert sich hierbei auf Anchlusselemente, deren Masse im Vergleich zum Gesamttragwerk gering ist, z. B. Steifen, Kopfplatten oder gelenkige Trägeranschlüsse (siehe Bild). Die topologieoptimierten Anchlusselemente lassen sich im Rahmen einer automatisierten Fertigung mit Schweißrobotern direkt auf Stahlträger „drucken“.

#### Veröffentlichungen (Auszug):

**Feucht, T.; Lange, J.; Erven, M.; Borg Costanzi, C.; Knaack, U.; Waldschmitt, B.:**

Additive manufacturing by means of parametric robot programming, *Construction Robotics Journal* 4, Springer, 2020, p. 31 - 48, DOI: <https://doi.org/10.1007/s41693-020-00033-w>

**Feucht, T.; Lange, J.; Waldschmitt, B.; Schudlich, A.-K.; Klein, M.; Oechsner, M.:**

Welding Process for the Additive Manufacturing of Cantilevered Components with the WAAM, *Advanced Joining Processes Vol. 125*, Springer, 2020, p. 67 - 78, ISBN 978-981-15-2956-6

**Lange, J.; Feucht, T.; Erven, M.:**

3D printing with steel - Additive Manufacturing for connections and structures, *Steel Construction* 13, p.144 - 153,

<https://doi.org/10.1002/stco.202000031>

### Überelastisch vorgespannte Schrauben

Jan Reinheimer, M.Sc.

Eine Vielzahl der Stahlkonstruktionen in Deutschland wird mit hochfesten Schraubengarnituren ausgeführt. Die aktuelle Ausführungsnorm DIN EN 1090-2, der Eurocode 3 und die DAST-Richtlinie 024 machen für hochfeste Schraubengarnituren Vorgaben zur Höhe der Vorspannkraft, zu den Montageverfahren sowie zur Kontrolle der Montage.

Zu Letztgenanntem gehört unter anderem die Kontrolle auf Überanziehen, wobei eine genaue Definition dessen einzig für das kombinierte Anziehverfahren und den aufgetragenen Weiterdrehwinkel gegeben ist.

Es fehlen wissenschaftliche Erkenntnisse über die Ausnutzung der als überspannt definierten Schraubengarnitur und den Einfluss auf den Werkstoff sowie das Tragverhalten. Das Forschungsvorhaben hat daher das Ziel, die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen zur Bewertung überelastisch vorgespannter, hochfester Schraubengarnituren zu erarbeiten.



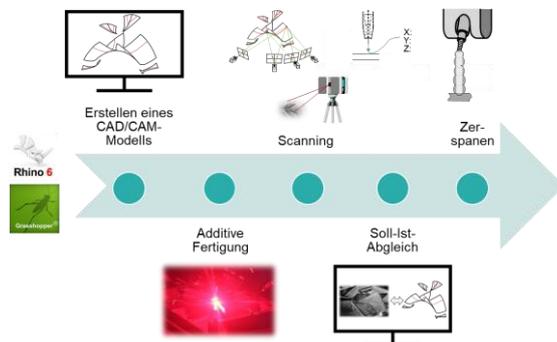
Versuchsaufbau zur Untersuchung eines vorgespannten Stimplattenstoßes

Erste Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass überelastische Vorspannkraften erst ab einem bestimmten Niveau einen signifikanten Einfluss auf die Tragfähigkeit einer geschraubten Verbindung haben. Die in den Normen und Richtlinien enthaltenen Kriterien zur Klassifizierung einer überspannten Schraube stellen sich dabei als zu konservativ dar. Durch weitere Untersuchungen soll ein Grenzwert für unplanmäßige überelastische Vorspannung erarbeitet werden, unterhalb dessen die Tragfähigkeit der Schrauben nicht beeinflusst wird. Dadurch könnten bisher erforderliche Austauschmaßnahmen überspannter Schrauben zukünftig reduziert bzw. vermieden werden.

### Additive Fertigung im Stahlbau: Prozessentwicklung im Wire and Arc Additive Manufacturing Benedikt Waldschmitt, M.Sc.

Die Idee Stahlbauteile vollautomatisiert herzustellen, besteht schon seit geraumer Zeit. Mit dem Wire + Arc Additive Manufacturing (WAAM) bieten sich ein Verfahren, das neben der Herstellung individueller Strukturen in offenen Bauräumen eine deutlich höhere Auftragsrate als konventionelle additive Fertigungsverfahren ermöglicht.

Im Rahmen der Forschung am IfSW soll ein automatisiertes Verfahren zum Inline-Oberflächen-Finish von individuell auftragsgeschweißten Strukturen durch ein Zusammenführen von additiven und subtraktiven Verfahrenskomponenten entwickelt werden.



Inline-Prozess zur Kombination additiver und subtraktiver Prozessschritte im Stahlbau

In Zusammenarbeit mit dem GMSS, dem ISM+D an der TU Darmstadt und der spanverbund GmbH wird in einem ZIM-Projekt der Fertigungsprozess im Hinblick auf die technischen Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht.

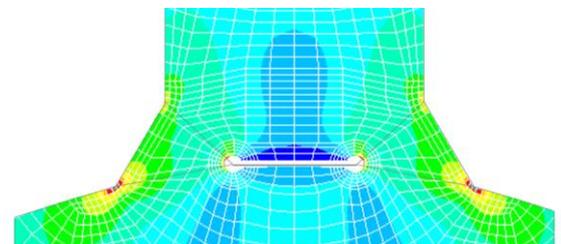
#### Veröffentlichungen:

Feucht, T.; Lange, J.; Erven, M.; Borg Costanzi, C.; Knaack, U.; Waldschmitt, B.: Additive manufacturing by means of parametric robot programming, Construction Robotics Journal 4, Springer, 2020, p. 31 - 48, DOI: <https://doi.org/10.1007/s41693-020-00033-w>  
Feucht, T.; Lange, J.; Waldschmitt, B.; Schudlich, A.-K.; Klein, M.; Oechsner, M.: Welding Process for the Additive Manufacturing of Cantilevered Components with the WAAM, Advanced Joining Processes Vol. 125, Springer, 2020, p. 67 - 78, ISBN 978-981-15-2956-6

### Plastische Schweißnahtbemessung in der Finite-Element-Modellierung Dipl.-Ing. Ina Kuntsche

Die Konstruktion und Bemessung komplexer Anschlusskonstruktionen mit Hilfe von Finite-Element-Analyse ist in der heutigen Zeit gängige Praxis. Durch den vermehrten Einsatz von Bemessungssoftware steigen die Ansprüche an die Tragwerksplaner, die sich mit Fragen zur Geometriemodellierung, Vernetzung und zur realistischen Abbildung des Materialverhaltens auseinandersetzen müssen.

Mit dem Entwurf zur DIN EN 1993-1-14 sollen einige Anforderungen an die Finite-Element-Modellierung im Stahlbau festgelegt werden. Das Thema „Schweißnahtmodellierung“ wird jedoch nicht näher erläutert. Insbesondere für die Modellierung von nicht durchgeschweißten Nähten existieren keine normativen Regelungen bezüglich der Nahtgeometrie und des anzusetzenden Materialverhaltens.



Komplexes Finite-Element-Modell einer Doppel-Kehlnaht

Das geplante Forschungsvorhaben hat das Ziel, für die statische Berechnung von nicht durchgeschweißten Nähten in der Finite-Element-Analyse ein wirtschaftliches Nachweis-konzept zu erarbeiten. Der Modellierungsaufwand muss mit Hilfe einfacher Vorgaben der Nahtgeometrie und des Materialparameter gering gehalten werden. Gleichzeitig soll eine Berücksichtigung des plastischen Tragverhaltens der Schweißnähte dazu führen, dass die erforderlichen Nahtdicken reduziert werden und der Fertigungsaufwand und damit die Herstellungskosten sinken.

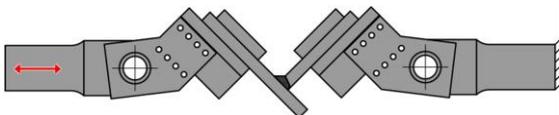
Die neuen Erkenntnisse könnten in Form von Modellierungsregeln für Schweißnähten in die neue EN 1993-1-14 aufgenommen und so der Baupraxis zur Verfügung gestellt werden.

### Schaffung konsolidierter und ingenieurtechnisch anwendbarer Verfahren zur Ermüdungsbewertung von Schweißverbindungen im LCF-Bereich

Simon Moser, M.Sc.

Während mit der etablierten FKM-Richtlinie die Ermüdungsbewertung geschweißter und nicht geschweißter Bauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffen möglich ist, beschränkt sich die neue FKM-Richtlinie Nichtlinear noch auf nicht geschweißte Bauteile. Letztere ist dagegen auch im Low-Cycle-Fatigue (LCF) Bereich einsetzbar, d.h. bei weniger als  $10^4$  ertragbaren Lastzyklen. Zur rechnerischen Bewertung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen mit Versagen im LCF-Bereich liefern die FKM-Richtlinie und auch vergleichbare Regelwerke bislang keine ingenieurtechnisch anwendbaren Verfahren.

In einem von der AiF geförderten Projekt soll in Kooperation mit der Hochschule München diese Lücke geschlossen werden. Als experimentelle Grundlage dienen hierzu im Wesentlichen Ermüdungsversuche mit gelenkig gelagerten T-Stößen (Bild) aus dem hochfesten Baustahl S960M und dem austenitischen Werkstoff X6CrNiTi18-10, welche bis zum Versagen im LCF-Bereich wechselnd belastet werden.



Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Neben den experimentellen werden auch numerische Untersuchungen durchgeführt, anhand derer ein Kerbnäherungsverfahren für Schweißverbindungen entwickelt werden soll. Die Besonderheit dabei ist die geplante Berücksichtigung des Mismatch der Verbindung, d.h. dem Verhältnis zwischen der Streckgrenze des Schweißgutes zu derer des Grundmaterials.

#### Veröffentlichungen:

Moser, S.; Vormwald, M.: Structural strain approach to assess thermo-mechanical fatigue of thin-walled welded joints

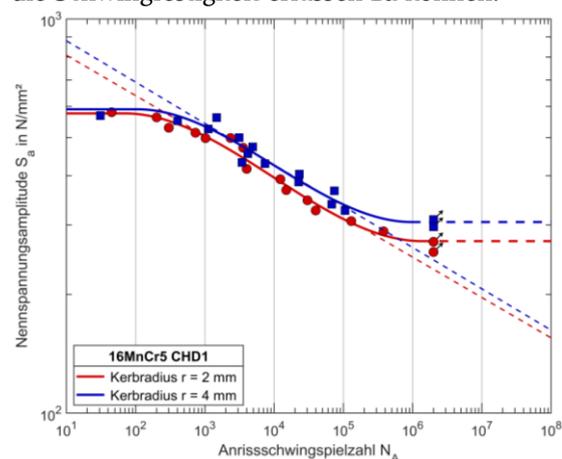
In: International Journal of Fatigue 139 (2020), 105722.

DOI: 10.1016/j.ijfatigue.2020.105722

### Erweiterung der FKM-Richtlinie nichtlinear zur Bewertung von Bauteilen mit Randschichtverfestigung und Eigenspannungen

Patrick Yadegari, M.Sc.

Im Rahmen des von der AiF geförderten FKM-Forschungsvorhabens 20745 N soll die *FKM-Richtlinie nichtlinear* um die Erfassung der Einflussgrößen Randschichtverfestigungen, Eigenspannungen und Oberflächenfeingestalt erweitert sowie die Algorithmen des örtlichen Konzepts angepasst werden. Dazu werden kugelgestrahlte, einsetzgehärtete sowie induktiv gehärtete Kerbproben aus den Werkstoffen 16MnCr5 und 42CrMo4 umfangreichen experimentellen Untersuchungen unterzogen, um den Einfluss der verschiedenen Oberflächen- und Randschicht-Behandlungen sowie der Kerbform auf die Schwingfestigkeit erfassen zu können.



Des Weiteren werden Kerbnäherungsverfahren entwickelt, die Randschichtverfestigungen und somit unterschiedliches elastisch-plastisches Materialverhalten für den Kern und die Randschicht berücksichtigen können. Als geeignetste Methode hat sich die Kerbnäherung nach Neuber mit der Erweiterung um einen speziellen, virtuellen Spannungs-Dehnungs-Zusammenhang herausgestellt. Dieser wird durch Hinzuziehung geometrie-bedingter Einflussgrößen, wie den Spannungsgradienten an der Grenze zwischen Kern und Randschicht sowie im Kerbgrund, der Schichtdicke oder der plastischen Formzahlen ermittelt. Mittels zahlreicher Berechnungen für unterschiedliche Kerbradien und Randschichtdicken konnte die hohe Genauigkeit dieser Näherung, im Vergleich zur elastisch-plastischen FE-Lösung, bestätigt werden.

**Verfestigungseinflüsse bei Phasenfeldmodellierungen von Rissen**  
 Aris Tsakmakis, M.Sc.

Phasenfeldmodelle sind in den letzten Jahren erfolgreich auf eine Vielzahl bruchmechanischer Probleme angewendet worden, wie z.B. auf quasi-spröde Materialien, dynamische Bruchmechanik, Ermüdungsrisse in spröden Materialien, sowie auch auf duktile Materialien. Die Grundidee der Methode besteht in der Einführung eines zusätzlichen Terms im allgemeinen Funktional zur Beschreibung des Zustandes von materiellen Körpern. Dieser Term enthält eine neue Variable, das sog. Phasenfeld, und ermöglicht die Erfassung der Oberflächenenergie des Risses. Dieser Ansatz ermöglicht es, Phänomene wie Rissinitiierung, Rissverzweigungen und Abknicken von Rissen, ebenso wie die Modellierung der Rissfront bei dreidimensionalen Geometrien, ohne weitere Annahmen zu modellieren.

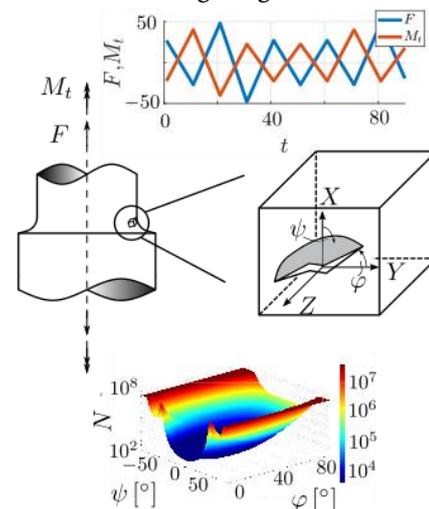
Die numerische Umsetzung der Phasenfeldmethode basiert auf der Einführung eines zusätzlichen Freiheitsgrades für die Phasenfeldvariable und wird im Rahmen der finiten Elemente Methode entweder mit einem monolithischen Ansatz oder mit Hilfe einer „staggered“ Strategie durchgeführt. Letztere begünstigt besonders die numerische Umsetzung bei inkrementeller Plastizität, da die Randwertprobleme für die Verschiebung und für das Phasenfeld entkoppelt voneinander gelöst werden. Die erforderliche Zeitintegration für das klassische Verschiebungsproblem basiert bei Elastoplastizität auf der Methode des elastischen Prädiktors und plastischen Korrektors.

Es muss angemerkt werden, dass eine Untersuchung des Einflusses der Verfestigung im Rahmen der Phasenfeldmethode auf die Rissentwicklung bis jetzt noch nicht durchgeführt wurde. Dabei ist es aber naheliegend zu erwarten, dass dieser maßgeblich sein wird. Ziel dieser Forschung ist es, den Einfluss zu untersuchen. Als Verfestigungsmechanismen werden hier die kinematische und isotrope Verfestigung berücksichtigt.

**Anwendungsgerechte Lebensdauerabschätzung für mehrachsig beanspruchte Bauteile auf Basis des Örtlichen Konzepts**  
 Jan Kraft, M.Sc.

Die rechnerische Lebensdauerabschätzung von schwingend beanspruchten Bauteilen ist eine Kernaufgabe von Ingenieuren. Im laufenden Projekt wird ein Algorithmus erstellt, mit dem die Lebensdauer von zyklisch beanspruchten Bauteilen berechnet werden kann. Besonders werden Fälle betrachtet, die örtlich zu mehrachsigen Beanspruchungszuständen führen. Dabei können am Bauteil mehrere Lasten angreifen, die sowohl in Phase als auch phasenverschoben zueinander schwingen.

Anhand den äußeren Lasten und der Bauteilgeometrie werden die am versagenskritischen Ort vorliegenden elastisch-plastischen Spannungen und Dehnungen simuliert. Anschließend wird, auf Grundlage der örtlichen Beanspruchung, die Schädigung in verschiedenen Schnittebenen berechnet. Als für das Bauteilversagen maßgebende Ebene, wird die Ebene betrachtet, die rechnerisch die geringste Lebensdauer aufweist.



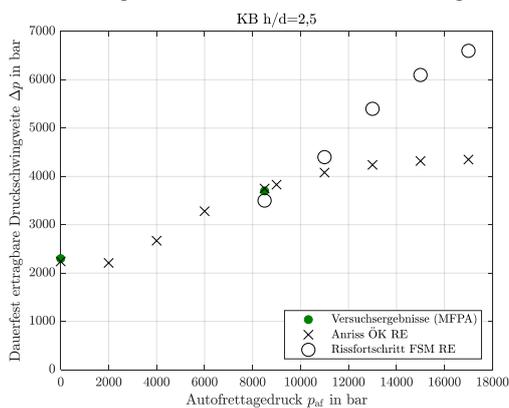
Qualitative Darstellung phasenverschobener Lasten und des kritischen Schnittebenen Verfahrens

Der erstellte Berechnungsalgorithmus wird anhand von eigenen Versuchen an gekerbten Wellen und Versuchsergebnissen, die der Literatur entnommen werden, validiert werden, ohne eigene, kostenintensive Werkstoff- oder Bauteilprüfungen durchführen zu müssen.

## Hochdruckbauteile aus höchstfesten Stählen

Carl Fällgren, M.Sc.

Die Versuche zur Charakterisierung des Werkstoffverhaltens des höchstfesten Stahls Böhler W360 wurden abgeschlossen. Aus den Daten wurden die Erstbe- und Erstentlastungskurven jedes Versuchs sowie die Kurve des zyklisch stabilisierten Materialverhaltens entnommen. Parametersätze für das Chaboche-Modell wurden mit einer Optimierungsstrategie ermittelt welche die Modellparameter an die experimentell ermittelten Daten anpasste. Die optimierten Parametersätze wurden dazu verwendet, um mittels Finite-Elemente-Methode den gesamten Autofrettagedruck und die anschließende zyklische Beanspruchung in der Kreuzbohrungsprobe zu simulieren. Hiermit neu berechnete Eigenspannungsverläufe wurden für die Abschätzung der Anrissdauerfestigkeit nach Örtlichen Konzept verwendet. Mittels Fließstreifenmodell wurden Rissstillstandsdauerfestigkeiten für verschiedene Autofrettagedrucke berechnet und den an der MFPA ermittelten Versuchsergebnissen an realen Kreuzbohrungsproben gegenübergestellt, Ergebnisse sind in Bild 1 dargestellt.



Dauerfest ertragbare Druckschwingweiten bis Anriss nach Örtlichem Konzept (x) und Fließstreifenmodell (o) in bar über den mit FE simulierten Autofrettagedruck der dickeren Kreuzbohrungsprobe. Versuchsergebnisse der MFPA in Weimar sind grün gekennzeichnet.

## Lebensdauerbewertung von geschweißten Verbindungselementen unter Montagevorspannung

Alexander Maier M.Sc.

Geschweißte Verbindungselemente werden zur Ausnutzung weiterer Leichtbaupotenziale zunehmend auch für strukturell wichtige Komponenten, zur Anbindung von größeren Massen sowie in Kombination mit hochfesten Werkstoffen eingesetzt. Allgemein zugängliche Regelungen zum rechnerischen Festigkeitsnachweis von geschweißten Verbindungselementen stehen oft nicht zur Verfügung. Die Schwingfestigkeit gilt dabei als ein maßgebliches Bemessungskriterium für die Auslegung.

Im Rahmen des AiF geförderten Forschungsvorhabens 20818 N sollen Berechnungsmethoden zur Bewertung geschweißter Verbindungselemente unter Montagevorspannung entwickelt und validiert werden.



Geschweißte Mutter-Blech-Verbindung nach einem Auspressversuch zur Ermittlung geeigneter Schweißparameter

Hierfür werden Schwingfestigkeitsversuche an Schweißmutter- und Schweißbolzenverbindungen durchgeführt. Neben dem Einfluss der Blechdicke, des Blechmaterials und der Lastrichtung wird der Einfluss der Montagevorspannung untersucht. Es wird hierbei die Klemmkraft auch während der zyklischen Belastung betrachtet. Zur Erfassung der lokalen Schweißnahtgeometrie wird die Oberfläche der Schweißnaht mittels einem 3D-Scanner gescannt. Auf Grundlage der experimentellen Ergebnisse wird eine Berechnungsmethode auf Basis des Kerbspannungs- sowie des Strukturspannungskonzepts abgeleitet und validiert. Das Forschungsvorhaben wird in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF durchgeführt.

### Zur Lehre über das Internet

In Folge der COVID-19-Pandemie ist die Präsenzlehre an der TU Darmstadt seit März 2020 komplett eingestellt. Dass dies einen enormen Schub für das eLearning bedeuten würde, dachten hauptsächlich diejenigen, die sich bisher mit diesem Thema nur am Rande bis überhaupt nicht beschäftigt hatten.

#### Was ist eLearning?

Zum Anfang möchte ich eine Begriffsbestimmung geben: eLearning beschreibt Lernformen, die auf digitalen Medien basieren. Strittig ist – und bleibt – daher die Frage, ob z.B. eine online zur Verfügung gestellte Vorlesungsaufzeichnung überhaupt als eLearning bezeichnet werden kann, wird doch bei ihr das seit Jahrhunderten bewährte, didaktische Konzept der Vorlesung eingesetzt, das auch ohne digitale Medien funktioniert. So könnten wir auch das gute, alte Telekolleg in Radio und Fernsehen als eLearning bezeichnen. Trotzdem möchte ich die Vorlesungsaufzeichnung nicht aus dem Kanon der eLearning-Methoden ausschließen, da sie zur zeitversetzten (asynchronen) Nutzung geeignet ist, in neue Zusammenhänge eingebettet werden kann (z.B. in Wikis) und in ihrer Geschwindigkeit an die Aufnahmefähigkeit der Lerner angepasst werden kann; fast alle Wege, die erst durch das Internet und das „eLearning“ begangen werden können.

#### Betrachtete Lehrveranstaltung

Meine folgenden Betrachtungen konzentrieren sich auf die 6 CP-Lehrveranstaltung Stahlbau 2 im 3. Studienjahr des Bachelor-Studiengangs „Bauingenieurwesen“ mit rund 80 Teilnehmern. Nach Bekanntgabe der Entscheidung, keine Präsenzvorlesungen zuzulassen wurden alle eingeschriebenen Teilnehmer noch vor dem Vorlesungsbeginnstermin über das Learning Management System (LMS) Moodle informiert, wie die Lehrveranstaltung ablaufen wird.

Alle Vorlesungen standen als Aufzeichnung zur Verfügung, über die Vorlesungszeit in sechs thematische Blöcke aufgeteilt. Zu jedem planmäßigen (gemäß ursprünglichem Vorlesungsplan) Vorlesungstermin wurde zeitgleich vom Lehrenden eine Online-Sprechstunde über ein Videoportal angeboten. Damit sollten die Studieren-

den motiviert werden, regelmäßig „in die Vorlesung zu gehen“. Frühere Untersuchungen hatten ergeben, dass manche Studierende die Möglichkeit der zeitlich unbeschränkten Verfügbarkeit von Aufzeichnungen dazu verführt, die Teilnahme zu verschieben, bis dann irgendwann die Summe der aufgeschobenen Vorlesungen zu groß wurde, um Anschluss zu behalten. Es wurde vermutet, dass dies nun verstärkt passiert. Unter den gegebenen Umständen war das Treffen vor oder nach der Vorlesung zum Informationsaustausch oder zur gemeinsamen Besprechung von (Haus)aufgaben nicht mehr möglich, und damit fehlte der durch die Peer-Group ausgelöste Teilnahmedruck.

Am Ende eines jeden Blockes wurde eine 90-minütige Präsenzphase per Videoportal angeboten. Für diese Phase wurde eine Konstruktions- oder Bemessungsaufgabe ausgegeben, die in der vorgegebenen Zeit bearbeitbar war und die inhaltlich zu einer testatpflichtigen Hausübung führte, die anschließend ausgegeben wurde. Für die Betreuung dieser Präsenzphase standen bis zu acht Lehrende (Professor, wissenschaftliche Mitarbeiterinnen, Tutoren) bereit, die in Break-Out-Sitzungen des Videoportals Fragen beantworteten. Eine kurze Einführung zu Beginn und eine Zusammenfassung und Vorstellung der Hausübung rahmten diese Präsenzphase ein.

Zusätzlich wurden täglich durch alle wissenschaftlichen Mitarbeiter Sprechstunden per Videoportal angeboten sowie das Skript zur Vorlesung als pdf-Datei über das LMS zugänglich gemacht.

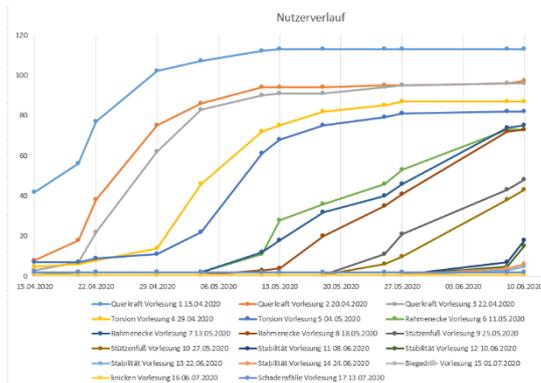
Mit Abgabe der 1. und der 5. Hausübung mussten die Teilnehmer anonym einen kurzen Fragebogen bearbeiten (7 Fragen, Skala jeweils mit 5 Feldern und der Möglichkeit, Freitext-Kommentare abzugeben).

#### Beobachtungen

Die Vorlesungen wurden zum weit überwiegenden Teil asynchron gehört. Während zu Beginn der Vorlesungszeit noch vier bis fünf TeilnehmerInnen die zeitgleich die von mir angebotene Online-Sprechstunde besuchten, waren es ab Semestermitte Null bis 1. Die Präsenz, d.h. die Zahl der Teilnehmer der Lehrveranstaltung (ermittelbar über die Zahl der abgegebenen testatpflichtigen Hausübungen) die sich die

Vorlesungsaufzeichnungen anschauen, erreichte mit einer Zeitverzögerung von ein bis zwei Wochen fast 100 %, eine Quote, die in herkömmlichen Präsenzvorlesungen so gut wie nie erreicht wird. Anhand der Abrufzahlen in Moodle konnten wir sehr gut nachverfolgen, dass nahezu alle Studierenden die Vorlesungen und vorlesungsbegleitenden Materialien mit circa zwei Wochen Verzug bearbeiteten. Diese zwei Wochen beruhen unter anderem auf den Pflichtabgaben der ca. alle zweiwöchig erscheinenden Hausübungen.

Wir führen die Zeitverzögerung und den „Teilnehmerverlust“ gegen Mitte des Semesters aber auch auf die Klausuren zurück, die zu diesem Zeitpunkt nachgeholt wurden. Viele Prüfungen konnten im Frühjahr wegen des Lockdowns nicht absolviert werden und wurden dann im Verlaufe des Sommersemesters durchgeführt. Das führte dazu, dass sich die Studierenden begleitend zu den laufenden Vorlesungen auf die Klausuren vorbereiten mussten. Dadurch wurde offensichtlich die Nutzung der Aufzeichnungen verschoben.



Entwicklung der Abrufzahlen der Vorlesungsaufzeichnungen für Stahlbau 2 (Stand Mitte Juni)

Aus den Fragebögen konnten wir erkennen, dass unser Online-Konzept sehr gut bewertet wurde. Die große Mehrheit bevorzugt die Vorlesungsaufzeichnungen gegenüber Live-Vorlesungen per Videoportal, zum einen wegen der zeitlichen Flexibilität und zum anderen, weil dadurch die individuelle Lerngeschwindigkeit besser berücksichtigt werden kann. Auch viele Studierenden mit längeren Pendlerzeiten haben

sich für das Online-Angebot bedankt und wünschen sich auch in Zukunft ein paralleles Angebot von Aufzeichnungen und Präsenzveranstaltungen. Aber von nahezu allen Studierenden wurde der Wunsch geäußert, möglichst bald wieder im persönlichen Kontakt zu lernen.

Die zwischenzeitlich abgeschlossenen Klausuren ergeben kein einheitliches Bild über den Lernerfolg im Sommersemester 2020. Teilweise gab es weit überdurchschnittliche Ergebnisse (Stahlbau 1, Verbund- und Leichtbau) und teilweise weit unterdurchschnittliche (Stahlbau 2).

#### Rückblick/Ausblick

Durch die bestehenden eLearning-Kompetenzen am Fachgebiet konnten wir ein Konzept erarbeiten, welches durch die Studierenden sehr positiv bewertet wurde. Im kommenden Semester wird es anhand der diesjährigen Erfahrungen weiter ausgearbeitet und auch in Zukunft, wenn Präsenzlehre endlich wieder möglich ist, werden sicherlich einige weitere Elemente in das Regelprogramm übernommen. Das nächste Semester wird zusätzlich zeigen, ob sich das uneinheitliche Bild der Klausurergebnisse wiederholt oder ob ein Trend zu erkennen ist.

Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange

### Unsere Lehrveranstaltungen im Bachelorstudium:

**Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten:** Aufbau und Struktur, Das 7-Schritte-System, richtig Zitieren, Einführung in LaTeX und Word, Einführung in Graphik-Programme.

**Einführung in kommerzielle FE-Software:** ANSYS und ABAQUS richtig anwenden, anhand von Beispielen aus der Technischen Mechanik und der Statik.

**Stahlbau 1 - Grundlagen:** Elastische und plastische Bemessung von Biegeträgern, Schrauben, Schweißen, gelenkige Verbindungen, Knicken gerader Stäbe.

**Stahlbau 2 - Hochbau:** Knicken von Stabwerken, Bemessung nach Theorie II. Ordnung, biegesteife Rahmenecke, Stützenfußpunkte, Schub und Torsion.

**Werkstoffe im Bauwesen:** Werkstoffkunde und Werkstofftechnik der Metalle, nichtlineare Verformungen, Mehrachsighypothese, Schwingfestigkeit

**Werkstoffmechanik:** Anisotropie, Rheologie, Viskosität, Plastizität

### Unsere Lehrveranstaltungen im Masterstudium:

**Experimentelle Methoden der Mechanik:** Zugversuche, Digital Image Correlation, Rissfortschritt mit Horizontalpulser, Dehnungsmessstreifen, Incremental Step Test

**Stahlbau 3 - Stahlbaukonstruktion:** Konstruktionselemente des Stahlhoch- und Brückenbaus, Nachweisverfahren und Entwurfsmethoden, Verbundbau, Werkstoffwahl, Betriebsfestigkeit, Brandschutz, Trapezprofile und Sandwichelemente

**Stahlbau 4 - Traglastverfahren:** Fließgelenktheorie I. und II. Ordnung, Verzweigungslast.

**Stahlbau 4 - Torsion und Biegedrillknicken:** St. Venant'sche Torsion, Wölbkrafttorsion, Differentialgleichungen des Biegedrillknickens, normgerechte Anwendung.

### Unsere Lehrveranstaltungen im Vertiefungsstudium des Masterstudiums:

**Stahlbrückenbau:** Stahl- und Verbundbrücken für Straße und Eisenbahn, Einwirkungen, Nachweise nach EC, Herstell- und Montageverfahren (Lehrbeauftragte: Dr.-Ing. D. Reitz, Dr.-Ing. W. Rack).

**Plattenbeulen:** Ableitung der DGL des Plattenbeulens, Lösung der DGL für spezielle Beulfälle, Lösungen nach EC 3 (Prof. Dr.-Ing. R. Steinmann).

**Ausgewählte Kapitel aus dem Verbund- und Leichtbau:** Stahl-Beton-Verbund, Sandwichelemente, Trapezprofile, Stahlleichtbau, Verbindungsmittel, Versuchstechnik.

**Knoten und Anschlüsse im Stahlbau:** Verbindungen, Grundelemente und Kraftfluss in Knotenpunkten, Toleranzen, Details im Brückenbau, Rohrknotenpunkte (Prof. Dr.-Ing. R. Steinmann)

**Korrosions- und Brandschutz:** Chemie der Korrosion, Beschichtungen, Brandlasten, Wärmedämmung, Werkstoffe unter hohen Temperaturen, Verbundbauteile, globales Sicherheitskonzept

**Baulicher Brandschutz:** Brand- und Gefahrenschutz im Hoch- und Tiefbau, Grundlagen des baulichen Brandschutzes (Musterbauordnung, Hessische Bauordnung), Rettungswege in Gebäuden, Bauprodukte, Baustoffe (Lehrbeauftragter: Prof. Dipl.-Ing. R. Ries).

**Bruchmechanik:** Spannungsintensitätsfaktoren, Bruchkriterien, Energiefreisetzungsraten, Schwingrissfortschritt

**Betriebsfestigkeit:** Lastanalyse und Zählverfahren, Nachweiskonzepte, Werkstoffverhalten

**Schweißsimulation:** Multiphysik des Schweißens, instationäre Temperaturfelder, idealisierte Schweißwärmequellen, Wärmewirkung auf das Gefüge, Eigenspannungen und Verzug

**Holzbau:** Bemessung und Konstruktion von Holzbauten (Teil I: Lehrbeauftragter Dr.-Ing. P. Rädcl, Teil II: Lehrbeauftragter Dr.-Ing. J. Stahl)

### Abgeschlossene Masterarbeiten 2020

Im Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik werden jedes Jahr zahlreiche Bachelor- und Masterarbeiten betreut.

Da vor allem die Masterarbeiten dabei eine wichtige Rolle im Leben der Studierenden spielen, sind sie doch der letzte Schritt vor dem Eintritt ins Berufsleben, erfolgt hier eine kurze Auflistung der erfolgreichen Abschlussarbeiten des Jahres 2020.

Untersuchungen zur konstruktiven Durchbildung biegesteifer Rahmenecken mittels additiv gefertigter Strukturen

#### Sebastian Laukhardt

Weiterentwicklung eines Excel-Add-Ins zur Auswertung von Versuchen an Sandwichprüfkörpern

#### Patricia Krämer

Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Einfluss des Kernmaterials auf die Knitterspannung von Sandwichelementen

#### Li Cheng Hu

Untersuchungen zur Stabilität von schlanken Trogbrücken

#### Judith Rösger

Entwicklung und Anwendung eines E-Learning-Konzeptes zur Einbindung von Lernenden in Forschungsprojekte

#### Michael Zacher

Additive Fertigung von geschraubten Anschlüssen

#### Nora Storost

Wiederverwendung von Stahlleichtbauhallen – Technische Rahmenbedingungen und Immobilienmarkt (gemeinsam mit Prof. Linke, Fachgebiet Landmanagement)

#### Mike Glückstein

Automatisierte Topologieoptimierung von Knotenstrukturen

#### Yannick Sprey

Tragwerksentwicklung einer 2-geschossigen Sporthalle in Holzhybrid-Bauweise unter Berücksichtigung des Bestands

#### Christian Seuling

Untersuchung der Einflüsse der Einwirkung Temperatur auf Segmentverschlüsse mit aufgesetzter Fischbauchklappe

#### Franz Leo Schäfer

Untersuchung eines 3-D-gedruckten Träger-Stützenanschlusses

#### Philipp Ohmen

Untersuchung zur Steifigkeit und Tragfähigkeit druckbeanspruchter Längsfugen von Sandwichelementen

#### Stefan Busch

Vergleichende Berechnungen für ein Schleusentor Baujahr 1924

#### Andreas Kern

Betriebsfestigkeitsnachweise bei nicht-proportionalen Lasten

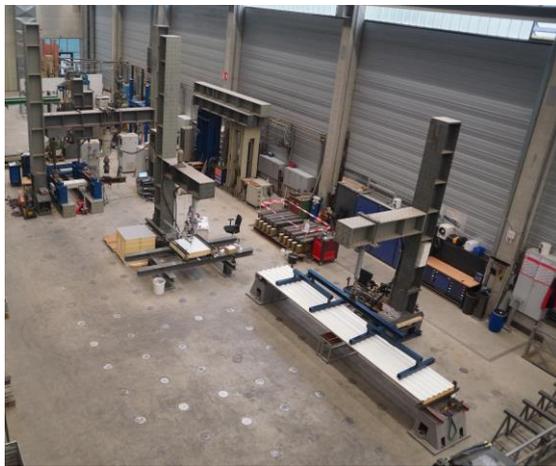
#### Jonas Gröger

Untersuchung transparenter Proben aus additiver Fertigung hinsichtlich des Einflusses von Kerben und Fertigungsfehlern auf die Schwingfestigkeit

#### Lukas Zyzik

Entwicklung einer automatisierten Steuerung für Separationsanlagen im maschinellen Tunnelvortrieb

Das Forschungs- und Prüflabor des Fachgebiets Stahlbau dient in erster Linie der experimentellen Forschung und Lehre. Außerdem ist unser von der DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle) akkreditiertes Prüflabor wichtiger Partner verschiedener Unternehmen aus der Sandwichindustrie. Die Versuchshalle ist mit einem Spannboden (25 x 10 m) ausgestattet, der es ermöglicht, Versuchskörper mit Lasten von bis zu 3.000 kN zu beanspruchen.



Mit hydraulischen Prüfmaschinen können Lasten bis zu 5.000 kN aufgebracht werden. Unter anderem werden bei uns folgende Themen experimentell untersucht:

- Sandwichelemente mit unterschiedlichen Kernmaterialien
- Seile aus Stahl und Kunststoff
- Leichtbauprofile aus Aluminium und Stahl
- Zyklische Beanspruchung von Verbindungsmitteln
- Geschraubte, geschweißte und geklemmte Verbindungen

Neben den hydraulischen Prüfmaschinen und Prüfständen steht uns eine große Klimakammer (Temperaturbereich  $-30^{\circ}$  bis  $+80^{\circ}$ ) sowie ein Klimaschrank für die Klimatisierung (und in der Klimakammer auch für die Belastung) verschiedener Probekörper zur Verfügung.

In den letzten Monaten wurde verstärkt in neue Maschinen zur Probenvorbereitung und zum

Bau von individuellen Prüfständen investiert. So haben wir unter anderem eine neue Ständerbohrmaschine gekauft. In Kooperation mit anderen Fachgebieten und gefördert durch HSP-Mittel konnte außerdem in eine CNC-Universalfräsmaschine investiert werden.



An der Durchführung der verschiedenen Versuchsreihen wie auch an vielen weiteren Projekten sind Studierende beteiligt, die im Rahmen ihrer Studienarbeiten oder als studentische Hilfskräfte erste wissenschaftliche Erfahrungen sammeln. Ein Beispiel ist im unteren Bild dargestellt. Hier wurden im Rahmen einer Master-Thesis die Tragfähigkeiten und Steifigkeiten von Sandwichfugen in Plattenebene untersucht.



Ansprechpartnerin:

Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädel

Franziska-Braun-Straße 3

64287 Darmstadt

Fon: +49 6151 16 22403

Fax: +49 6151 16 22404

E-Mail: [raedel@stahlbau.tu-darmstadt.de](mailto:raedel@stahlbau.tu-darmstadt.de)

### Prüflabor

Bereits seit 2017 ist das Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik der TU Darmstadt als Prüflaboratorium von der deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert. Uns wurde damit bescheinigt, die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 zu besitzen, mechanisch-technologische Prüfungen an selbsttragenden Sandwichelementen durchzuführen. 2020 konnten wir unsere Akkreditierung nun erfolgreich entfristen und auf die aktuelle Fassung der zugehörigen Norm (DIN EN ISO/IEC 17025:2018) aktualisieren.



Wir freuen uns, dass wir unsere teilweise langjährigen Kunden und Geschäftspartner in diesem Bereich auch in Zukunft mit fachlicher Kompetenz und viel Engagement unterstützen können.



Ansprechpartnerin:

Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädel  
 Franziska-Braun-Straße 3  
 64287 Darmstadt  
 Fon: +49 6151 16 22403  
 Fax: +49 6151 16 22404  
 E-Mail: [raedel@stahlbau.tu-darmstadt.de](mailto:raedel@stahlbau.tu-darmstadt.de)

### Zertifizierungsstelle

Neben unserer Akkreditierung als Prüflabor sind wir von der deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) auch als Zertifizierungsstelle nach DIN EN ISO/IEC 17065:2013 akkreditiert und damit in der Lage, Bauprodukte zu zertifizieren und werkseigene Produktionskontrollen zu überwachen (nach Bauproduktenverordnung). Seit April dieses Jahres können wir unseren Kunden hier ein deutlich größeres Angebot an Zertifizierungsprogrammen machen. Neben Sandwichelementen nach DIN EN 14509 sind wir jetzt auch als Zertifizierungsstelle für eine große Anzahl von EADs und einigen Normen im Bereich der Befestigungen (z.B. in Beton, Mauerwerk oder Holz) zugelassen. Zudem konnten wir im Juli 2020 die entsprechende Notifizierung nach EU-Bauproduktenverordnung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) erreichen.



Wir freuen uns auf weiterhin gute Zusammenarbeit mit unseren bisherigen Geschäftspartnern und hoffen auf zahlreiche neue Kunden im Bereich der Befestigungen.

Ansprechpartnerin:

Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädel  
 Franziska-Braun-Straße 3  
 64287 Darmstadt  
 Fon: +49 6151 16 22403  
 Fax: +49 6151 16 22404  
 E-Mail: [raedel@stahlbau.tu-darmstadt.de](mailto:raedel@stahlbau.tu-darmstadt.de)

### Das Forschungslabor des Fachgebiets Werkstoffmechanik

Seit über 30 Jahren wird im Experimentallabor des Fachgebietes Werkstoffmechanik geforscht, geprüft, gelehrt und ausgebildet.

Die Forschung wird vor allem auf den Gebieten

- Zyklische Werkstoffdaten,
- Ermüdungsfestigkeit metallischer Werkstoffe und Bauteile,
- Schweißverbindungen, Bauteile und mechanische Verbindungsmittel unter ein- und mehrachsiger zyklischer und statischer Beanspruchung

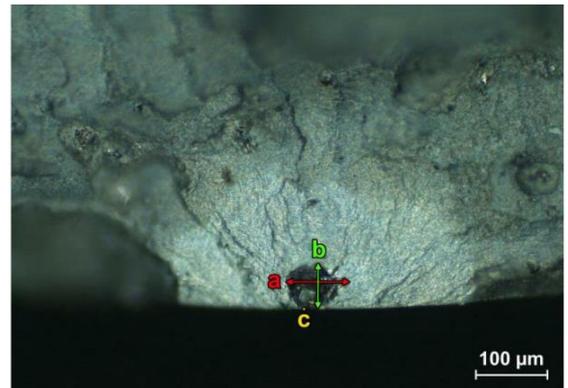
experimentell unterstützt.

Versuche werden beispielsweise an hochfesten Stählen, an Schweißnähten moderner, höherfester Baustähle, an Betonstählen, an Glas, an Werkstoffen und Bauteilen unter niedrigen Temperaturen (bis  $-140^{\circ}\text{C}$ ) und unter erhöhten Temperaturen (bis  $+200^{\circ}\text{C}$ ) durchgeführt. Derzeit stehen Versuche an ultrahochfesten Stählen mit Zugfestigkeiten über  $2000\text{ N/mm}^2$ , an additiv gefertigten Proben (3D-Druck) aus Aluminium und an gedruckten Proben aus Kunststoff im Vordergrund. Hinzu kommen komplizierte Versuche zum Verhalten von Stählen unter mehrachsiger Beanspruchung, sowohl hinsichtlich des Deformations- als auch des Schädigungsverhaltens.

Die Vorlesungen des Fachgebietes Werkstoffmechanik werden durch die Experimente unterstützt, wobei die graue Theorie mitunter plastisch sichtbar wird.

In der Werkstatt des Experimentallabors werden Proben und Versuchseinrichtungen gefertigt. Für die Versuche stehen 4 servohydraulische Prüfmaschinen (60, 60, 100, 630 kN) und ein mechanischer Horizontalpulser (200 kN) zur Verfügung. Zu unseren Besonderheiten zählen die servohydraulische Axial-Torsional-Prüfmaschine (250 kN / 4 kNm), ein 3-D-Bildkorrelationsystem zur Dehnungsfeldmessung, unser 3D-Scanner, mit dem z.B. Schweißnahtoberflächen mit einer Auflösung von  $30\text{ }\mu\text{m}$  aufgenommen werden können und eine Kühleinheit, mit

der Versuche zur Werkstofffestigkeit bei niedrigen Temperaturen durchgeführt werden können.



Versagensmaßgebende Pore einer 3D-gedruckten Probe aus AlSi10Mg, Detail Bruchfläche nach Ermüdungsversuch.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. H. Thomas Beier  
Franziska-Braun-Straße 3  
64287 Darmstadt

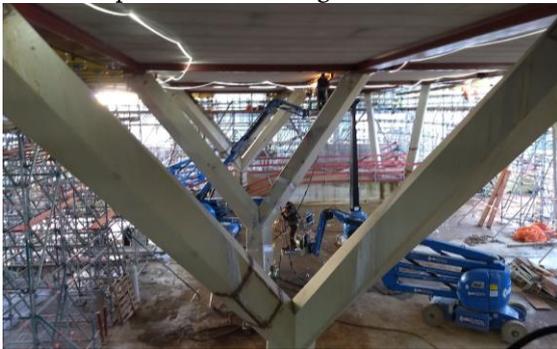
Fon: +49 6151 16 23081

Fax: +49 6151 16 23083

E-Mail: [beier@wm.tu-darmstadt.de](mailto:beier@wm.tu-darmstadt.de)

### Exkursion des Fachgebiets Stahlbau nach Amsterdam Februar 2020

Anfang Februar machten sich alle MitarbeiterInnen in Kleinbussen auf den Weg nach Amsterdam. Nach der Ankunft besichtigten wir auf Einladung der Fa. Spannverbund die Baustelle Oosterdokseiland, kurz ODE. Der Bau wird der neue Hauptsitz von booking.com werden.



Heraus stach die beeindruckende Stahlkonstruktion, deren komplexe Montage der Stahlbaufirma alles abverlangte. Den Abend ließen wir auf einer gemeinsamen Grachtentour durch die Gewässer Amsterdams ausklingen.



Am zweiten und letzten Tag stand, neben einem Stadtbummel, der Besuch beim Startup MX3D an, die weltweit für Aufsehen sorgten, weil sie eine Stahlbrücke (Spannweite 12 m) additiv gefertigt haben. Im nachfolgenden ist ein mit dem WAAM gefertigter Fahrradrahmen zu sehen.



### Exkursion zum Böllfalltorstadion Januar 2020

Insgesamt 23 Studierende und MitarbeiterInnen des Fachgebiets Stahlbau spazierten bei herrlichem Winterwettern im Rahmen einer Exkursion zur Baustelle am nahegelegenen Böllfalltorstadion, in dem der SV Darmstadt 98 seine Heimspiele austrägt.



Herr Nicolay von der Firma Donges SteelTec GmbH führte die Gruppe über die Baustelle. Durch seine ausführlichen Erläuterungen wurden interessante Einblicke insbesondere in die Konstruktion und die Montage der Tribünenüberdachung der Gegengeraden gewährt.



Von besonderem Interesse waren dabei die aufwendig ausgeführten Knoten der Fachwerkträger sowie deren Abspannung.

Wir danken Herrn Nicolay für die spannende und lehrreiche Führung.

### In Memoriam Jack Bouwkamp

Im Dezember 1928 kam Jacobus Gerardus Bouwkamp in Heerlen (NL) zur Welt. Nach dem Besuch der Grundschule und des örtlichen naturwissenschaftlichen Gymnasiums begann er 1947 an der Technische Hochschule Delft das „Civiel Ingenieur“-Studium, das er 1952 mit dem Diplom abschloss. 1957 erhielt er einen Ruf zum „Assistant Professor of Civil Engineering“ an die Universität von Kalifornien in Berkeley, dem 1961 die Ernennung zum „Associate Professor“ und 1966 zum „Professor“ folgte. Aus dem Jahr 1957 stammt seine erste Veröffentlichung zu Stahlrohren, ein Thema, das er im Zusammenhang mit Offshore-Bauwerken immer wieder aufnahm.

1979 erhielt er den Alexander von Humboldt - Preis für wissenschaftliche Leistungen in Forschung und Lehre und im Sommer 1983 erfolgte die Berufung auf die Professur für Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt, die er bis zu seiner Pensionierung im Jahr 1997 inne hatte.

Er hatte äußerst umfangreiche wissenschaftliche und praktische Erfahrungen im Bereich des Erdbebeningenieurwesens und wurde als Experte weltweit geschätzt. Bei vielen Erdbebenschäden fragte man ihn um Rat, um zukünftige Konstruktionen sicherer zu gestalten. So arbeitet er z.B. bei der Reaktor-Sicherheitskommission der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die erdbebensichere Auslegung von Kernkraftwerken.

Während seiner Zeit an der TH Darmstadt betreute er 14 Doktorarbeiten, primär aus dem Bereich des Erdbebeningenieurwesens. Er war Vorsitzender des Normenausschusses zur DIN 4149 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ und des Spiegelausschusses zum Eurocode 8 „Bemessung und Konstruktion von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus in Erdbebengebieten“. Im Auftrag der Europäischen Kommission wirkte er an der Konzeption eines Erdbebenlabors für das Joint Research Center (JRC) der Europäischen Union in Ispra, Italien mit.

Darüber hinaus war er von 1985 bis 1997 als Prüflingenieur für Baustatik, Fachrichtung Metallbau im Ingenieurbüro Bouwkamp, Fehling und Partner in Darmstadt und Fulda tätig.

Jack Bouwkamp verstarb am 7.9.2020 in Darmstadt.



### Neue Mitarbeiter am Institut

**Benedikt Waldschmitt, M.Sc.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Sonja Steineck, M.Sc.**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin