

# Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik

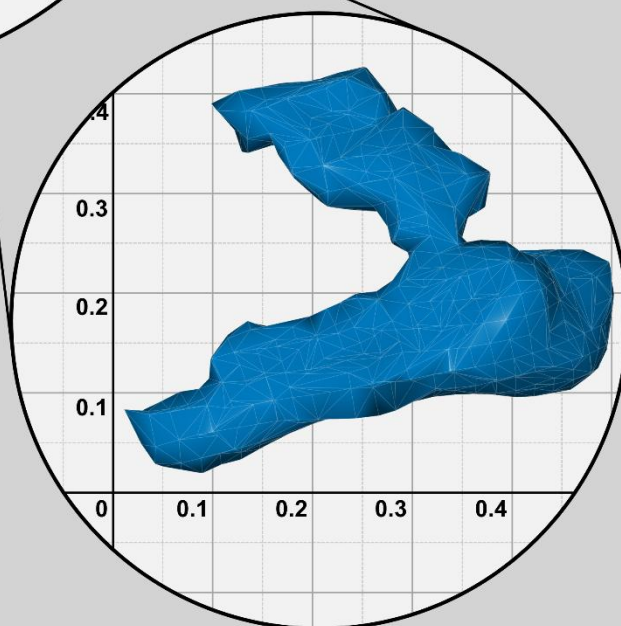
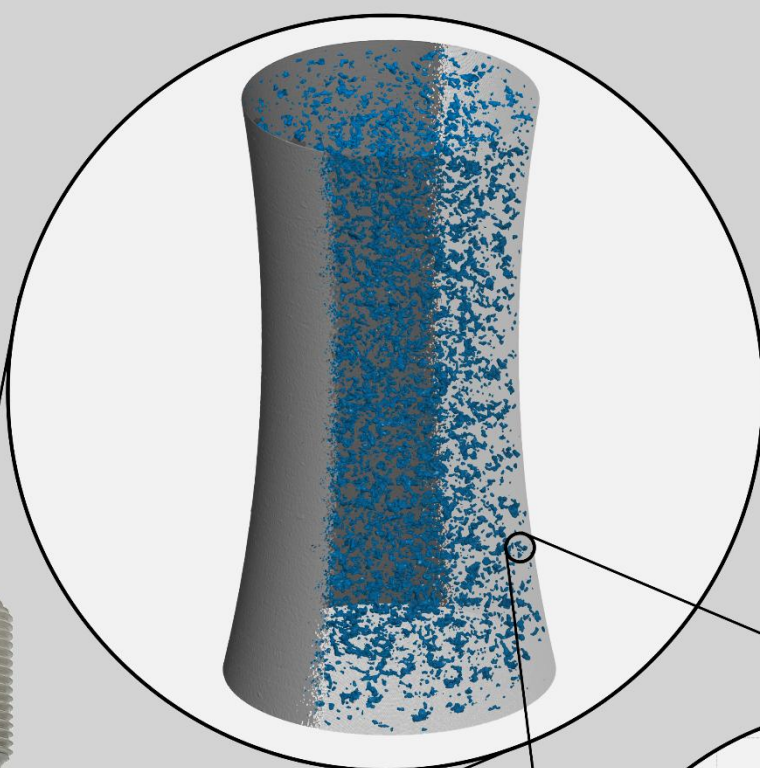
Informationsmagazin des Instituts  
für Stahlbau und Werkstoffmechanik  
13. Jahrgang | 2019



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



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,

Bauen bleibt spannend! Auch wenn leider die misslungenen Bauprojekte viel öfter in den Medien erscheinen als die gelungenen, können wir doch feststellen, dass unsere Absolventen, seien es Master oder Doktoren von vielen gelungenen Projekten berichten, wenn wir sie treffen. Dies geschieht - bisweilen überraschend - auf der einen oder anderen Exkursion oder im Rahmen unserer Veranstaltungen wie die Future Engineering Talks, Weiterbildungsseminaren und dem jährlichen Filmabend.

Besonders spannend wird es, wenn wir in laufenden Bauprojekten als Gutachter mitwirken, denn die Universität kann doch bei den ganz speziellen Problemen, nein besser „Herausforderungen“, der täglichen Projektarbeit aktiv zur Lösung beitragen. In den vergangenen Jahren haben wir das sowohl experimentell als auch numerisch machen können, was für beide Seiten ein Gewinn war. Als Ingenieurwissenschaftler sehen wir uns der Praxis verpflichtet, aber mit einer festen Verbindung zur universitären Kombination von Forschung und Lehre.

In diesem Sinne freuen wir uns, Ihnen auch in diesem Jahr wieder mit unserer Broschüre ein wenig aus dem Alltag des Instituts für Stahlbau und Werkstoffmechanik berichten zu können.

Viel Freude mit der Lektüre wünschen

Prof. Dr.-Ing. Michael Vormwald

Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange

Titelbild: Hourglass-Probe aus  $AlSi10Mg$ , die mittels Selektivem Laserschmelzen additiv gefertigt wurde. Zugehörige Porenverteilung aus Mikro-CT. Darstellung der versagensmaßgebenden Fehlstelle.

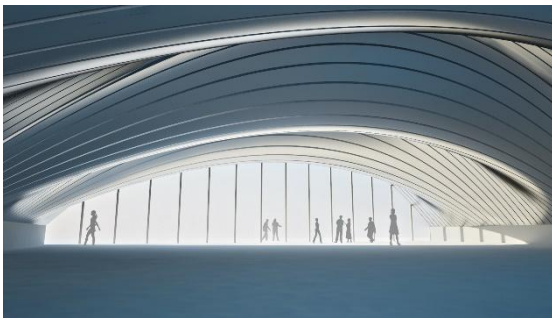
- 1**    **Forschung**
- 7**    **Lehre**
- 9**    **Forschungslabor**
- 11**   **Exkursionen und Weiterbildung**
- 12**   **Termine und Ereignisse**
- 14**   **Absolventen und Ehemalige**

## 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. Sandwichkonstruktionen besitzen zwei dünne Deckschichten, die hohe Tragfähigkeiten aufweisen und durch eine dicke Kernschicht mit geringer Dichte verbunden werden. Mit dieser Bauweise werden so 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 mit dem KGBauko und dem PtU der TU Darmstadt wird in diesem, von der AIF geförderten, Forschungsvorhaben die Ausbildung von Flächentragwerken aus vorgefertigten, gekrümmten Sandwichprofilen untersucht.

Ziel ist es, die Möglichkeiten im Hinblick auf die realisierbaren Gebäudegeometrien und Spannweiten von Sandwichtragwerken unter Erhalt ihrer Wirtschaftlichkeit zu erweitern.

### Veröffentlichungen:

**Grimm, S. und Lange, J.:** „Shell Structures Made of Curved Sandwich Panels: Assessment of the Load-Bearing Capacity“, The 14<sup>th</sup> Nordic Steel Construction Conference, September 2019

**Grimm, S. und Lange, J.:** „Potential of Shell Structures Made of Linear Manufactured Uniaxially Curved Sandwich Panels“, Conference Proceedings ICSS-12, August 2018

## Die Anwendung der SPS-Technologie im Bahnbrückenbau

Pascal Händler, M.Sc.

Für den Neubau von trogförmigen Bahnbrücken existieren seitens der Rahmenplanung der Deutschen Bahn nur wenige 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 und einem Kern aus massivem Polyurethan (PUR). Im laufenden Forschungsprojekt des IFSW werden offene Fragen in drei Detailstufen zu dessen Anwendung im Neubau von Bahnbrücken untersucht.

In der ersten Stufe des Projekts wird das Potential von SPS und seiner Anwendung in Fahrbahnen von Trogbrücken untersucht. Dafür werden im Rahmen einer Parameterstudie Entwürfe von Bahnbrücken mit verschiedenen Spannweiten und verschiedenen standardisierten- und SPS-Fahrbahnen angefertigt und hinsichtlich verschiedener Faktoren wie z.B. der Gesamtmasse verglichen.

In der zweiten Stufe werden allgemeine Fragen zur Mechanik von Sandwichelementen mit dicken Deckschichten und deren Beschreibung untersucht. Als Ziel sollen Empfehlungen für Ingenieure in der Praxis erarbeitet werden, wie SPS-Elemente sinnvoll und sicher modelliert und berechnet werden können.

In der dritten Stufe wird das Langzeitverhalten des im SPS verwendeten Polyurethans mit Hilfe von Kriech- und Relaxationsexperimenten unter verschiedenen Belastungsarten untersucht.

### Veröffentlichungen:

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

**Händler, P. und Lange, J.:** „Application of the SPS-Technology in Short Span Railway Bridges“, 7. International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Kapstadt, Südafrika, 2. bis 4. September 2019

**Sandwichelemente mit Zellstoff als Kernmaterial**  
Dipl.-Ing. Aaron von der Heyden

In unserem Forschungsprojekt zum Thema „Sandwichelemente mit Zellstoff als Kernmaterial“ wird die Eignung von Wellpappe als ökologische Alternative zu derzeit herkömmlichen Kernmaterialien Polyurethanschaum und Mineralwolle untersucht. Kernwerkstoffe für Sandwichelemente müssen einerseits Anforderungen hinsichtlich Steifigkeit und Festigkeit erfüllen und andererseits gute Wärmeschutz-eigenschaften besitzen.



Bauteilversuch, Elementlänge 6 m

Aufgrund der Anisotropie von Wellpappe gibt es viele unterschiedliche Möglichkeiten, den Kern aus Wellpappe in einem Fassadenelement auszurichten.

Versuche an verschiedenen handelsüblichen Wellpappen haben teilweise beträchtliche Steifigkeiten und Festigkeiten gezeigt, wodurch in vielen Fällen die vollständige Ausnutzung der Fließtragfähigkeit der Stahldeckschichten ermöglicht werden kann. Die Wärmedämmfähigkeit ist in einer Ausrichtung mit der von Mineralwolle vergleichbar. Die ermittelten Kriechzahlen sind sehr gering, weshalb auch der Einsatz für dauerhaft belastete Bauteile wie z.B. begehbare Leichtbaudecken untersucht wird.

Im Fokus der aktuellen Arbeit stehen das Tragverhalten von Bauteilen mit einem Kern aus vorgefertigten Zellstofflamellen, das Langzeitverhalten und das Tragverhalten von geschraubten Verbindungen.

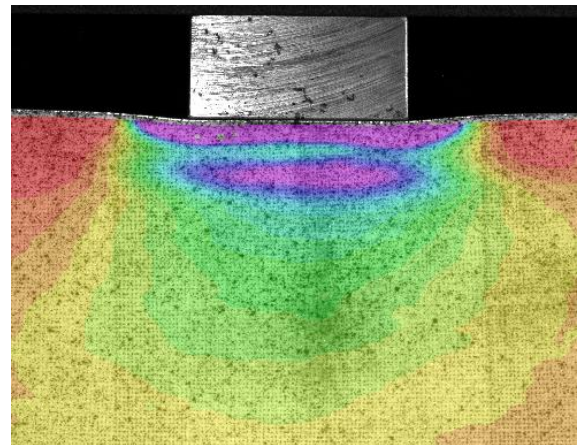
**Veröffentlichung:**

Lange, J.; Grimm, S.; von der Heyden, A.: „Sandwich Panels in Buildings: Core, Structure and Design“, SEMC 2019, 2.-4. September 2019, Kapstadt, Südafrika

**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 wird die reduzierte Tragfähigkeit mehrfeldrig gespannter Sandwichelemente untersucht. Es werden Bauteilversuche („Ersatzträgerversuche“) mit verschiedenen Stützweiten, Kernhöhen, Deckblechdurchführungen und Auflagerbreiten durchgeführt. Der Parameterbereich soll mit Hilfe numerischer Untersuchungen ausgeweitet werden.

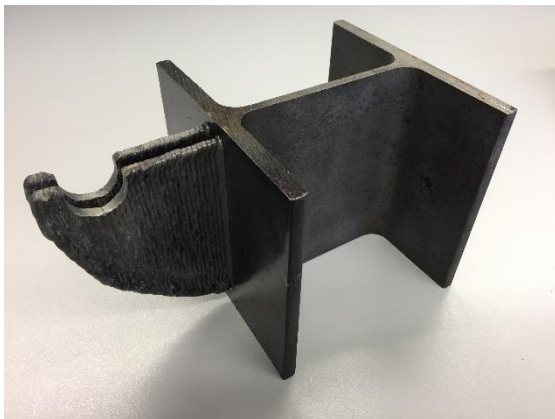


Optische Dehnungsmessung an der Lasteinleitung

Die herstellungsbedingte Inhomogenität des Kernwerkstoffs sowie die Spannungsverteilung in den schwach profilierten Deckblechen wird mittels optischer Dehnungsmessungen (DIC, "digital image correlation") erfasst.

### 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 Drahtelektrode bzw. das Schweißgut dient als Druckmaterial. Die Abschmelzleistung des WAAM ist mit bis zu 5 kg/h interessant für den Stahlbau. Das IFSW verfügt über zwei Roboter mit Schweißaufsätzen (Fronius CMT Advanced und TransSynergic 5000), mit denen die Möglichkeiten des WAAM im Stahlbau erforscht werden.



Trägerhaken, additiv auf einen I-Träger gefertigt

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“.

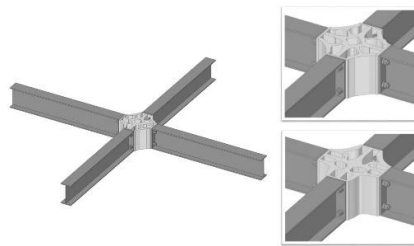
#### Veröffentlichungen:

**Feucht, T. und Lange, J.:** “3-D-Printing with Steel: Additive Manufacturing of Connection Elements”, SEMC 2019, Kapstadt, Südafrika, 2. bis 4. September 2019

**Feucht, T. und Lange, J.:** “3-D-Printing with Steel: Additive Manufacturing of Connection Elements and Beam Reinforcements”, IABSE Symposium 2019, Guimarães, Portugal, 26. bis 29. März 2019

### Additive Fertigung: Herstellung von Optimierten Knotenstrukturen Maren Erven, M.Sc.

Das WAAM macht es möglich, Bauteilgeometrien herzustellen, die sich dem Kraftfluss anpassen, deren Fertigung in konventioneller Weise jedoch zu aufwändig und somit unwirtschaftlich wäre. Zum Finden solcher neuartiger Strukturen kann die Topologieoptimierung genutzt werden.



Optimierte Knoten

Zusammen mit den Projektpartnern Cognition Factory, GEFERTEC, imagine structure und dem Fachgebiet Fertigungstechnik der TU Ilmenau wird im Rahmen des ZIM-Projektes „Stahlbauknoten“ ein Verfahren zur Herstellung additiv gefertigter Stahlbauknoten mittels Lichtbogenschweißen entwickelt. Das Fachgebiet Stahlbau ermittelt hierfür mit Hilfe der Topologieoptimierung Knotenstrukturen, die sich individuell an Ausrichtung und Last der anschließenden Träger anpassen. Vorteil der additiven Fertigung gegenüber herkömmlichen Knotenkonstruktionen liegt sowohl in der möglichen Reduktion der Masse als auch in der Reduktion des Montageaufwandes für unterschiedliche Ausführungen. Die entwickelten Strukturen werden am Fachgebiet nach ihrer Fertigung auf die reale Tragfähigkeit untersucht.

#### Veröffentlichungen:

**Feucht, T.; Lange, J.; Erven, M.:** “3-D-Printing with Steel: Additive Manufacturing of Connection Elements and Beam Reinforcements”, The 14<sup>th</sup> Nordic Steel Construction Conference, September 2019

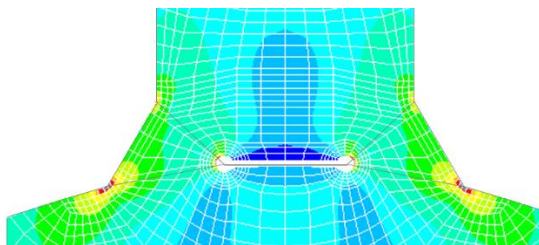
**Erven, M.; Feucht, T.; Lange, J.; Eiber, M.; Hildebrand, J.; Bergmann, J.P.:** "Numerische und experimentelle Untersuchungen von Knoten im konstruktiven Stahlbau", DVS Kongress 2019, Rostock, September 2019

### Plastische Schweißnahtbemessung in der Finite-Element-Modellierung

Dipl.-Ing. Ina Kuntsche

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

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 Doppelkehlnaht

Das geplante Forschungsvorhaben hat das Ziel, für die statische Bemessung 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 der 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 Schweißnähte in die neue EN 1993-1-14 aufgenommen und so der Baupraxis zur Verfügung gestellt werden.

### 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 Stirnplattenstoßes

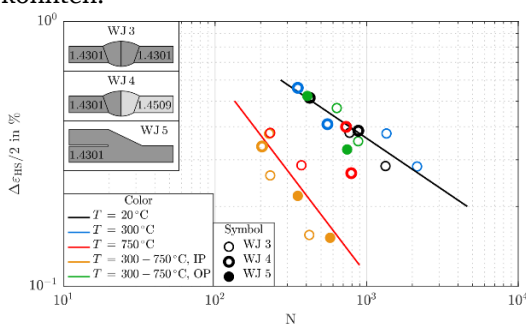
Auftretende Folgen und Schäden durch eine zu hohe Vorspannkraft werden in Versuchen sowohl an Bauteilverbindungen als auch an einzelnen Schraubengarnituren charakterisiert und eingestuft.

Die normativ festgelegten Kriterien zur Klassifizierung einer überspannten Schraubverbindung werden überprüft. Ferner sollen neue Kriterien abgeleitet werden, um erforderliche Austauschmaßnahmen überspannter Schraubengarnituren zu reduzieren bzw. zu vermeiden und somit die Wirtschaftlichkeit von vorgespannten Verbindungen zu erhöhen.



**Thermomechanische Ermüdung geschweißter Blechstrukturen – Erstellung eines Bemessungs- und Lebensdauerkonzepts mit Richtliniencharakter unter Berücksichtigung elastisch-plastischer Deformationen**  
Simon Moser, M.Sc.

Zur Bewertung von Strukturdehnungsschwingweiten werden konzeptgebundene Strukturdehnungswöhlerlinien benötigt. Dazu wurden im Rahmen eines AiF-Forschungsprojektes Ermüdungsversuche an geschweißten Flachproben unter isothermen Bedingungen durchgeführt. Mit Hilfe der FEM wurden die Versuche nachgerechnet, sodass den experimentell ermittelten Lebensdauern rechnerisch bestimmte Strukturdehnungsschwingweiten zugeordnet werden konnten.



**Bild:** Strukturdehnungswöhlerlinien

Untersuchungen haben gezeigt, dass mit diesen Wöhlerlinien auch thermozyklisch beanspruchte Verbindungen bewertet werden können. Anhand von Versuchen mit Überlappverbindungen sowie Bauteilversuchen unter thermomechanischer Beanspruchung ist das entwickelte Strukturdehnungskonzept im Kurzzeitfestigkeitsbereich erfolgreich validiert worden. In einem Folgevorhaben soll das Konzept weiterentwickelt werden, sodass damit auch die Langzeitfestigkeit von Schweißverbindungen bewertet werden kann. Weiterhin soll die zugrundeliegende Versuchsdatenbasis erweitert werden, um die Übertragbarkeit auf beispielsweise andere Werkstoffe, Blechdicken und Schweißnahtausführungen zu gewährleisten.

**Veröffentlichung:**

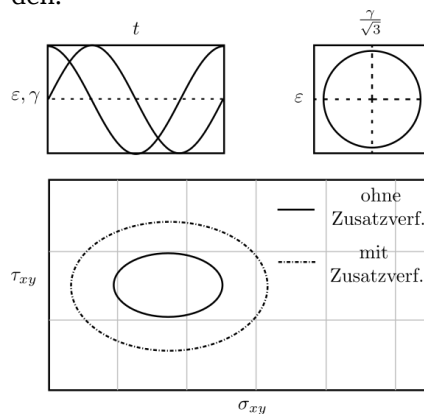
Moser, S.; Vormwald, M.; Beier, H. T.; Erbe, A.; Müller, F.; Kontermann, C.: „Thermomechanische Ermüdung geschweißter Blechstrukturen – Erstellung eines Bemessungs- und Lebensdauerkonzepts mit Richtliniencharakter

unter Berücksichtigung elastisch-plastischer Deformationen“, VDMA (2019) – Abschlussbericht zum AiF-Vorhaben Nr. 19091 N

**Anwendungsgerechte Lebensdauerabschätzung für mehrachsig beanspruchte Bauteile auf Basis des Örtlichen Konzepts**

Jan Kraft, M.Sc.

Die rechnerische Abschätzung von schwingend beanspruchten Bauteilen ist eine Kernaufgabe von Ingenieuren. Im Falle einachsiger bzw. mehrachsig proportionaler Beanspruchungen existieren hierfür abgesicherte und anerkannte Standards z.B. die neue FKM-Richtlinie nichtlinear. Anders stellt sich dies für Bauteile dar, die mehrachsig nichtproportional beansprucht werden. In diesem Fall ergeben sich deutliche Unterschiede im Werkstoffverhalten, in den Last-Kerbdehnungs-Pfaden und unter Umständen auch im Schädigungsverhalten. Um die bei nichtproportionalen Beanspruchungen auftretenden Effekte vorhersagen zu können, müssen die Unterschiede im Werkstoffverhalten (Out-of-Phase-Hardening oder Ratcheting) oder Schädigungsverhalten mithilfe von Modellen und/oder Näherungsverfahren bei der rechnerischen Lebensdauerabschätzung berücksichtigt werden.



**Bild:** Qualitative Darstellung des Out-of-Phase-Hardening

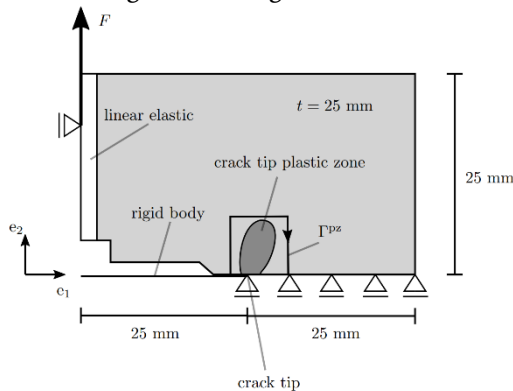
Ziel des Projekts ist es, einen anwendungsgerechten Algorithmus zur rechnerischen Lebensdauerabschätzung, für Bauteile unter nichtproportionalen Lasten, auf Basis des örtlichen Konzeptes zu entwickeln.

Die ermittelten Methoden sollen anhand einer breiten Datenbasis validiert und abgesichert werden.

### Konfigurationskräfte und J-Integrale bei zyklischer Metallplastizität

Aris Tsakmakis, M.Sc.

Die Theorie der materiellen oder Konfigurationskräfte geht auf die Arbeiten von John D. Eshelby zurück und bildet im Falle linear elastischer Bruchmechanik den Rahmen zur Beschreibung der sog. Rissantriebskraft. Unklarheit besteht allerdings darin, wie die risstreibende Kraft im Falle zyklischer Metallplastizität zu definieren ist. Dabei spielen in der Literatur bekannte Phänomene, wie das von James Rice formulierte „Paradoxon der elastisch-plastischen Bruchmechanik“ eine zentrale Rolle. Ziel des Vorhabens ist es, die Rissantriebskraft im Falle nicht-linearer Verfestigungsregeln auf Grundlage des Konzepts der Konfigurationskräfte zu definieren. Außerdem soll der Einfluss verschiedener Verfestigungsregeln und -parameter, genauer bei isotroper und kinematischer Verfestigung, auf die Rissantriebskraft untersucht werden. Grundlage dieser Untersuchungen bildet die Auswertung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik für einen wachsenden Riss für ein beliebiges Materialgesetz.



**Bild:** Verwendetes Finite-Elemente-Modell der C(T)-Probe

Darauf basierend, wurden verschiedene Konzepte eingeführt und anhand numerischer Berechnungen einer C(T)-Probe auf ihre Eignung hin diskutiert. Keines der Konzepte konnte allerdings alle gestellten Anforderungen erfüllen. Grund dafür ist die rein kontinuumsmechanische Herangehensweise, die insbesondere die lokal an der Risspitze stattfindenden Prozesse des Risswachstums vernachlässigt. Diese unterscheiden sich wesentlich im Falle spröder und duktiler Materialien.

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

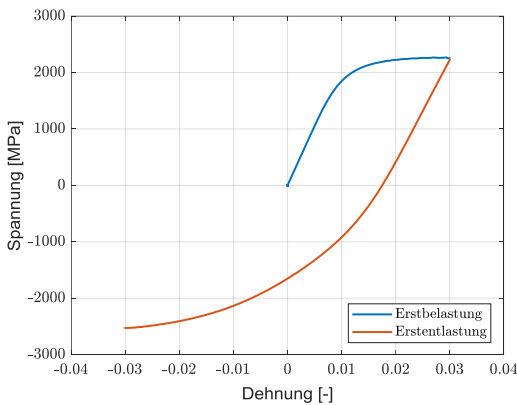
Patrick Yadegari, M.Sc.

Die in diesem Jahr erschienene neue FKM-Richtlinie nichtlinear ermöglicht unter anderem einen Ermüdungsfestigkeitsnachweis von Maschinenbauteilen auf Basis des Örtlichen Konzepts, wobei elastisch-plastisches Materialverhalten explizit berücksichtigt wird. Die Abschätzung von Wöhlerlinien und des Werkstoffverhaltens kann dabei über die statische Zugfestigkeit erfolgen.

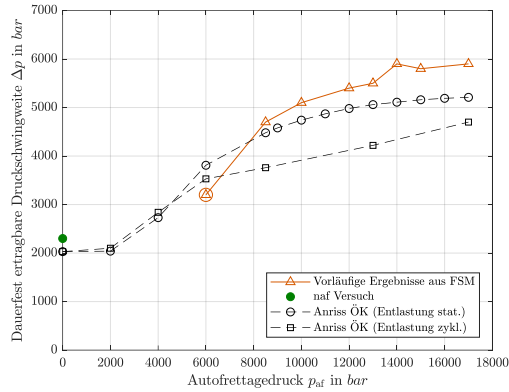
Der Einfluss der Oberfläche auf die Bauteilfestigkeit wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch über die Oberflächenrauheit in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit abgeschätzt. Dies kann zu gravierenden Unterschieden zwischen rechnerischer und tatsächlicher Lebensdauer von Bauteilen aus verschiedenen Fertigungsverfahren führen. Des Weiteren ist die Berücksichtigung von Eigenspannungen aktuell nicht möglich. Im Rahmen des von der AiF geförderten FKM-Forschungsvorhabens 20745 N sollen die drei Einflussfaktoren Gefügeänderungen, Eigenspannungen und Oberflächenfeingestalt mittels umfangreicher experimenteller Versuchsreihen erfasst werden. Dazu werden polierte, kugelgestrahlte, einsatzgehärtete sowie induktiv gehärtete Proben aus den Stählen 16MnCr5, 42CrMo4 und 80MnCr5 Ermüdungsversuchen unterzogen und metallographisch untersucht. Mit Hilfe der aus den Ergebnissen gewonnenen großen Datenbasis sollen der Einfluss der unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen auf die Festigkeit erfasst und die Werkstoffeigenschaften des Kerns und der Randschicht separat ermittelt werden. Auf Basis von FE-Berechnungen werden außerdem Näherungsverfahren zur Berücksichtigung von Randschichtverfestigungen entwickelt. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die FKM-Richtlinie zu erweitern und die Algorithmen des Örtlichen Konzepts zur Erfassung der Einflüsse der Oberflächenrauheit und der Randschicht anzupassen. Dem industriellen Anwender soll eine statistisch abgesicherte Auslegung von randschichtverfestigten Bauteilen ermöglicht werden, ohne eigene, kostenintensive Werkstoff- oder Bauteilprüfungen durchführen zu müssen.

**Hochdruckbauteile aus höchstfesten Stählen**  
 Carl Fällgren, M.Sc.

Im Rahmen des AiF Forschungsvorhabens Nr. 19790 N sind am Fachgebiet die ersten Schwingfestigkeitsversuche mit dem Stahl Böhler W360 (keine Werkstoffnummer) durchgeführt worden. Die aufgezeichneten Spannungs-Dehnungs-Kurven dienen nun als Grundlage für die Modellierung des Materialverhaltens für weitere Finite-Elemente Berechnungen. Die Berechnungen werden an einem 1/16 Modell der zusätzlich zu untersuchenden bauteilähnlichen 90° Kreuzbohrungsproben durchgeführt. Die begleitenden Versuche an unterschiedlich autofrettierten Proben werden in Weimar an der MFPA durchgeführt. Um den Autofrettageprozess und die hieraus im Modell resultierenden Druckeigenspannungen realitätsnah simulieren zu können wird Wert darauf gelegt, sowohl die Erstbe- als auch Erstentlastungskurve des Werkstoffs adäquat nachzubilden.



**Bild 1:** Erstbe- und Erstentlastungskurve aus Schwingfestigkeitsversuchen mit Dehnungsamplitude von 3% am Werkstoff W360



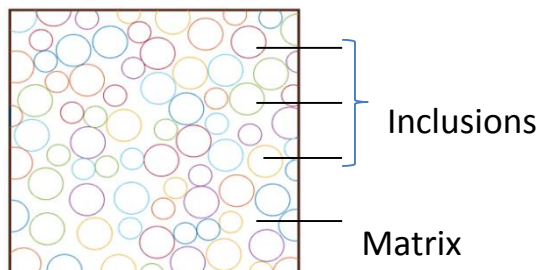
**Bild 2:** Mit vorläufigen Materialdaten für den Werkstoff W360 berechnete dauerfest ertragbare Druckschwingweiten für unterschiedliche Autofrettagegrade nach örtlichem Konzept und Fließstreifenmodell.

In vorherigen Simulationen mit vorläufigen Werkstoffdaten wurden bereits Eigenspannungsverläufe berechnet und diese für Rissfortschrittsberechnungen mit dem Fließstreifenmodell und angepasster Gewichtsfunktion für die Kreuzbohrungsprobe verwendet. Für unterschiedliche Autofrettagegrade wurden die Rissfortschrittslebensdauern mit Berechnungsergebnissen aus dem örtlichen Konzept mit Berücksichtigung des Mittelspannungseinflusses verglichen.

### Multiscale-based Durability and Damage Tolerance Design of Wind Turbine Blade using Natural-Synthetic Hybrid Composite

Alem Baraki

Performance, economic and environmental attributes of wind turbines substantially stem on the rotor blades that require careful optimization between aerodynamic efficiency and structural integrity. Conventional turbine blade designs use large safety factors to compensate the uncertainty of damage evolution in composite materials. Moreover, the astronomical growth of wind energy draws serious environmental concern as materials currently used are not eco-friendly. Whereas, use of natural composites is perceived ideal solution, complete replacement of synthetic composites is difficult in the foreseeable future. Hence, hybridization is inevitable rendering structures with tailored properties. Hybridization involves highly expanded design space involving costly extensive experiments where a minor change or defect at smaller scale may yield profound effect at the structural scale by affecting the durability and damage tolerance. Multiscale modeling is emerging as viable tool to tackle such challenge through model-informed virtual testing and design analysis. This research aims at developing multiscale driven durability and damage tolerance design of natural-synthetic hybrid fiber reinforced composite, considering the influence of manufacturing defect, and demonstrate the optimal constituent hybridization and laminate configuration that is viable for the application of wind turbine blade verifying through structural simulation and optimization.



**Figure:** 2D Micro RVE for hybrid composite generated using MATLAB routine. In the RVE, circles represent the inclusions (can be fibers, voids and others) in random packing arrangement and rectangular area represents the matrix binding the inclusions.

### 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.

#### **Werkstoffe im Bauwesen:**

Werkstoffkunde und Werkstofftechnik der Metalle, nichtlineare Verformungen, Mehrachsigkeitshypothesen, 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 2019

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 2019.

#### Gregor Neubauer

Modellierung einer mehrlagigen Holzgitterschalenkonstruktion unter Ansatz effektiver Steifigkeiten am Beispiel der Multihalle Mannheim

#### Lukas Möller

Untersuchungen zum Einfluss schwankender Schubsteifigkeit auf das Tragverhalten kurzer Bahnbrücken in SPS-Bauweise

#### Annika Stern

Untersuchungen zum Einsturz der „Twin Towers“ (World Trade Center)

#### Benedikt Waldschmitt

Additive Fertigung einer Brücke

#### Doreen Scheidler

Entwicklung von verschiedenen Ausführungsvarianten für die Verbindungsstege im Forum des Bundesverwaltungsgebäudes des DGB in Berlin

#### Rafail Sikiotis

Traglastanalyse von Knotenblechen mit zwei Diagonalanschlüssen

#### Dennis Behnoud

Untersuchung von additiv gefertigten Trägerhaken

#### Sven Kohlmann

Untersuchungen zum Stabilitätsverhalten von Knotenblechen

#### Annalena Kühn

Trägerverstärkungen mittels Additiver Fertigung

#### Tatjana Stumpf

Anschluss der Deckbleche an den Steg im SPS

#### Jan Schäpers

Versuche zum Langzeitverhalten von PUR im SPS

#### Nils Hillinger

Untersuchungen zur konstruktiven Durchbildung biegesteifer Rahmenecken mittels additiv gefertigter Strukturen

#### Manuel Woller

Modellierung einer mehrlagigen Holzgitterschalenkonstruktion unter Verwendung der Schubtechnologie am Beispiel der Multihalle Mannheim

#### Raphael Soquet-Juglard

Experimentelle Untersuchung zum Einfluss einer überelastischen Vorspannkraft auf das Tragverhalten von geschraubten Stimplattenstößen

#### Johanna Dettki

Additive Fertigung eines geschraubten Anschlusses

#### Patrick Yadegari

Einfluss von Fehlstellen in additiv gefertigten Werkstoffproben aus Aluminium auf die Schwingfestigkeit

#### Stefan Eder

Mittelspannungsrelaxation als Baustein zur Berechnung der örtlichen Beanspruchungspfade

#### Alexander Maier

Entwicklung und Validierung einer datenbasierten Methode zur Generierung der Verteilung der Ermüdungsschadensummen infolge unterschiedlichen Nutzerverhaltens

**Erik Schau**

Experimentelle und numerische Untersuchung von Ermüdungs- und Kriechschädigung in kurzglasfaserverstärkten Kunststoffen

**Markus Oswald**

Bewertung verschiedener Berechnungsmodelle zum Lastreihenfolgeeinfluss bei ihrer Anwendung auf standardisierte Lastspektren

**Mark Fellner**

Schwingfestigkeit von additiv gefertigten Proben aus Kunststoff

**Carmelita Agnello**

Einsturz der Firth-of-Tay-Brücke - Bewertung möglicher Schadensursachen

### Eine Brücke aus Papier Februar 2019

Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Interdisziplinäres Projekt Bau- und Umwelt“ wurden vom Fachgebiet Stahlbau im Wintersemester 2018/2019 gemeinsam mit den Kollegen aus der Fassadentechnik (Knaack) und der Statik (Schneider) die Planung, die Konstruktion und der Bau einer Brücke aus Papier ausgeschrieben. Rund 40 Studierende begannen das Semester mit Recherchen zum Brückenbau und zum Werkstoff Papier. Experimentelle Voruntersuchungen gehörten genauso dazu wie FEM-Berechnungen.



Sechs Gruppen entwickelten jeweils drei Varianten, die bis kurz vor Weihnachten zu je einer Vorzugsvariante konzentriert wurden. Dann folgte in einer Diskussion mit allen Teilnehmern die Entscheidung, welche Brücke tatsächlich gebaut wurde.

In den verbliebenen rund acht Wochen wurden in verschiedenen Teams Tragfähigkeitsnachweise erbracht, konstruktive Details entwickelt, Montagekonzepte geplant und die vielen Einzelteile gefertigt aus denen die Brücke zusammengesetzt wurde. Mitte Februar 2019 war es dann soweit. In einer hervorragend vorbereiteten Aktion konnte die Brücke im Botanischen Garten der TU über den Darmbach gelegt werden. 6 m Spannweite nur aus Papier und Pappe und eine Tragfähigkeit von „drei Professoren in ungünstigster Position“ – solch eine Brücke gab es bisher noch nirgends. Eine ausführliche Beschreibung findet sich im „Bauingenieur 12/2019“.



### Das Forschungslabor des Fachgebiets Stahlbau

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
- Hochtemperaturverhalten von Schrauben
- Geschraubte, geschweißte und geklemmte Verbindungen

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

In einem aktuellen Forschungsvorhaben wurde die Tragfähigkeit von selbst produzierten gekrümmten Sandwichelementen untersucht.



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 weiteres Beispiel für die Einbindung von Studierenden in die aktuelle experimentelle Forschung ist im unteren Bild dargestellt. Hier wurde im Rahmen einer Masterarbeit die Geometrie einer additiv gefertigten Brücke entwickelt und das Modell dieser Brücke mittels Schweißroboter „gedruckt“.



Ansprechpartnerin:

Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädels  
 Franziska-Braun-Straße 3  
 64287 Darmstadt  
 Fon: +49 6151 16 22403  
 Fax: +49 6151 16 22404  
 E-Mail: 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.

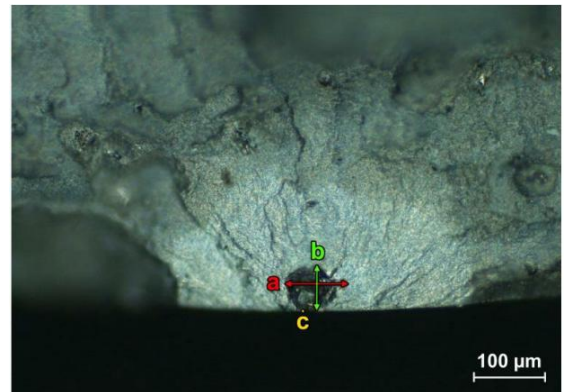


Bild: Versagensmaßgebende Pore einer 3D-gedruckten Probe aus AlSi10Mg, Detail Bruchfläche nach Ermüdungsversuch.

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)

### Klausurtagung des Fachgebiets Stahlbau im Kleinwalsertal Juli 2019

Im Juli fand unsere alljährliche, viertägige Klausurtagung im Darmstädter Haus im Kleinwalsertal statt. Bevor wir uns in die zahlreichen Vorträge und Diskussionen zum Stand der aktuellen Forschungsarbeiten stürzten, stand auf dem Hinweg ein Besuch des urgeschichtlichen Museums in Blaubeuren auf dem Programm. Den anschließenden Dauerregen nutzten wir für konzentrierte fachliche Arbeit, so dass dieses Jahr tatsächlich ein ganzer Tag zur Verfügung stand, um die seit vielen Jahren geplante Wanderung auf den markantesten Berg des Kleinwalsertals, den Ifen, in die Tat umzusetzen.



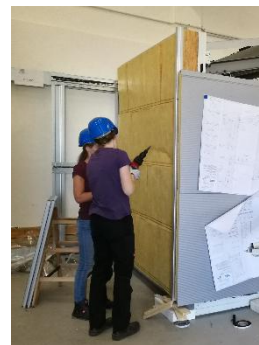
Bei dieser Wanderung blieben auch keine Wünsche offen: Von überquerten Schneefeldern über Klettersteigpassagen und das Stochern im dichten Nebel bis hin zu strahlendem Sonnenschein und leckerem Kaiserschmarrn auf der Schwarzwasserhütte war alles geboten.



Der ein oder andere war anschließend froh, dass er wieder heil im Tal angekommen ist und sich sitzender Weise mit den Institutsfinanzen und den aktuellen Entwicklungen in der Lehre beschäftigen durfte. Die weniger ausgepowerten Teilnehmer legten zu später Stunde mit Tischtennis spielen nach.

### Metall-Leichtbau Fassaden selbst bauen - Praktische Fortbildung beim IFBS in Krefeld Juni 2019

Mittlerweile zum dritten Mal hatte der Industrieverband für Bausysteme im Metalleichtbau (IFBS) zu einer zweitägigen Fortbildung zur Montage von Leichtbau-Fassaden in sein Ausbildungszentrum nach Krefeld eingeladen. Neben Studierenden und Mitarbeitern der TU Darmstadt nahmen dieses Jahr auch Kollegen der FH Mainz am Seminar teil. Nach einer kurzen Einführung und Einweisung auf den Maschinen, hieß es für die Teilnehmer in Gruppen zu je drei Personen zwei verschiedene Fassadensysteme fachgerecht auf ein bestehendes Ständergerüst zu montieren (siehe Bilder).



Dabei mussten nicht nur alle Vorgaben auf den technischen Zeichnungen umgesetzt werden, sondern vor allem auf eine korrekte Ausführung der Details für den Wärme- und Feuchteschutz geachtet werden. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten und dank der Hilfe der IFBS-Mitarbeiter konnten alle Teilnehmer die gestellten Aufgaben lösen. Dabei blieb der Spaß natürlich nicht auf der Strecke. Ob während des Seminars oder

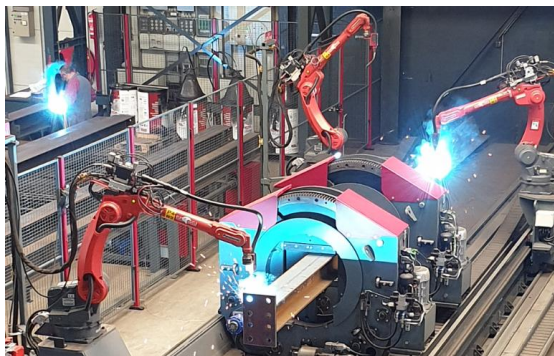
auf der gemeinsamen Abendveranstaltung in lockerer Atmosphäre, alle Teilnehmer hatten viel Spaß und werden das Seminar nicht nur wegen der vielen neuen Erkenntnisse in guter Erinnerung behalten. Ein besonders herzlicher Dank gilt an dieser Stelle nochmals dem IFBS für diese tolle Möglichkeit des praxisnahen Lernens.

### Exkursion nach Enschede und Düsseldorf 26. bis 28. Juni 2019

Im Juni dieses Jahres führte eine dreitägige Exkursion 23 Teilnehmer in die Niederlande und an den Niederrhein.

Auf dem Programm standen etliche sehr interessante Werksbesichtigungen, unter anderem bei Fischer Profil in Netphen und dem Mineralwollehersteller Rockwool in Gladbeck.

Ein besonderes Highlight war die Führung durch das Produktionswerk der Firma Voortman in Rijssen bei Enschede. Bei dem Stahlbauunternehmen wusste vor allem die roboterbasierte Fertigung mit eigens entwickelten Maschinen die Teilnehmer zu begeistern.



Zu erwähnen ist auch der Besuch des Röhrenwalzwerks der Firma Vallourec in Düsseldorf-Rath, wo den Exkursionsteilnehmern ein spannender Einblick in den Herstellungsprozess von nahtlosen Stahlrohren gewährt wurde.

In den Abendstunden blieb noch genügend Zeit zum Erkunden des Nachtlebens von Enschede und Düsseldorf, wobei natürlich ein Besuch der längsten Theke der Welt nicht fehlen durfte.

### Exkursion Schiersteiner Brücke 15.7.2019

Die diesjährige Stahlbrückenbau-Exkursion führte eine kleine Gruppe von Studierenden und Mitarbeitern an den schönen Rhein - genauer gesagt an den Neubau der Schiersteiner Rheinbrücke zwischen Wiesbaden und Mainz.

Nach einer spannenden Autofahrt im 7-Sitzer inklusive Geisterfahrer auf der A671 kamen wir pünktlich auf der hessischen Rheinseite an und wurden sehr freundlich von den Mitarbeitern von Hessen Mobil begrüßt.



Da eine Begehung der Brücke geplant war, musste unser Auto zunächst auf die andere Brückenseite gefahren werden. Die unerwartete Rückfahrt im Privatboot von Hessen Mobil über den Rhein, war für die brückenbegeisterte Mitarbeiterin das erste Highlight der Exkursion.



Nach einem kurzen Vortrag im Baucontainer ging es dann auch schon zu Fuß los Richtung Mainz. Durch eine kleine Öffnung im Vorlandpfeiler gelangte die Gruppe in den bereits fertiggestellten 1. Überbau der Brücke.

Zeigt sich die Brücke von außen noch eher unscheinbar als langer grauer Kasten, entfaltet

sie im Inneren ihre volle Stahlbaupracht. Große Diagonalen zur Aussteifung des Systems mit anspruchsvollen Knotengeometrien ließen die Stahlbauherzen höher schlagen.



Während der 1,3 km - Wanderung durch die Brücke konnten wir die unterschiedlichsten Brückentragwerke bewundern. Vom zweizelligen Verbundträger mit Stahlhohlkästen über einen einzelligen Stahlquerschnitt mit orthotroper Fahrbahnplatte bis hin zu vorgespannten Halbfertigteilen mit Ortbetonerfüllung war alles dabei. An der Übergangskonstruktion auf der Rettbergsaue gab es noch einen tollen Ausblick auf den Rhein und den Baufortschritt des 2. Brückenüberbaus.



Endlich angekommen auf der Mainzer Seite waren alle Teilnehmer zwar etwas erschöpft aber dennoch sehr begeistert von dieser interessanten Brückenbaustelle.

Danke an alle Beteiligten.

Wir kommen gerne wieder!

### TU-meet & move 2019/Uni-Olympiade 12.6.2019

Pünktlich zu Veranstaltungsbeginn des diesjährigen Campusfest am 12.6.2019 folgten die Regenwolken dann doch noch der Stimme des Uni-Präsidenten, haben die Arbeit für diesen Nachmittag eingestellt und gaben den Weg frei für die Uni-Olympiade. Traditionell beteiligte sich das Team des Fachgebiets Stahlbau an den Wettkämpfen.



„Traditionell“ bedeutet an dieser Stelle, dass wir als einziges Team seit der ersten Ausgabe dieses abwechslungsreichen Wettkampfes im Jahr 2011 jedes Jahr teilgenommen haben.

Auch 2019 wurde in verschiedenen Spielen neben rein sportlichem Können wieder Geschick, Köpfchen und Teamgeist gefordert. So konnten wir auf dem Ruderergometer, auf dem Fahrrad, an Kletterseil und Reckstange mit tollen Leistungen überzeugen. Auch im Unterarmstütz kam es dank guter Nährstoffwahl erst spät zu einem Ermüdungsversagen.

Leider konnten wir die Jury im Hinblick auf die Fan-Punkte-Wertung in diesem Jahr nicht so sehr begeistern wie uns selbst. Auch wenn unser Fanclub unsere Aktiven an allen Stationen mit voller Kraft angefeuert hat, wurde die Leistung unserer Anhänger nur als durchschnittlich bewertet und wir konnten keine Fanpunkte für uns gewinnen.

Dank unserer herausragenden sportlichen Leistungen konnten wir unsere Platzierung aus dem Vorjahr allerdings trotzdem verbessern und haben mit einem 4. Platz das Podium nur knapp verpasst.

### Sportabzeichen Challenge 18.6.2019

Beflügelt durch die sportlichen Erfolge bei der Uni-Olympiade nahmen wir in diesem Jahr erstmals als „Team Stahlbau“ an der Sportabzeichen-Challenge teil.



Ziel war es, die TU Darmstadt im Wettbewerb mit den anderen Hochschulen Deutschlands zu unterstützen, indem wir in möglichst vielen Disziplinen des Sportabzeichens des DOSB punkten.

Der Wettbewerb zwischen den Hochschulen wird dabei auf Grundlage der erreichten Gesamtpunktzahl ausgewertet. Die TU-Darmstadt konnte - auch Dank unserer Mitarbeit - den Erfolg aus dem letzten Jahr wiederholen und belegte wieder den 1. Platz unter den acht teilnehmenden Hochschulen. Wir sind stolz darauf in diesem Jahr mitgewirkt zu haben!



### BiFa-Cup 2019

Nach zwei Jahren bei der TSG Darmstadt fand der diesjährige BiFa-Cup am 19.7.2019 wieder im Hochschulstadion der TU Darmstadt statt. Das IFSW war dabei als amtierender Meister auch gleichzeitig Veranstalter und hatte natürlich eine klare Mission: die Titelverteidigung. Da leider einige der Stamminstitute keine Mannschaft stellen konnten, musste erst einmal der Turniermodus ein wenig angepasst werden. Folglich haben die 6 angetretenen Teams zuerst im Liga-Modus gegeneinander gespielt. Die ersten vier Platzierungen haben im Anschluss dann die Finalrunde unter sich ausgemacht, um den Sieger zu ermitteln.



Das IFSW konnte dabei mit guten Ergebnissen und zum Teil sehr schön vorgetragenen Spielzügen überzeugen und hat folgerichtig auch den ersten Platz in der Vorrunden-Tabelle eingenommen. Die Titelverteidigung schien, auch aufgrund der schwächeren Auftritte der Konkurrenten, in greifbarer Nähe, die Vorfreude wuchs. Die Runde der Finalisten wurde noch komplettiert von den Instituten Verkehr, Statik und IWAR. Ein Kontertor und 15 Minuten besten italienischen Mauerfußballs später musste sich das IFSW allerdings schon im Halbfinale dem späteren Turniersieger geschlagen geben. Entsprechend groß war dann auch die Enttäuschung nach der guten Vorrunde. Im Spiel um Platz 3 konnte man sich aber trotzdem noch gegen das Statik-Institut durchsetzen und das Turnier mit einem versöhnlichen Erfolgsgefühl, und dem Wissen schönen Fußball gespielt zu haben, beenden. Im Finale gewann derweil das Verkehrsinstitut gegen die Mannschaft von IWAR und konnte damit nach nur einem Jahr Pause den Pokal wieder mitnehmen. Das Ziel für das nächste Jahr ist natürlich klar: der Pokal muss wieder ans IFSW!

### Werkstoffmechanikseminar des Fachgebiets Werkstoffmechanik im Reussenkreuz April 2019

Das bereits 40. Seminar des Fachgebiets Werkstoffmechanik fand in diesem Jahr, anlässlich seines Jubiläums, ganz traditionell im Reussenkreuz / Sensbachtal im hessischen Odenwald statt. Im Fokus der einwöchigen Veranstaltung stand der fachliche Austausch über aktuelle Themen und Forschungen auf dem Gebiet der Werkstoffmechanik. Zu diesem Zweck sind befreundete Kollegen und Kolleginnen aus ganz Deutschland und über die Landesgrenze hinaus zusammen gekommen, die gemeinsam annähernd 20 Fachvorträge zu Problemstellungen aus Industrie und Forschung präsentierten. In gewohnt offener Atmosphäre wurden die vorgestellten Arbeiten sowie mögliche Lösungsansätze zu offenen Fragestellungen diskutiert.

Das gesellschaftliche Rahmenprogramm umfasste in diesem Jahr eine mittelalterliche Führung durch die schöne Altstadt von Michelstadt mit anschließender Bierverkostung und einem gemeinsamen Abendessen. Die humorvolle und kurzweilige Führung informierte die Teilnehmer über Neues und Sensationelles bezüglich der mittelalterlichen Sitten in und um Michelstadt, sodass auch die kulturelle Weiterbildung im Rahmen des Seminars nicht zu kurz kam.



**Fifth IJFatigue&FFEMS Joint Workshop,  
Characterisation of Crack Tip Fields  
8-10.4.2019, Heidelberg**

Die fünfte Auflage des CCTF Workshops, organisiert vom Fachgebiet Werkstoffmechanik, fand vom 8. – 10. April 2019 im beschaulichen Heidelberg im „Forum am Park“ statt. 44 Forschende aus 13 verschiedenen Ländern hatten an den drei Tagen die Möglichkeit 36 Vorträgen beizuwohnen und sich über neue Erkenntnisse auszutauschen.

Inhaltlich behandelten die meisten Vorträge Möglichkeiten zur Beschreibung der plastischen Zone um die Risspitze in gerissenen Strukturen. Dafür wurden sowohl analytische und numerische als auch experimentelle Ansätze vorgestellt. Die Vielfältigkeit der Vorträge eröffnete den Teilnehmern und Teilnehmerinnen dadurch eine große Bandbreite an fachlichen Diskussthematen.



Neben dem Fachlichen gab es aber natürlich auch Platz für ein wenig Abwechslung in der Abendgestaltung. Nach den Vorträgen des zweiten Tages beeilte sich daher die Gruppe, um mit der Heidelberger Bergbahn von der Altstadt zum Schloss zu fahren. Dort wurde eine erweiterte Burgführung angeboten bei der auch normalerweise nicht zugängliche Bereiche der verschiedenen Burgbauten gezeigt wurden. Im Anschluss daran ging es weiter zum Heidelberger Marktplatz und dem dort gelegenen Hotel zum Ritter St. Georg, wo man gemeinsam den Abend beim Abendessen ausklingen lassen konnte.

Die Resonanz über den von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mitfinanzierten Workshop war bei allen Beteiligten durchweg positiv, weshalb die Reihe auch fortgesetzt wird. In den drei Tagen wurde zum einen deutlich, wo die

globalen Herausforderungen der Thematik liegen, und zum anderen welche Bedeutung auch dem Austausch zwischen den Forschenden zukommt.

Die nächste Ausgabe des Workshops wird 2020 in Dubrovnik, Kroatien stattfinden.

**Institutsausflug Marburg  
10.5.2019**

Mit der Bahn und 23 Personen ging es im Mai nach Marburg an der schönen Lahn zum jährlichen Institutsausflug.

Gut gelaunt ging es direkt zum Mittagessen in ein schönes kleines Weinrestaurant. Gestärkt trafen wir unseren Gästeführer und durchstreiften das von Fachwerk gesäumte Städtchen. Marburg ist auch Universitätsstadt. Die Philipps-Universität war die weltweit erste protestantische Universität, die bis heute besteht. Wir hielten auch am Haus der Gebrüder Grimm an, die in Marburg studierten und genossen den Blick über Marburg.



Um in die Oberstadt (Altstadt) zu gelangen, waren viele Treppenstufen und zuweilen steile kleine gepflasterte Wege zu nehmen. Später erfuhren wir, dass es auch zwei Fahrstühle gibt. Der Gästeführer hat es natürlich verheimlicht, zu Recht, denn die Stadt ist wirklich sehenswert.

Nach der Schlossführung genossen wir erst einmal eine Pause mit guten Getränken und Kuchen im Biergarten unterhalb des Schlosses.

Einige machten sich dann schon wieder auf den Heimweg nach Darmstadt. Andere blieben und hatten in der Unterstadt noch einen schönen Abend.

Wir freuen uns auf den nächsten Ausflug.



### Heinrich und Margarete Liebig Preis 2019 für Maren Erven, M.Sc.

Am 12. November 2019 erhielt Frau Erven, seit Herbst 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin des Fachgebiets Stahlbau, für ihre Master-These den Heinrich und Margarete Liebig-Preis 2019. In ihrer Thesis bearbeitet sie das Thema „Untersuchung von 3-D-gedruckten, geschraubten Kopfplatten“. Hierbei stand die Topologieoptimierung im Vordergrund. Als Ergebnis konnte sie eine völlig neue Geometrie für einen biegesteifen Anschluß vorstellen, die zum einen die Möglichkeiten des 3-D-Drucks mit Stahl sehr gut nutzt und zum anderen infolge der Optimierung bis zu 60 % Stahl gegenüber einer herkömmlichen Kopfplatte einspart – bei gleicher Tragfähigkeit!



Maren Erven bei der Preisverleihung © Claus Völker

#### Veröffentlichung:

Lange, J.; Feucht, T.; Erven, M: 3-D-Printing with Steel. BE-AM Symposium auf der formnext Messe, 20. November 2019, Frankfurt

### Additive Fertigung einer Stahlbrücke in situ

Das Fachgebiet Stahlbau hat im Herbst 2018 das Projekt „AM Bridge 2019“ ins Leben gerufen, bei dem eine Stahlbrücke vor Ort und über Wasser additiv gefertigt wurde. Für das weltweit einzigartige Projekt wurde auf der Lichtwiese ein kleiner Bach gebaut, sodass es im September 2019 losgehen konnte. Zum Schutz vor dem inzwischen ungemütlichen Herbstwetter wurde die Baustelle durch ein Zelt eingehaust.

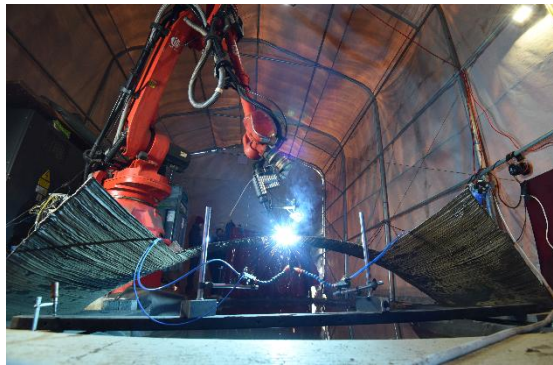


Foto: Claus Völker

Dem Team um die Professoren Lange und Knaack, die wissenschaftlichen Mitarbeiter Christopher Borg Costanzi, M.Sc., Maren Erven, M.Sc. und Thilo Feucht, M.Sc. sowie den studentischen Hilfskräften Benedikt Waldschmitt (zusätzlich im Rahmen seiner Masterarbeit, siehe auch folgende Seite), Juliane Keppler und Anika Löber gelang die termingerechte Verbindung der beiden Brückenteile im Rahmen eines Pressetermins bei herrlichem Herbstwetter (Berichte u. a. in Hessenschau, RTL, Sat1, FAZ und Echo) am 30. Oktober 2019.

Die Brücke wurde Ende November zusätzlich auf der Formnext-Messe in Frankfurt am Main ausgestellt.

### Dr.-Ing. Christian Riess

Christian Riess studierte von 2009 bis 2014 Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie. Während seines Bachelorstudiums engagierte er sich als Tutor in Technischer Mechanik und Konstruktionslehre und war als studentische Hilfskraft am Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal, tätig. Dort verfasste er auch seine Bachelorarbeit mit dem Titel „Grundlagenuntersuchungen zur Herstellung von selbstverstärkten Kunststoffen durch Spritzgießen“. Im Masterstudium vertiefte Riess die Themen Festigkeitslehre, Mechanik und Leichtbau. Erste Berührungspunkte mit der Betriebsfestigkeit entstanden am Ende des Studiums während Praktikum und Abschlussarbeit bei der BMW Group in München (Titel: „Untersuchung und Bewertung von Methoden zur numerischen Lebensdaueranalyse von CFK-Bauteilen“).



Daraufhin begann Riess Anfang 2015 eine Industriepromotion bei der ZF Friedrichshafen AG. Die Arbeit mit Schwerpunkt numerische Modellierung der Auswirkung von Mehrachsigkeit und Nichtproportionalität wurde fachlich von Prof.

Vormwald am Fachgebiet Werkstoffmechanik betreut. Im Juli 2019 gelang ihm die erfolgreiche Verteidigung der Dissertation „Vereinfachte Ansätze zur Lebensdaueranalyse gekerbter Bauteile unter mehrachsiger und nichtproportionaler Beanspruchung“.

Seit Februar 2018 ist Christian Riess bei der ZF Friedrichshafen AG in der zentralen Vorentwicklung beschäftigt. Seine aktuellen Schwerpunkte liegen dabei auf der Software- und Algorithmenentwicklung von Funktionen für prädiktive Instandhaltung und modellbasierte Anomaliedetektion.

### Dr.-Ing. Melanie Fiedler

Melanie Fiedler studierte von 2005 bis 2018 an der Technischen Universität Darmstadt und schloss ihre Studien mit den Abschlüssen B. Sc. Angewandte Mechanik, B. Sc. Bau- und Umweltingenieurwissenschaften und Dipl.-Ing. Mechanik ab. Von Mai 2014 bis Juni 2019 war Frau Fiedler wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Werkstoffmechanik des IFSW. Ihre Zuständigkeiten erstreckten sich über die Betreuung der Lehrveranstaltungen und die Bearbeitung von Forschungsvorhaben zum Themengebiet „Örtliches Konzept“. Für ihre Arbeit im Bereich der Lehre wurde Frau Fiedler 2015 mit dem „Athene-Fachbereichspreis für Gute Lehre“ und 2017 mit einer Auszeichnung im Rahmen des „E-Teaching Awards der TU Darmstadt“ bedacht. Während ihrer Forschungstätigkeiten wirkte sie unter anderem an dem AiF-Forschungsvorhaben „Rechnerischer Festigkeitsnachweis unter expliziter Erfassung nichtlinearem Werkstoff-Verformungsverhaltens“ mit und ist Mitautorin der FKM-Richtlinie nichtlinear.



Im Juni 2019 reichte Frau Fiedler ihre Dissertation mit dem Titel „Das U-Konzept – Technische Bruchlebensdauern auf Basis des Örtlichen Konzepts“ ein und verteidigte diese im August 2019 erfolgreich an der TU Darmstadt. Seit Mitte Juli 2019 verstärkt Frau Fiedler das Team der Arbeitsgruppe Betriebsfestigkeit des Instituts für Festkörpermechanik an der TU Dresden. Neben der Fortführung ihrer Forschungen ist sie dort für die Lehre im Bereich der Technischen Mechanik und zukünftig auch der Betriebsfestigkeit zuständig.

### Dr.-Ing. Alexander Bosch

Alexander Bosch studierte Bauingenieurwesen, von 2007 bis 2010 an der FH Frankfurt und anschließend bis 2013 an der TU Darmstadt. Im Rahmen des Studiums an der FH arbeitete er als studentische Hilfskraft im Labor für Baustoffe und Bauwerkserhaltung. Neben der Betreuung des Betonkanu-Projekts der Hochschule wurde er auch mit der Durchführung eines F&E-Projektes betraut. Zur Vertiefung und Erweiterung seines Wissens absolvierte er sein Pflichtpraktikum am Wilhelm Dyckerhoff Institut für Baustofftechnologie in Wiesbaden, dort entstand auch seine Bachelor-Arbeit. Motiviert durch die Freude am vertieften wissenschaftlichen Arbeiten wechselt er an die



TU Darmstadt. Angetan von den Inhalten der Vorlesungen bei Prof. Vormwald lässt er sich als studentische Hilfskraft gewinnen und unterstützte somit ab Anfang 2012 das Fachgebiet Werkstoffmechanik bei der numerischen Modellbildung und Analyse

von thermomechanischen Problemstellungen. In diesem Kontext entstand auch seine Master-Arbeit zur „Thermomechanische Ermüdung biaxial beanspruchter Bauteile“. Im Anschluss wurde Alexander Bosch im März 2013 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet übernommen, hier betreute er primär zwei AiF/BMWi-geförderte Forschungsvorhaben zur thermomechanischen Ermüdung von Schweißnähten. In dieser Zeit entstand seine Dissertation mit dem Titel „Kurzzrisswachstumsmodelle unter Berücksichtigung variabler strukturelle mechanischer und thermischer Belastung“, welche er im April 2019 einreichte und im Juni 2019 erfolgreich verteidigte. Seit Juni 2019 ist Alexander Bosch bei der MTU Aero Engines AG in München, im Center Technologie und Entwicklung, Abteilung Werkstofftechnik, als Werkstoff-, Prüf- und Fertigungsspezialist beschäftigt. Auch hier darf er sich weiterhin seiner Leidenschaft widmen, der Konzept- und Methodenentwicklung in den Bereichen Bruchmechanik und thermomechanische Ermüdung.

### Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädels

Felicitas Rädels studierte von 2001 bis 2007 Bauingenieurwesen an der TU Darmstadt und der Stellenbosch University in Südafrika. Während ihres Studiums war sie bereits als studentische Hilfskraft unter anderem im Fachgebiet Stahlbau tätig. Nach dem Abschluss als Diplom-Ingenieurin arbeitete sie bei dem Ingenieurbüro Grontmij (inzwischen SWECO) in Frankfurt – hauptsächlich im Bereich Brückenbau. Im Jahr 2009 kehrte sie an die TU Darmstadt zurück, und forschte im Bereich Sandwichbauteile, hierbei insbesondere im Projekt EASIE, einem Forschungsprojekt im Rahmen des 7. EU-Rahmenprogramms. Darüber hinaus betreute sie zahlreiche Vorlesungen und Studienarbeiten des Fachgebiets. Im Jahr 2013 verteidigte sie erfolgreich ihre Promotion zum Thema „Untersuchungen zur Tragfähigkeit von Sandwichelementen mit Öffnungen“.



Es folgten einige Jahre als Post-Doc, während derer sie neben ihrer Tätigkeit als stellvertretende Laborleitung des Fachgebiets Stahlbau unter anderem das „Zertifikat Hochschul-

lehre“ der TU Darmstadt abgeschlossen hat (2016) und mit dem E-Teaching-Award der TU Darmstadt ausgezeichnet wurde (2017). Der Abschluss der Post-Doc-Phase erfolgte im Februar dieses Jahres mit der erfolgreichen Präsentation ihrer Habilitation zum Thema „Eine Inverted – Classroom - Lehrveranstaltung im Stahlbau“. Im Rahmen ihrer Antrittsvorlesung am 31. Oktober 2019 wurde ihr von Dekan Prof. Jens Schneider die Habilitationsurkunde überreicht.

Ihre umfangreiche Erfahrung in Forschung, Praxis und Lehre kann Frau Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädels nun in ihrer Aufgabe als Laborleiterin des Fachgebiets Stahlbau und im Rahmen ihrer Lehrverpflichtung weitergeben.

### Neue Mitarbeiter am Institut

**Jan Kraft, M.Sc.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Patrick Yadegari, M.Sc.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**Alexander Maier, M.Sc.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

### Promotionen und Habilitationen am Institut

**Dr.-Ing. habil. Felicitas Rädcl**  
**Dr.-Ing. Oliver Bletz-Mühdorfer**  
**Dr.-Ing. Teresa Schlitzer**  
**Dr.-Ing. Alexander Bosch**  
**Dr.-Ing. Christian Riess**  
**Dr.-Ing. Melanie Fiedler**  
**Dr.-Ing. Alexander Schmidt**

 **CSZ Ingenieurconsult**  
**CORNELIUS-SCHWARZ-ZEITLER GmbH**  
Beratende Ingenieure für das Bauwesen VBI  
Prüfingenieure für Baustatik VPI

---

M.Sc.  
**Adrian Pflegshörl**  
Projektingenieur Konstruktiver Ingenieurbau

Tel. +49 6151 9415-25 Marienburgstraße 27  
Fax +49 6151 596231 64297 Darmstadt  
E-Mail pflegshoert@csz.de Deutschland  
www.csz.de

Deutschland - China - Iran

 **Dipl.-Ing.**  
**Jörg Plettenberg**

Projektingenieur

**Ingenieurgesellschaft mbH**  
Bessunger Str. 88A  
64285 Darmstadt  
Tel. 0 61 51 / 49 87 30  
Fax 0 61 51 / 49 87 49  
Plettenberg@ib-ks.de



**Lukas Möller, M.Sc.**  
Statiker  
Stahlbauplanung / Engineering Freileitungsbau

HOCHTIEF Engineering GmbH  
Consult IKS  
Lyoner Straße 25  
60528 Frankfurt am Main

Tel.: 069 7117-2159  
Fax: 069 7117-2948  
lukas.moeller@hochtief.de

www.hochtief-engineering.de

 **Lange + Ewald**  
Ingenieure

**Monika Molitor, M.Sc.**  
Tragwerksplanung

Schepp Allee 47  
D-64295 Darmstadt  
Telefon: +49 (0) 61 51 / 307 53 -23  
Telefax: +49 (0) 61 51 / 307 53 -29

m.molitor@lange-ewald.de

Ed. Züblin AG



**Mareike Bopp, M.Sc.**  
Bauleiterin  
Direktion Mitte, Bereich SF 2

Europa-Allee 50  
60327 Frankfurt / Deutschland  
www.zueblin.de  
mareike.bopp@zueblin.de

Tel. +49 69 60608-1000  
Fax +49 69 60608-1414  
Mobil +49 151 10296185

**Andreas**  
**Alt-**  
**Hallenberger**  
**M.Sc.**

**+49 6151 660 86-124**  
**aalt-hallenberger@fastepp.com**  
**www.fastepp.com**

**Fast + Epp GmbH**  
**Bismarckstraße 23**  
**64293 Darmstadt**