

**Universität Stuttgart**

Institut für Konstruktion und Entwurf

Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann



Karl  
Drebenstedt



Georgios  
Skarmoutsos

## Neubewertung und Erweiterung Kerbfallkatalog Eurocode 3

In vielen Bereichen unserer modernen Infrastruktur wie z. B. im Brückenbau, im Kran- bzw. Kranbahnbau, im Schornstein- und Mastbau sowie bei Windkraftanlagen unterliegen geschweißte Stahlstrukturen während ihrer Nutzungsdauer einer zyklischen Beanspruchung.



Die Ermüdungsfestigkeit von Konstruktionen ist im Eurocode 3 Teil 1-9 geregelt. Die dort definierten Ermüdungsfestigkeiten basieren auf experimentellen Untersuchungen. Jedoch sind existierende Datenbanken lückenhaft und basieren auf veralteten Auswertemethoden. Im Rahmen des Projekts wurde eine Online Datenbank aufgebaut, in der tausende Versuchsergebnisse aufgearbeitet sind. Anhand dieser breiten Datengrundlage können mithilfe statistischer Methoden signifikante Einflussgrößen auf die Ermüdungsfestigkeit untersucht werden. Im Rahmen des Projekts wurden auch experimentelle Untersuchungen an Konstruktionsdetails durchgeführt. Dazu gehörte die deutsche Variante des Konstruktionsdetails „Gurtlamellenende“, das insbesondere im Brückenbau ein verbreitetes Schweißdetail darstellt. Das Projekt wurde von drei Forschungsstellen betreut: RWTH Aachen, KIT Karlsruhe und Universität Stuttgart.

**Laufzeit:** 2016-2019

**Projektförderung:** AiF - DAST/ FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Karl Drebenstedt, M.Sc.

## Lichtbogenlöten für Anbauteilen bei Ermüdungsbelastung

Schwingend beanspruchte und geschweißte Stahlkonstruktionen sind durch die metallurgische und geometrische Kerbwirkung im hohen Maße anfällig für Materialermüdung. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollte das Lichtbogenlöten als alternatives Fügeverfahren erprobt werden. Durch das Lichtbogenlöten kann der Einfluss der metallurgischen Kerbwirkung stark reduziert werden. Die Beeinflussung des Grundmaterials ist hier deutlich weniger ausgeprägt.



Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden insgesamt 150 Ermüdungsversuche in 10 unterschiedlichen Varianten durchgeführt, um unterschiedlichste strukturelle Einflussgrößen untersuchen zu können. Auf der Basis der experimentellen Untersuchungen erfolgte eine Einordnung der Kerbfälle bei den untersuchten Anbauteilen in den Kerbfallkatalog von Eurocode 3 Teil 1-9. Das Lichtbogenlöten kann insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen eine wirtschaftliche Alternative zum derzeit üblichen Schweißen von Anbauteilen sein. Für Hersteller von Stahlrohrtürmen für Windenergieanlagen und ermüdungsbeanspruchten Kranstrukturen konnte für nicht primär tragende Anbauteile ein Fügeverfahren qualifiziert werden, das Kerbwirkungen deutlich reduzieren kann und dadurch perspektivisch auch den Einsatz hochfester Stahlgüten begünstigt. Das Projekt wurde von zwei Forschungsstellen betreut: Fraunhofer Einrichtung für Großstrukturen in der Produktionstechnik und Universität Stuttgart.

**Laufzeit:** 2018-2020

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Karl Drebenstedt, M.Sc.

**Ermüdung**

**Stahlbau**

## Zyklische Bemessung von Zugstäben mit Endgewinden

Für Zugstangen mit Endgewinden ist die Normungssituation zurzeit unklar. Für Zugglieder gibt es die DIN EN 1993-1-11. Danach wird der Kerbfall 105 ohne Berücksichtigung eines Größeneinflusses angesetzt. Die Alternative ist in DIN EN 1993-1-9 gegeben und folgt im Prinzip den Regeln für Schrauben. Sie führt zum wesentlich ungünstigeren Kerbfall 50. Außerdem ist hier eine Berücksichtigung des Größeneinflusses vorgesehen. Es stellte sich die Frage: Was ist richtig?



Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde der Größeneinfluss bis M100, der Einfluss des Gewindeherstellungsverfahrens (gerollt oder geschnitten), sowie der Einfluss einer Feuerverzinkung auf die Ermüdungsfestigkeit untersucht. Es wurden systematisch klassische Wöhlerlinien im Zeitfestigkeitsbereich ermittelt. Mit einem FE-Modell wurden umfangreiche Parameterstudien zu Größeneinfluss, Herstellungstoleranzen und Imperfektionen durchgeführt. Das Projekt wurde von zwei Forschungsstellen betreut: TU Braunschweig und Universität Stuttgart.

**Laufzeit:** 2017-2020

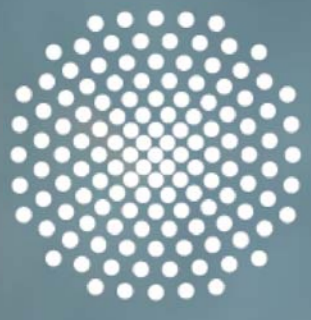
**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
Dipl.-Eng. Georgios Skarmoutsos



[www.uni-stuttgart.de/ke](http://www.uni-stuttgart.de/ke)





**Universität Stuttgart**

Institut für Konstruktion und Entwurf

Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann



Mathias Euler



Gloria Hofmann



Lisa-Marie Gözl

## Evolution Kerbfallkatalog für wirtschaftlich optimierte Stahlbauten

Das übergeordnete Ziel dieses Projekts ist die systematische Neubewertung wesentlicher Einflussgrößen der Ermüdungsfestigkeit nach DIN EN 1993-1-9 bezogen auf geschweißte Konstruktionsdetails des Stahl- und Verbundbrücken-, Kran(bahn-) sowie des Mast- und Schornsteinbaus. Dies bietet die Möglichkeit den Kerbfallkatalog wesentlich vorteilhafter, realitätsnäher und u.U. wirtschaftlicher zu gestalten.



Dazu soll die vorhandene DASt-Versuchsdatenbank erweitert werden. Teil dieser Erweiterung sind sowohl die Daten von vorhandenen durchgeführten Versuchen, u. a. von der Deutschen Bahn AG, als auch die Ergebnisse von neuen Versuchen, die im Rahmen dieses Projektes durchgeführt werden. Ziel der Versuche ist die Untersuchung des Geometrieinflusses bei Stumpfnähten und Längssteifen, die eine Optimierung und Vereinfachung der Kerbfallklassen zum Ziel haben. Außerdem sollen Grenzwerte von Fertigungstoleranzen bei ausgewählten Details wie dem Kreuzstoß erarbeitet werden. Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung von Kerbfällen bei hoher Fertigungsqualität. Dieses Projekt wird gemeinsam mit der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Stahl- und Leichtmetallbau, sowie dem KIT Karlsruhe, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine bearbeitet.

**Laufzeit:** 2020-2023

**Projektförderung:** AiF - DASt

**Ansprechpartnerin:**  
Gloria Hofmann, M.Sc.

## Ermüdungsfestigkeit von unterbrochenen Schienenschweißnähten

Eine übliche Ausführungsvariante zur Befestigung von Schienen auf Kranbahnträgern sind die unterbrochenen Schienenschweißnähte. Durch die Vermeidung von durchgehenden Schienenschweißnähten sinken zum einen die Fertigungsdauer und der Materialeinsatz, zum anderen verringert sich der Schweißverzug des Trägers und damit der Richtaufwand. Im Moment ist ihre Bemessung und Ausführung durch die geltende Stahlbaunormung (DIN EN 1993-6) jedoch nicht geregelt. Da Kranbahnträger zyklisch beansprucht werden, müssen nach DIN EN 1993-6 in Verbindung mit DIN EN 1993-1-9 Ermüdungsnachweise auch für die Konstruktionsdetails der Schienenbefestigung geführt werden.



Um die Praxis bei der Auslegung der Schienenschweißnähte zu unterstützen, sollen drei dringende Fragen geklärt werden. Kann der Kontakt zwischen Schiene und Träger die Belastung der Schienenschweißnähte reduzieren? Mit welchen Kerbfällen kann die vorhandene infolge Radlast mehrachsige Beanspruchung im Rahmen eines Nennspannungsnachweises für jede Beanspruchungsart ( $\sigma_{\perp}$ ,  $\sigma_{\parallel}$ ,  $\tau_{\parallel}$ ) nach DIN EN 1993-1-9 eingestuft werden? Wie überlagern sich die Spannungszustände im Gegensatz zu der durchgehenden Schweißnaht? Dieses Projekt wird gemeinsam mit der Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart bearbeitet.

**Laufzeit:** 2019-2021

**Projektförderung:** AiF - DASt

**Ansprechpartner:**  
Prof. Dr.-Ing. Mathias Euler  
Gloria Hofmann, M.Sc.

**Ermüdung**

**Stahlbau**

## HFH-Nachbehandlung höchstfester Baustähle

Bei dynamisch beanspruchten Stahlkonstruktionen wird meist der Ermüdungsnachweis maßgebend. Erhöhte Betriebsbelastungen und Leichtbauaspekte erfordern den Einsatz immer höherfesterer Stähle. Regelwerke geben Kerbfälle für den Ermüdungsnachweis an, die unabhängig von der Werkstofffestigkeit sind, sodass der Einsatz hochfester Stähle keine Vorteile bei diesen Konstruktionen hat. Durch den Einsatz von höherfrequenten Hämmerv Verfahren (HFH) kann die Ermüdungsfestigkeit geschweißter Verbindungen erhöht und das Potential hochfester Stähle genutzt werden. Die DASt-Richtlinie 026 regelt die Ermüdungsbemessung von Kerbdetails aus den Stahlsorten S235 bis S700. Die Erweiterung auf Stähle bis S960 steht noch aus und geometrische Imperfektionen außerhalb der Bewertungsgruppe B in ISO 5817 sind bislang nicht geregelt.



Vorhabensziel ist die Erweiterung der DASt-Richtlinie 026 und die gezielte Untersuchung des Einflusses der HFH-Behandlung für die Ermüdungsfestigkeit von Schweißnähten mit geometrischen Fertigungsimperfektionen. Zur Erreichung dieser Ziele erfolgen Untersuchungen an Konstruktionsdetails mit und ohne Imperfektionen. Das Projekt wird gemeinsam mit dem KIT Karlsruhe, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine und dem Fraunhofer IGP in Rostock durchgeführt.

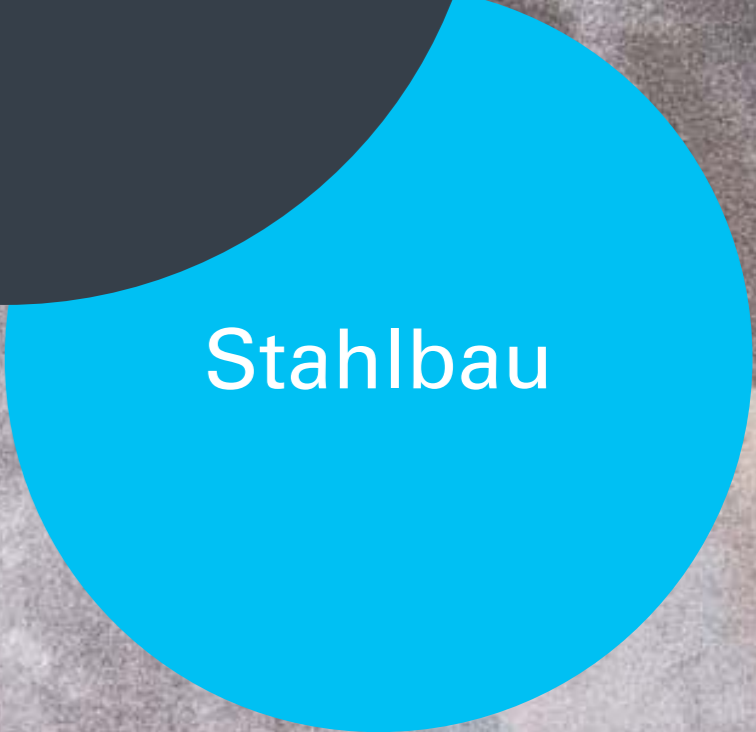
**Laufzeit:** 2021-2023

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartnerin:**  
Lisa-Marie Gözl, M.Sc.







Stephanie Breunig



Konrad Kudla

### Anwendung von HFH an hochfesten Stählen

Durch Anwendung höherfrequenter Hämmerverfahren (HFH) kann die Ermüdungsfestigkeit von Schweißdetails erheblich verbessert werden. Dieser Effekt verstärkt sich mit steigender Streckgrenze, so dass bei hochfesten Stählen eine größere Ermüdungsfestigkeitssteigerung gegenüber normalfesten Baustählen bestätigt werden konnte. Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts OPTIBRI, das sich mit dem optimierten Einsatz von hochfesten Baustählen im Brückenbau befasste, wurden mit HFH nachbehandelte Kleinschwingversuche von Projektpartnern an S690 durchgeführt.



Um den Bauteileinfluss, der u.a. durch Behinderung der Schweißschumpfung beim Abkühlen zu stärkeren Zwängungen und größeren Eigenspannungen im Bauteil führt, zu erfassen, wurde ein Versuchsprogramm aus Klein- und Großversuchen zusammengestellt. Diese Versuche wurden am Schweißdetail der Quersteife durchgeführt. In Anlehnung an bereits existierende Versuchsergebnisse an nachbehandelten Trägerversuchen mit Spannungsverhältnissen  $R=-1$  und  $R=0,5$ , wurden Trägerschwingversuche mit einem Spannungsverhältnis von  $R=0,1$  durchgeführt. Dieses europäische Projekt wurde gemeinsam mit Kollegen von der Universität Liège (UL), Universität Coimbra (UC) und Ingenieurbüro GRID (Lissabon), Belgisches Schweißinstitut (BWI) und Industeel GmbH durchgeführt.

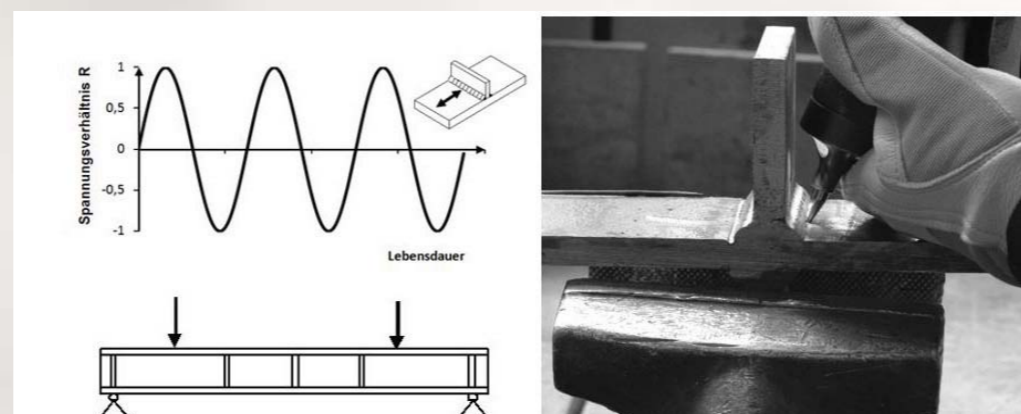
**Laufzeit:** 2014-2017

**Projektförderung:** RFCS

**Ansprechpartnerin:**  
 Dr.-Ing. Stephanie Breunig

### Entwicklung einer DAST-Richtlinie für HFH

In den letzten Jahren haben sich mehrere Forschungsstellen mit der ermüdungsfestigkeitssteigernden Wirkung von höherfrequenten Hämmerverfahren (HFH) an Schweißnahtübergängen beschäftigt, so dass inzwischen mehrere Bemessungsansätze zur Ermittlung des Ermüdungsfestigkeitszuwachses existieren. Dennoch gibt es eine Reihe offener Fragen wie z.B. der Mittelspannungseinfluss auf die Ermüdungsfestigkeit von mit HFH nachbehandelten Schweißnähten. Neben dem Bauteileinfluss der bisher mit einer Abminderung von 20 % sehr konservativ erfasst wurde, war auch die Effektivität einer Nachbehandlung bei Vorbelastung Gegenstand der Untersuchungen, sowie der Einfluss einer mehrstufigen Belastung. Diese Effekte wurden mit numerischen und experimentellen Untersuchungen quantifiziert. Gezielte Anwendungsgrenzen und Randbedingungen für die HFH-Anwendung konnten identifiziert werden. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wurde aufbauend auf bestehende Ansätze ein Bemessungskonzept für die Anwendung auf drei wesentliche Kerbdetails entwickelt, das die relevanten Einflüsse und Randbedingungen berücksichtigt. Dieses führte zur DAST-Richtlinie 026.



Das Projekt wurde gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Versuchsanstalt Stahl, Holz und Stein, Abt. Stahl- und Leichtbau durchgeführt.

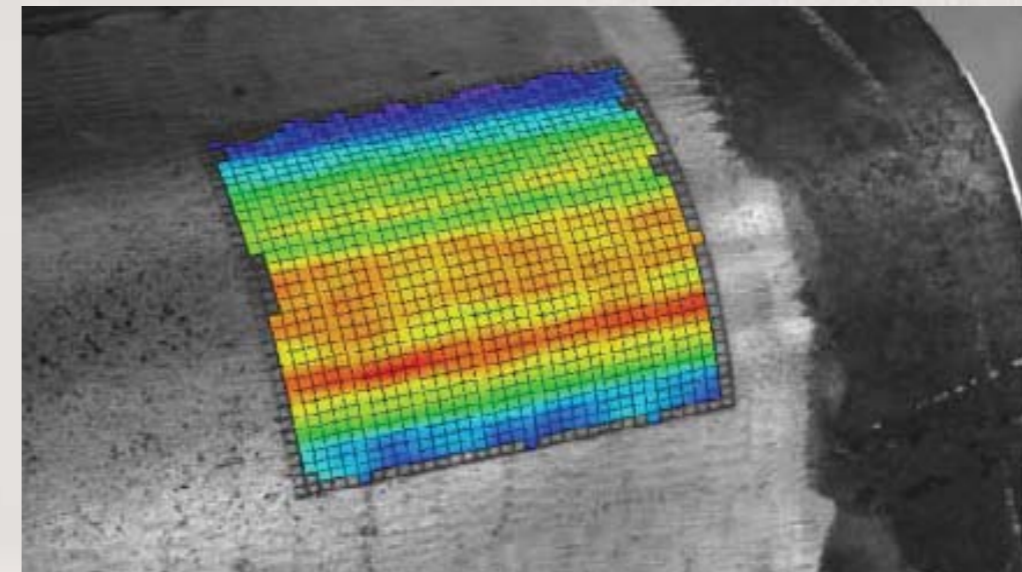
**Laufzeit:** 2013-2017

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartnerin:**  
 Dr.-Ing. Stephanie Breunig

### Schweißen von kaltumgeformten Bauteilen

Im Stahl- und Anlagenbau werden viele Stahlprofile durch Kaltumformen hergestellt. Eine der häufigsten Fügemethode im Stahlbau ist das Lichtbogenschweißen. Somit ist es häufig unumgänglich, dass kaltumgeformte Bauteile im Bereich der Kaltumformung verschweißt werden. Durch das Forschungsvorhaben wurden die vorhandenen Regeln für das Schweißen im kaltumgeformten Bereich in Bezug auf die heute verfügbaren Stähle überprüft. Experimentell wurde das Verhalten von kaltumgeformten und geschweißten Bauteilen bei tiefen Einsatztemperaturen erprobt.



An 20 kaltumgeformten und geschweißten Versuchskörpern aus S355 wurden die Umformradien variiert und somit sehr große und kleine Umformgrade untersucht. Parallel zu den einzelnen Fertigungsschritten wurden metallurgische Untersuchungen an den verwendeten Stählen durchgeführt, deren Erkenntnisse in numerische Simulationen einfließen. Durch einen durchgängigen Simulationsansatz konnten die Verschiebungen am FE-Netz aus der Umform- in die Schweißsimulationsumgebung übergeben werden. Auf Basis weiterer FE-Analyse wurden bruchmechanische Berechnungen durchgeführt, um die Ergebnisse der Sprödbruchversuche zu bewerten.

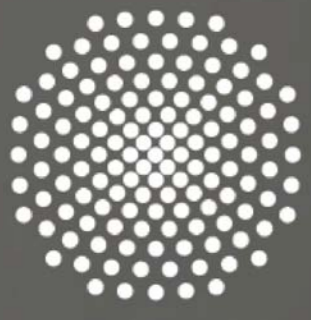
**Laufzeit:** 2010-2014

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
 Dr.-Ing. Konrad Kudla







Stephanie Breunig



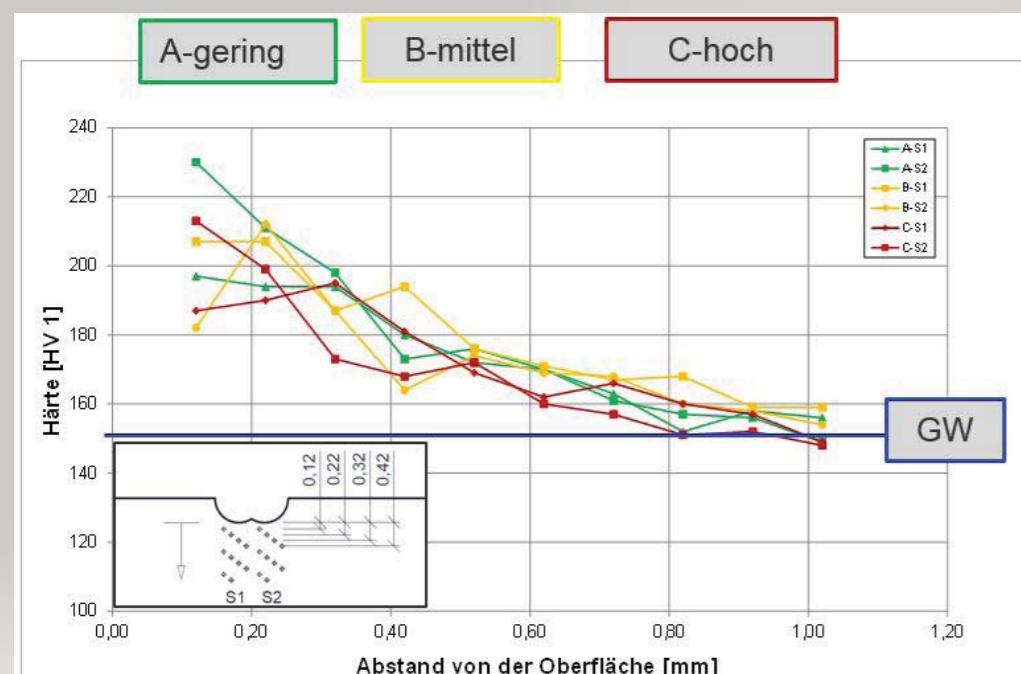
Konrad Kudla



Lisa-Marie Gözl

## Entwicklung eines einfachen Qualitätssicherungstests für HFH

Die Anwendung höherfrequenter Hämmerverfahren (HFH) zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit dynamisch beanspruchter Bauteile gewinnt zunehmend an Bedeutung. Eine zuverlässige Anwendung von HFH-Verfahren setzt jedoch neben anerkannten Regeln für die Bemessung auch eine entsprechende Qualitätssicherung des Verfahrens, sowie seiner Anwendung voraus. HFH-Verfahren erzeugen plastische Verformungen des Nahtübergangs und Druckeigenstressungen in der Randschicht, die als wesentliche Ursache für die Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit anzusehen sind.



Die Überprüfung der Prozesssicherheit kann neben kostenintensiven Eigenspannungsmessungen in Form einer einfachen visuellen Beurteilung der Behandlungsspur durchgeführt werden. Für die Anwendung und in situ Prozessüberwachung von HFH bedarf es eines praxisfreundlichen Prüfverfahrens, mit dessen Hilfe die Qualität der Anwendung auf eine einfache und unabhängige Weise sichergestellt werden kann. Erste Ansätze wurden innerhalb dieser Kurzstudie beleuchtet und auf Ihre Relevanz und Aussagekraft überprüft. Die Kurzstudie wurde gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Versuchsanstalt Stahl, Holz und Stein, Abt. Stahl- und Leichtbau durchgeführt.

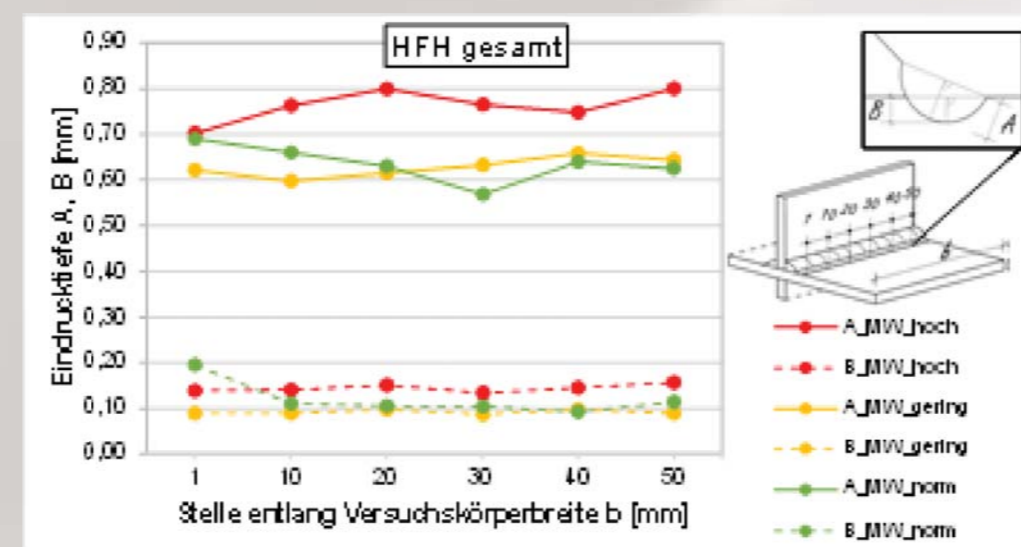
**Laufzeit:** 2010-2015

**Projektförderung:** FOSTA

**Ansprechpartnerin:**  
 Dr.-Ing. Stephanie Breunig

## Auswirkungen variierender Ausführungsqualitäten von HFH

Die Effektivität der Schweißnahtnachbehandlung mittels höherfrequenten Hämmerverfahren (HFH) konnte für normal- und hochfeste Baustähle bereits an mehreren Kerbdetails gezeigt werden. Ein Hindernis für die gegenwärtige Anwendung der HFH-Verfahren in der Praxis stellt die derzeit eingeschränkte Möglichkeit zur Feststellung einer ausreichenden Ausführungsqualität am nachbehandelten Bauteil dar. Mit Hilfe eines einfachen Qualitätssicherungsverfahrens soll künftig sichergestellt werden, dass angewandte Verfahren den gewünschten Effekt am Bauteil wirklich erzielen.



Weiter wurde im Rahmen der FOSTA-Kurzstudie überprüft, inwieweit sich eine Intensitätsvariation auf die Steigerung der Ermüdungsfestigkeit auswirkt. Innerhalb einer kleinen Stichprobe wurde festgestellt, dass die Auswirkungen einer vom Standard abweichenden Nachbehandlung einen unwesentlichen Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit haben. Mittels geeigneter Stichprobengröße sollte der Effekt einer variierenden Nachbehandlungsintensität auf die Ermüdungsfestigkeit überprüft werden. Die Untersuchungen schlossen u. a. Eigenspannungs- und Härtemessungen ein, die eine mögliche Korrelation zwischen Nachbehandlungsqualität und Materialeigenschaften klären sollten. Die Ergebnisse zeigten die Bedeutung der visuellen Prüfung.

**Laufzeit:** 2017-2018

**Projektförderung:** BAW

**Ansprechpartnerinnen:**  
 Dr.-Ing. Stephanie Breunig  
 Lisa-Marie Gözl, M.Sc.

## Schweißnahtnachbehandlung

Stahlbau

## Anwendung höherfrequenter Hämmerverfahren im Stahlwasserbau

Seit einigen Jahren werden geschweißte und durch höherfrequente Hämmerverfahren (HFH) nachbehandelte Proben aus höherfesten Stählen hinsichtlich ihrer Ermüdungsfestigkeit durch umfangreiche Versuchsreihen untersucht. Für die HFH-Nachbehandlung an normalfestem Baustahl S235 lagen bisher keine Ergebnisse vor. Durch dieses Vorhaben wurde ermittelt, welchen Einfluss die Nachbehandlungsmethode auf den bei Stahlwasserbauwerken eingesetzten Baustahl S235 hat. Ziel war es, die rechnerische Restnutzungsdauer der Konstruktion durch eine Minderung der Kerbwirkung mittels HFH zu steigern. Zur Bestimmung der Kerbkategorie der mit HFH-Nachbehandelten Bauteile wurden Kleinversuchen durchgeführt. Durch die Versuche wurde die Ermüdungsfestigkeit für die Zustände nachbehandelter Schweißnähte vor der Belastung, Nachbehandlung von Schweißnähten bei einer rechnerischen Schädigung von 100% und reparierte und anschließend nachbehandelte Schweißnähte ermittelt. Die Untersuchungen zeigten, dass auch bei S235 HFH-Nachbehandlung die Ermüdungsfestigkeit gesteigert werden kann.

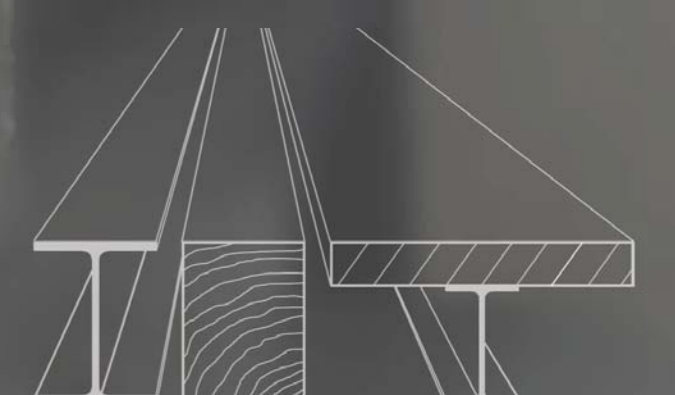


Das Forschungsprojekt wurde gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Versuchsanstalt Stahl, Holz und Stein, Abt. Stahl- und Leichtbau durchgeführt.

**Laufzeit:** 2009-2013

**Projektförderung:** BAW

**Ansprechpartnerin:**  
 Dr.-Ing. Stephanie Breunig







**Universität Stuttgart**  
 Institut für Konstruktion und Entwurf  
*Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau*  
 Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

**Schweißnähte  
höherfester Stähle**

**Stahlbau**



Jennifer Spiegler



Christina Schmidt-Rasche



Andreas Kleiner

### SAFEBRIC-TILE

Im Rahmen des europäischen Forschungsvorhabens SAFEBRIC-TILE, das gemeinsam mit den Universitäten Coimbra und Eindhoven sowie dem ECCS und ArcelorMittal durchgeführt wurde, sollte eine globale Sicherheitsbeurteilung für verschiedene Versagensmodi (duktil, semi-duktil und spröde) erarbeitet werden. Der Forschungsschwerpunkt des Instituts lag bei Kehlnahtverbindungen. Besonders für geschweißte Verbindungen aus normal und höherfestem Stahl sind die derzeitigen Entwurfsregeln nach EN 1993-1-8 verhältnismäßig unwirtschaftlich.



Das aktuelle Bemessungskonzept für sogenannte Mischverbindungen ist unzureichend, da das Konzept und die Sicherheitsbeurteilung für Standardstähle entwickelt und auf höherfeste Stähle übertragen wurde. In vergangenen Projekten wurde gezeigt, dass die Tragfähigkeit einer Kehlnahtverbindung gleicher Grundwerkstoffe maßgeblich durch die Tragfähigkeit des Schweißzusatzwerkstoffs beeinflusst wird. Daher wurden Versuche an Kehlnahtverbindungen aus normal und höherfesten Stählen kombiniert mit verschiedenen Schweißzusatzwerkstoffen durchgeführt, um für die kommende Normengeneration Empfehlungen zur Trag- und Verformungsfähigkeit von Mischverbindungen zu erarbeiten.

**Laufzeit:** 2013-2016

**Projektförderung:** RFCS

**Ansprechpartnerin:**  
Jennifer Spiegler, M.Sc.

### Mischverbindungen

Mischverbindungen treten in der Praxis standardmäßig auf, da die Wahl des Stahls in der Regel an die Ausnutzung angepasst wird und so bspw. an einen höherfesten Stahl S690 ein normalfester Stahl S355 angeschlossen ist. Um die Anwendbarkeit des bereits für Kehlnahtverbindungen von höherfesten Stählen entwickelte Bemessungsmodell für Mischverbindungen überprüfen zu können, bedarf es einer umfangreichen Untersuchung der Tragfähigkeit solcher Verbindungen.



Durch Auswertung der Versuchsergebnisse von Kehlnähten aus normal- und höherfesten Baustählen unter Verwendung unterschiedlicher Schweißzusatzwerkstoffe sowie der Ergebnisse der statistischen Auswertung konnte im Rahmen des Forschungsvorhabens „Mischverbindungen“ die Anwendbarkeit des angepassten Modells bestätigt werden. Die Ergebnisse wurden zu Empfehlungen verdichtet, die zum einen die konstruktive und schweißtechnische Herstellung von Mischverbindungen für die Praxis umfassen und zum anderen Bemessungsregeln wiedergeben, die als Normenvorschlag an die CEN Gremien weitergeleitet werden konnten, und bereits im neuen Normentwurf aufgenommen wurden.

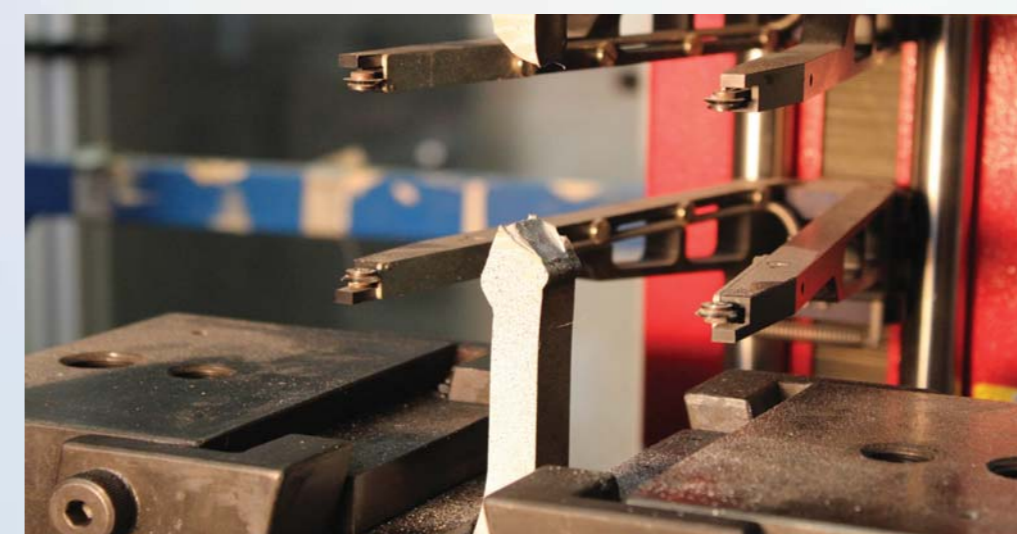
**Laufzeit:** 2014-2017

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartnerin:**  
Jennifer Spiegler, M.Sc.

### HighButtWeld

Für die Bemessung einer Stumpfnah ist zwischen einer durchgeschweißten und einer nicht durchgeschweißten Naht zu differenzieren. Nach EN 1993-1-8 ist die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten entsprechend einer Kehlnaht mit tiefem Einbrand zu ermitteln. Anhand bereits durchgeführter Untersuchungen konnte für Kehlnähte ein angepasstes Bemessungsmodell entwickelt werden. Die Anpassung für durchgeschweißte Stumpfnähte erfolgte bisher noch nicht. Nach EN 1993-1-8 ist für durchgeschweißte Stumpfnähte der Nachweis lediglich im angeschlossenen Bauteil zu führen. Die zu wählende Festigkeit des Schweißzusatzwerkstoffs muss jedoch gleich oder höher des angeschlossenen Bauteils sein. Für normalfeste Stähle ist die Überfestigkeit in jedem Fall gewährleistet. Für höherfeste Stähle gilt dies nur bedingt, da die Festigkeiten des Schweißzusatzwerkstoffs oft nur knapp über der des Grundwerkstoffs liegen.



Darüber hinaus existieren Untersuchungen, die ein vermehrtes Versagen in der Wärmeeinflusszone und nicht im Baueil aufwiesen. Im Rahmen des Gemeinschaftsprojekts mit der TU Ilmenau und der SLV Halle GmbH wurde ein angepasstes Bemessungsmodell von Stumpfnähten höherfester Stähle entwickelt.

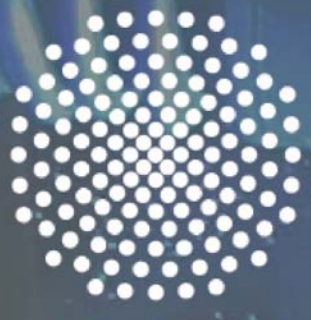
**Laufzeit:** 2017-2020

**Projektförderung:** AiF - DVS

**Ansprechpartnerin:**  
Jennifer Spiegler, M.Sc.







**Universität Stuttgart**  
 Institut für Konstruktion und Entwurf  
*Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau*  
 Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

**Hochfest**

**Stahlbau**



Wigand Knecht



Mareike von Arnim

### Effiziente Bemessung hochfester Hohlprofilknoten mit K-Form

Fachwerke aus Hohlprofilen zählen zu den häufigen im Stahlhochbau ausgeführten Konstruktionen. Der Einsatz hochfester Stähle ermöglicht ressourceneffiziente Tragwerke mit geringerem Materialeinsatz und hohen Tragfähigkeiten. Die Bemessungsregeln für Anschlüsse mit Hohlprofilen wurden durch Versuche an normalfesten Stählen validiert und gehen von der Annahme aus, dass lokale Spannungsspitzen durch plastische Lastumlagerung abgebaut werden. Es stellt sich die Frage, ob lokale Spannungsspitzen bei hochfesten Stählen berücksichtigt werden müssen, da deren hohe Streckgrenze und eingeschränkte Duktilität nur ein begrenztes Plastizieren zulassen.



Durch das Forschungsvorhaben sollen effiziente Bemessungsregeln für Hohlprofilknoten mit K-Form hergeleitet werden, die Bezug auf die einzelnen Versagensmodi nehmen, ggf. mit einer Anpassung der Abminderungsfaktoren für hochfeste Stähle. Es sollen Empfehlungen entwickelt werden, die als Basis für die Praxis dienen sowie für eine normative Regelung im Bauwesen. Zur Erreichung des Forschungsziels sollen großmaßstäbliche Knotenversuche durchgeführt werden und innovative schädigungsmechanische numerische Modelle zum Einsatz kommen. Das Projekt wird gemeinsam mit der RWTH Aachen durchgeführt.

**Laufzeit:** 2020-2023

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Wigand Knecht, M.Sc.

### Hochfeste Hohlprofilfachwerke – HighTRUSS

Zur Ausführung filigraner weitgespannter Fachwerkstrukturen stellen Kreis- oder Rechteckhohlprofile wirtschaftliche Profilformen dar. Insbesondere der Einsatz hochfester Hohlprofile kann zu wirtschaftlichen Leichtbaukonstruktionen führen. Die Bemessung der Anschlüsse hochfester Hohlprofile wird derzeit in der Überarbeitung der Eurocodes 3 in Teil 1-8 neu geregelt. Aufgrund fehlender Untersuchungsergebnisse ist vorgesehen, durch hohe Abminderungsfaktoren ( $C_f$ ) bzw. reduzierter Festigkeit den Sicherheitsanspruch zu erfüllen, sodass der wirtschaftliche Einsatz höherfester Stähle stark eingeschränkt werden würde.



Durch das Forschungsvorhaben sollen differenzierte und abgesicherte Angabe von Abminderungsfaktoren und praxistaugliche Empfehlungen zur Berücksichtigung sekundärer Biegemomente hergeleitet werden. Diese sollen die Grundlagen für die Formulierung eines entsprechenden Nationalen Anhangs zur zukünftigen deutschen Ausgabe der prEN 1993-1-8 schaffen. Zur Erreichung dieses Ziels werden großmaßstäbliche Fachwerkträger- und Knotenversuche sowie umfangreiche numerische Untersuchungen durchgeführt. Das Projekt wird von sieben Projektpartnern durchgeführt: Hochschule München, Karlsruher Institut für Technologie, Universität Stuttgart, Ingenieurbüro Ko-Roh und Feldmann + Weynand, Stahlbau Prebeck und Wegscheid.

**Laufzeit:** 2021-2023

**Projektförderung:** BMWi - WIPANO

**Ansprechpartner:**  
Wigand Knecht, M.Sc.

### Effiziente Nachweis-konzepte für Mischverbindungen im Stahlbau

Um einen wirtschaftlichen und zukunftsorientierten Einsatz von höherfesten Stählen zu fördern, bedarf es der Entwicklung von effizienten Nachweis-konzepten für geschweißte Verbindungen höherfester Stähle. Das betrifft zum einen Stumpfnähte, die infolge der Ausbildung einer weichen Zone im Nahtübergang frühzeitig versagen können, als auch Kehlnähte, deren erweitertes Bemessungskonzept bisher nur bis S700 angewendet werden darf.

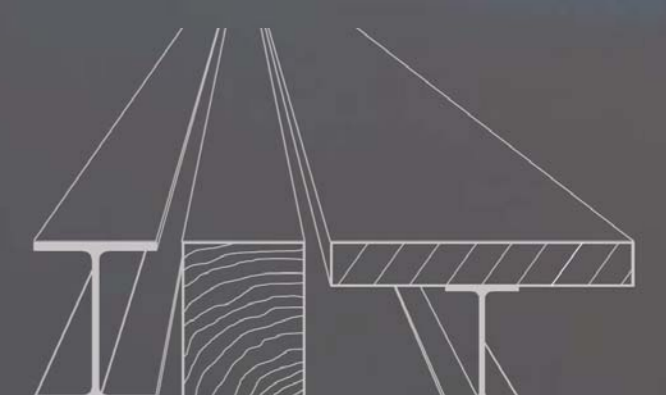


Für den Nachweis im Stahlbau von Stumpfnähten, sind im Eurocode 3 Konzepte verankert, die inadäquat sind: bisher ist für die Bemessung einer Stumpfnahnt der Querschnittsnachweis für das Bauteil mit der geringeren Stahlsorte zugrunde zu legen. Für Stumpfnähte in Mischverbindungen aus normalfesten und höherfesten Stählen ist derzeit in der Norm kein konsistentes Nachweis-konzept vorhanden, obwohl für die Anwendung höherfester Stähle Mischverbindungen essentiell sind. Das für Kehlnähte höherfester Stähle erweiterte Konzept ist nur für Stähle bis S700 gültig, da Untersuchungen an Kehlnähten bis S960 fehlen. Anhand experimenteller und numerischer Analysen sollen für die Norm EN 1993-1-8 entsprechende Bemessungskonzepte erarbeitet werden. Das Projekt wird gemeinsam mit der TU Ilmenau, Fachgebiet Fertigungstechnik und dem Fraunhofer IGP in Rostock durchgeführt.

**Laufzeit:** 2020-2022

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartnerin:**  
Mareike von Arnim, M.Sc.







Mareike  
von Arnim



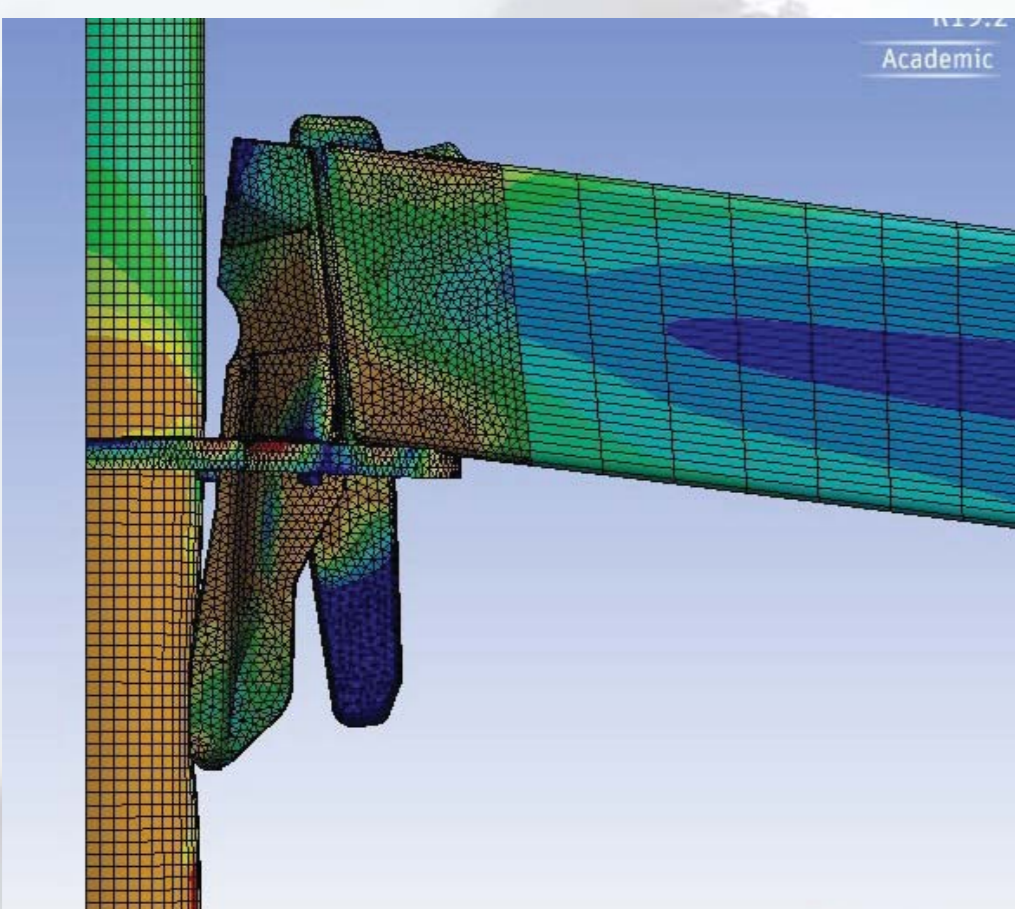
Georgios  
Skarmoutsos



Gloria  
Hofmann

### Numerische Untersuchungen am UH Plus Riegel-Stützen Anschluss

Der Anschluss des UH Plus Riegels an die Stütze ist bei PERI Gerüsten der Gruppe PERI UP Flex ein viel genutzter Gerüstknoten. Aus diesem Grund wird ein Finite Elemente (FE) Modell mit dem Programm ANSYS entwickelt, mit dessen Hilfe detaillierte numerische Untersuchungen und Parameterstudien am Gerüstknoten durchgeführt werden. Ein FE Modell kann zu einem wirtschaftlichen Entwicklungsprozess beitragen, da Material- und Geometrieänderungen schnell implementiert werden können und somit deren Einfluss in FE-Simulationen untersucht werden kann. Mit dem entwickelten FE Modell werden Parameteruntersuchungen zum Einsatz von verschiedenen Materialeigenschaften und Stahlsorten mit insbesondere unterschiedlichen Streckgrenzen durchgeführt. Darüber hinaus wird der Einfluss von Geometrieschwankungen auf Grund von Toleranzen bei der Fertigung, wie beispielsweise Dickenänderungen untersucht.



Die Forschung wird in Kooperation mit der PERI GmbH durchgeführt.

**Laufzeit:** seit 2020

**Projektförderung:** Peri GmbH

**Ansprechpartnerin:**  
Mareike von Arnim, M.Sc.

### FAILNOMORE – Risikominimierung des progressiven Kollapses

Strukturelle Robustheit und die Risikominimierung hinsichtlich des progressiven Kollapses ist ein spezifischer Sicherheitsaspekt, der von allen am Bauen beteiligten Fachleute besondere Vorausschau erfordert. Im Rahmen von Forschungsprojekten zum Strukturverhalten von Stahl- und Verbundkonstruktionen sind technische Aspekte, bezogen auf das globale (Struktur) und lokale (Bauteile) Verhalten für verschiedene außergewöhnliche Belastungssituationen wie bspw. Aufprall, Feuer und Erdbeben umfassend untersucht worden. Zudem hat die EU eine COST Maßnahme (TU0601) mit dem Namen „Robustheit von Strukturen“ finanziell unterstützt, die der Risikobewertung und den Aspekten der einwirkenden Szenarien gewidmet war.



Als Ergebnis des Projekts FAILNOMORE soll der Anwender, basierend auf den Ergebnissen der bereits abgeschlossenen Forschungsprojekte, praktische und benutzerfreundliche Bemessungsrichtlinien erhalten. Diese sollen sowohl eine sichere, als auch wirtschaftliche Bemessung von Stahl- und Verbundkonstruktionen, die der Gefahr möglicher katastrophaler Ereignisse ausgesetzt sind, ermöglichen. Das Forschungsprojekt wird gemeinsam mit den Universitäten Liège, Coimbra, Trento, Timisoara, Prag, Rzeszów, Delft, Catalunya, INSARennes, ECCS, Feldmann+Weynand GmbH und ArcelorMittal Belval & Differdanga S.A. durchgeführt.

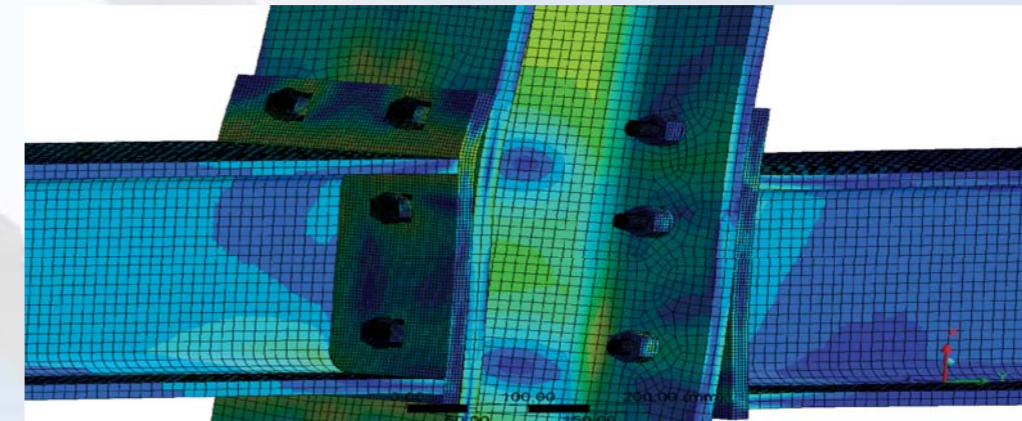
**Laufzeit:** 2020-2022

**Projektförderung:** RFCS

**Ansprechpartner:**  
Dipl.-Eng. Georgios Skarmoutsos  
Gloria Hofmann, M.Sc.

### Standardisierte Stütze-Riegel-Anschlüsse in Erdbebengebieten

Der Schlüssel zum erfolgreichen Entwurf von Bauwerken, die in der Lage sind starke Erdbeben ohne Gefährdung von Personen zu überstehen, liegt in der gezielten Ausnutzung von Werkstoff- und Tragwerkeigenschaften, nämlich der Duktilität und der damit einhergehenden Dissipationsfähigkeit. Hierzu werden bewusst und kontrolliert zyklische, plastische Verformungen unter starken Erdbebenlasten nicht nur zugelassen, sondern explizit vorausgesetzt.



Das Projekt zielt darauf, Anschluss typologien für unterschiedliche Rahmensysteme des Stahl- und Verbundbaus zu entwickeln, mit denen direkt oder durch Analogien die Dissipationsfähigkeit der Stahl-Verbund-Anschlüsse nachgewiesen und in Bemessungswerte umgewandelt werden kann. Zusätzlich sollen auch zuverlässige Kriterien entwickelt werden, mit denen zunächst die Notwendigkeit einer Dissipation und – falls sinnvoll oder erforderlich – die Anforderungen an die Details hinsichtlich Verformung, Lastniveau und Werkstoffeigenschaften definiert werden. Als Grundlage für die numerischen Untersuchungen sind zyklische Bauteilversuche und statische Referenzversuche geplant. Das Projekt wird gemeinsam mit der RWTH Aachen, Center for Wind and Earthquake Engineering durchgeführt.

**Laufzeit:** 2020-2023

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Dipl.-Eng.  
Georgios Skarmoutsos







Alexander Enders



Fabian Jörg



Vahid Pourostad

## Kombinierte Stahlspundwände

Häufig werden beim Bau von großen Kaimauern in Hafenanlagen kombinierte Stahlspundwände, bestehend aus I-förmigen Tragbohlen und Z-förmigen Zwischenbohlen, zur Überbrückung von Geländesprüngen eingesetzt. Für eine wirtschaftlichere Dimensionierung bzgl. Stabilität wurde im Vorgängerprojekt „Entwicklung von effizienten Dimensionierungsgrundlagen für die Tragbohlen kombinierter Stahlspundwände“ die Einbettung der Stahlprofile in nicht-bindige Böden experimentell und numerisch ermittelt. Zusätzlich wurden u. a. Effekte wie die teilweise Verschweißung der Doppeltragbohlen in Längsrichtung untersucht, woraus auf Basis von EN 1993-1-1 Nachweisformeln entwickelt wurden.



In Zusammenarbeit mit der TUHH werden beim derzeitigen Nachfolgeprojekt „Optimierte Auslegung von kombinierten Stahlspundwänden für den Einbringvorgang und den Endzustand“, die Nachweise auf Stabilitätsversagen in bindigen Böden erweitert. Positive konstruktive Effekte, wie bspw. eine verstärkte Endverschweißung der Doppeltragbohlen, sollen für eine wirtschaftlichere Bemessung berücksichtigt werden. Zudem wurden Interaktionsbeziehungen für die Tragbohlen bei globaler Beanspruchung und lokaler Flanschbiegung erarbeitet.

**Laufzeit:** 2018-2021

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Alexander Enders, M.Eng.

## Stabilität von Walzprofilen unter Normalkraft, Biegung und Torsion

Doppelsymmetrische Stahlprofile, sogenannte Walzprofile, gehören zu den wichtigsten Bestandteilen im Stahlhoch- und -hallenbau. Aufgrund ihrer hohen Tragfähigkeit und einer aus einer sehr breit gefächerten Produktpalette folgenden Flexibilität, werden sie heutzutage für Stützen und Binder ebenso verwendet wie für Pfetten und Kranbahnträger. Aufgrund ihrer Schlankheit sind die Profile jedoch meist stabilitätsgefährdet und stehen zudem unter einer Vielzahl von unterschiedlichen Einwirkungen und resultierenden Kombinationen verschiedener Schnittgrößen. Beispielsweise entsteht bei einem Kranbahnträger durch das exzentrische Angreifen von Horizontallasten (aus seitlichen Kranlasten) oberhalb des Trägerobergurtes die drei Momentenanteile, während Normalkräfte aus Anfahr- und Bremsvorgängen der Kranlast in Hallenlängsrichtung resultieren.



Für die Stabilitätsnachweise existieren aktuell mehrere Nachweisformate, die jedoch im Fall des Querschnittsnachweises nach Theorie II. Ordnung für eine praktische Anwendung oftmals zu kompliziert sind oder im Fall des Ersatzstabnachweises aus Eurocode 3 nicht alle Schnittgrößenkombinationen abdecken. In diesem Forschungsprojekt wurden, an den in Eurocode 3 Teil 1-1 Abschnitt 6.3.3 angelehnte, jedoch erweiterte Bemessungsregeln sowie einfache Abgrenzungskriterien entwickelt, die eine praktische Bemessung für eine Interaktion aus Normalkraft, Biegung und Torsion ermöglichen.

**Laufzeit:** 2016-2019

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
Fabian Jörg, M.Sc.

## Beulverhalten nicht rechteckiger Beulfelder

Moderner Stahlbau zeichnet sich durch schlanke Tragwerke und fertigungsoptimierte Konstruktionen aus. Aus ästhetischen und wirtschaftlichen Gründen werden die Bauteile so gefertigt, dass ein Minimum an Materialeinsatz und ein Maximum an Materialausnutzung erreicht wird. Um die Geometrie zu optimieren, wird oft das Beulfeld an die Beanspruchungen angepasst. So sind nicht rechteckige Beulfelder von Interesse.



Zur Erweiterung der bisher beschränkten Datenbasis und zur Untersuchung des Tragverhaltens von schlanken nicht rechteckigen Blechen mit und ohne Längssteifen unter Interaktion von Biegemoment und Querkraft (M-V Interaktion) wurden, im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts OUTBURST, sechs großformatige Trägerversuche durchgeführt. Die umfangreichen numerischen Untersuchungen am verifizierten Modell zeigen für den mehraxialen Spannungszustand teilweise Unsicherheiten bei den bestehenden Bemessungsregeln auf, die mit Hilfe eines neuen Bemessungsvorschlags beseitigt werden. Das OUTBURST-Projekt führte auch Untersuchungen zu gekrümmten Beulfeldern, die durch die Partner, die Universität Coimbra und Ljubljana, durchgeführt wurden. Weitere Projektpartner waren: AKTIN, ABES, MCE, GRID und die Universität Lissabon.

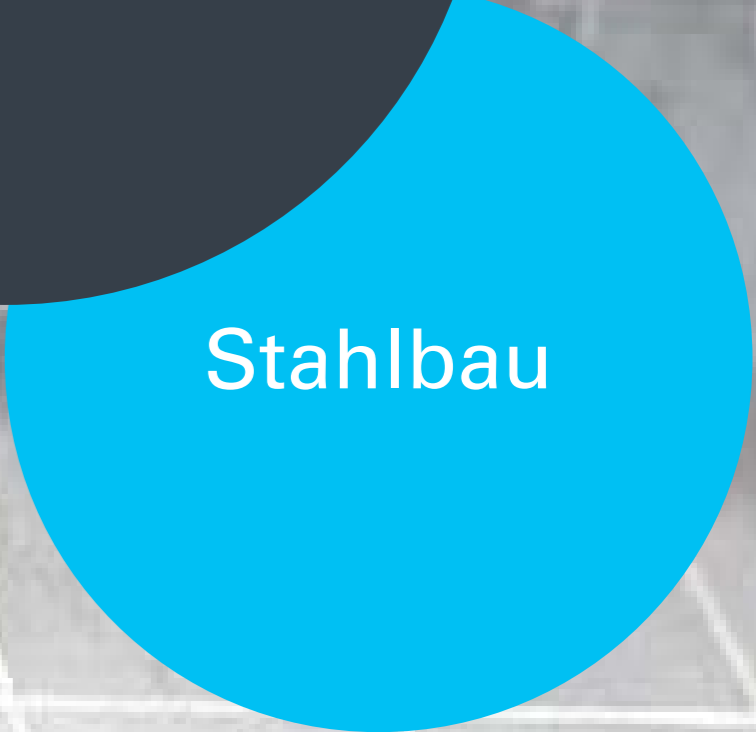
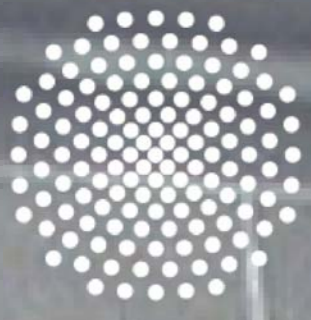
**Laufzeit:** 2016-2019

**Projektförderung:** RFCS

**Ansprechpartner:**  
Vahid Pourostad, M.Sc.







Fabian  
Jörg



Alexander  
Enders

## Druckgurtnicken für geschweißte Träger im Kalt- und Warmzustand

Der Nachweis des Druckgurtnickens stellt ein anschauliches und für die praktische Anwendung sehr einfaches Modell für das Biegedrillknicken dar. EN 1993-1-1, Abs. 6.3.2.4 greift dieses vereinfachte Modell für die Bemessung von Trägern des Hochbaus auf. Für den Brückenbau wird dieses Nachweisverfahren mit einer konservativen Annahme für die Plateaulänge sowie unter Berücksichtigung von Knicklinie  $d$  für geschweißte Querschnitte adaptiert.



Eine vereinfachte Brandbemessung biegedrillknickgefährdeter Träger erscheint unter Berücksichtigung temperaturabhängiger Materialkennwerte grundsätzlich möglich, wird momentan in EN 1993-1-2 jedoch nicht explizit vorgesehen. Besonders für geschweißte Querschnitte gibt es zudem mangelnde Erkenntnisse bezüglich der beim Schweißen entstehenden Eigenspannungen. Bekannt ist, dass sie fast immer ungünstiger sind als die Eigenspannungen bei gewalzten Querschnitten, dieser Effekt war aber aufgrund mangelnder Datenbasis schwer zu quantifizieren. Zudem stellte sich die Frage, ob sie im Brandfall das Stabilitätsverhalten überhaupt nennenswert beeinflussen. In diesem, gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum, durchgeführten Projekt wurden daher die Eigenspannungen geschweißter Querschnitte und deren Einfluss auf das Stabilitätsverhalten bei Normaltemperatur und im Brandfall untersucht und Regeln für den neuen Eurocode 3 entwickelt.

**Laufzeit:** 2017-2020

**Projektförderung:** AiF – DASt

**Ansprechpartner:**  
Fabian Jörg, M.Sc.

## Systemeinfluss Stabilitätsverhalten

Die Verwendung von schlanken Stahlprofilen fördert die Wettbewerbsfähigkeit von Stahlkonstruktionen im Hoch- und Industriebau, erfordert jedoch eine effiziente Bemessung insbesondere für den Stabilitätsnachweis des Biegedrillknickens. Praxisnahe Anschlusskonstruktionen des Hochbaus wie typische Haupt- und Nebenträgeranschlüsse weichen meist von den dem Verfahren zugrunde liegenden Idealisierungen, vor allem dem gabelgelagerten Einfeldträger, ab. Je nach Anschlusstyp variiert die Verdrehsteifigkeit und es ist von einem signifikanten Unterschied im Tragverhalten zwischen idealisierten und realen Tragwerken auszugehen. Und schließlich liegen auf Systemebene nur selten Einfeldträger vor, Durchlaufträger oder Rahmenriegel sind weitaus häufiger.



Das Vorhaben adressiert die bekannten, offenen Fragestellungen, die ggf. zu Planungsunsicherheiten führen. Biegedrillknick-Versuche sollen typische Anschlusskonfigurationen und ihre „Einspanneffekte“ testen, so dass anschließende numerische Untersuchungen zu ergänzenden Regeln führen können. Ziel dieses, gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum, durchgeführten Forschungsvorhabens ist daher, konkrete praxisorientierte Vorschläge für eine Erweiterung der Anwendungsgrenzen für den vereinfachten Bauteilnachweis zu erarbeiten und somit eine Erleichterung für die Praxis zu ermöglichen.

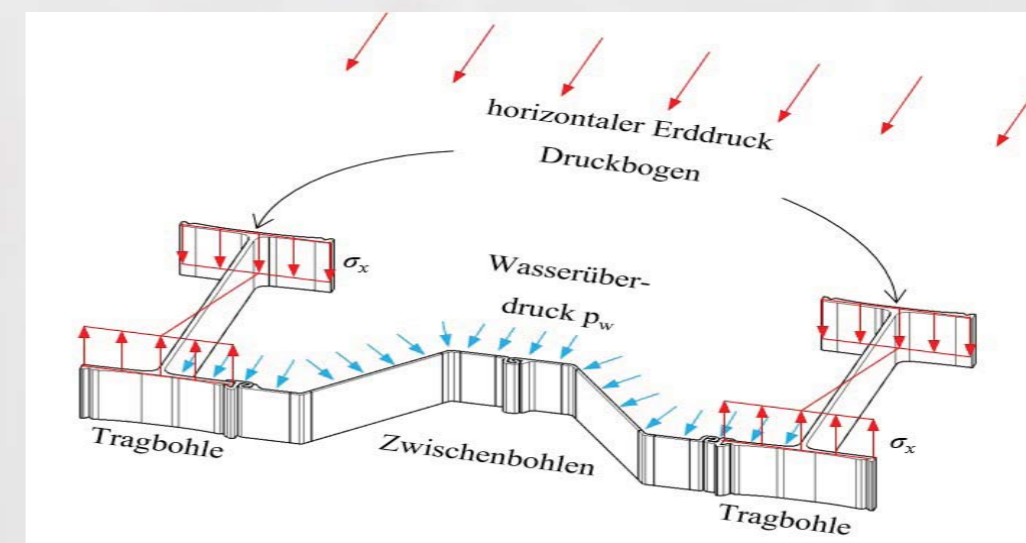
**Laufzeit:** 2020-2022

**Projektförderung:** AiF – FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Fabian Jörg, M.Sc.

## Zum räumlichen Tragverhalten von kombinierten Stahlspundwänden

Kombinierte Spundwände werden hauptsächlich im Kaimauerbau als maßgebendes Tragelement eingesetzt. Bei Anwendung gültiger Nachweisformate zeigt sich, dass rechnerisch viele der bestehenden Kaimauern nicht mehr standsicher sind, obwohl diese der Praxis entsprechen. Die Bemessung erfolgt meist zweidimensional unter Ansatz der Gewölbeausbildung zwischen den Tragbohlen, sodass Tragbohlen den Erddruck und Zwischenbohlen den Wasserdruck aufnehmen. Zur Beschreibung des räumlichen Tragverhaltens von kombinierten Spundwänden liegen nur unzureichende Daten vor. Es fehlen konkrete Ansätze zur Bestimmung des Einflusses und zur Ausbildung des horizontalen Gewölbes. Weiter bleibt die Ausbildung des vertikalen Druckgewölbes infolge tiefenabhängiger Erd- und Wasserdruckzunahme und daraus resultierender Überlagerung der beiden Gewölbe unberücksichtigt.

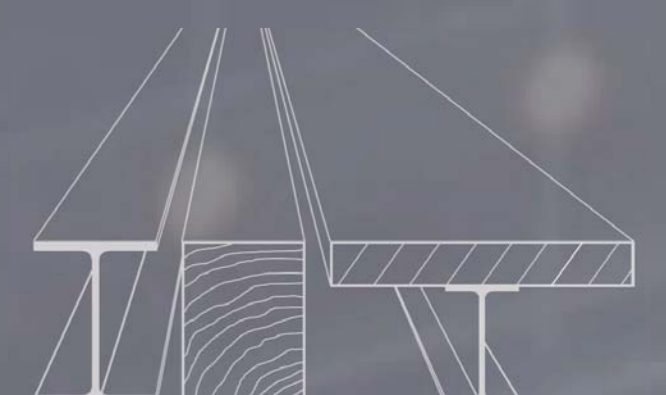


Zielsetzung ist die Erfassung der tatsächlichen Belastung aus Erd- und Wasserdruck auf die Zwischenbohlen und Träger sowie deren Beanspruchung unter Berücksichtigung räumlicher Systemtragwirkung. Dazu sind kleinere Druckstab- und größere räumliche Versuche unter Ansatz der geometrisch ermittelten Beanspruchung geplant. Das Projekt wird gemeinsam mit der TU Hamburg, Institut für Geotechnik und Baubetrieb durchgeführt.

**Laufzeit:** 2021-2023

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartner:**  
Alexander Enders,  
M.Eng.







Mathias Euler



Stephanie Breunig



Simon Bove

### Ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbund-eisenbahnbrücken

Stahl- und Verbundbrücken sind im Hinblick auf die Erstellungskosten gegenüber Massivbrücken nicht konkurrenzfähig. Durch eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus einer Brücke können sich jedoch Chancen für stählerne Brückenkonstruktionen ergeben. Da es für den Brückenbau noch kein Bewertungssystem gibt, das die Nachhaltigkeit des Bauwerks berücksichtigt, wurden in diesem Projekt die weiteren beeinflussenden Faktoren mittels systematischer Untersuchungen aufgedeckt.



Ziel war hierbei die ganzheitliche Bewertung von Stahl- und Verbundeisenbahnbrücken. Aspekte der ökologischen, ökonomischen und funktionalen Qualität wurden über den gesamten Lebenszyklus von Eisenbahnbrücken betrachtet. Es wurden Detailuntersuchungen an für die Dauerhaftigkeit kritischen Punkten durchgeführt. Da die Verbesserung ermüdungskritischer Details Auswirkungen auf die Lebensdauer und die Instandhaltungskosten des Bauwerks haben, waren hier gezielte versuchsgestützte und numerische Untersuchungen geplant. Das Forschungsprojekt wurde gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Technischen Universität München (TUM) sowie der Abteilung Ganzheitlichen Bilanzierung (GaBi) des Lehrstuhls Bauphysik und der DB Netz AG durchgeführt.

**Laufzeit:** 2013-2016

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartnerin:**  
 Dr.-Ing. Stephanie Breunig

### Ermüdung dickwandiger K-Knoten und Aspekte der Schweißnahtqualität

Geschweißte Fachwerke aus Rundhohlprofilen haben im Bauwesen, Maschinen- und Anlagenbau eine weite Verbreitung. Der Trend der letzten Jahre geht dahin, vermehrt dickwandige Gurthohlprofile einzusetzen, deren Durchmesser-Wanddicken-Verhältnisse  $\gamma = d_0 / (2 t_0)$  Beträge von  $\gamma < 12$  annehmen und für die es noch keine bauaufsichtlich eingeführten Bemessungsregeln gibt.



Durch die querschnittsbedingte einseitige schweißtechnische Fertigung, entstehen eventuell an den Schweißnahtwurzelpunkten Schweißnahtunregelmäßigkeiten, die derzeit durch eine zerstörungsfreie Prüfung nicht ohne weiteres erfassbar sind. Aufgrund dessen wurden in den letzten Jahren weniger geschweißte Hohlprofilknoten für ermüdungsbeanspruchte Konstruktionen ausgeführt. Um dem entgegenzuwirken, wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens FOSTA P1163 solche Schweißnahtunregelmäßigkeiten, ihr Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit und ihre zerstörungsfreie Erkennung untersucht. Zusätzlich wurden die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus dem Vorgängervorhaben auf Großstrukturen (Gurtdurchmesser  $d_0 = 660$  mm) und Einflüsse aus der Schweißnahtausführung quantifiziert. Das Projekt wurde gemeinsam mit der Hochschule München und dem Forschungszentrum Ultraschall in Halle durchgeführt und führte zur DAST-Richtlinie 029.

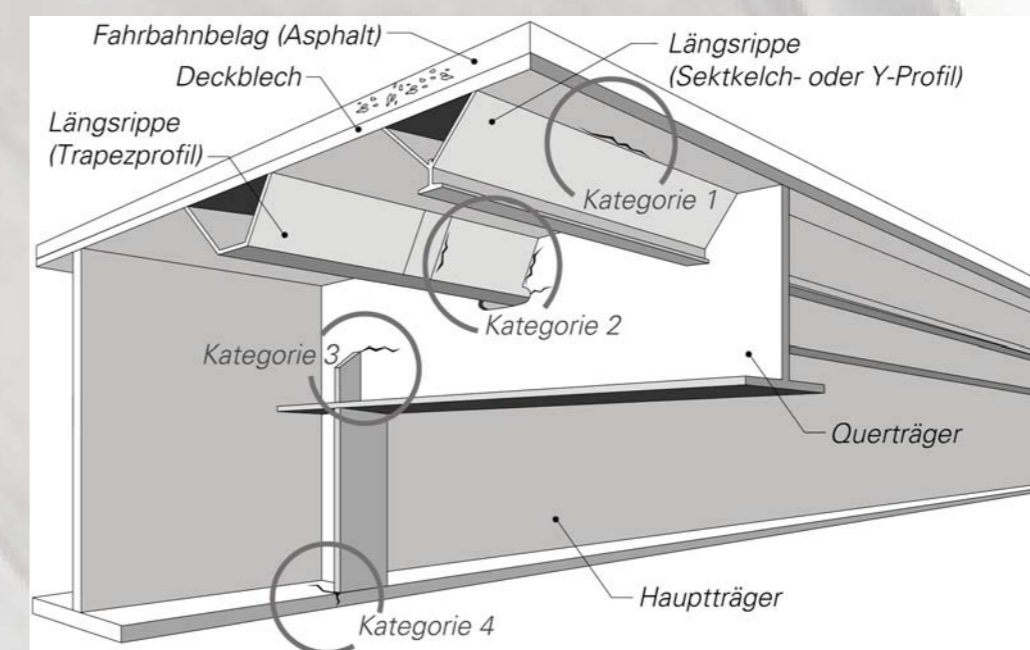
**Laufzeit:** 2016-2019

**Projektförderung:** AiF - FOSTA

**Ansprechpartner:**  
 Simon Bove, M.Sc.  
 Prof. Dr.-Ing. Mathias Euler

### Sanierung orthotroper Fahrbahnplatten mit geschraubten Lösungen

Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten wurden seit den 1950er Jahren gebaut und werden teilweise bis heute noch genutzt. In der Regel besteht die orthotrope Stahlfahrbahn aus einem Deckblech, Längssteifen, Quer- und Hauptträgern.

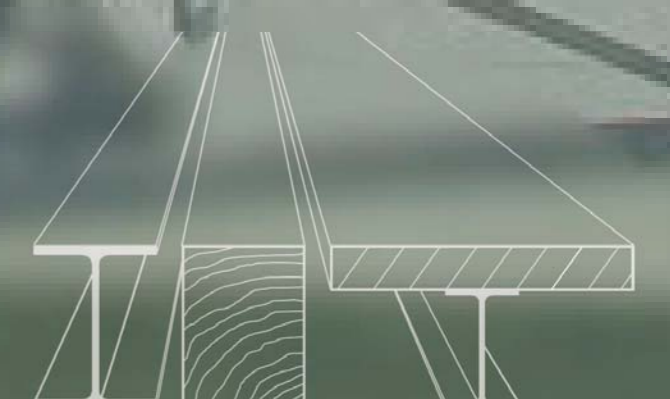


Ursprünglich war ein Ermüdungsnachweis dieser Straßenbrücken nicht notwendig, im Gegensatz zu den Eisenbahnbrücken und den Anforderungen der heutigen Normung. Der unerwartet schnelle Anstieg des Schwerlastverkehrs in den letzten Jahren führte aufgrund der schwingenden Beanspruchung des Verkehrs zu vielen Ermüdungsrisen, vor allem an geschweißten Verbindungen. Neben anderen Schäden, traten vor allem Schäden der Kategorie 2 (Risse im Anschlussbereich Querträger-Längssteifen) am häufigsten auf. In der Praxis werden diese Risse in der Regel durch Ausschleifen und erneutes Verschweißen instandgesetzt, manchmal jedoch nicht mit dem gewünschten Effekt. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde eine innovative Instandsetzungsmaßnahme untersucht, die vor allem auf den Einsatz einer Schraublösung mit mechanischen Verbindungsmitteln und leistungsfähigen Blindnieten setzt.

**Laufzeit:** 2015-2019

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
 Simon Bove, M.Sc.







Universität Stuttgart

Institut für Konstruktion und Entwurf

Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

Brückenbau & Normung

Stahlbau



Vahid Pourostad



Lisa-Marie Gözl



Christina Schmidt-Rasche

## Längsausgesteifte Beulfelder unter mehrachsiger Beanspruchung

Im Großbrückenbau werden häufig Brücken im Taktschiebeverfahren hergestellt, was für die Auslegung der Stahlkonstruktion weitgehend dimensionsbestimmend ist. Beim Einschub der Brücke ist insbesondere von Bedeutung, wenn die Beulfelder über den Verschublagern sowohl im Steg als auch im Bodenblech unter mehrachsigen Druckspannungszuständen beansprucht werden.



In diesem Forschungsvorhaben wurden Großversuche durchgeführt, an denen die numerischen Modelle validiert wurden. Systematische numerische Untersuchungen führten zu neuen Interpolationsbeziehungen zwischen plattenartigem und knickstabähnlichem Verhalten. Die günstige Wirkung der Torsionssteifigkeit der Längssteifen darf dabei für die Beulspannung berücksichtigt werden. Auch kann auf den expliziten Nachweis der Längssteifen nach der Theorie II. Ordnung unter bestimmten Bedingungen verzichtet werden. Des Weiteren wurden die Einflüsse von Imperfektionen bei verschiedenen Versuchs-systemen wie Schubwippen und Systemen mit hydraulischen Lagern untersucht. Die Schlussfolgerungen aus dem Gemeinschaftsprojekt mit dem Lehrstuhl für Metallbau der TU München werden in die EN 1993-1-5 einfließen.

**Laufzeit:** 2018-2021

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
Vahid Pourostad, M.Sc.

## Gestaltung von Diagonalrohr-Anschlüssen

Im Fokus des Vorhabens steht die praxiserichte Gestaltung von ermüdungsbeanspruchten Diagonalrohr-Anschlüssen mittels eingestecktem Laschenblech, wie sie üblicherweise bei außen- wie innenliegenden Diagonalen von Brückenquersystemen ausgeführt werden. So kommen derzeit im deutschen Brückenbau verschiedene Ausführungsvarianten zum Einsatz, die grundlegend verschiedene Kerben aufweisen und nicht durch die Normen DIN EN 1993-2 bzw. DIN EN 1993-1-9 geregelt sind. Die Entwicklung allgemein gültiger Regelungen ist dringend erforderlich, um einen wirtschaftlicheren und abgesicherten Ansatz für die Bemessung und Ausführung von Stahl- und Verbundbrücken zu ermöglichen.



Mithilfe experimenteller Untersuchungen und numerischer Analysen wurden bisher realisierte und modifizierte Lösungen hinsichtlich ihrer Ermüdungsfestigkeit beurteilt und in Einklang mit Anforderungen für die Fertigung optimiert. Für bemessende Ingenieurbüros und fertigende Stahlbauer wurde im Rahmen dieses Vorhabens eine Kerbfallempfehlung für Diagonalrohr-Anschlüsse aufbereitet (als Vorschlag für Entwurf prEN 1993-1-9) und ein Vorschlag zur Ergänzung und Anpassung der Planungshilfen für Stahl- und Stahlverbundbrücken RE-ING erstellt.

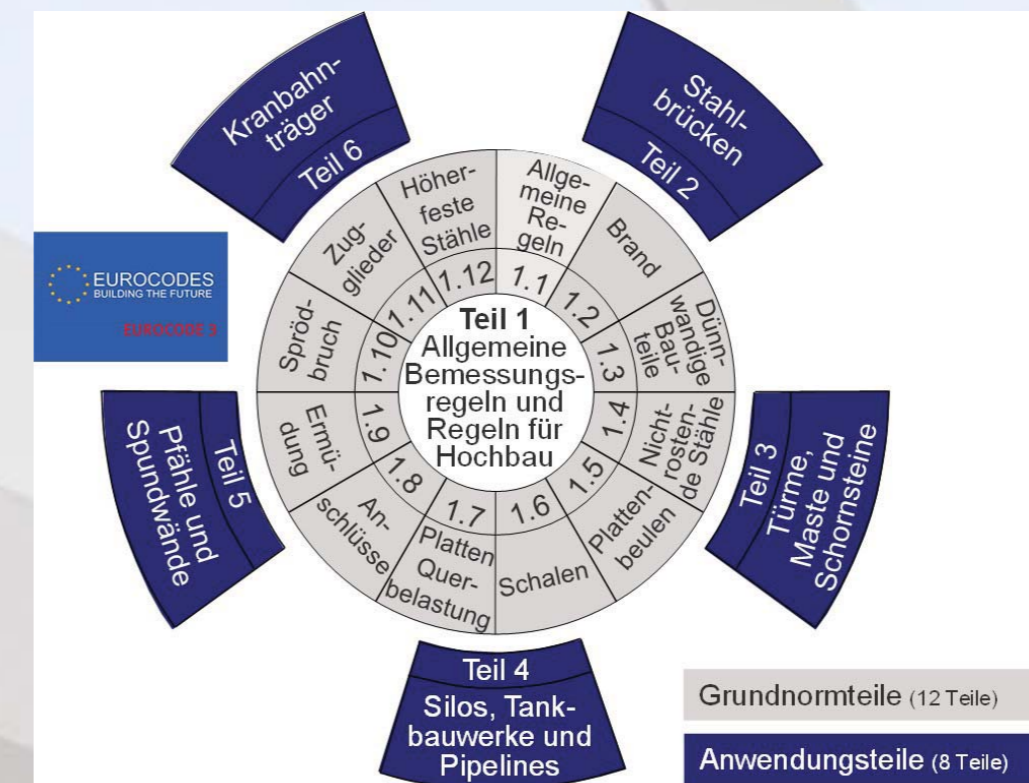
**Laufzeit:** 2019-2021

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartnerin:**  
Lisa-Marie Gözl, M.Sc.

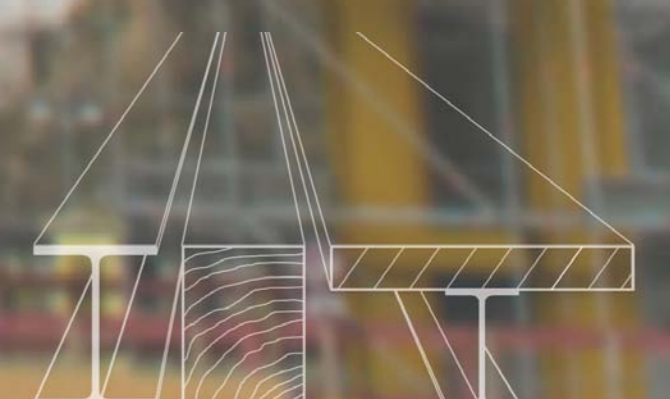
## Stahlbau Normung

Die Normenreihe EN 1993 „Stahlbau“ stellt mit ihren aus insgesamt 20 Teilen bestehenden Grund- und Anwendungsnormen ein sehr umfangreiches, für die Baupraxis wichtiges Regelwerk dar. Zurzeit läuft die Entwicklung der 2. Generation der Eurocodes.

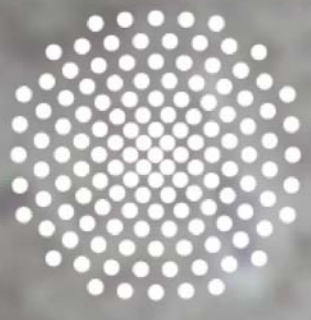


Unter dem Vorsitz von Frau Prof. Kuhlmann wird im technischen Komitee CEN/TC 250/SC 3 "Steel Structures" die Anpassung, Überarbeitung und Weiterentwicklung von EN 1993 auf europäischer Ebene in wissenschaftlich-technischer Hinsicht begleitet. Dies beinhaltet die Rückkopplung mit der auf nationaler Ebene stattfindenden Durchsicht der Eurocodes und Lenkung der Ergebnisse der verschiedenen Projekt Teams des Mandats M/515 und der europäischen Working Groups. Die 13 Projekt Teams arbeiten im Rahmen des Mandats M/515. Sie erstellen die Entwürfe zur technischen Weiterentwicklung von Eurocode 3. Die Arbeiten in den 22 Working Groups des SC3 (nominierte Experten der verschiedenen Nationalen Spiegelausschüsse) umfassen die generelle Überarbeitung und Verbesserung der Norm. Frau Prof. Kuhlmann vertritt das SC3 auch in den übergeordneten Gremien des TC250, um eine bestmögliche Harmonisierung und Abstimmung mit den übrigen Eurocode-Teilen zu erreichen.

**Ansprechpartnerin:**  
Dr.-Ing.  
Christina Schmidt-Rasche







**Universität Stuttgart**

Institut für Konstruktion und Entwurf

Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

**Anschlüsse &  
Brückenbau**

**Verbundbau**



Maximilian  
Ziwes



Lena  
Stempniewski

## Anschlüsse zwischen Stahl und Beton unter Auflast

In Bereich von Stützenfüßen, Fundamentsockeln oder Brückenlagern müssen häufige hohe Lasten in konzentrierte Bereiche eingeleitet werden. Um die Vorteile der Verbundbauweise nutzen zu können, muss eine einfache Montage dieser Anschlussbereiche zwischen Stahl und Beton gewährleistet sein und die Anschlüsse ausreichend tragfähig ausgebildet werden können. Insbesondere für diese Anwendungsfälle ist die Normung wegen der Gefahr eines Betonausbruchs konservativ ausgelegt.



Die Tragfähigkeit des Betons kann mit einer Auflast gesteigert werden, da ein zusätzlicher Querkraftanteil durch Reibung aktiviert und der Beton im Bereich der Ankerplatte überdrückt wird. Eine normative Berücksichtigung dieser Auflast würde es ermöglichen, innovative Lösungen für Anschlussbereiche zu entwickeln. Ziel des Forschungsvorhabens ist es, ein praxisgerechtes Bemessungsmodell für Anschlüsse zwischen Stahl und Beton unter der Berücksichtigung einer Auflast zu entwickeln. Ein analytisches Modell auf Basis des Komponentenverfahrens wird mithilfe von umfangreichen experimentellen und numerischen Untersuchungen an Ankerplatten mit Kopfbolzen weiterentwickelt. Dabei werden auch der Einfluss auf das Tragverhalten von Reibungseffekten, Bauteilrändern, Mörtelbett und die vorhandene Bewehrung untersucht.

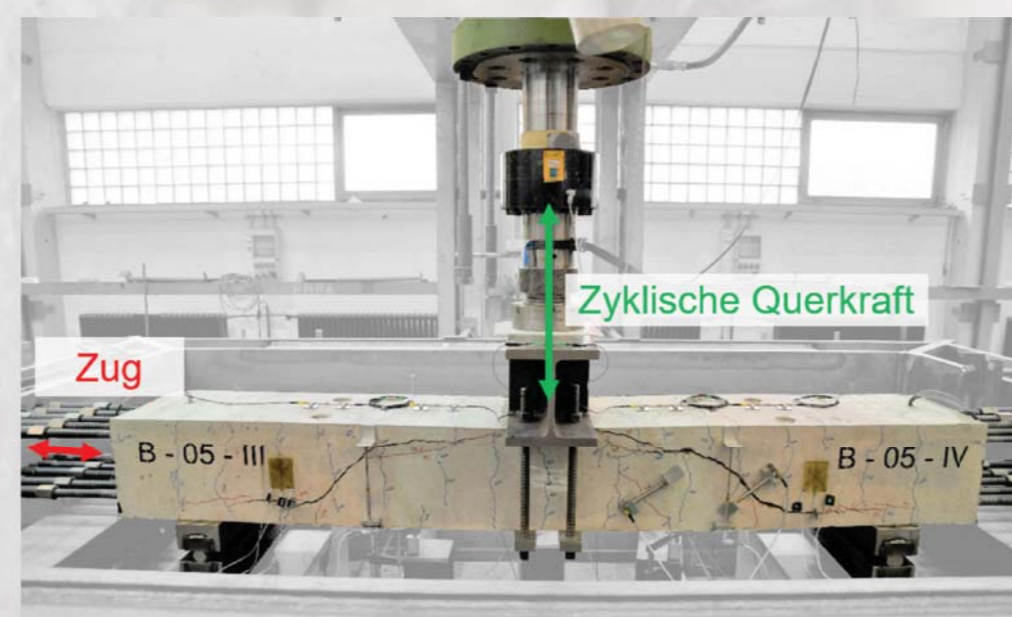
**Laufzeit:** 2019-2021

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
Maximilian Ziwes, M.Sc.

## Ermüdungsfestigkeit bei neuen Querschnitten von Großbrücken

Beim Neubau von Großbrücken in Stahlverbundbauweise werden häufig Querschnitte mit Kragträger und längsspannender Fahrbahnplatte eingesetzt. Der Einsatz von Teilfertigteilen verkürzt zusätzlich die Bauzeit. Spannt die Fahrbahnplatte in Längsrichtung, führt dies zu Zugbeanspruchungen im Beton über der Stütze. Der Betonquerschnitt reißt. Über den gerissenen Beton müssen nun wechselnde Querlasten aus Verkehrsbelastung abgetragen werden. Derzeit wird der Nachweis konservativ durch eine Begrenzung der Rissbreite auf 0,15 mm geführt.



Versuchstechnisch soll im Rahmen des Forschungsprojektes zum einen der Lastabtrag der Querlasten über die Trennrisse besser geklärt werden, zum anderen soll auch der Anschluss des Kragträgers an die Hauptträgerstege hinsichtlich Ermüdung experimentell untersucht werden. Ein Bauwerksmonitoring an drei vorhandenen Brücken soll zudem Aufschluss über die tatsächlichen Beanspruchungen in der Fahrbahnplatte und im Anschlussbereich des Kragträgers geben. Das Forschungsprojekt wird zusammen mit dem Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann, der TU Berlin (Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler), der GMG Ingenieurgesellschaft, Dresden sowie der TU München (Prof. Dr.-Ing. Oliver Fischer) bearbeitet.

**Laufzeit:** 2019-2021

**Projektförderung:** BMVI

**Ansprechpartnerin:**  
Lena Stempniewski, M.Sc.

## Stahlbetonfahrbahn- platten unter Mehr- stufen-Belastung

Im Bereich der Bundesfernstraßen sind in den nächsten Jahren zahlreiche Großbrücken mit Stützweiten im Bereich von 50-60 m und darüber zu ersetzen. Für diesen Stützweitenbereich haben sich Stahlverbundkonstruktion für die Überbauten als wirtschaftliche Bauweise etabliert. In letzter Zeit werden zunehmend Teilfertigteile für die Herstellung deren Betonplatte eingesetzt. Zur Auflagerung der Fertigteile ist dann eine querorientierte Stahlstruktur erforderlich, bspw. durch Anordnung von Schrägstreben mit Zugband und sekundären Längsträgern oder von stählernen Kragträgern zur Auflagerung der Teilfertigteile. In Ergänzung im BMVI-Vorhaben sollen Mehrstufen-Versuche an gezogenen Stahlbetonplatten unter Querlast zur Überprüfung der Miner-Regel, Untersuchungen zu Optimierung des Stahlberggurt-Anchlusses und ein ergänzendes Bauwerksmonitoring durchgeführt werden.

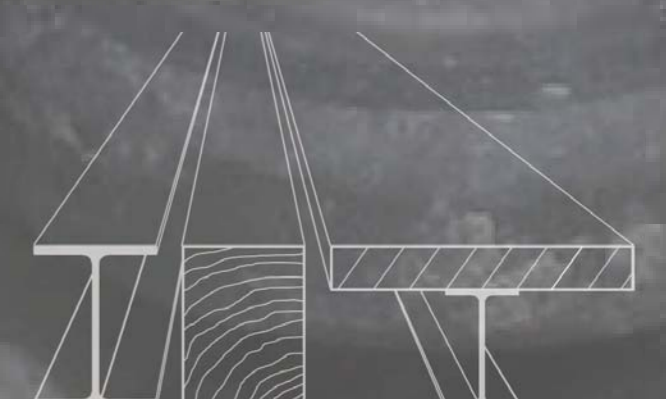


Das Forschungsprojekt wird zusammen mit dem Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann, der TU Berlin (Prof. Dr.-Ing. Karsten Geißler) sowie der GMG Ingenieurgesellschaft, Dresden bearbeitet.

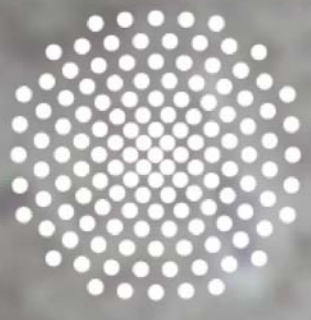
**Laufzeit:** 2020-2022

**Projektförderung:** BAST

**Ansprechpartnerin:**  
Lena Stempniewski, M.Sc.







**Universität Stuttgart**  
 Institut für Konstruktion und Entwurf  
*Schwerpunkte: Stahlbau, Holzbau und Verbundbau*  
 Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann



Jakob  
Ruopp



Lena  
Stempniewski

## Herausziehen von liegenden Kopfbolzen

Verbundträger mit liegenden Kopfbolzen haben sich insbesondere im Straßenbrückenbau bei Überführung von Straßen mit Verbundfertigteilträgern als eine wirtschaftliche Konstruktionslösung bewährt. Für den Anwendungsbereich von kleineren und mittleren Brückenspannweiten kann mit liegenden Kopfbolzen ein Plattenbalkenquerschnitt ausgeführt werden. Der Stahlberggurt des Stahlträgers kann dabei eingespart werden, wenn die Kopfbolzen direkt seitlich auf den Steg des Stahlträgers aufgeschweißt werden.



Für Verbundträger in Randlage können zusätzlich zu den Schubbeanspruchungen in der Verbundfuge Zugkräfte entstehen. Für diese Zugbeanspruchungen wurde ein Bemessungsmodell auf Grundlage von DIN EN 1992-4 entwickelt, das die im Bauteil liegende Bewehrung berücksichtigt. Über den Bewehrungsgrad im Bereich der Kopfbolzen kann die Tragfähigkeit gesteigert werden. Für die Entwicklung eines geeigneten Bemessungsmodells wurden experimentelle sowie numerische Untersuchungen durchgeführt.



**Laufzeit:** 2017-2018

**Projektförderung:** BAST

**Ansprechpartner:**  
 Dr.-Ing. Jakob Ruopp  
 Lena Stempniewski, M.Sc.

## Konzentrierte Lasteinleitung im Stahl- und Verbundbau

In der Praxis müssen häufig große Lasten in konzentrierten Bereichen in das Massivbauteil eingeleitet werden. Dies betrifft z.B. Anwendungsfälle wie Stützen, Streifenfundamente, Lasteinleitungen im Bereich von Stützenköpfen oder den Lagerbereich im Allgemeinen, bei dem z.B. häufig große Horizontallasten von der Lagerkonstruktion über einen mehrseitig berandeten Lagersockel in das Widerlager eingeleitet werden müssen.



Im Bereich von randnah angeordneten Anschlüssen sind häufig Betonversagensmechanismen entscheidend, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die volle Betontragfähigkeit auf Grund der Randeffekte aktiviert werden kann. In diesem Bereich reicht die Schubtragfähigkeit der nach Normung ansetzbaren Tragfähigkeit für größere Lasten nicht aus, so dass in Folge dessen aufwändige Konstruktionen notwendig sind, um die Lasten ins Massivbauteil einleiten zu können.



Motivation des Forschungsvorhabens war es für die Praxis geeignete Bemessungsmodelle zu entwickeln, mit denen die tatsächlichen Tragfähigkeiten sicher abgeschätzt werden können. Dabei wurden auch neuere Techniken wie z.B. höherfeste Materialien berücksichtigt.

**Laufzeit:** 2016-2018

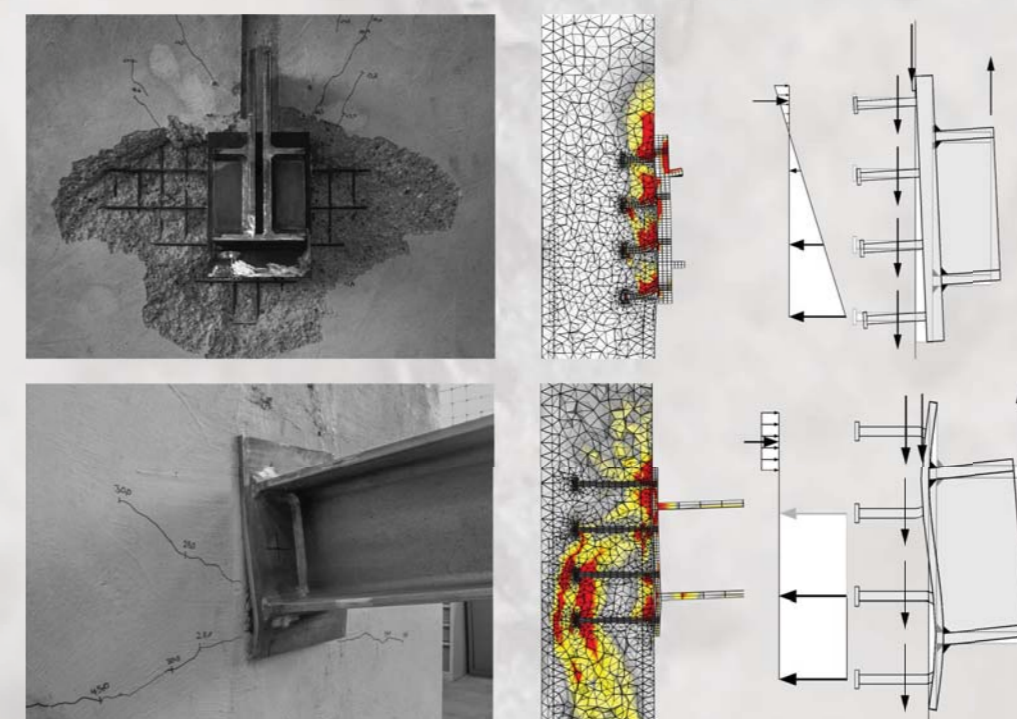
**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
 Dr.-Ing. Jakob Ruopp

## Große Ankerplatten im Industrie- und Anlagenbau

Insbesondere im Industrie- und Anlagenbau ist eine hohe Flexibilität im Bereich der Befestigung von Stahl- und Verbundelementen an Massivbauteile notwendig. Nach dem derzeitigen Stand der Normung ist die Anzahl der Verbindungsmittel wie Kopfbolzen auf der Rückseite der Ankerplatte auf 3x3 Ankerreihen beschränkt.

Ziel dieses DAST/AiF-Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines neuen Bemessungsmodells für große Ankerplatten mit Kopfbolzen mit mehr als der momentan zulässigen Dübelanzahl.

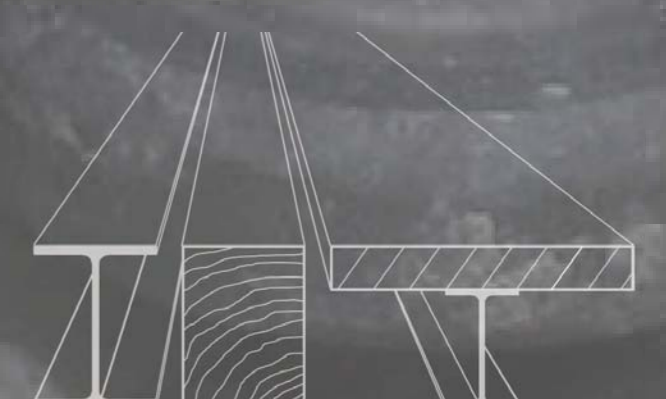


In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Kaiserslautern wurde ein Bemessungsmodell für große Ankerplatten auf Grundlage der Komponentenmethode entwickelt, das an umfangreichen Versuchsreihen verifiziert wurde. Die Versuche unter Zug wurden an der TU Kaiserslautern und Versuche unter Querlast an der Universität Stuttgart durchgeführt. Innerhalb dieser Versuche wurden Parameter wie Einbindelänge der Kopfbolzen, Ankerplattendicke und Exzentrizität variiert. Weitere Parameterstudien erfolgten mit numerischen Modellen, um das Bemessungsmodell an weiteren Anwendungsfällen zu verifizieren.

**Laufzeit:** 2013-2016

**Projektförderung:** AiF - DAST

**Ansprechpartner:**  
 Dr.-Ing. Jakob Ruopp







Johannes Schorr



Florian Eggert

### Verbundträger mit niedrigem Verdübelungsgrad

Verbundträger, bestehend aus einem Stahlträger und einer profilierten Stahlbetonplatte, nutzen die Vorteile des jeweiligen Materials optimal aus, sodass sich eine äußerst wirtschaftliche Bauweise ergibt. Unter bestimmten Voraussetzungen führen die momentan gültigen Regeln in Eurocode 4 für den Mindestverdübelungsgrad zu einer unwirtschaftlichen Bemessung, besonders unter Verwendung moderner Trapezprofilbleche. Im europäischen Kooperationsprojekt DISCCO konnte durch zahlreiche Versuche gezeigt werden, dass Versagenslasten von Kopfbolzen beim Einsatz moderner Profilbleche teilweise deutlich niedriger waren als nach Eurocode 4.



Dabei konnte experimentell bestätigt werden, dass auch Verbundträger mit Verdübelungsgraden, die deutlich unter der normativen Mindestgrenze von 40% liegen, nach aktuellen Berechnungsvorschriften des Eurocode 4 bemessen werden können, sofern neuere Erkenntnisse zu den reduzierten Kopfbolzentragfähigkeiten in profilierten Verbunddecken berücksichtigt werden. Die Erkenntnisse der Versuche sowie die Ergebnisse weiterer numerischer Untersuchungen werden zu einer Neudefinition des Nachweis für den Mindestverdübelungsgrad beitragen. Das Projekt wurde gemeinsam mit den Universitäten Bradford und Luxemburg sowie dem SCI Steel Construction Institute und ArcelorMittal durchgeführt.

**Laufzeit:** 2012-2015

**Projektförderung:** RFCS

**Ansprechpartner:**  
 Johannes Schorr, M.Sc.  
 Dr.-Ing. Florian Eggert

### Neuartige Verbundmittel

Im Rahmen zweier Industrieforschungsprojekte wurden in Zusammenarbeit mit den Firmen ArcelorMittal Europe – Long Products, Luxemburg und der Hilti AG, Liechtenstein, neuartige duktile Verbundmittel getestet und zur Zulassung gebracht. Das CoSFB-System (Composite Slim Floor Beam) von ArcelorMittal eignet sich für Verbundflachdecken. Hierbei bindet der Stahlträger in den Betonplatte ein. Die Verbundwirkung wird nicht über Kopfbolzen, sondern mit neuartigen Betondübeln ausgeführt. Dabei wird durch ein Loch im Steg des Stahlträgers ein Bewehrungsstab geführt. Die Betondübel weisen hervorragende Tragfähigkeits- und Duktilitätseigenschaften auf und wurden im Sommer 2014 in Deutschland bauaufsichtlich zugelassen.



Das X-HVB System der Firma Hilti eignet sich insbesondere zur Umrüstung bestehender Stahltragwerke zu Verbundtragwerken. Schenkeldübel, die als Verbundmittel fungieren, werden mittels Setzbolzen auf dem oberen Flansch des Stahlträgers befestigt. Die Setzbolzen gewährleisten hier auch die Duktilität des Systems. Bereits in der Vergangenheit wurde für dieses System eine bauaufsichtliche Zulassung erlangt. Im Rahmen einer Ausdehnung der Produktpalette auf sehr kleine Schenkeldübel (Höhe 40mm) für sehr geringe Aufbetonhöhen wurde durch zusätzliche Versuchsreihen 2016 eine europäische Zulassung ETA angestrebt, die jetzt noch erwartet wird.

**Laufzeit und Projektförderung:**  
 ArcelorMittal 2009-2014  
 Hilti AG 2015-2016

**Ansprechpartner:**  
 Johannes Schorr, M.Sc.

### Anwendungsregeln für Slim-Floor Träger

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes SlimAPP soll die Wettbewerbsfähigkeit von Gebäuden aus Stahl gesteigert werden, indem ein integraler und ganzheitlicher Ansatz für den Einsatz von Deckensystemen mit Slim-Floor Trägern entwickelt wird. Durch den Einsatz von neuen innovativen Verbundmitteln sollte die Anwendung von Slim-Floor Systemen optimiert werden. Im Hinblick auf die technischen Eigenschaften wurden neue Bemessungsregeln für Slim-Floor Lösungen entwickelt. Gegenwärtig wird die Bemessung von Slim-Floor Lösungen über nationale Zulassungen geregelt.

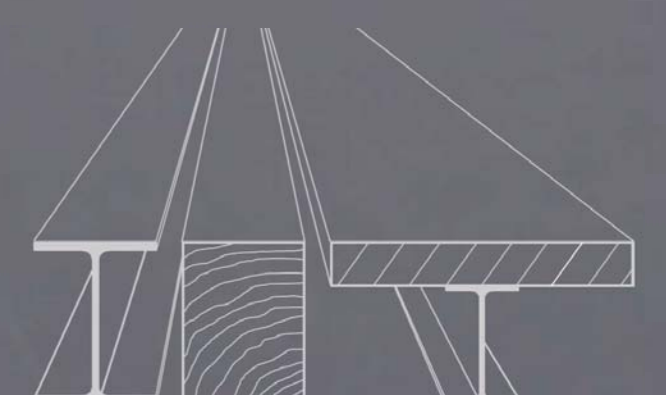


Mit einem umfangreichen Versuchsprogramm aus Push-Out- und Trägerversuchen wurden die Anteile am Tragverhalten von Slim-Floor Konstruktionen z.B. aus der Dübeltragfähigkeit getrennt betrachtet und behandelt. Aus den Erkenntnissen wurden entsprechende Bemessungsregeln abgeleitet. Zusätzlich zu den Bemessungsregeln wurden Empfehlungen und Leitfäden für die praktische Anwendung von Slim-Floor Systemen entwickelt. Das Projekt wurde gemeinsam mit den Universitäten Bradford und Trento sowie dem SCI Steel Construction Institute, ArcelorMittal und Lindab durchgeführt.

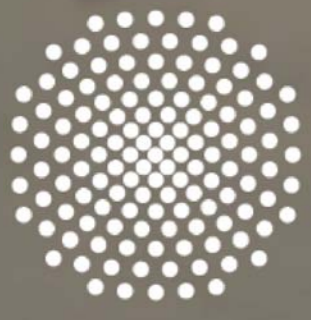
**Laufzeit:** 2015-2018

**Projektförderung:** RFCS

**Ansprechpartner:**  
 Johannes Schorr, M.Sc.







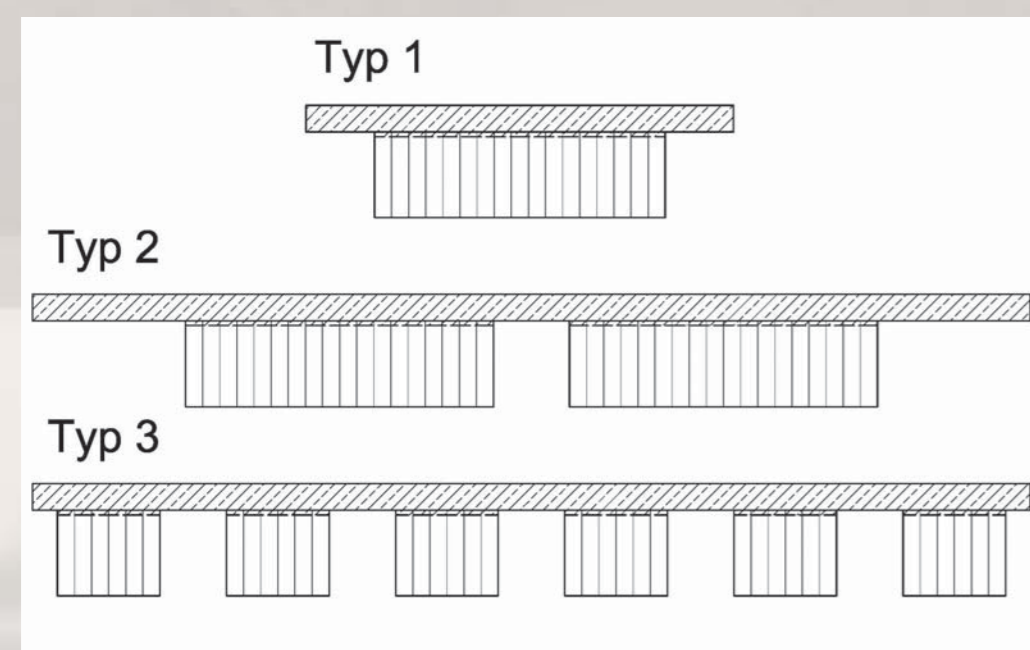
Simon Mönch



Katrin Kudla

### Vereinfachter Ermüdungsnachweis von Holzbauteilen in HBV-Brücken

Die Holz-Beton-Verbundbauweise im Straßenbrückenbau stellt für Spannweiten bis 30 m eine wirtschaftliche Alternative gegenüber reinen Holz- und Stahlbetonbrücken dar. Durch den Verbund werden im Vergleich zu einer reinen Holzbrücke eine höhere Steifigkeit und eine höhere Tragfähigkeit erzielt. Neben den statischen Eigenschaften der Verbundfuge spielt vor allem der Ermüdungsnachweis eine wichtige Rolle.



In einem ersten Schritt wurde die Ermüdungsfestigkeit der Kerne untersucht. Im nächsten Schritt wurde der Ermüdungsnachweis für typische HBV-Straßenbrücken weiterentwickelt und vereinfacht. Untersucht wurden drei Brückenquerschnitte unterschiedlicher Spannweite, Nutzungsdauern zwischen 80 und 140 Jahren sowie zwei verschiedene Ermüdungslastmodelle. Ein besonderes Augenmerk lag auf dem Ermüdungsnachweis der Kerne, durch die eine hohe Schubkraft übertragen werden muss. Die Ergebnisse zeigen, dass die Dimensionierung von HBV-Straßenbrücken überwiegend nicht von den Ermüdungsnachweisen bestimmt wird, ein hohes Verkehrsaufkommen ertragbar ist und Lebensdauern von mehr als 100 Jahren hinsichtlich der Ermüdung ohne Probleme erreicht werden können.

**Laufzeit:** 2012-2014

**Projektförderung:** AiF - ivTH

**Ansprechpartner:**  
 Simon Mönch, M.Sc.  
 Dr.-Ing. Katrin Kudla

### Ermüdungsverhalten von Kernen für Holz-Beton-Verbundträger

In diesem Forschungsvorhaben soll das Ermüdungsverhalten der Kerne als Verbindungsmittel in Holz-Beton-Verbundträgern untersucht und für den Ermüdungsnachweis abbildbar gemacht werden. Dabei soll die Übertragbarkeit bereits im Stahl- und Stahl-Beton-Verbundbau anerkannter Methoden überprüft werden, ein geeigneter Ermüdungsnachweis abgeleitet und der praktische Einsatz von Kernenverbindungen im Straßenbrückenbau mit wechselnden ermüdungsrelevanten Beanspruchungen ermöglicht werden. Das Projekt wird gemeinsam mit der TU Braunschweig (Prof. Sieder) bearbeitet. Dort sollen grundlegende Untersuchungen der Ermüdungseigenschaften von selbstbohrenden Vollgewindeschrauben durchgeführt werden.



Ob die Nachweisformen, wie sie ursprünglich für Stahl- und Stahl-Beton-Verbundträger hergeleitet wurden, auf Basis der Wöhler-Linien und der linearen Schadensakkumulation nach Palmgren-Miner für die Kerne als Verbindungsmittel für HBV-Träger anwendbar sind oder Einschränkungen erfordern, soll u.a. durch orientierende Untersuchungen zur Identifikation eines möglichen Reihenfolgeeffekts im Mehrstufenkollektiv sowie zur Bestimmung der Resttragfähigkeit nach Schwingprüfungen versucht werden zu klären. Die in diesem Forschungsvorhaben durchgeführten Untersuchungen der Kernenverbindung sollen eine sichere und wirtschaftliche Anwendung unter ermüdungsrelevanten Beanspruchungen ermöglichen.

**Laufzeit:** 2018-2021

**Projektförderung:** DFG

**Ansprechpartner:**  
 Simon Mönch, M.Sc.

### Schwerlast Holz-Beton-Verbunddecke für Industriebauten

Die Holzbauweise gewinnt zunehmend auch bei mehrgeschossigen Bauwerken und Industriebauten an Bedeutung. Damit steigen auch die Anforderungen an Brandschutz, Schallschutz und Konstruktion. Bei der Wahl eines geeigneten Deckensystems wird immer häufiger auf die Holz-Beton-Verbundbauweise zurückgegriffen, da diese den hohen Anforderungen bei sehr gutem Kosten-Nutzen-Verhältnis entspricht.

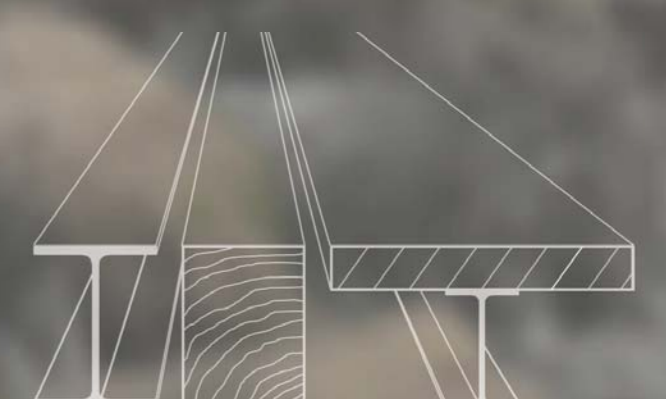


Eine hohe Tragfähigkeit, hervorragende bauphysikalische Eigenschaften, geringe Bauteilhöhen und eine optimale Ausnutzung der spezifischen Baustoffeigenschaften, um nur ein paar Vorteile zu nennen, ermöglichen Deckenkonstruktionen mit großen Spannweiten bei hohen Einzel- und Flächenlasten. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden HBV-Decken mit Kernen als Verbindungsmittel, die hohe Lasten ertragen können, weiterentwickelt. Insbesondere wurde auch die Verbindung zwischen Holz und Beton weitergehend untersucht und auf die Anforderungen hoher Lasten abgestimmt. Es wurden Komponenten- und Bauteilversuche zum Trag- und Verformungsverhalten der gewählten Verbindung sowie ganzer Deckenelemente durchgeführt. Anschließend wurde eine Berechnungsgrundlage für das HBV-Deckensystem vorgeschlagen. Dieses Projekt wurde gemeinsam mit PIRMIN JUNG Deutschland GmbH durchgeführt.

**Laufzeit:** 2014-2017

**Projektförderung:** AiF-ZIM

**Ansprechpartner:**  
 Simon Mönch, M.Sc.







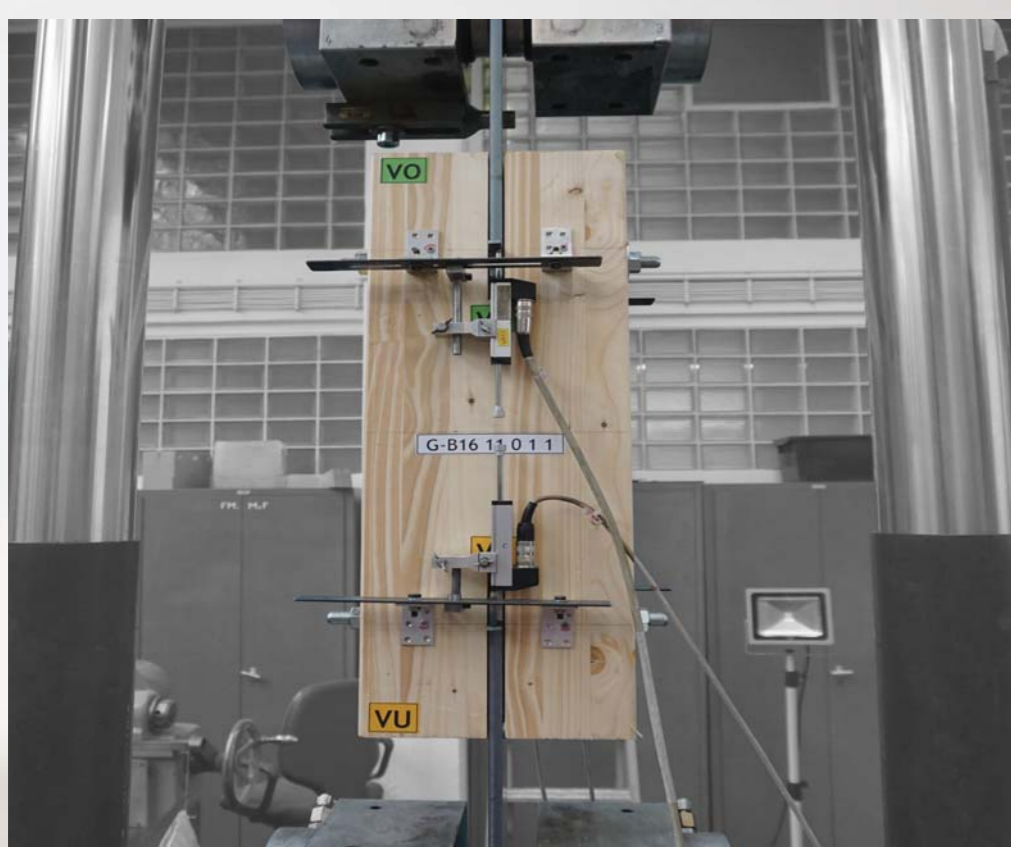
Julius  
Gauß



Lea  
Buchholz

## Leistungsfähige Stahl-Holz-Stabdübelver- bindungen

Die Ausbildung der Knotenpunkte mit hochleistungsfähigen und einfach zu erstellenden Verbindungen ist der Schlüssel für die wirtschaftliche Optimierung von Holztragwerken. Während die Tragfähigkeit von Stabdübelverbindungen bisher schon recht zutreffend in den normativen Regelungen erfasst ist, ist die rechnerische Beschreibung der Steifigkeit bisher nicht befriedigend. Neben einer Umverteilung der Schnittgrößen im System kann mit Hilfe einer genauen Vorhersage des Zusammenhangs zwischen Last und Verformung, z. B. mit dem Komponentenverfahren, auch eine Aussage zu dem zu erwartenden Versagensmechanismus des Anschlusses gemacht werden.



Ziel des Kooperationsprojekts mit der Hochschule Biberach ist es, das Last-Verformungsverhalten von Stahl-Holz-Stabdübelverbindungen zu untersuchen und möglichst genau zu quantifizieren. So werden unter anderem die Auswirkungen einer Veränderung der Anzahl der Stabdübel in Faserrichtung, des Kraft-Faser-Winkels, der Schlankheit des Verbindungsmittels oder des Einbringens von Verstärkungsmaßnahmen auf die Steifigkeit mit Hilfe experimenteller, analytischer und numerischer Methoden untersucht.

**Laufzeit:** 2019-2021

**Projektförderung:** AiF - iVTH

**Ansprechpartner:**  
Julius Gauß, M.Sc.

## Innovative Holzknoten für leistungsfähige Holztrag- werke

Leistungsfähige Holztragwerke erfordern die gezielte Beeinflussung des Verformungsverhaltens der Knoten. Innovative Holzknoten setzen sich aus unterschiedlichen „Komponenten“ zusammen, die nach den gewünschten Eigenschaften der Knoten zusammengestellt werden können. Das Komponentenverfahren eignet sich für die Optimierung von Holzknoten und zur Ermittlung der Knotensteifigkeit, die vor allem bei der heute üblichen Verwendung computerbasierter Methoden zur Schnittgrößenermittlung und Nachweisführung bei der Bemessung benötigt wird. Die im aktuellen Eurocode 5 hinterlegten Werte der Anschlusssteifigkeit von Stabdübelverbindungen in Nadelholz sind allerdings lückenhaft. Für Laubhölzer existieren bisher noch keine systematischen Untersuchungen zum Verformungsverhalten.



Ziel des Vorhabens ist es, durch experimentelle Untersuchungen an ca. 165 Verbindungen in Laub- und Nadelhölzern die Datenbasis zur Anschlussverformung zu vergrößern. Durch die Aufbereitung und Bereitstellung der Forschungsergebnisse für die Praxis und Normung, sowie die Erarbeitungen von Richtlinien für eine wirtschaftliche und sichere Anwendung der Knotensteifigkeit im Holzbau kann die Bemessung auch von anspruchsvollen Ingenieurtragwerken vereinfacht werden.

**Laufzeit:** 2021-2022

**Projektförderung:**  
Holzbau-Offensive BW

**Ansprechpartnerin:**  
Lea Buchholz, M.Sc.

## IntCDC – FE-gestützte Bemessung von Holz- konstruktionen

Das Ziel ist die Entwicklung eines integrierten Ansatzes für die Bemessung neuer Bauprodukte und -verfahren im Holzbau auf der Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen (kurz: IATN), der die Grundregeln der Eurocodes respektiert bzw. weiterentwickelt. Die Idee hinter IATN ist ein integrierter Entwurfsansatz, bei dem umfangreiche experimentelle Untersuchungen durch numerisch simulierte Tests ersetzt werden können.

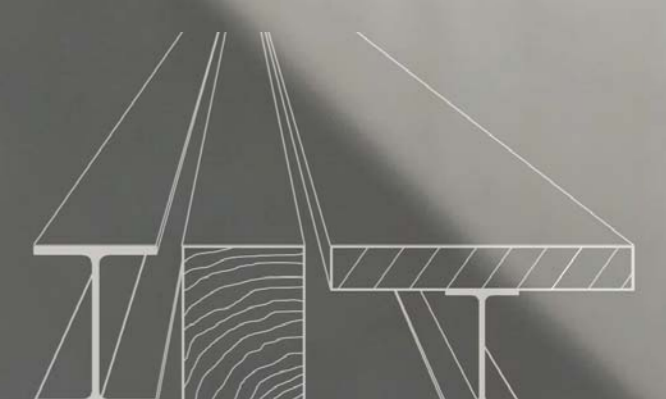


Für die Entwicklung von IATN wurden am Institut für Konstruktion und Entwurf u.a. die Bettungseigenschaften von Stabdübeln in Laub- und Nadelholz experimentell untersucht. Dabei wurden auch Einflüsse aus Fehlstellen, des Kraft-Faser-Winkels sowie des Verbindungsmitteldurchmessers systematisch erfasst. Die gewonnenen experimentellen Bettungseigenschaften dienen als Eingangswerte für numerische Modelle von Stabdübelverbindungen. Diese werden mit Hilfe von Anschlussversuchen, die in zwei weiteren Forschungsvorhaben durchgeführt wurden und werden, verifiziert und validiert. Zuletzt können durch umfangreiche Parameterstudien die Modellunsicherheit und somit die Vorhersagegenauigkeit bestimmt werden.

**Laufzeit:** 2019-2022

**Projektförderung:** DFG

**Ansprechpartner:**  
Julius Gauß, M.Sc.  
Lea Buchholz, M.Sc.







Janusch  
Töpler

## Optimierung Ersatzstabverfahren M-N-Interaktion

Aufgrund von Biegeknicke- und Biegedrillknicken tritt bei weitspannenden Tragwerken mit schlanken, stabförmigen Holzbauteilen häufig Stabilitätsversagen auf. Für eine kombinierte Belastung aus Moment und Normalkraft liegt das Ersatzstabverfahren nach DIN EN 1995-1-1 nach aktuellen Untersuchungen teils weit auf der sicheren Seite, was eine wirtschaftliche und konkurrenzfähige Bemessung solcher Holzbauteile deutlich erschwert.



Ziel des Forschungsvorhabens ist es, durch Versuche die Datenbasis für analytische und numerische Untersuchungen zu schaffen, anhand derer das kombinierte Ersatzstabverfahren Biegeknicke/Biegedrillknicken wirtschaftlich optimiert und die Momenten-Normalkraft-Interaktionsbeziehung für stabilitätsgefährdete Bauteile überarbeitet werden können. Im Rahmen des Versuchsprogramms sollen sowohl der Einfluss der Schlankheit, als auch des Verhältnisses von Moment zu Normalkraft auf das Tragverhalten stabilitätsgefährdeter Bauteile untersucht werden. Darauf aufbauend werden analytische und numerische Untersuchungen durchgeführt. Mit dem überarbeiteten Nachweis soll es sowohl Planern, als auch kleinen und mittelständischen Holzbaubetrieben ermöglicht werden, wirtschaftlichere und konkurrenzfähigere Holzbauten zu planen und zu errichten.

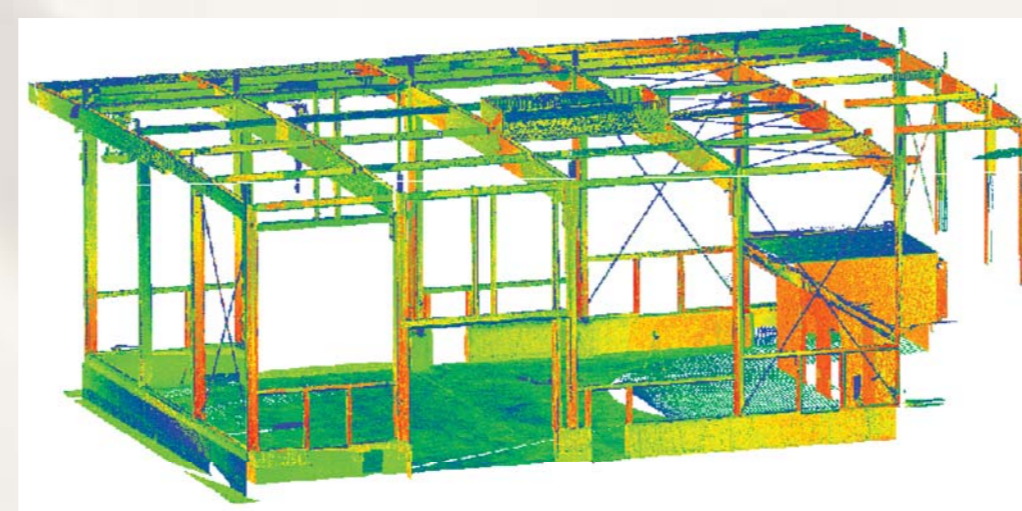
**Laufzeit:** 2021-2022

**Projektförderung:** AiF – iVTH

**Ansprechpartner:**  
Janusch Töpler, M.Sc.

## Imperfektionsmessungen an stabilitätsgefährdeten Holzbauteilen

Mit dem zunehmenden Einsatz weitspannender Konstruktionen aus BSH und innovativen Laubholzprodukten werden im Holzbau immer schlankere Tragwerke mit höherer Imperfektionsempfindlichkeit entworfen. Durch ein umfangreiches Messprogramm in Zusammenarbeit mit dem Institut für Photogrammetrie (IfP) der Universität Stuttgart an realen Bauteilen wird eine Datenbasis mit geometrischen Imperfektionen von Laubholzbauteilen (insbesondere Furnierschichtholz FSH) und biegebeanspruchten Bauteilen (insbesondere Brettschichtholz BSH) aus Nadelholz geschaffen werden. Zusammen mit Annahmen zu strukturellen Imperfektionen dienen die gemessenen geometrischen Imperfektionen als Eingangswerte für systematische FE-Berechnungen zur Traglastbestimmung imperfektionsempfindlicher Bauteile. Der Vergleich der so „numerisch“ ermittelten Ersatzimperfektionen mit den Ansätzen der Norm erlaubt eine Bewertung der vorhandenen Stabilitätsnachweise und die Herleitung von Empfehlungen für verbesserte differenzierte Ansätze.



Schlussendlich sollen Empfehlungen für die Ersatzimperfektionen imperfektionsempfindlicher Holzbauteile, insbesondere auch aus Laubholz, gegeben werden, die bei einheitlichem Sicherheitsniveau eine wirtschaftliche Bemessung mit den Nachweisen nach Eurocode 5 erlauben.

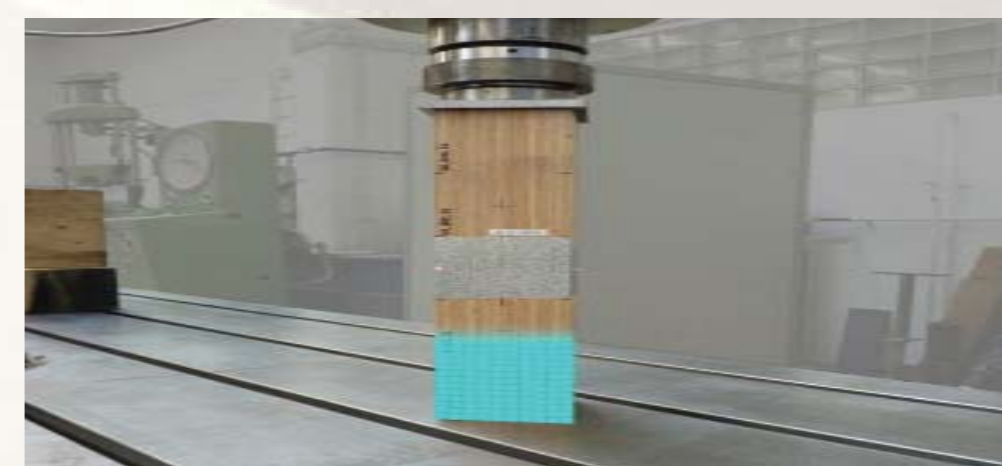
**Laufzeit:** 2020-2021

**Projektförderung:** DIBt

**Ansprechpartner:**  
Janusch Töpler, M.Sc.

## IntCDC – FE-gestützte Bemessung von Holzkonstruktionen

Das Research Project RP7 ist Teil des Exzellenzclusters IntCDC an der Universität Stuttgart. Das Ziel ist die Entwicklung eines integrierten Ansatzes für die Bemessung neuer Bauprodukte und -verfahren im Holzbau auf der Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen (kurz: IATN), der die Grundregeln der Eurocodes respektiert bzw. zu einer Richtlinie für FE-gestützte Bemessung im Holzbau weiterentwickelt.



Die Idee hinter IATN ist ein integrierter Entwurfsansatz, bei dem umfangreiche experimentelle Untersuchungen durch numerisch simulierte Tests ersetzt werden können. Versuche werden jedoch zur Validierung numerischer Modelle benötigt, die dann im Rahmen von Parameteruntersuchungen „fiktive Versuchsergebnisse“ liefern, die nach Eurocode 0 Annex D ausgewertet werden können. Bei der Entwicklung von IATN werden Fallstudien z.B. zu schlanken Buchenfurnierschichtholz Stützen durchgeführt. Im Rahmen der Fallstudie an schlanken Buchen FSH Stützen wird experimentell das Tragverhalten dieser biegeknickegefährdeten Stützen bei unterschiedlichen Schlankheiten untersucht. Aufbauend auf weiteren Materialversuchen an Furnierschichtholz aus Buche wird ein FE-Modell entwickelt, anhand der Versuche validiert und für Parameterstudien zur Ermittlung der Knickkurve für Buche FSH Stützen herangezogen.

**Laufzeit:** 2019-2022

**Projektförderung:** DFG

**Ansprechpartner:**  
Janusch Töpler, M.Sc.

