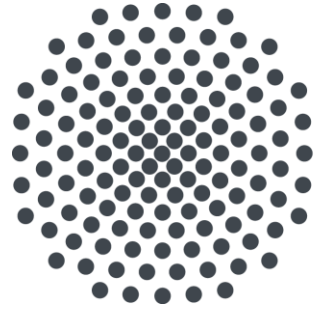




University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Composite
Construction

Fatigue behaviour of steel-to-concrete joints

APRIL 2022 - SEPTEMBER 2025



ERMÜDUNGSVERHALTEN RANDNAHER ANSCHLÜSSE AN STAHLBETONBAUTEILE UNTER DEM ANSATZ VON RÜCKHÄNGEBEWehrUNG

Effiziente Lösungen für Anschlüsse zwischen Stahl und Beton sind entscheidend für eine wirtschaftliche und ästhetische Gestaltung von Stahl- und Verbundkonstruktionen. Diese Anschlüsse müssen oftmals Lasten konzentriert in begrenzte Bereiche einleiten und dennoch einfach montierbar sein. Infolge des erhöhten Verkehrsaufkommen und steigender Komplexität von Tragwerken gewinnen Konzepte zur Vermeidung eines Versagens infolge Ermüdung an Bedeutung. Einbauteile wie Ankerplatten mit Kopfbolzen bieten eine wirtschaftliche einfach realisierbare Lösung für Stahl-Beton-Verbindungen. Die Bemessung unter statischer Belastung kann gemäß EN 1992-4:2018 erfolgen, wobei ein Versagen durch Betonkantenbruch rechnerisch durch entsprechende Auslegung der Zulagenbewehrung verhindert werden kann. Bei Ermüdungsbeanspruchungen kann der positive Einfluss der Bewehrung auf die Ermüdungsfestigkeit von randnahen Anschlüssen derzeit rechnerisch nicht angesetzt werden.

Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines analytischen Modells für die Ermüdungsbemessung randnaher Anschlüsse. Dazu werden numerische Untersuchungen sowie statische und zyklische Versuche an Einzelbefestigungen und Ankerplatten mit Kopfbolzen in Zusammenarbeit mit der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart durchgeführt. Die Ergebnisse sollen zur Erweiterung bestehender Bemessungsregeln und zur Optimierung von Anschlüssen zwischen Stahl und Beton beitragen.

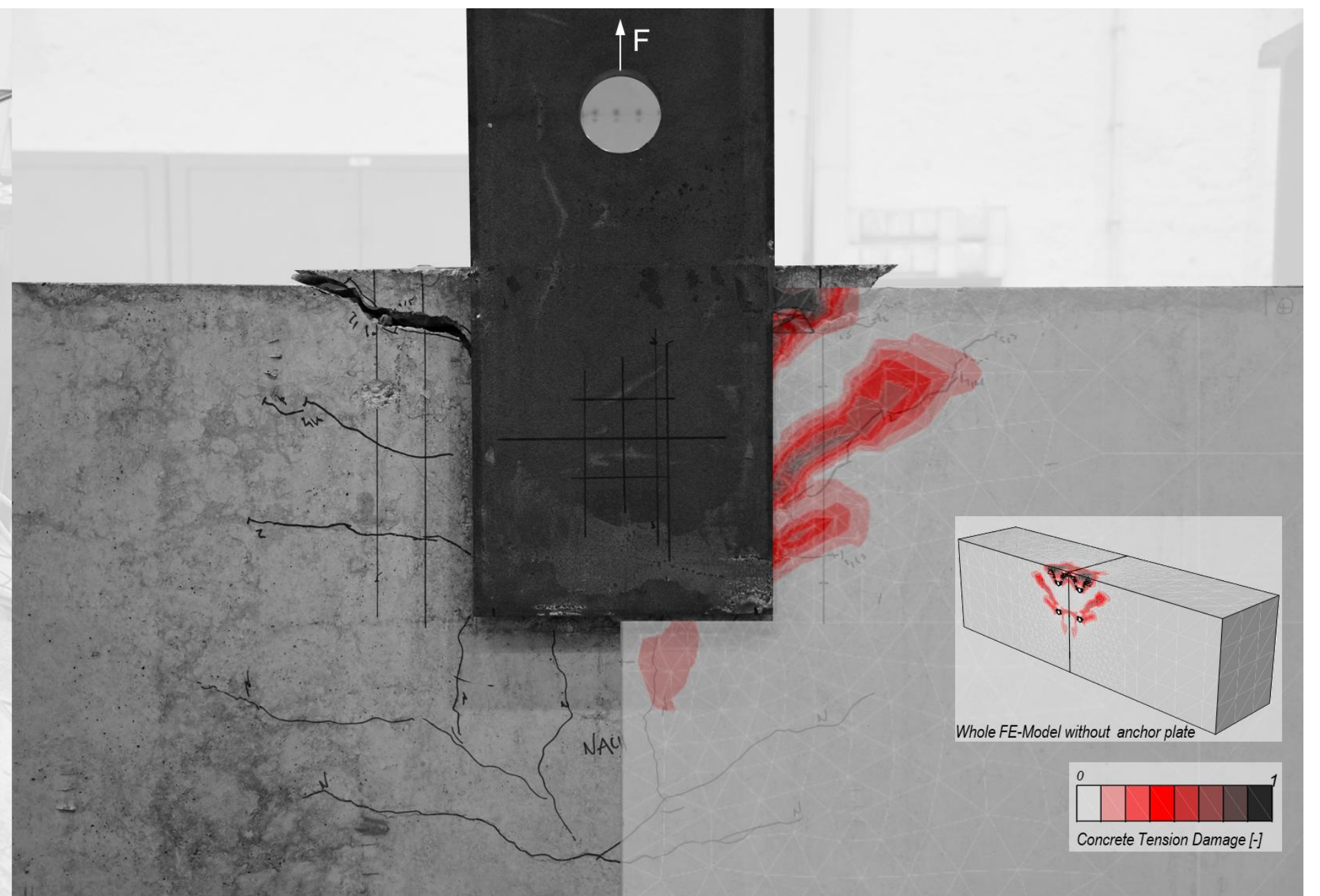
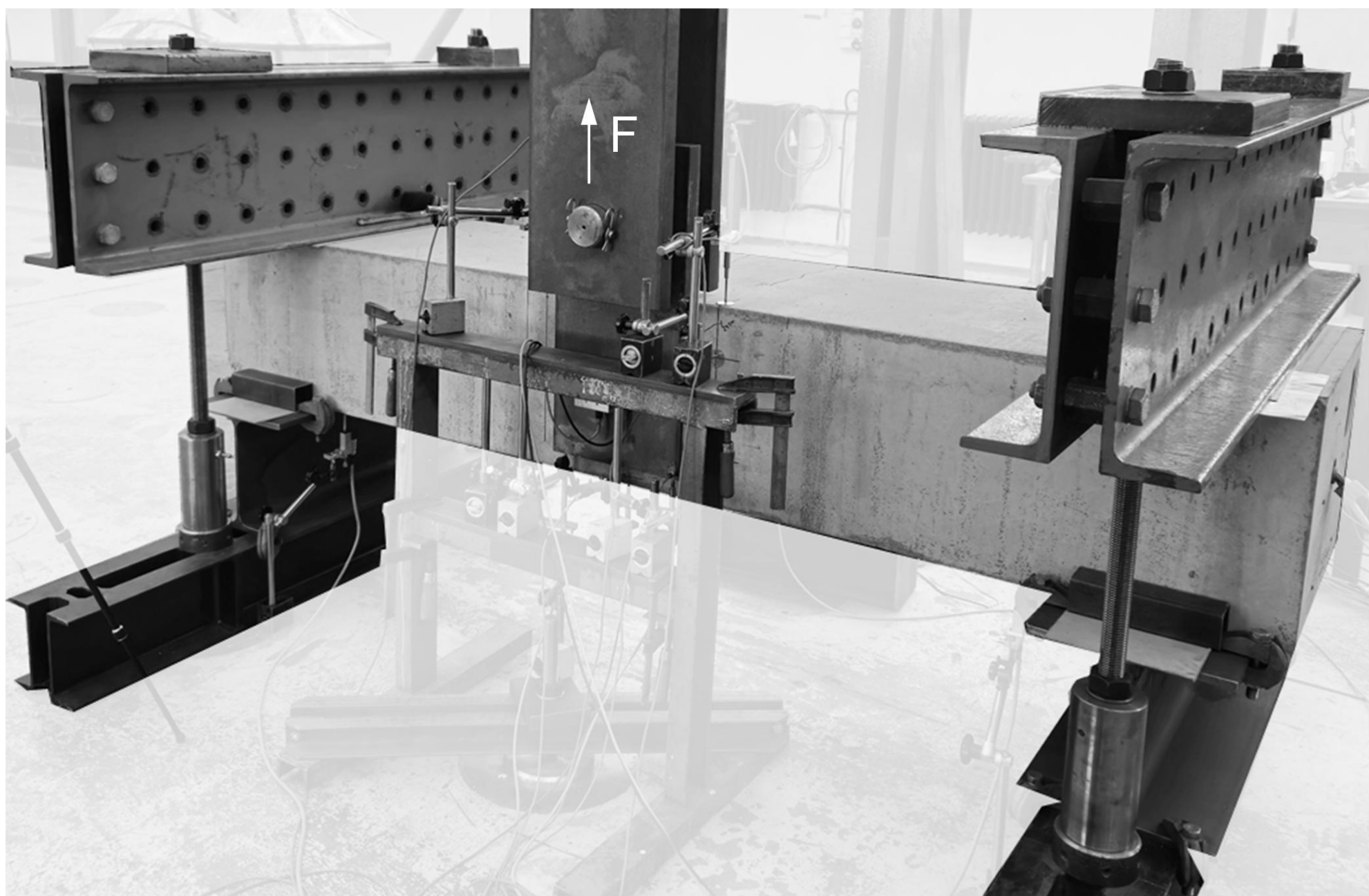


INVESTIGATIONS ON THE FATIGUE BEHAVIOUR OF STEEL-TO-CONCRETE JOINTS CLOSE TO AN EDGE

Intelligent solutions for steel-to-concrete joints are essential for economical and aesthetic composite structures. Applications such as column bases and bearing pedestals require designs that handle complex force transfer near concrete edges while remaining efficient and easy to assemble. Increasing traffic loads and structural complexity further emphasize the importance of fatigue considerations.

Inserts such as anchor plates with headed studs provide an economical and easy-to-install solution for steel-to-concrete joints, with load transfer from the headed stud directly into the concrete. Static loading conditions can be designed according to EN 1992-4:2018, where concrete edge failure can be mitigated by supplementary reinforcement. However, in fatigue design, reinforcement contributions can currently not be considered due to missing validated optimised rules on cyclically loaded steel-to-concrete joints near edges.

This research project bridges fastening technology and composite construction, aiming to develop an analytical model for fatigue design of edge-close steel-to-concrete joints. To obtain the structural behaviour, numerical analyses and static as well as cyclic tests on single fastenings and anchor plates with headed studs close to an edge are conducted in co-operation with the Materials Testing Institute - University of Stuttgart. The findings will support extended design rules and optimization opportunities.



ACADEMIC PARTNER



FUNDING

MPA
STUTT GART

Materialprüfungs-
anstalt Stuttgart



Supported by:
Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action
on the basis of a decision
by the German Bundestag

IGF
AiF

GAK
DLR

The research project 01IF22283N of the GAK (Gemeinschaftsausschuss Kaltformgebung e.V.) is supported by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) as part of the programme for promoting industrial cooperative research (IGF) on the basis of a decision by the German Bundestag.



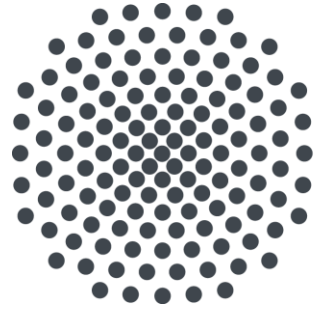
CONTACT



MAXIMILIAN ZIWES

✉ maximilian.ziwes@ke.uni-stuttgart.de





University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Steel Construction

FOSTA P1503
IGF-Nr. 01IF21367N

OCTOBER 2020 - JUNE 2024



EFFIZIENTE BEMESSUNG HOCHFESTER HOHLPROFIL-KNOTEN MIT K-FORM

Fachwerke aus Hohlprofilen werden häufig im Stahlbau verwendet. Der Einsatz hochfester Baustähle kann dabei einen geringeren Materialeinsatz bei gleichzeitig hohen Tragfähigkeiten ermöglichen. Zur Ausnutzung dieses Potentials werden effiziente Bemessungsregeln benötigt.

Die aktuellen Bemessungsregeln für Anschlüsse mit Hohlprofilen wurden durch Versuche an normalfesten Stählen bis S355 validiert. Eine Anwendung der Regeln auf hochfeste Baustähle wurde durch die Einführung zusätzlicher empirisch bestimmter Abminderungsfaktoren ermöglicht.

Im Projekt wurde die Zuverlässigkeit der existierenden Abminderungsfaktoren für hochfeste Stähle für K-Knoten durch experimentelle und numerische Untersuchungen überprüft. Es wurden großmaßstäbliche Versuche durchgeführt und innovative schädigungsmechanische Modelle zur numerischen Abbildung des Werkstoffversagens eingesetzt. Die Bemessungsregeln für Hohlprofilknoten mit K-Form wurden in Bezug auf die einzelnen Versagensmodi überprüft um ggf. eine Anpassung der Abminderungsfaktoren für hochfeste Stähle vorzunehmen. Es wurden Empfehlungen für die Praxis entwickelt, die als Basis für eine normative Regelung im Bauwesen dienen und eine effiziente Bemessung geschweißter Hohlprofilknoten mit K-Form aus hochfesten Stählen ermöglichen.

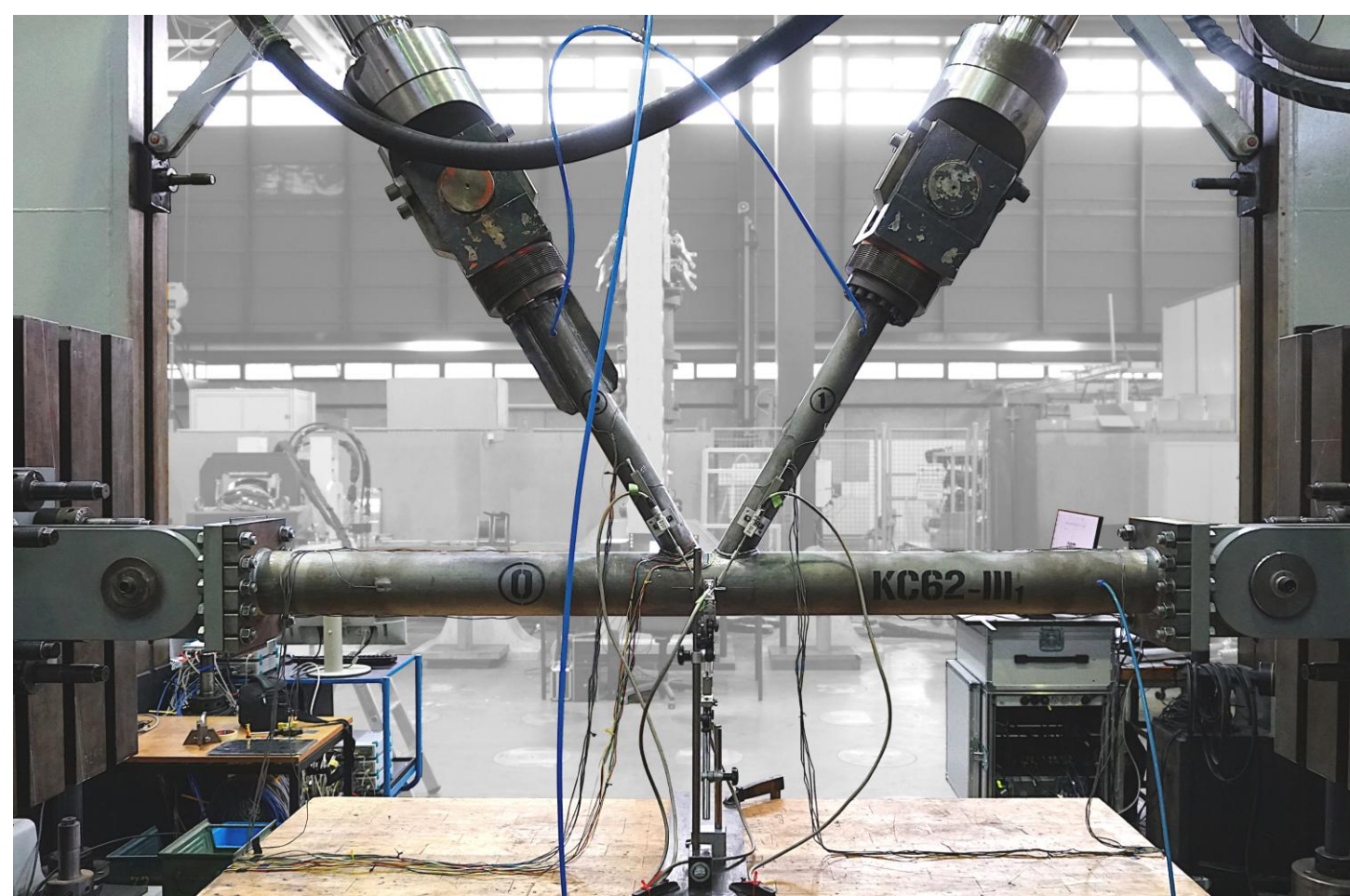


EFFICIENT DESIGN OF HIGH-STRENGTH HOLLOW SECTION K-JOINTS

Trusses made of hollow sections are frequently used in steel construction. The use of high-strength steels enables constructions with lower material usage and, simultaneously, high load-bearing capacities. To fully utilise this potential, efficient design rules are required.

The current design rules for joints with hollow sections were validated experimentally by tests on mild steels up to S355. An application of the rules to high-strength steels was enabled by the introduction of additional empirically determined reduction factors.

Within the project, the reliability of the existing reduction factors for K-joints made of high strength steel was reviewed by means of experimental and numerical investigations. Large-scale tests were carried out on K-joints and innovative damage-mechanical models were used to model the material failure for numerical calculations. The design rules for K-joints were checked with regard to the individual failure modes, possibly with an adjustment of the reduction factors for high-strength steels. Recommendations for the practical application were developed that serve as a basis for normative rules in the construction industry and enable efficient design of welded hollow section joints made of high-strength steels.



FUNDING



Research Association for
Steel Application

Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



The research project IGF 01IF21367N/ FOSTA P1503 "Efficient design of high-strength hollow section K-joints" from the Research Association for steel Application (FOSTA), Düsseldorf, is supported by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) as part of the programme for promoting industrial cooperative research (IGF) on the basis of a decision by the German Bundestag.



INDUSTRIAL PARTNER



ACADEMIC PARTNER



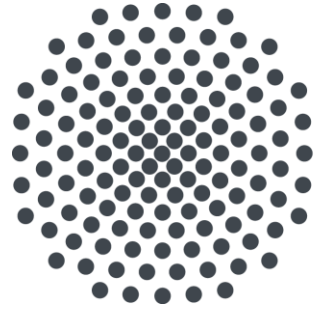
CONTACT



WIGAND KNECHT

✉ wigand.knecht@ke.uni-stuttgart.de





University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Steel Construction

MultiFAT

JULI 2023 - DECEMBER 2025



BETRIEBSFESTIGKEIT BEI MEHRAXIALER BEANSPRUCHUNG – ERMÜDUNGSVERHALTEN VON KERBDDETAILS DES STAHL- UND VERBUNDBRÜCKENBAUS

Ermüdungsbeanspruchte Konstruktionsdetails von Brücken weisen aufgrund der Geometrie und Betriebsbeanspruchung oftmals einen mehraxialen Spannungszustand unter nicht-proportionaler Beanspruchung auf. Frühere, aber auch aktuelle, Bemessungsmodelle spiegeln dies nur unzureichend wider und führen bei der Anwendung auf existierende Versuchsdaten oftmals zu nicht-konservativen Lebensdauerprognosen.

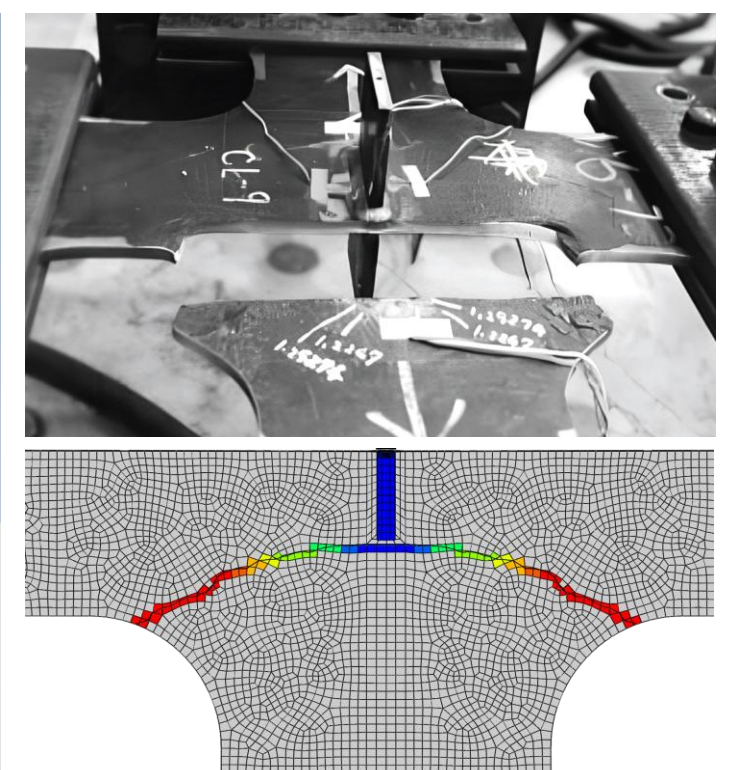
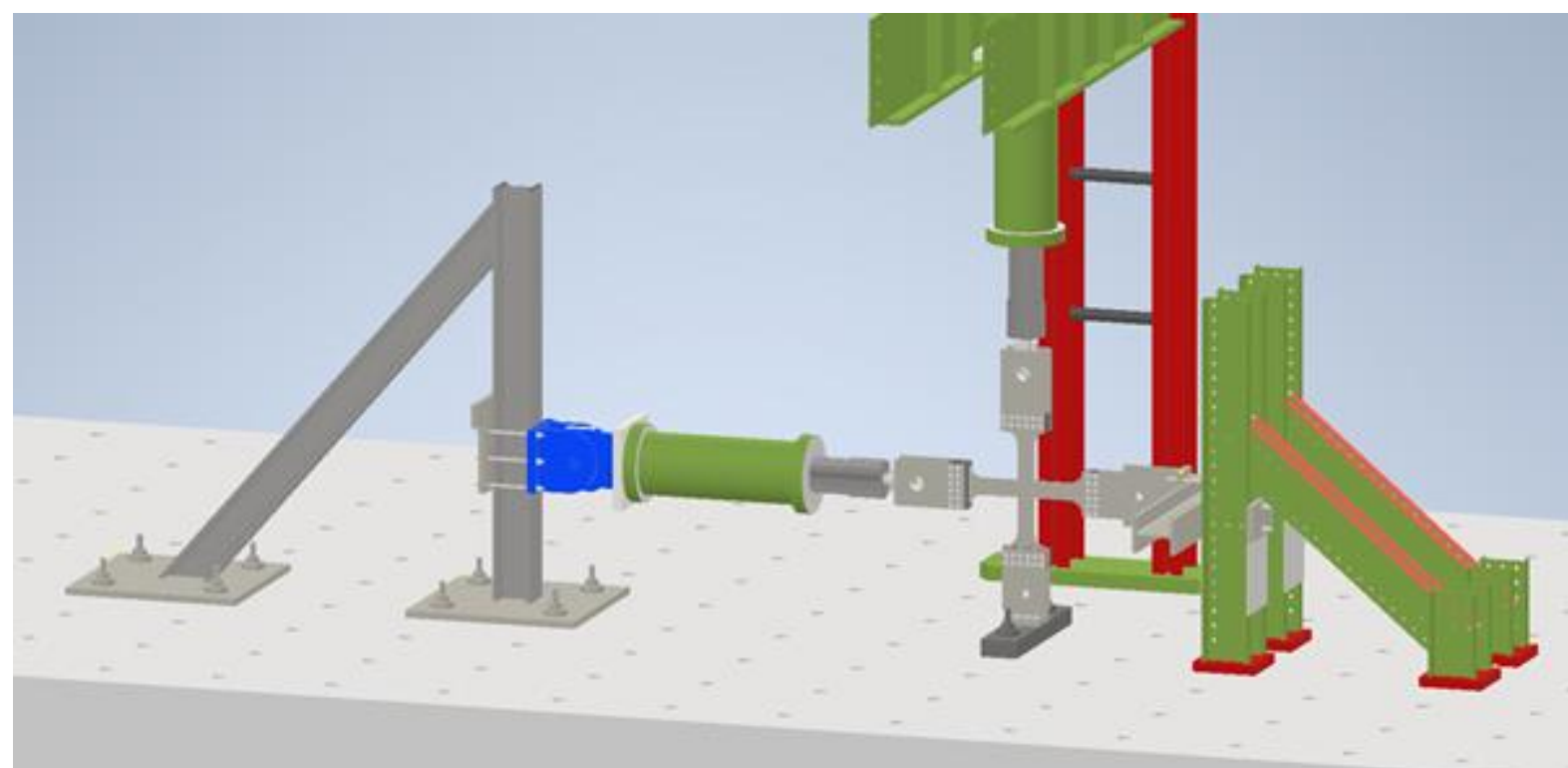
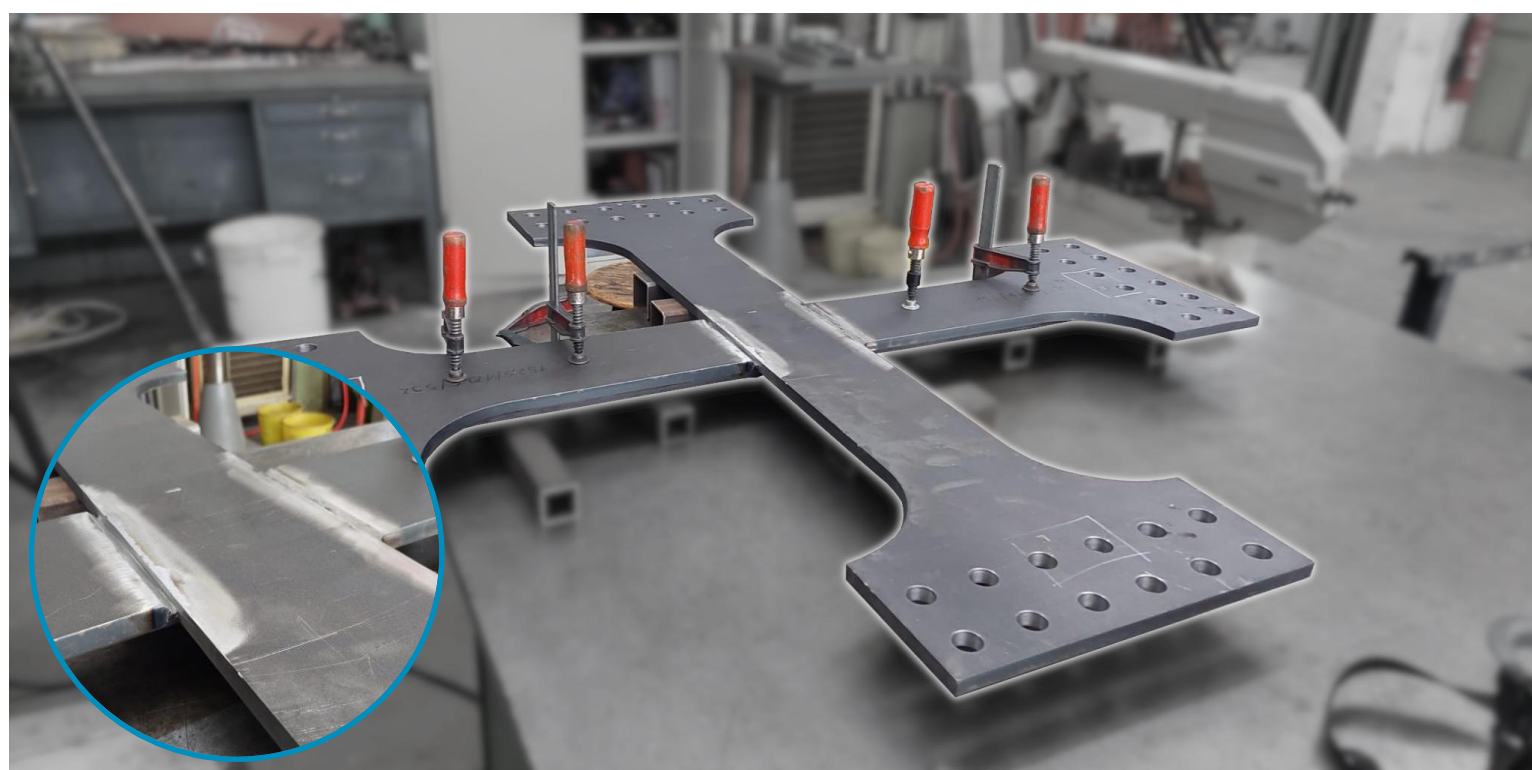
Im Rahmen dieses Vorhabens werden daher mehraxiale Betriebsfestigkeitsversuche mit an den Brückenbau angepassten Querschnitten und Beanspruchungssituationen durchgeführt. Das an der RUB entwickelte Zwei-Phasen-Modell wird für nicht-proportionale Beanspruchungen erweitert und bildet die Basis für analytisch-numerische Simulationen unter Berücksichtigung zyklischer, elastisch-plastischer Werkstoffeigenschaften. Als Resultat werden bestehende Konzepte auf Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen validiert, der Einfluss streuender Eingangsgrößen unter Verwendung eines probabilistischen Modells bewertet und vereinfachte Berechnungsmethoden entwickelt sowie ein gebräuchliches Konstruktionsdetail kritisch hinterfragt und ggf. optimierte Ausführungsvarianten entwickelt. Die Übertragung in vereinfachte Berechnungsmethoden ermöglicht eine wirtschaftliche, nachhaltige Bemessung und Nachrechnung bestehender Brückentragwerke einschließlich höherer Prognosesicherheit. Optimierte Ausführungsvarianten bieten die Möglichkeit zur schnellen, ermüdungsarmen Durchbildung bekannter Konstruktionsdetails.



MULTIAXIAL FATIGUE ASSESSMENT – FATIGUE BEHAVIOR OF NOTCH DETAILS OF STEEL AND COMPOSITE BRIDGES

Construction details of bridges often exhibit a multiaxial stress state under non-proportional loading, due to the geometry and operational loading. Previous, but also current, design models inadequately reflect the fatigue behavior of these construction details and loading situations and often lead to non-conservative service life predictions when applied to existing test data.

Within the scope of this project, multiaxial fatigue strength tests with cross-sections and loading situations adapted to bridge construction are carried out. The two-stage-model developed at the RUB will be extended for the consideration of non-proportional loading and will form the basis for analytical-numerical simulations considering cyclic, elastic-plastic material properties. As a result, the existing concepts are validated based on the new experiments and analytical simulations. Furthermore the influence of scattering input variables is evaluated using a probabilistic model. In addition simplified calculation methods are developed and a common construction detail is critically examined and, if necessary, optimized design variants are developed. The transfer to simplified calculation methods enables an economical, sustainable design and recalculation of existing bridge structures, including higher prognosis reliability. Optimized design variants enable fast, low-fatigue implementation of known construction details.



FUNDING



Research Association for Steel Application



The research project "Multiaxial fatigue assessment – Fatigue behavior of notch details of steel and composite bridges" from the Research Association for steel Application (FOSTA), Düsseldorf, is supported by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) as part of the programme for promoting industrial cooperative research (IGF) on the basis of a decision by the German Bundestag.

Supported by:



on the basis of a decision by the German Bundestag



INDUSTRIAL PARTNER



ACADEMIC PARTNER



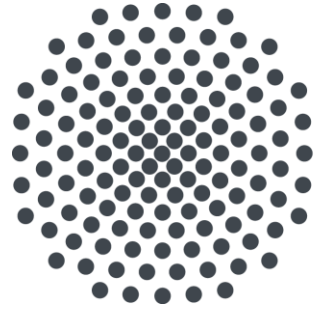
CONTACT



STEFANIE RÖSCHER

✉ stefanie.roescher@ke.uni-stuttgart.de





University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Timber
Construction

HIP 2685085

DECEMBER 2023 - DECEMBER 2026



OPTIMIERUNG UND SYSTEMATISIERUNG VON INNOVATIVEN ANSCHLÜSSEN IM HOLZBAU

Bei statisch unbestimmten Rahmentragwerken ist das Last-Verformungsverhalten der Anschlüsse entscheidend für die Schnittgrößenverteilung. Die realitätsnahe Berücksichtigung der Anschlusssteifigkeit von Stützenfußpunkten und Rahmen-ecken ermöglicht eine sichere und effiziente Tragwerksplanung sowie schlanke und damit ressourcenschonende Bauteile und größere Spannweiten. Um das Last-Verformungsverhalten komplexer Anschlüsse realitätsnah berücksichtigen zu können, werden flexible und in der Praxis einfach anwendbare Bemessungskonzepte benötigt.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es daher, die komplexen Anschlüsse im Holzbau zu systematisieren, ihre Bemessung zu vereinfachen und zu optimieren, um so den Einsatzbereich des nachwachsenden Werkstoffs Holz zu erhöhen und durch die Demontierbarkeit der Anschlüsse einen Beitrag zur Ressourcenschonung zu leisten. Mit der Komponentenmethode im Holzbau kann die Bemessung sehr unterschiedlicher Anschlüsse durch eine standardisierte Vorgehensweise optimiert werden, indem verschiedene Komponenten gezielt aufeinander abgestimmt werden ("performance-based design"). Rahmenecken bieten ein breites Spektrum an individuellen Ausführungsvarianten. Die breite Anwendbarkeit der Komponentenmethode soll im Projekt daher am Beispiel einer momenten-tragfähigen Rahmenecke aus Holz mit der Option der Demon-tierbarkeit ("design for reuse") demonstriert werden.



OPTIMISATION AND SYSTEMATISATION OF INNOVATIVE JOINTS IN TIMBER CONSTRUCTION

In statically indeterminate frame systems, the load-deformation behaviour of joints is crucial for the distribution of internal forces. The realistic consideration of the joint stiffness of column bases and frame corners enables reliable and efficient structural design as well as slender and thus resource-saving components and larger spans. To realistically account for the load-deformation behaviour of complex joints, flexible and application-oriented design concepts are required.

The research project, therefore, aims to systematise the complex joints in timber construction, simplify and optimise their design, thereby increasing the use of timber as a renewable material and helping to save resources by making connections removable. Using the component method in timber construction, the design of a wide variety of joints can be optimised using a standardised procedure by specifically matching different components to each other ("performance-based design"). Frame corners offer a wide range of individual design solutions. Therefore, the broad applicability of the component method is demonstrated using the example of a moment-resisting timber frame corner with the possibility of disassembly ("design for re-use").



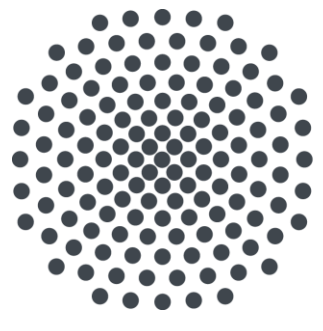
The project is funded from the European Regional Development Fund (ERDF) and by the Ministry of Food, Rural Affairs and Consumer Protection of the State of Baden-Württemberg (state co-financing) as part of the Timber Innovation Programme.



LEA BUCHHOLZ

✉ lea.buchholz@ke.uni-stuttgart.de





University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Timber
Construction

Innovative
timber joints
2079067

APRIL 2021 - JUNE 2023



INNOVATIVE HOLZKNOTEN DURCH MODELLIERUNG DER STEIFIGKEIT FÜR LEISTUNGSFÄHIGE HOLZ- TRAGWERKE AUS LAUB- UND NADELHOLZ

Der Holzbau gewinnt als nachhaltige und ressourcenschonende Bauweise zunehmend an Bedeutung. Gleichzeitig führen veränderte klimatische Bedingungen in Deutschland zu einem Wandel der Waldstruktur mit vermehrt höheren Buchenanteilen. Diese müssen für eine effiziente Ressourcennutzung auch in der Baupraxis Verwendung finden, sodass bestehende Bemessungsregeln für Nadelholz für die Anwendung auf Laubholz überprüft und ggf. angepasst werden müssen.

Insbesondere die Prognose des Last-Verformungsverhaltens hochleistungsfähiger Verbindungen mithilfe von computer-gestützten numerischen Berechnungsmethoden ist für die Bemessung komplexer Holztragwerke von entscheidender Bedeutung. Jedoch sind für präzise Vorhersagen zutreffende Eingabeparameter erforderlich. Aufgrund der vergleichsweise geringen Datenbasis und der großen Streuung von Versuchsergebnissen konnten bisher allerdings keine präzisen Empfehlungen zur rechnerischen Beschreibung der Steifigkeit für Laubholzverbindungen gegeben werden.

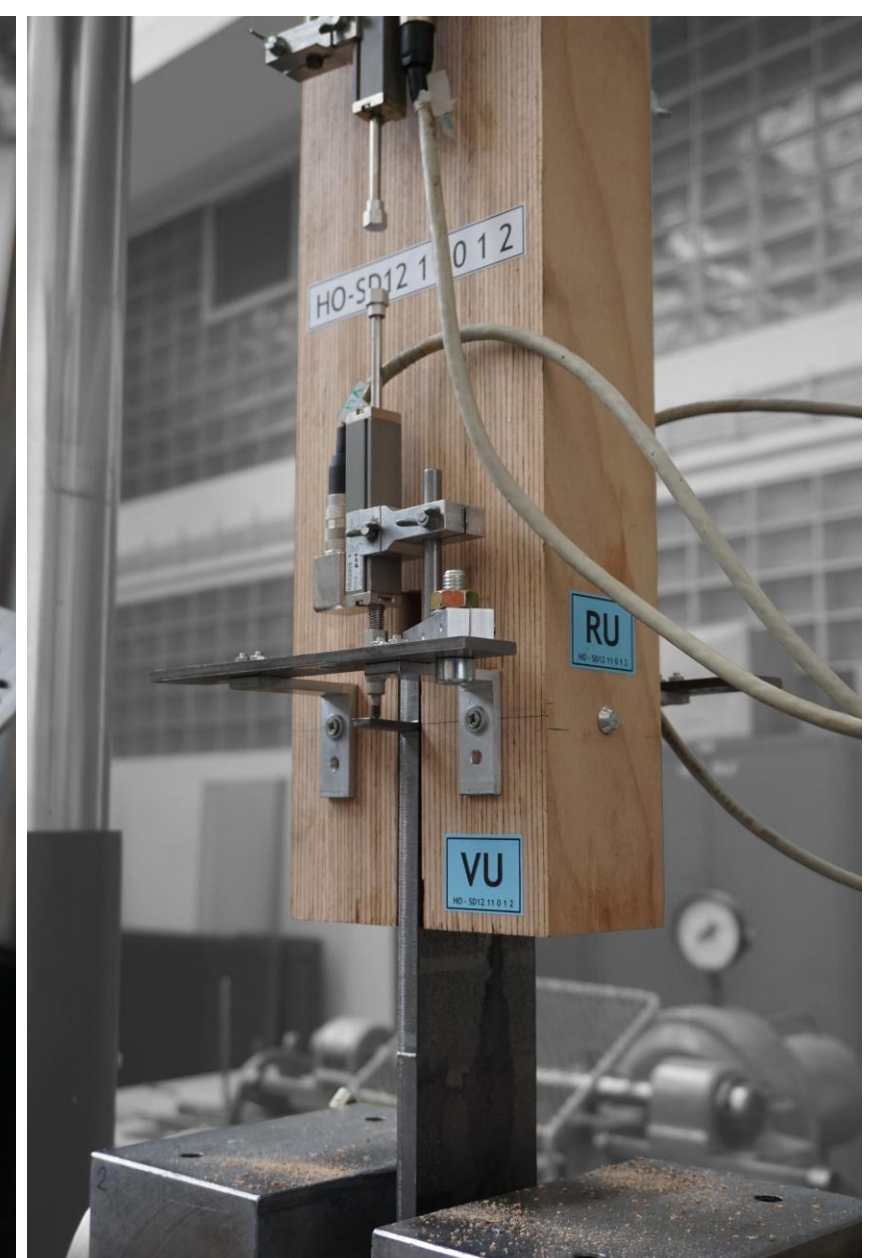
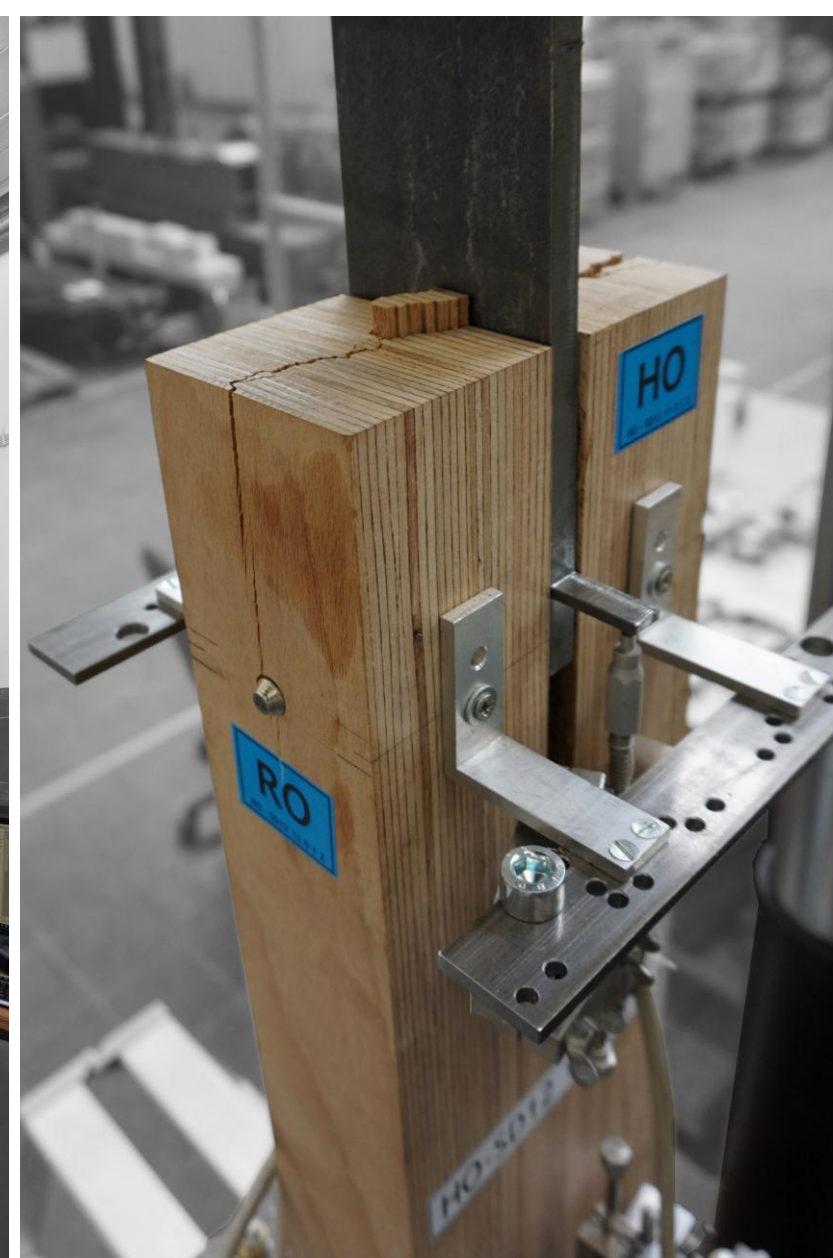
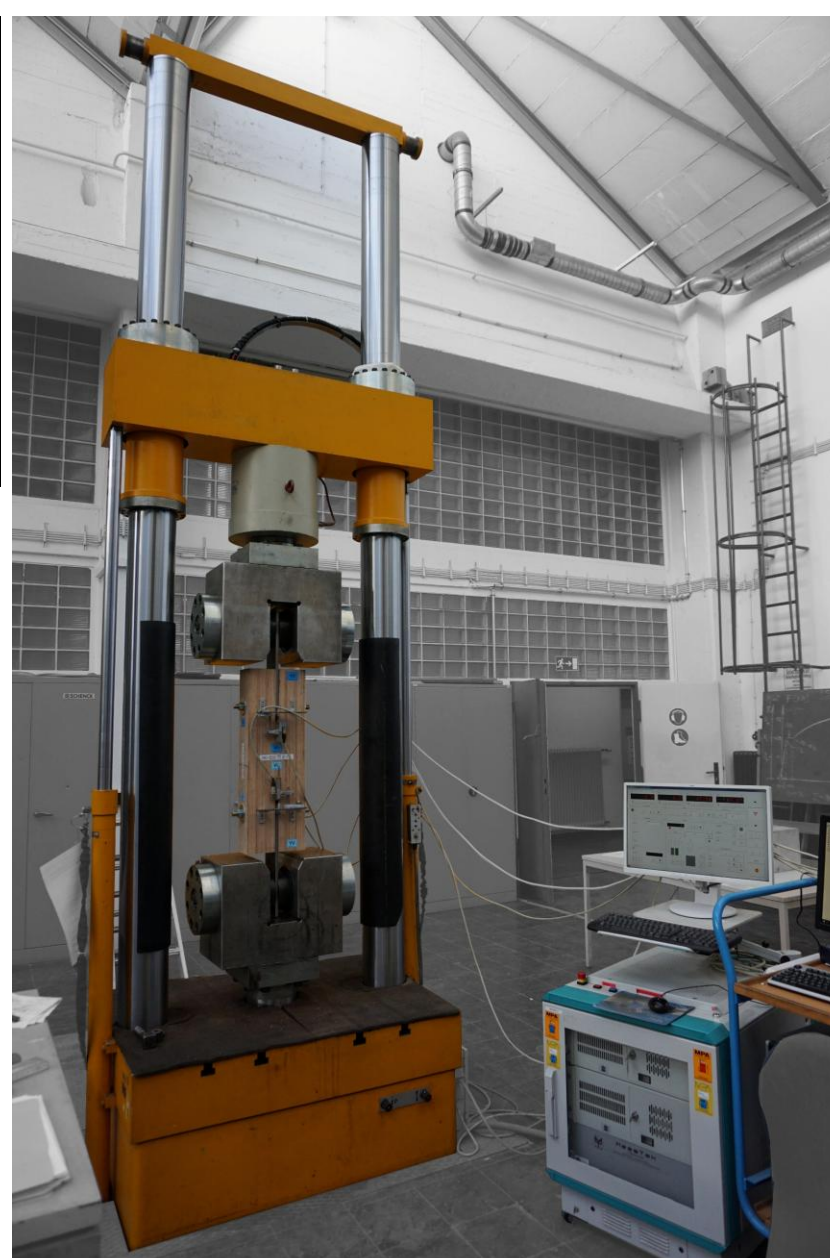
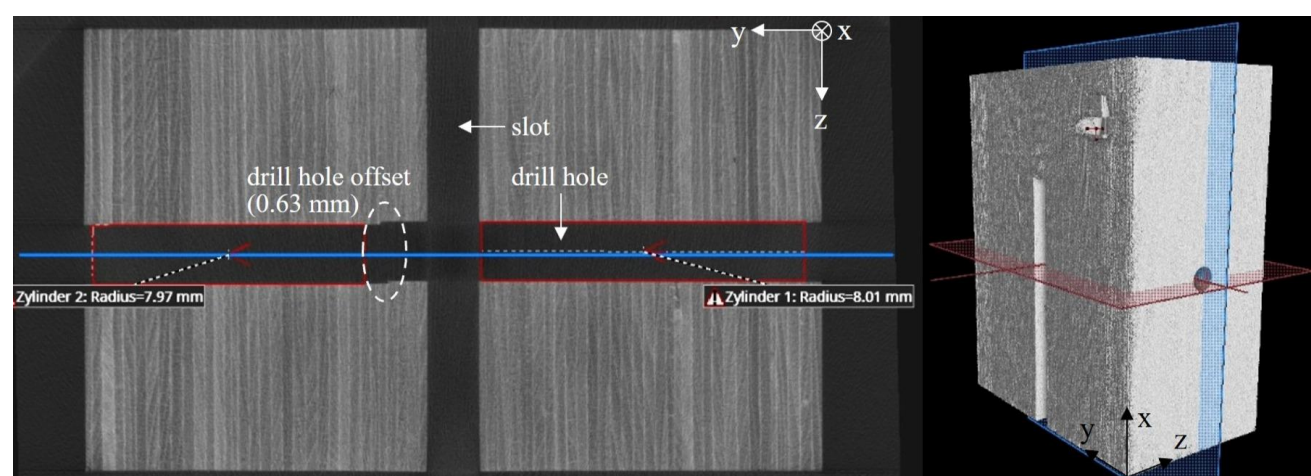
Ziel dieses Forschungsvorhabens war es daher, die Datenbasis für die Ermittlung der Steifigkeiten von Stahl-Holz-Stabdübelverbindungen mit Buchenurnierschichtholz durch experimentelle und numerische Untersuchungen zu erweitern und Empfehlungen für die Normung zu erarbeiten.



INNOVATIVE TIMBER JOINTS BY MODELLING THE STIFFNESS FOR HIGH-PERFORMANCE TIMBER STRUCTURES MADE OF HARD- AND SOFTWOOD

Timber construction is becoming increasingly important as a sustainable and resourceefficient construction method. Climatic changes are leading to a transformation of the forest structure in Germany, with an increasing proportion of beech. As a result, beech will be increasingly used in construction practice. This means that the existing design rules for softwood need to be reviewed and, if necessary, adapted for hardwood. In particular, the prognosis of the load-deformation behaviour of high-performance joints with computer-based numerical design and calculation methods is crucial for the design of sophisticated timber structures. However, accurate input parameters are required for precise predictions. Due to the comparatively small data base and the large scatter of test results, it has not yet been possible to give precise recommendations for the numerical description of the stiffness of hardwood connections.

The aim of this research project was, therefore, to extend the data base for determining the stiffness of steel-timber dowel-type connections with beech laminated veneer lumber through experimental and numerical investigations and to develop recommendations for standardisation.



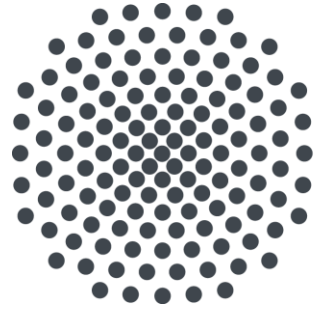
The Project is funded by the Ministry of Food, Rural Affairs and Consumer Protection of the State of Baden-Württemberg as part of the Timber Building Initiative.



LEA BUCHHOLZ

✉ lea.buchholz@ke.uni-stuttgart.de





University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Composite
Construction

FOSTA P1778
IGF-Nr. 23405N

OCTOBER 2024 - MARCH 2027



BEMESSUNGSKONZEPT FÜR HOHLPROFILVERBUNDSTÜTZEN MIT HOCHFESTEN UND HYBRIDEN QUERSCHNITTEN AUF EINHEITLICHER BASIS

Verbundstützen bieten in Hoch- und Industriebauten eine schlanke und tragfähige Alternative zu massiven Betonstützen. Forschungen zeigen, dass hochfester Stahl und innovative Querschnittstypen die Tragfähigkeit dieser Stützen erhöhen und zu effizienteren Strukturen beitragen. Im Cluster HOCHFEST der FOSTA e.V. wurden verschiedene Konstruktionsformen von Hohlprofilverbundstützen entwickelt und ihre Tragfähigkeitsmechanismen untersucht.

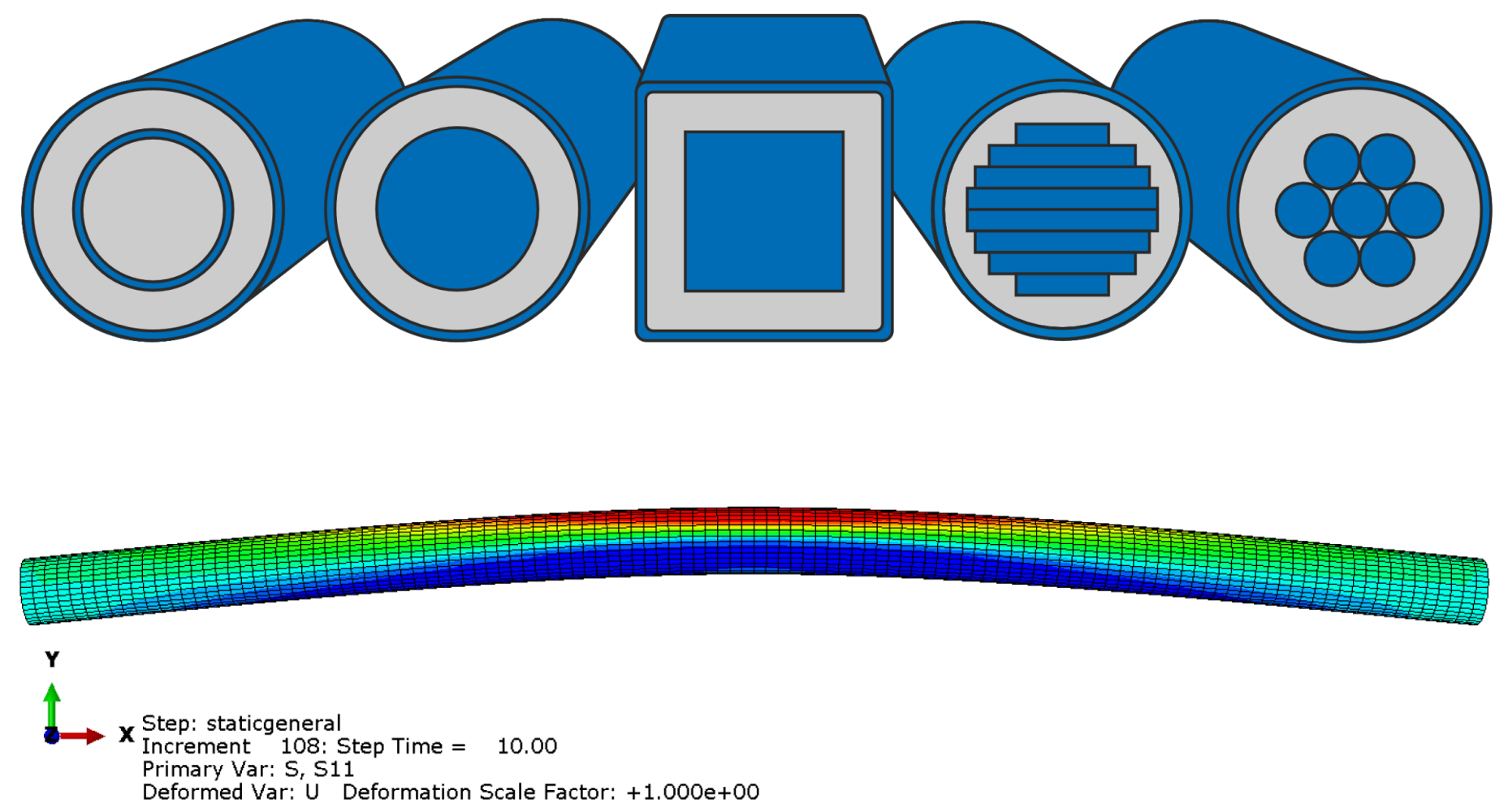
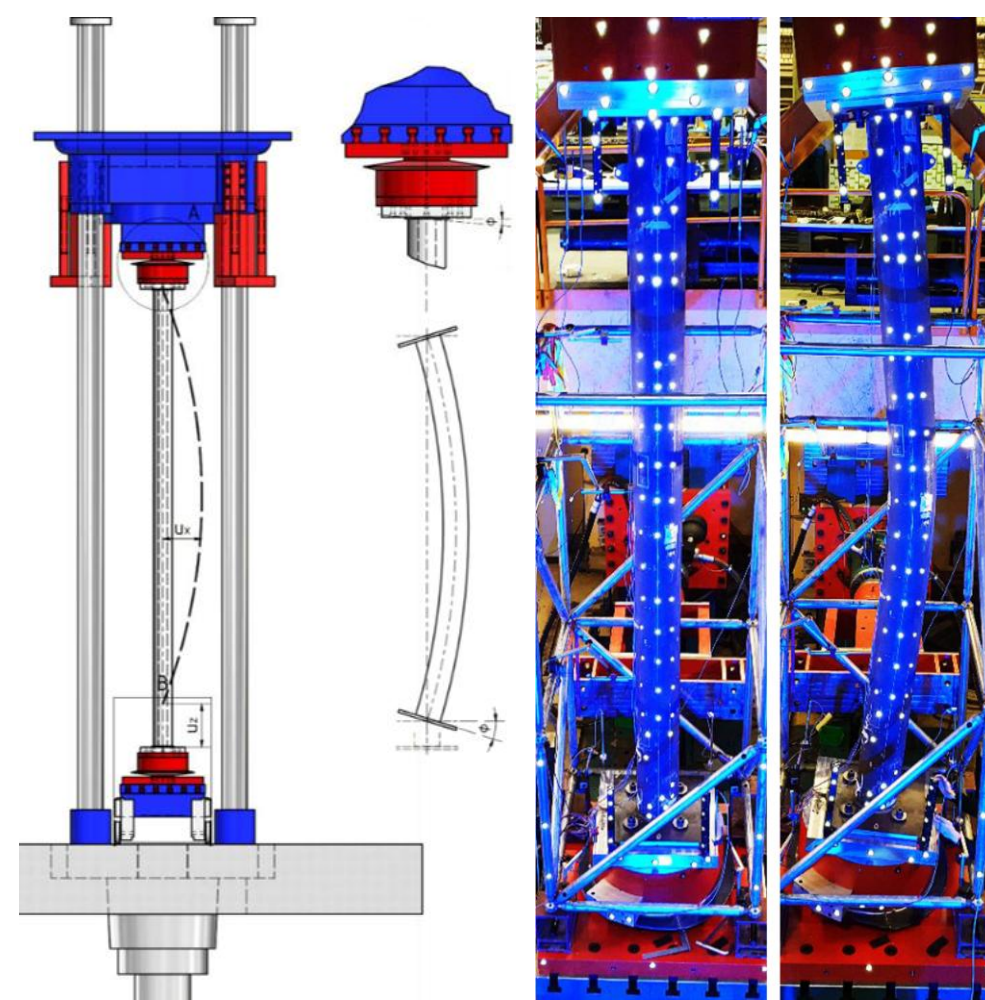
Gegenstand dieses nachfolgenden Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines standardisierten Entwurfsansatzes für innovative Hohlprofil-Verbundstützen. Diese stoßen derzeit an die Grenzen der bestehenden Normen. Mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen, FE-Simulation und probabilistischer Analyse werden das Tragverhalten der Stützen sowie Einflussfaktoren wie Imperfektionen oder die Verwendung hochfester Materialien untersucht. Ziel ist es, innovative Bauweisen zu ermöglichen, Planungshindernisse zu beseitigen und nachhaltige, wirtschaftliche Tragwerke für den Hochbau bereitzustellen.



RELIABLE DESIGN CONCEPT FOR HOLLOW SECTION COMPOSITE COLUMNS WITH HIGH-STRENGTH AND HYBRID CROSS-SECTIONS ON A UNIFORM BASIS

Composite columns offer a slender and reliable alternative to solid concrete columns in high-rise and industrial buildings. Research shows that high-strength steel and innovative cross sections increase the load-bearing capacity of these columns and contribute to more efficient structures. In the HOCHFEST cluster of FOSTA e.V., various design forms of hollow section composite columns have been developed and their load-bearing mechanisms have been analysed.

This subsequent research project aims to develop a standardised design approach for innovative hollow section composite columns. Currently they come up against the limits of existing standards. Experimental studies, FE simulation and probabilistic analysis are used to investigate the load-bearing behaviour of the columns as well as influencing factors such as imperfections or the use of high-strength material. The objective is to enable innovative construction methods, remove planning obstacles and provide sustainable, economical load-bearing structures for building construction.



ACADEMIC PARTNER



INDUSTRIAL PARTNER



FUNDING

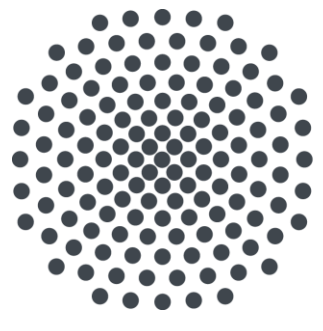


CONTACT

ELISA GRIMALDI

✉ elisa.grimaldi@ke.uni-stuttgart.de





University of Stuttgart

Institute of Structural Design

Stability | Durability | Hazard Performance | Innovation for Sustainability

Steel & Composite
Construction

REBRIDGE

OCTOBER 2025 - SEPTEMBER 2029



ZUVERLÄSSIGKEIT WIEDERVERWENDETER BRÜCKEN UND DIE AUSWIRKUNGEN AUF KONSTRUKTIONEN FÜR EINE ZIRKULÄRE UNENDLICHKEIT

Ein signifikanter Beitrag der Bauindustrie zum Klimaschutz bei gleichzeitiger Erfüllung des gesellschaftlichen Baubedarfs ist nur durch die Verwirklichung der "zirkulären Unendlichkeit" und die damit verbundene ganzheitliche Betrachtung von Wiederverwendung und Recycling möglich. Obwohl das Recycling von Baumaterialien den CO₂-Fußabdruck eines Bauwerks verringern kann, erfordert es immer noch zusätzliche Energie, und zumindest geringe Emissionen müssen in Kauf genommen werden. Daher reicht Recycling allein nicht aus, um klimaneutral zu werden. Entscheidend ist die strukturelle Wiederverwendung, d. h. die Wiederverwendung von gesamten Bauteilen. Dies ist jedoch noch anspruchsvoll und derzeit auf Tragwerke ohne Ermüdungsbeanspruchung beschränkt.

Die Vision von REBRIDGE ist die Wiederverwendung von Bauteilen bestehender Brücken in neuen Brücken und/oder Gebäuden und damit die Entwicklung einer zirkulären Unendlichkeit als neues Konzept im Bauwesen. Das Projekt zielt darauf ab, Methoden für eine zuverlässige Wiederverwendung von Brückenbauteilen zu entwickeln, die In-situ-Bewertungen, Unschärfen in der Belastungshistorie, Schäden aus der Nutzung und dem Rückbau sowie die Auswirkungen von Reparatur- und Ausbesserungsmaßnahmen berücksichtigen. Es sollen Konzepte und Regeln für die Bemessung von wiederverwendbaren Brückenbauteilen entwickelt werden.



RELIABILITY OF REUSED BRIDGE STRUCTURES AND THE IMPACT ON THE DESIGN FOR A GREEN AND CIRCULAR ETERNITY

A significant contribution of the construction industry to the climate change mitigation while simultaneously fulfilling society's construction demand can only be achieved through the realization of circular eternity and the related holistic consideration of reuse and recycling. Although recycling of construction materials can reduce the carbon footprint of a structure, it still requires additive energy, and at least minor emissions must be accepted. Thus, recycling alone will not be adequate for becoming climate-neutral; structural reuse is essential, meaning that components are reused in their entirety. However, structural reuse is still ambitious and currently limited to building structures without fatigue loading.

The vision of REBRIDGE is to reuse components from existing bridges in new bridges and/or building structures, thereby developing a circular eternity as a novel concept in construction. The project aims to establish methods for a reliable design of bridges' reclaimed components, considering in-situ assessments, uncertainties from fuzzy loading histories, damage from use and deconstruction and the impact of any repair and improvement measures. Concepts and rules for the design of reclaimed components of existing bridge structures for reuse will be developed.



ACADEMIC PARTNER



INDUSTRIAL PARTNER



FUNDING



CONTACT



REBRIDGE is an EU funded project under RFCS, the Research Fund for Coal and Steel.



ANNA-LENA BOURS

anna-lena.bours@ke.uni-stuttgart.de

