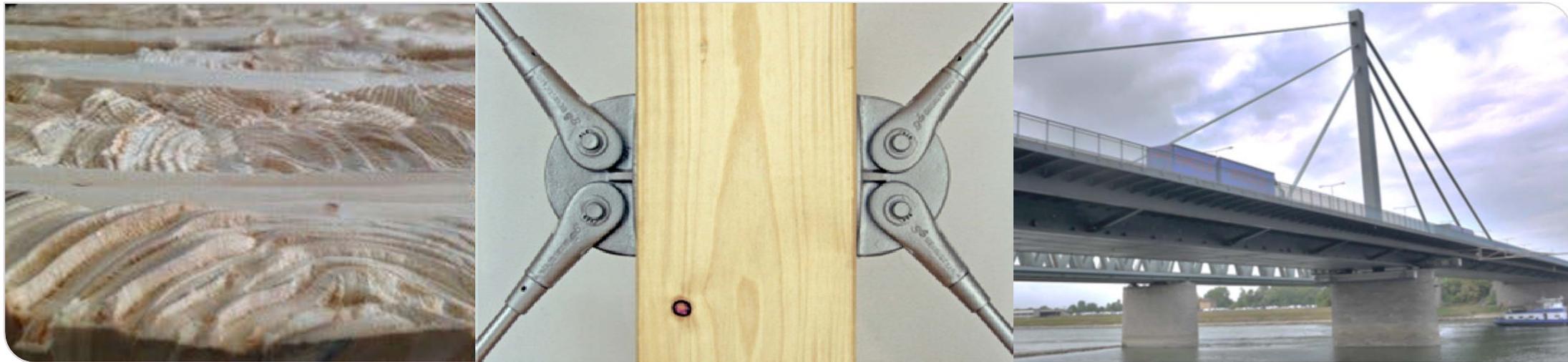
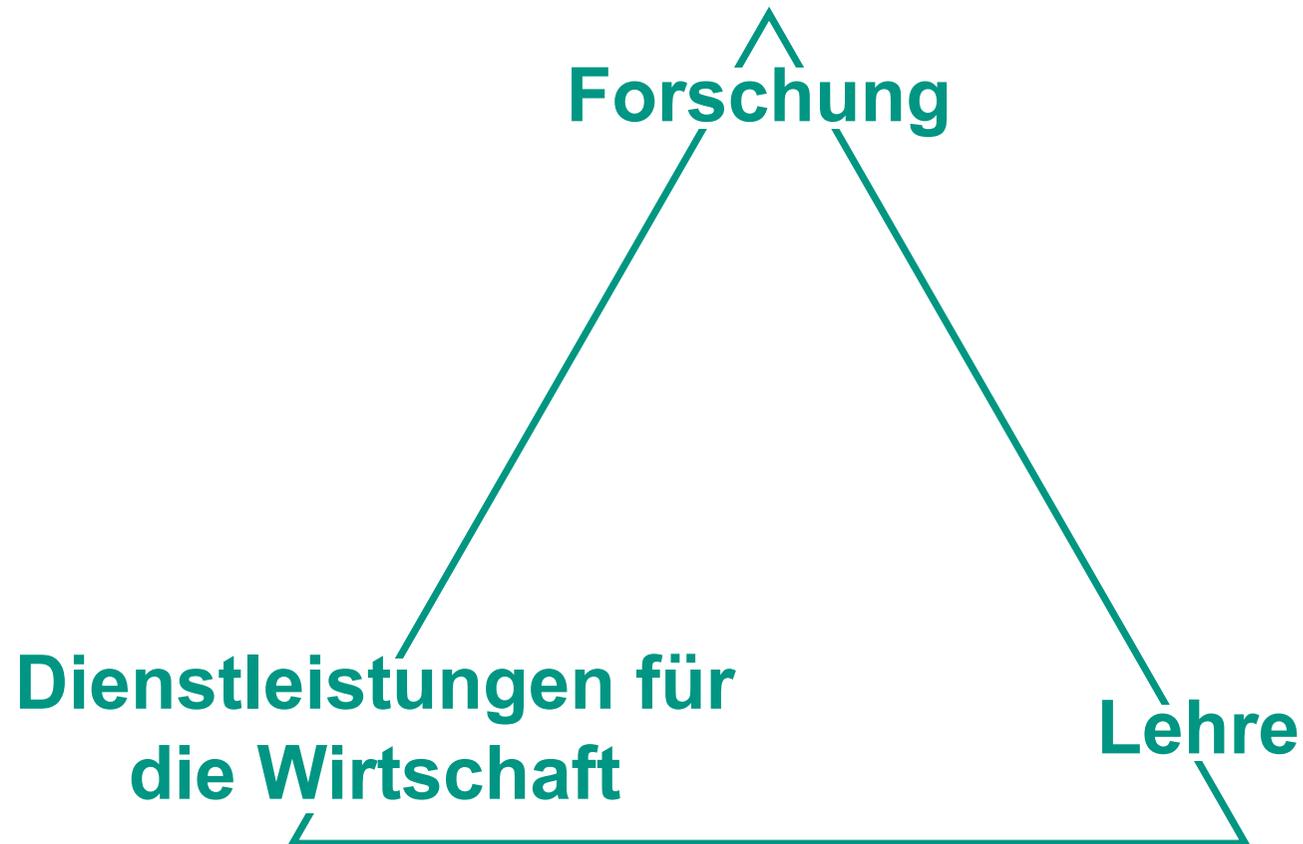


Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt Werkstoffe | Verbindungen | Konstruktionen



Versuchsanstalt – unsere Tätigkeiten



KIT – aktuelle Zahlen

22.275 Studierende

43 BSc-Studiengänge

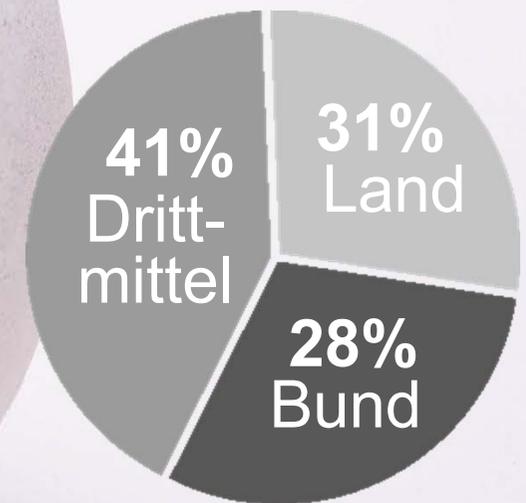
58 MSc-Studiengänge

11 Fakultäten in **5** Bereichen

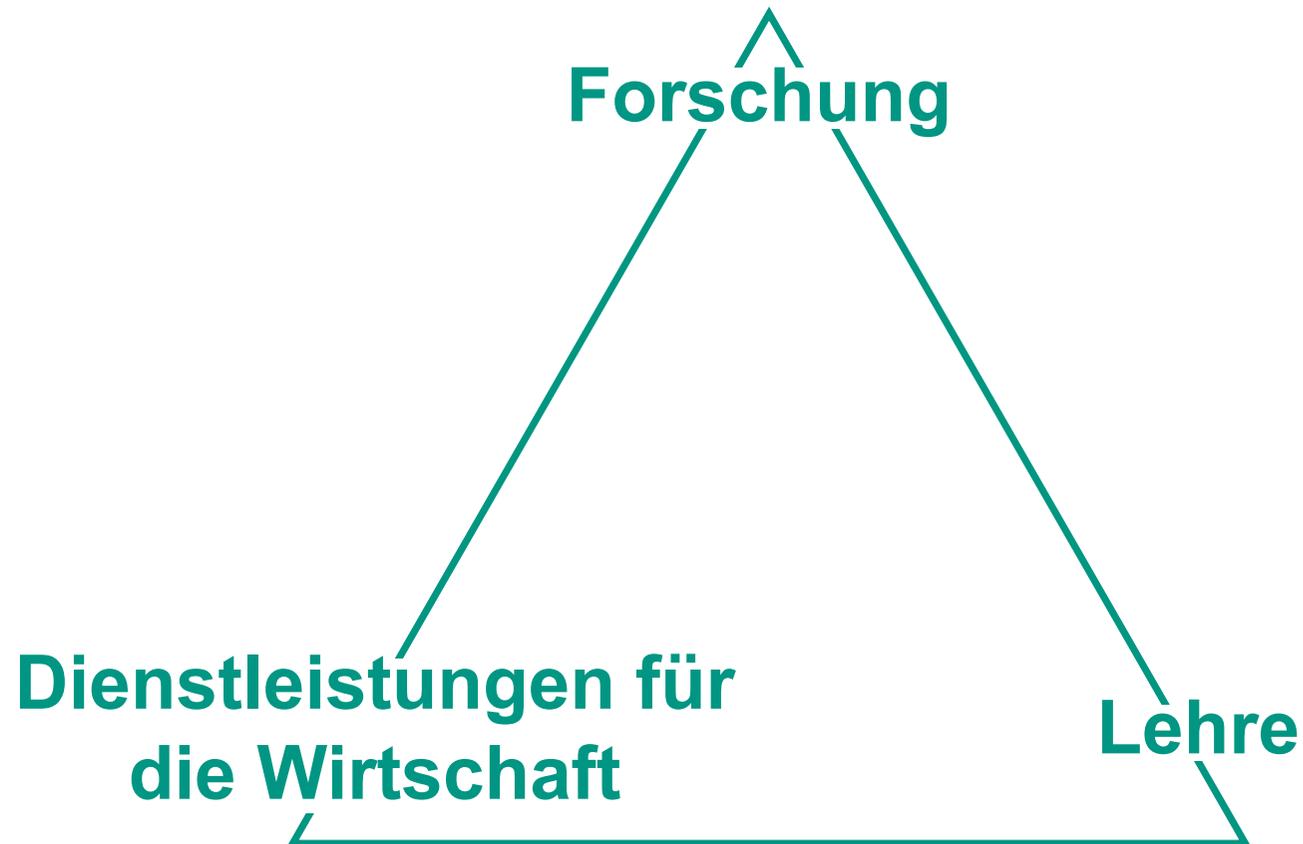
9.783 Beschäftigte

Budget

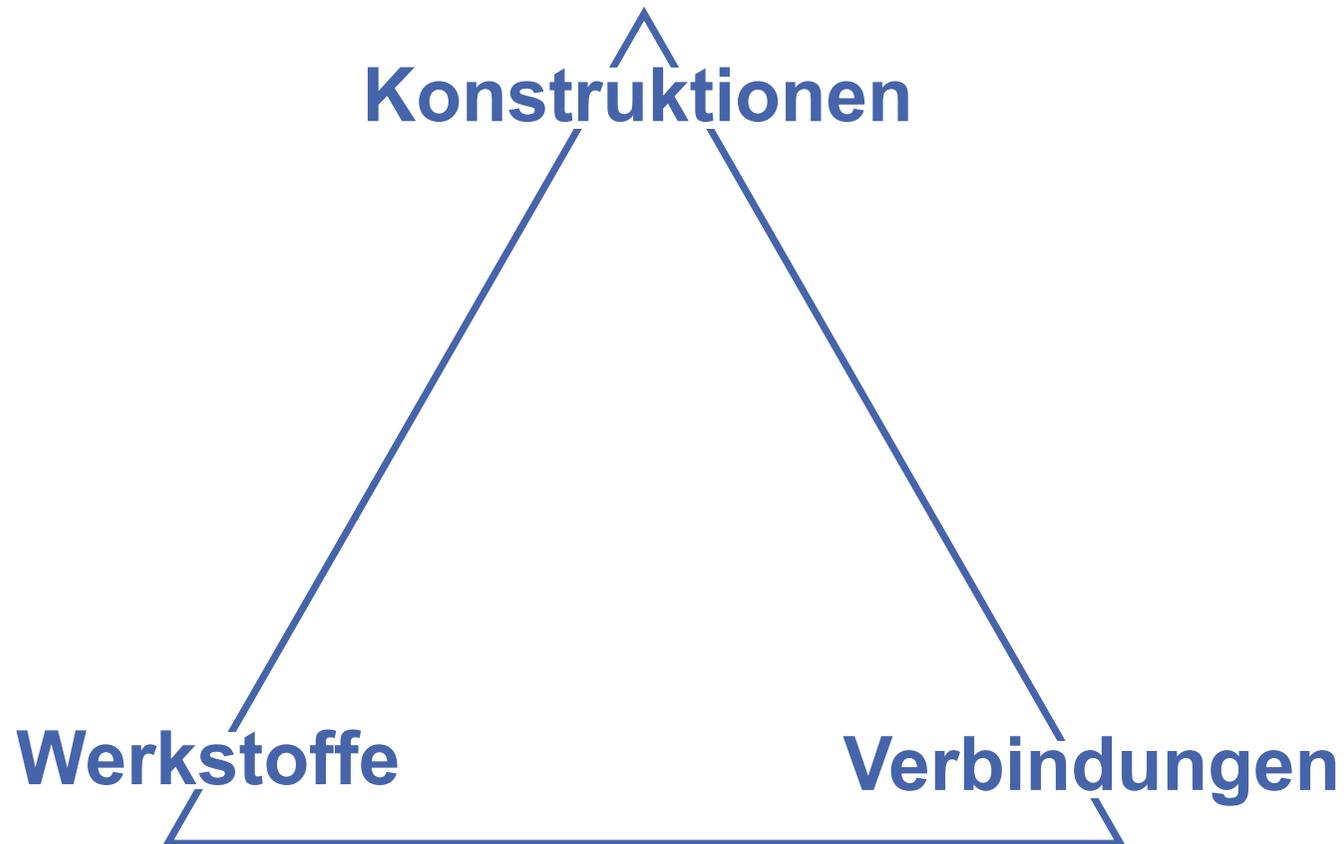
1090 Mio. EUR



Versuchsanstalt – unsere Tätigkeiten



Versuchsanstalt – unsere Tätigkeiten



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

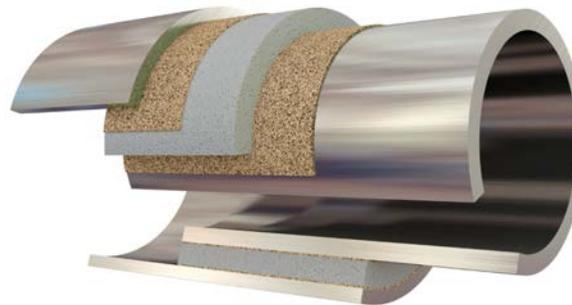


Werkstoffe

Verbindungen

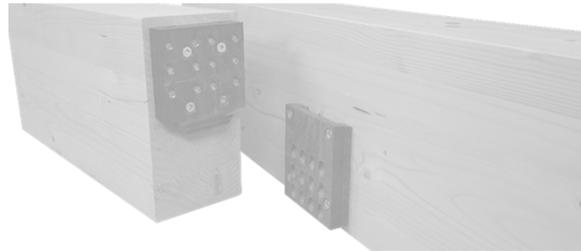
Konstruktionen

Stahl



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

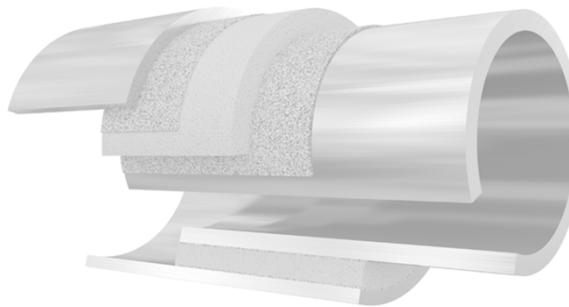
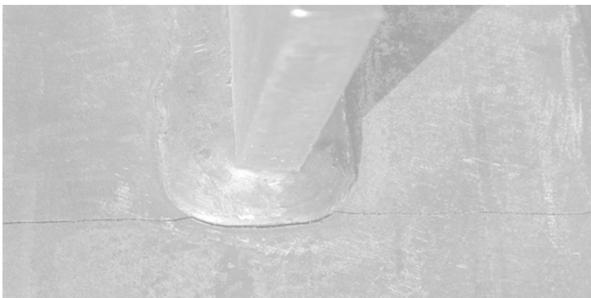


Werkstoffe

Verbindungen

Konstruktionen

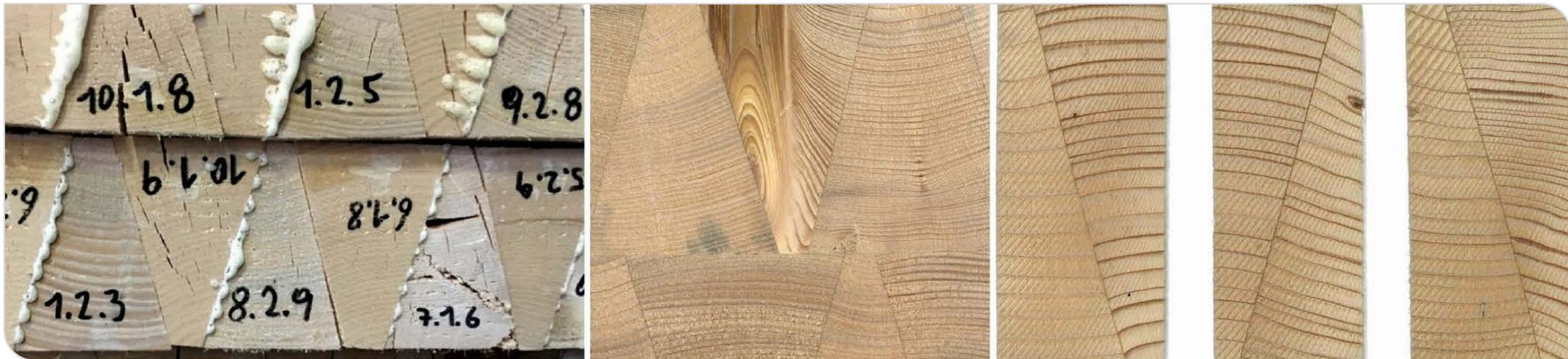
Stahl



SLH – Segmentlamellenholz

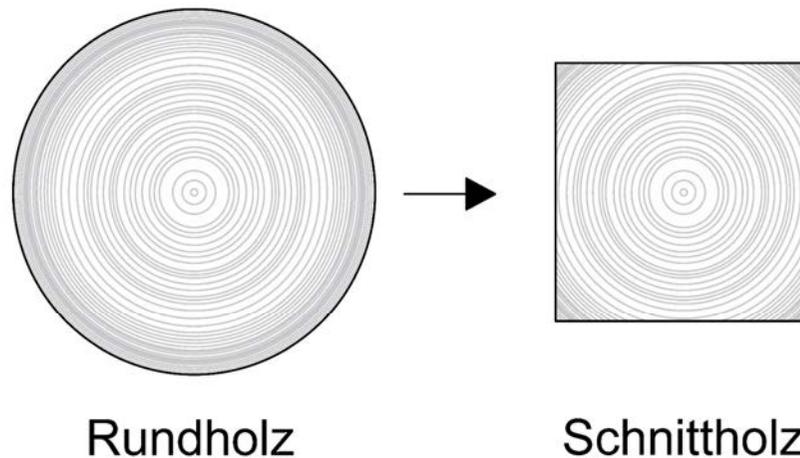
Ein neues Nadelholzprodukt

Lukas Windeck



Stand der Technik in der Herstellung

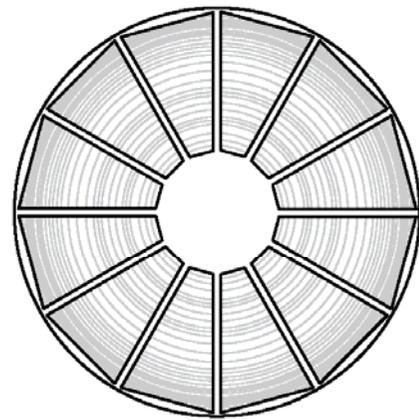
- Allgemeines Vorgehen in der Herstellung von Bauholz



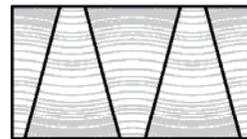
- Bauholz nutzt nur etwa 65 %^[1] des ursprünglich vorhandenen Holzvolumens

[1] Pinto, 2006, Simulated and realised industrial yields in sawing of maritime pine

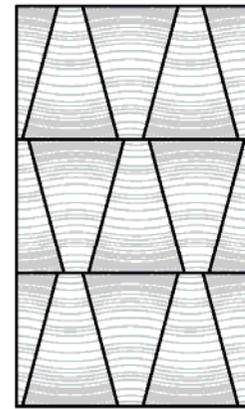
Produktidee Segmentlamellenholz



Rundholz



SLH



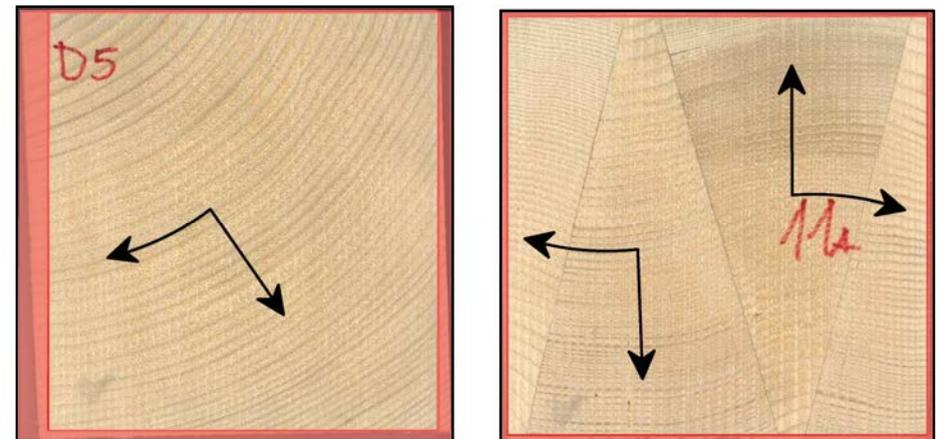
SSH



SLH: Segmentlamellenholz
SSH: Segmentschichtholz

Vorteile

- Direkte Erhöhung der Ausbeute durch radialen Einschnitt
- Nutzung des höherfesten Splintholzes
- Nutzung der Abholzigkeit
 - Juveniles Holz in Stammmitte wird größtenteils nicht genutzt
- Geringere Hobelverluste durch Nassverklebung

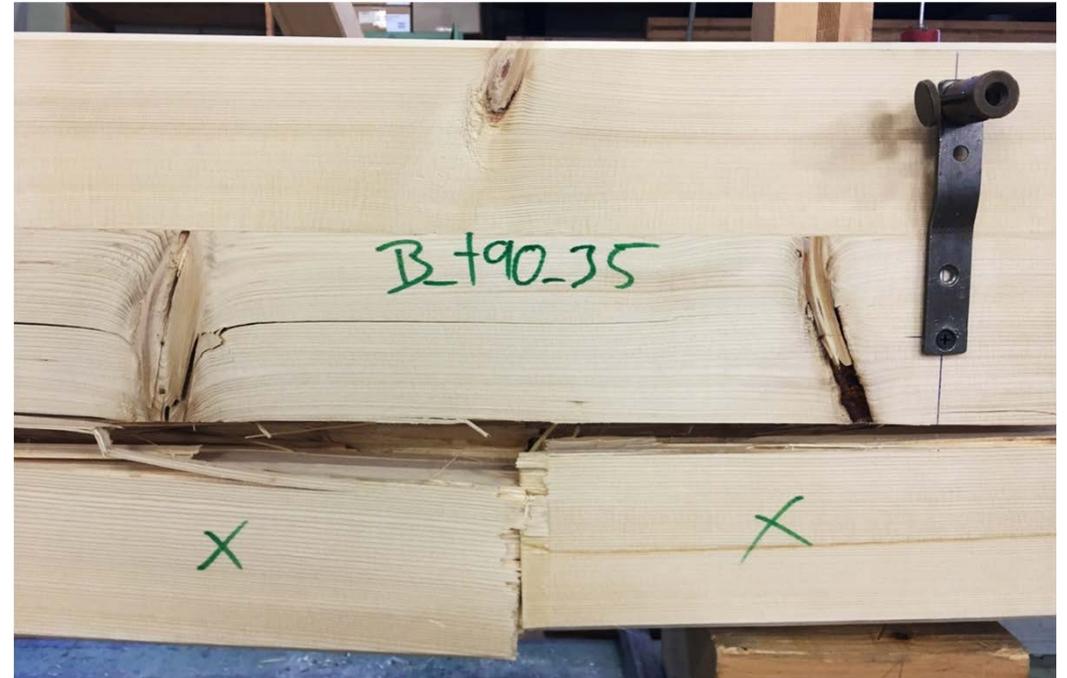


→ Ausbeute kann auf durchschnittlich 85 % gesteigert werden

Biegeversuche - Versagen



Versagen SLH



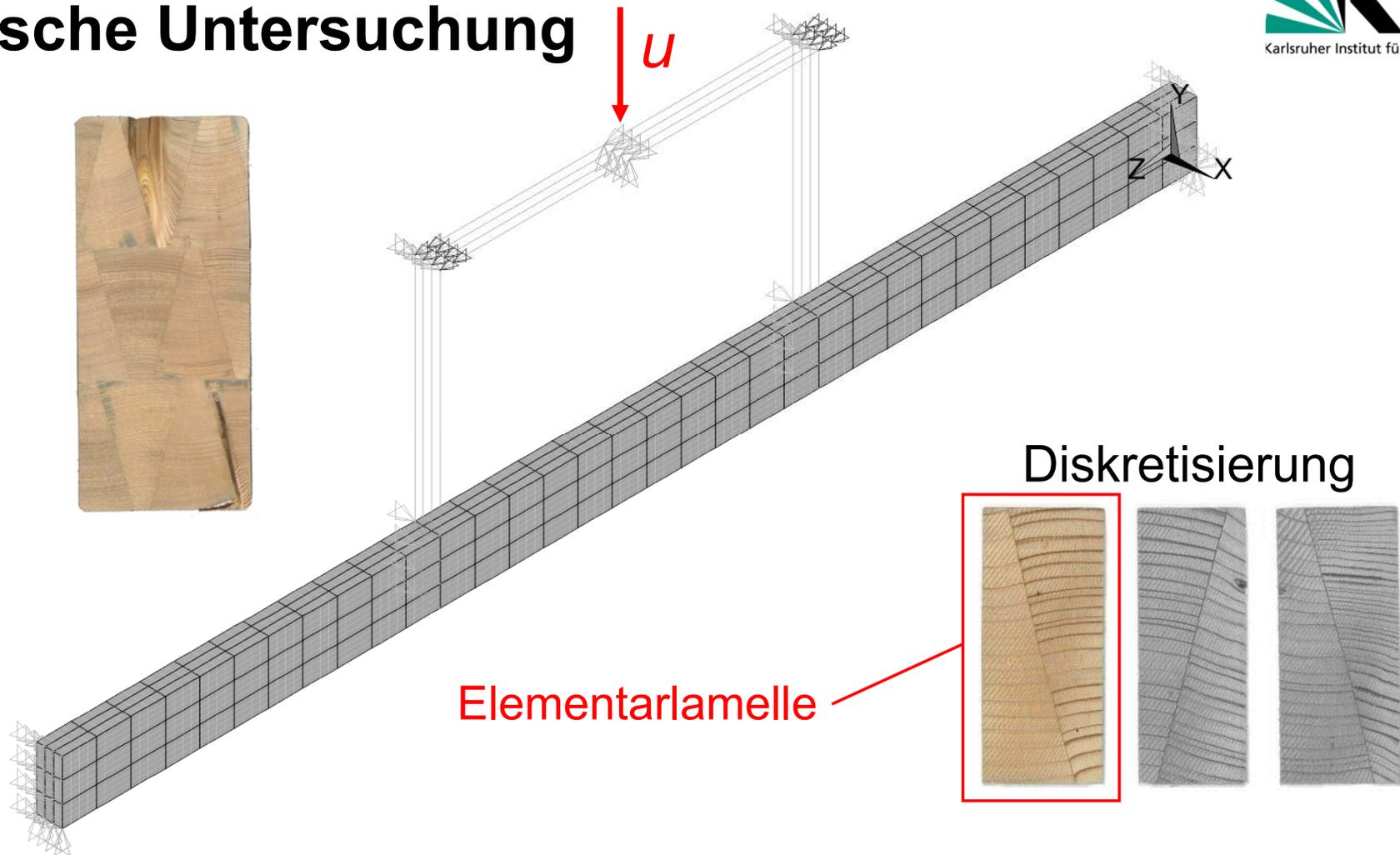
Versagen SSH

Vergleich SLH mit C- und GL-Klassen

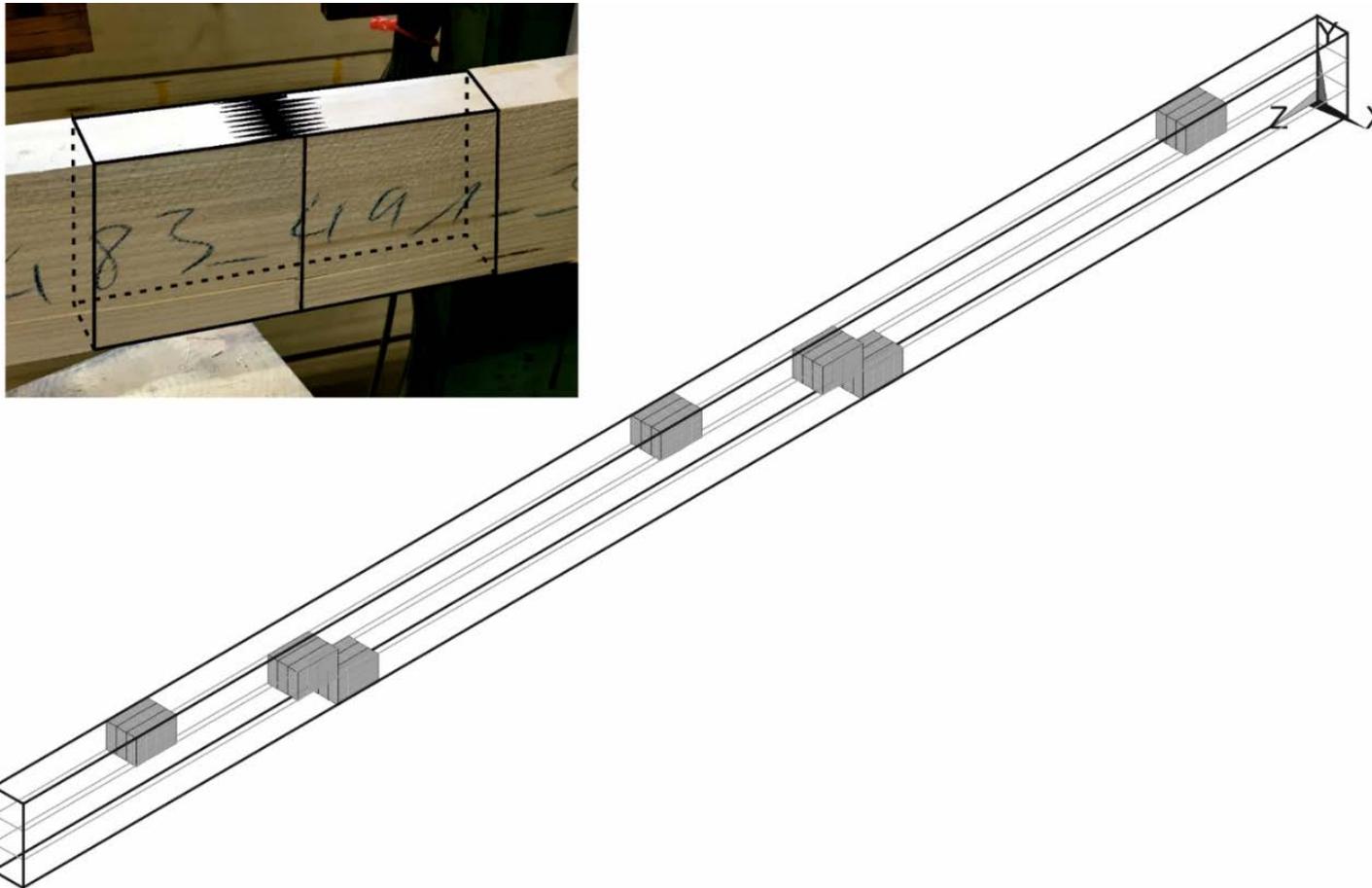
- Eigenschaften von
 - C/T/D-Klassen: DIN EN 338:2016
 - GL-Klassen: DIN EN 14080:2013
 - SLH/SSH: ETA-19/0832

		C24	GL24	SLH/SSH
Bezogen auf Höhe [mm]		150	600	<360
Biegung [N/mm ²]	$f_{m,k}$	24	24	24
Zug [N/mm ²]	$f_{t,0,k}$	14,5	19,2	15
Druck [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$	21	24	21

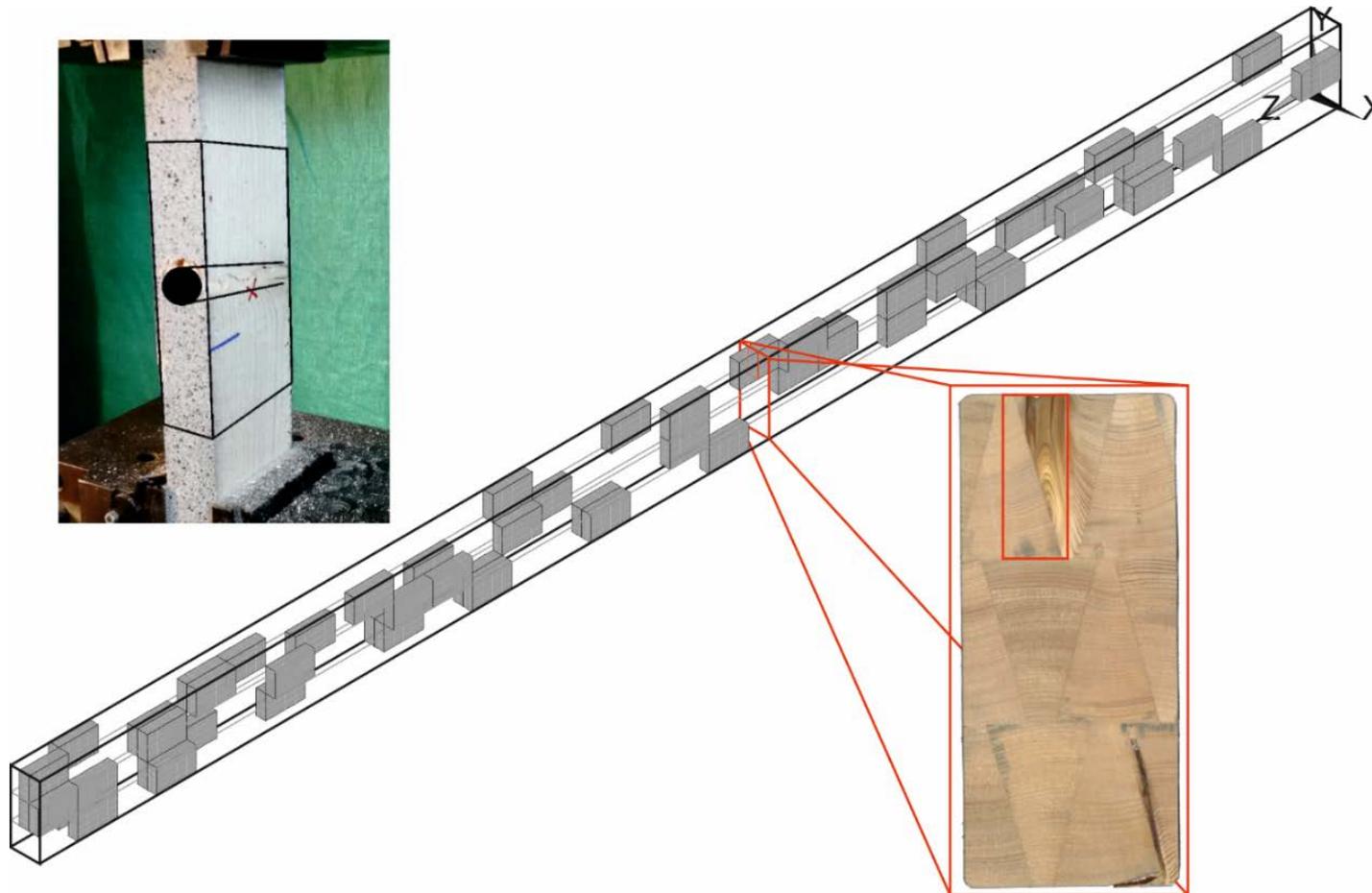
Numerische Untersuchung



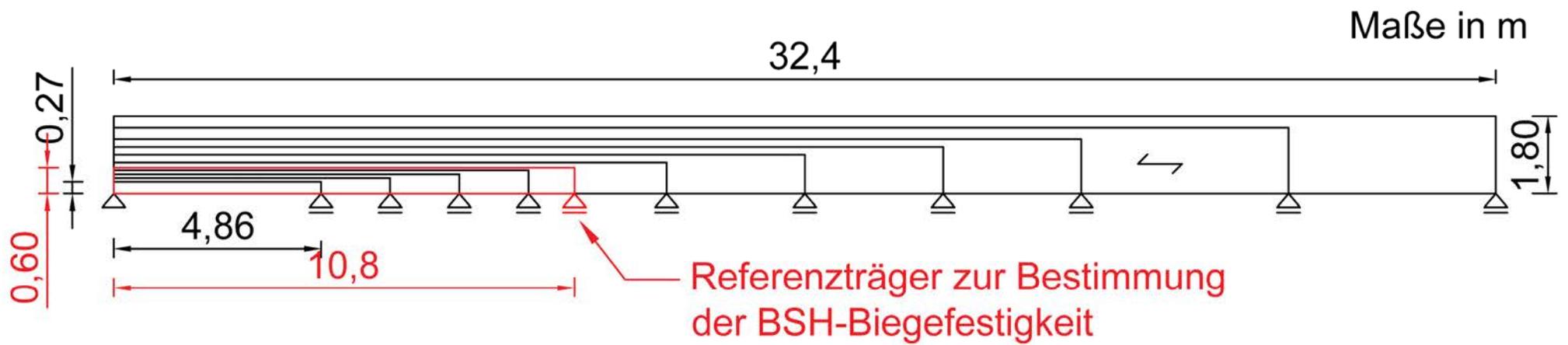
FE-Modell - Keilzinkenverbindungen



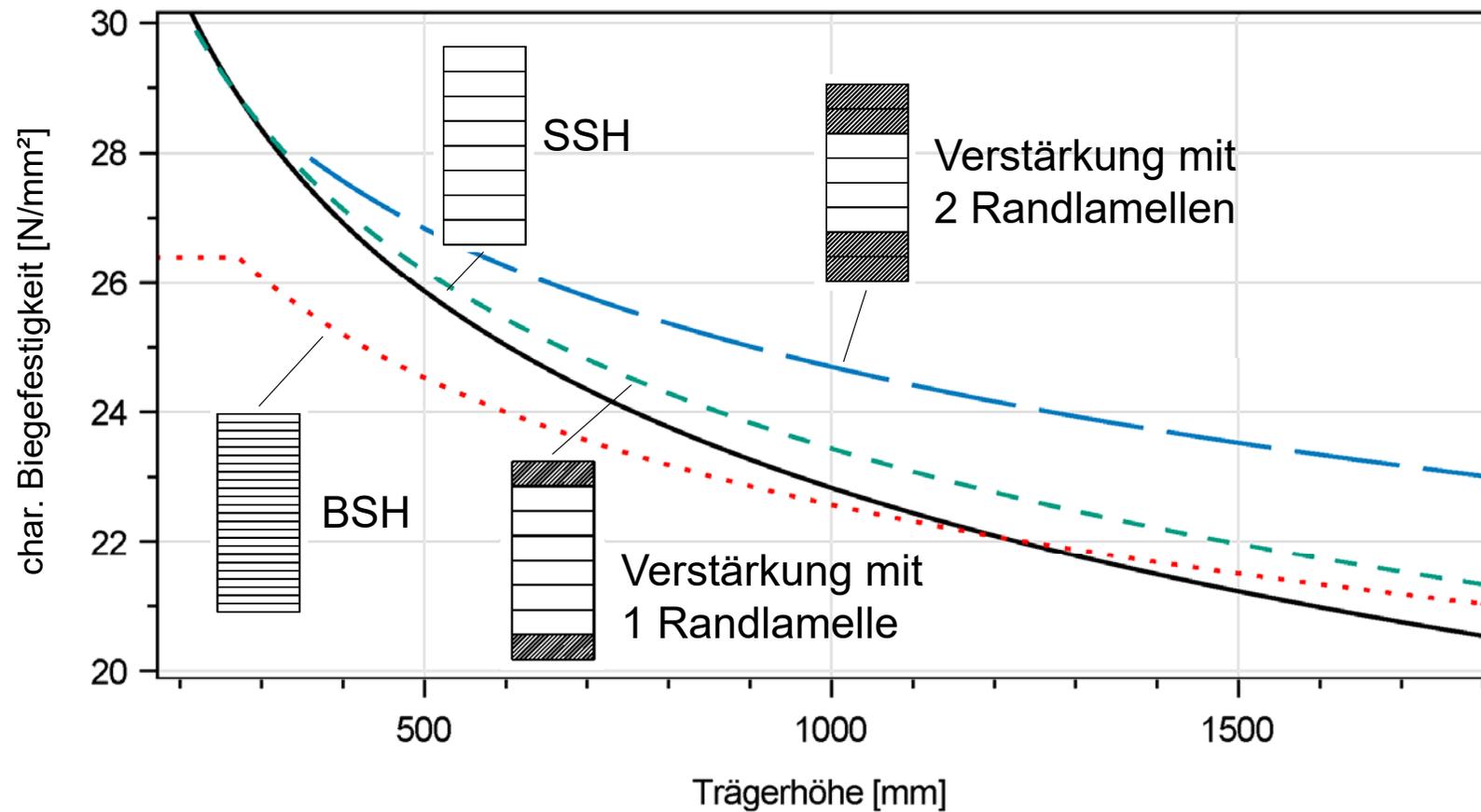
FE-Modell - Äste



Simulierte Trägerlängen



Simulierte Biegefestigkeiten



SLH – Segmentlamellenholz

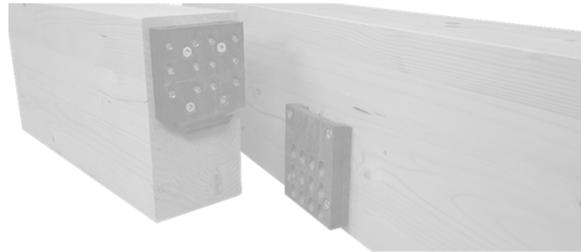
Ein neues Nadelholzprodukt

Lukas Windeck



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

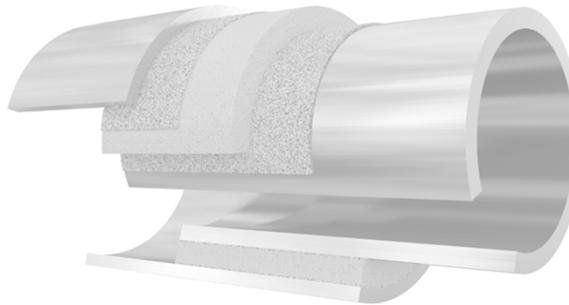


Werkstoffe

Verbindungen

Konstruktionen

Stahl



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt Ermüdungsverhalten und Lebensdauererlängerung von Verbindungen aus Stahlwerkstoffen

Benjamin Seyfried M.Sc. (SFI/IWE), Dr.-Ing. Philipp Weidner



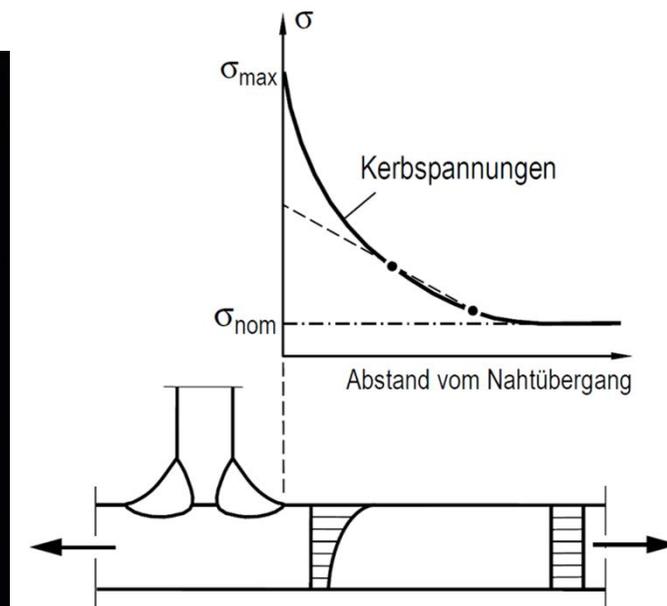
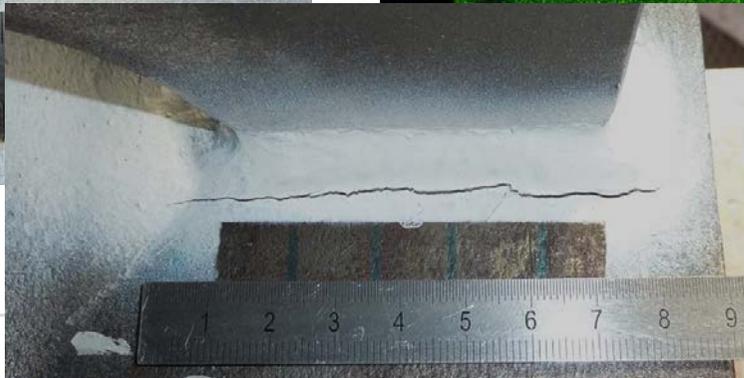
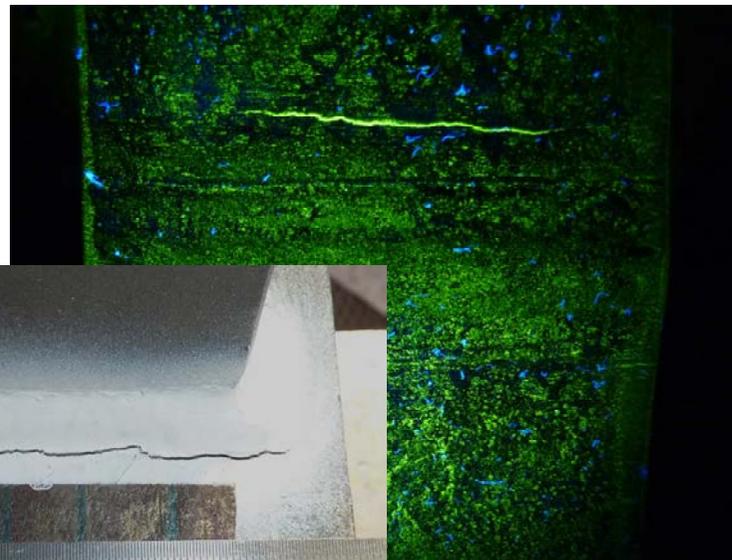
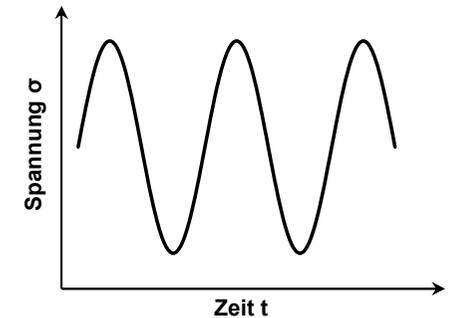
Deutscher
Ausschuss für Stahlbau DAST

2019 DAST – Richtlinie 026

Ermüdungsbemessung bei
Anwendung höherfrequenter
Hämmerverfahren

Stahlwerkstoffe und ihr Ermüdungsverhalten

- Ermüdung beschreibt die fortschreitende Bauteilschädigung unter häufig wiederholter, veränderlicher Beanspruchung
- Schweißverbindungen aufgrund Kerbwirkung und Eigenspannungen besonders kritisch



Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine

Forschungsschwerpunkt: Ermüdung



Hohlprofilverbindungen

viele Forschungsprojekte, aufbauend auf den Arbeiten von Mang, Bucak und Puthli



Foto: Kirschbaum und Hamme, 2015

Kranbau

Kran I (FOSTA P 293)
Kran II (FOSTA P 512)
LIFTHIGH
FOSTA P 778 / P 900



Brückenbau

verschiedene Projekte (z.B. FOSTA P 816, Rheinbrücke KA)



Quelle: Vestas

Offshore

FOSTA P 633 / P 864



Kerbfalkatalog I (2020) / II (2023)

(Aufarbeitung, systematische Erfassung und Neuauswertung von Ermüdungsversuchsdaten)

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine

Steigerung der Ermüdungsfestigkeit durch Schweißnachnachbehandlung

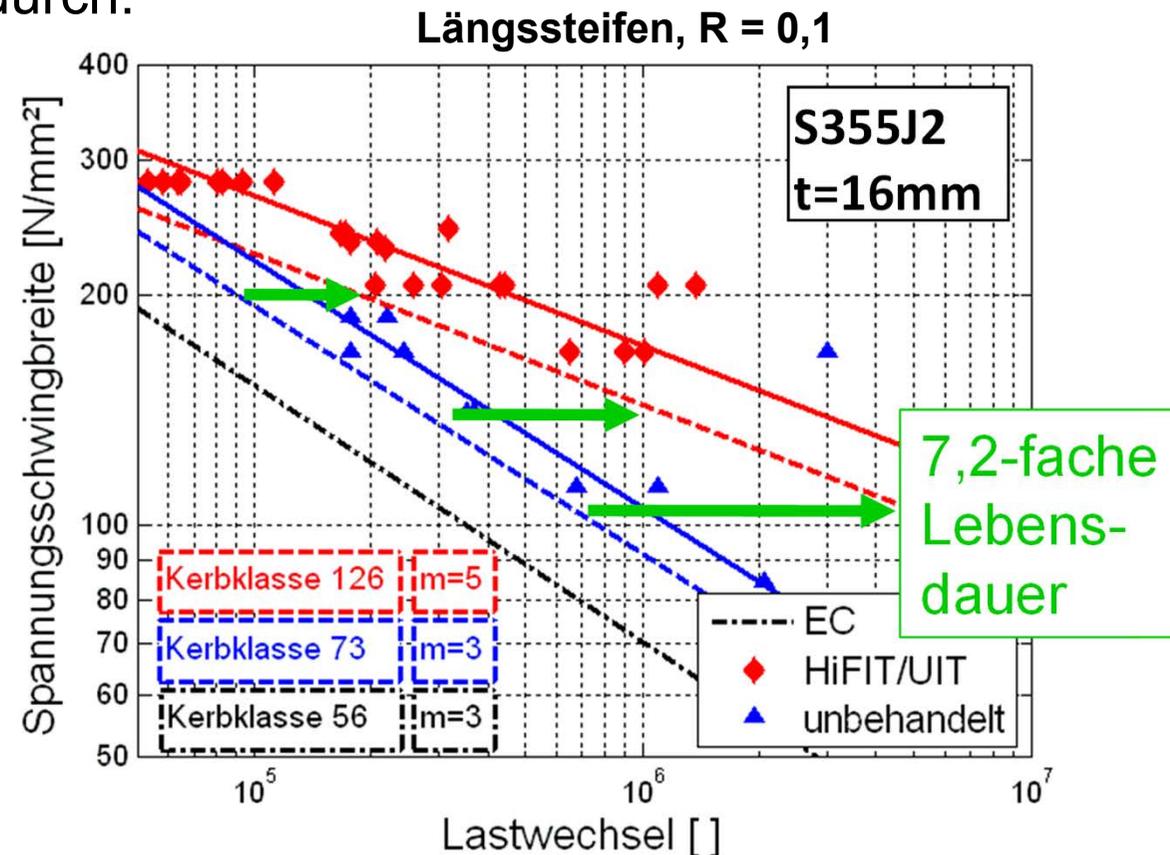
Höherfrequente Hämmerverfahren (HiFIT, Pitec, UIT) - Anwendung



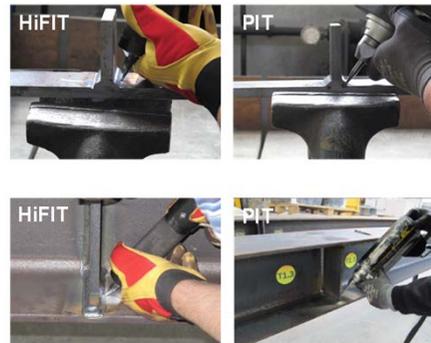
Steigerung der Ermüdungsfestigkeit durch höherfrequente Hämmerverfahren

Steigerung der Ermüdungsfestigkeit durch:

- lokale Erhöhung des Rissbildungswiderstands
- Eintrag von Druckeigenspannungen
- Erzeugung einer definierten (kerbärmeren) Geometrie am Schweißnahtübergang



Höherfrequente Hämmerverfahren (HFH)



DAST-Rili für HFH
(DAST-AiF-Projekt)

grundlegende
Forschungsbeiträge
zu HFH



**Detaillösungen
für OWEA**
(FOSTA P 633)

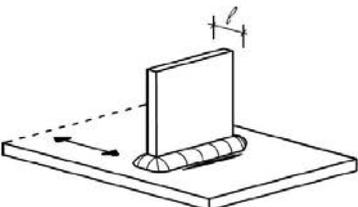
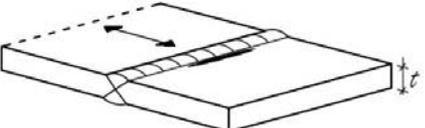
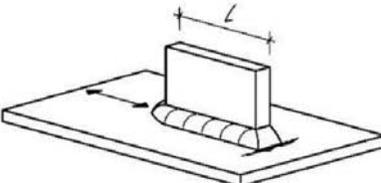


HFH Qualität
(FOSTA P 872)



DAST – Richtlinie 026

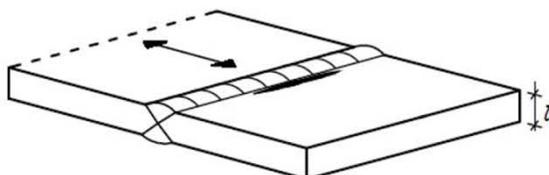
Bemessungsrichtlinie zum Ermüdungsnachweis HFH-nachbehandelter Konstruktionsdetails

Skizze des Konstruktionsdetails	Symbol für Schweiß- verbindung	Beschreibung
		Unbelastete Quersteife gemäß DIN EN 1993-1-9 Tab. 8.4, Detail 6
		Querbelastete Stumpfnahat gemäß DIN EN 1993-1-9 Tab. 8.3, Detail 5
		Unbelastete Längssteife gemäß DIN EN 1993-1-9 Tab. 8.4, Detail 1



DAST – Richtlinie 026

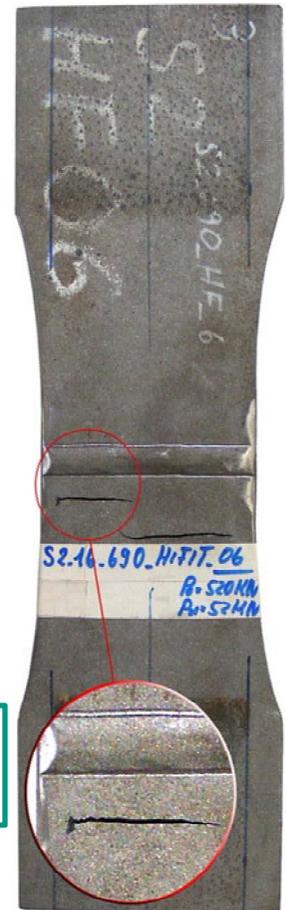
Bemessungstabelle für den Stumpfstoß:
verbesserte Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_{c,HFH}$



Stahlgüte S nach DIN EN 10025	Durch qualifizierte HFH-Verfahren verbesserte Ermüdungsfestigkeit für das Nennspannungskonzept $\Delta\sigma_{c,HFH}$ [N/mm ²] 3), 4), 5)		
	Spannungsverhältnis R [-] ²⁾		
	-1,0	0,1	0,5
S235 ≤ S < S355	1.)	1.)	1.)
S355 ≤ S < S550	160	140	100
S550 ≤ S ≤ S700	160	160	140

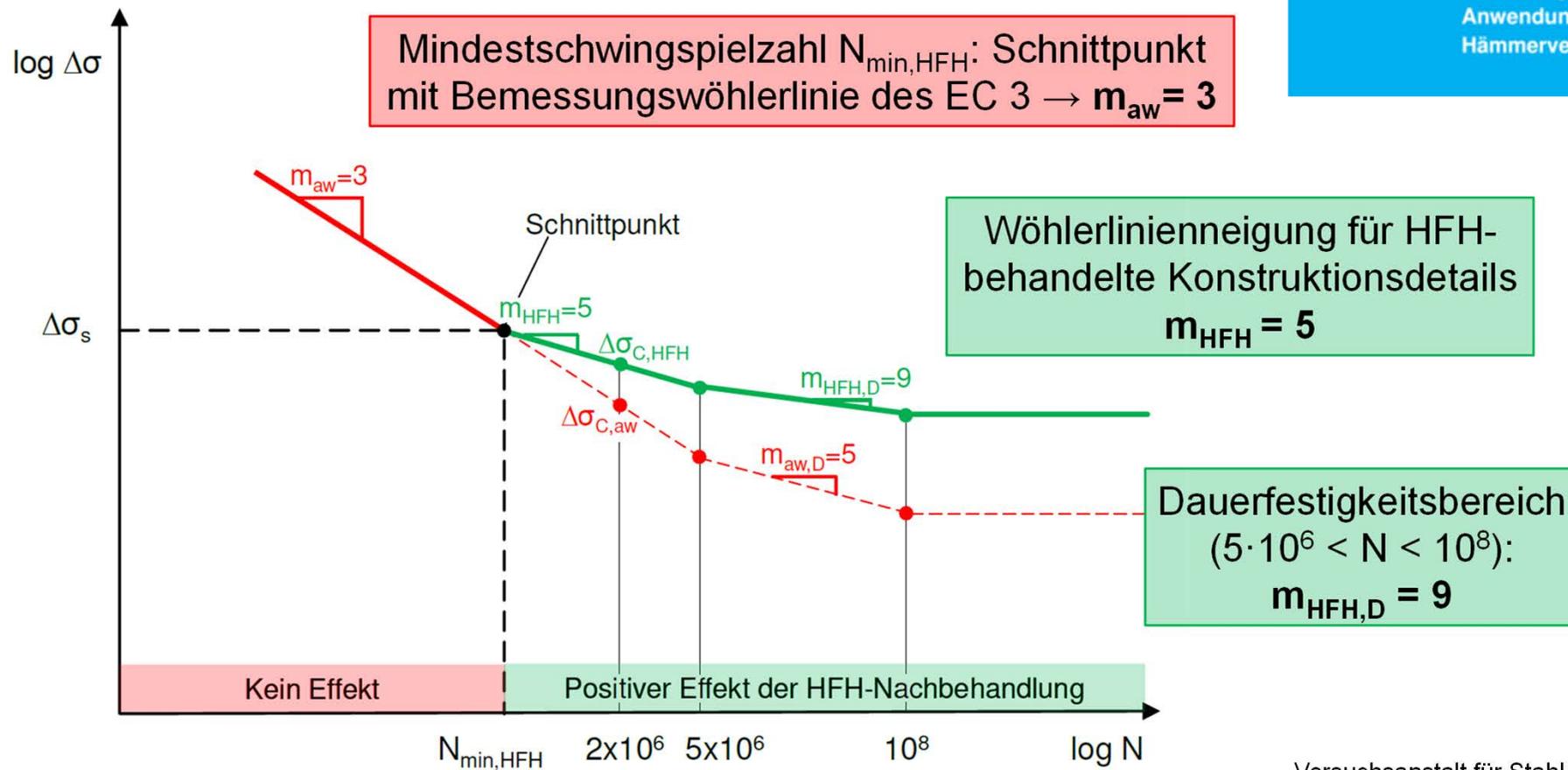
Basiskerbfall 90
→ **Verbesserung**
bis zu 77%

5-fache Lebensdauer
bei $\Delta\sigma = 160$ N/mm²



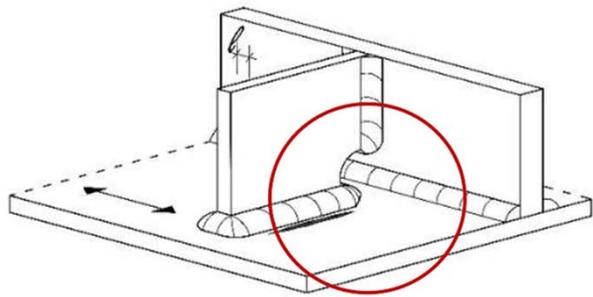
DAST – Richtlinie 026

modifizierte Bemessungswöhlerlinie:

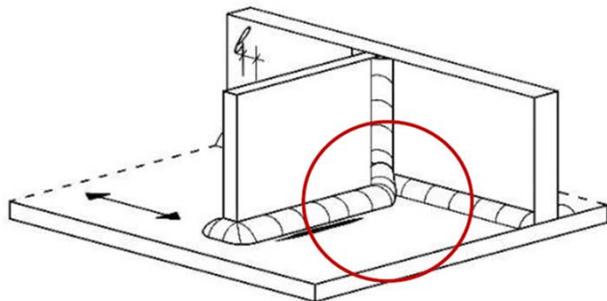


DAST – Richtlinie 026

konstruktive Anforderungen an die Konstruktionsdetails:



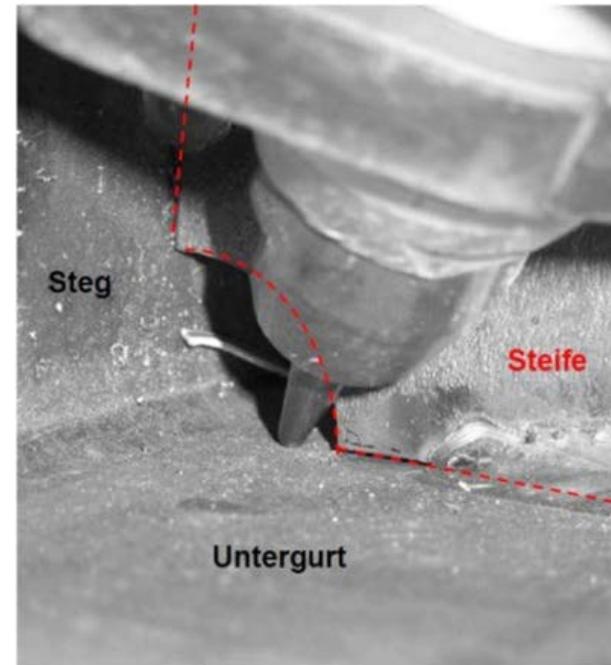
→ Praxistest an
kreisförmigem
Freischnitt
mit $r = 30 \text{ mm}$



Deutscher
Ausschuss für Stahlbau DAST

2019 DAST – Richtlinie 026

Ermüdungsbemessung bei
Anwendung höherfrequenter
Hämmerverfahren



DAST – Richtlinie 026

zukünftig:

Übernahme für Erweiterung des Eurocode 3 Teil 1-9

(nächste Normengeneration → Anhang F)

➔ breite Anwendung in Europa

aktuelle Anwendungsgrenzen der DAST-Richtlinie:

➔ limitiert auf Stahlwerkstoffe bis S700

Deutscher
Ausschuss für Stahlbau DAST

2019 DAST – Richtlinie 026
Ermüdungsbemessung bei
Anwendung höherfrequenter
Hämmerverfahren



CEN/TC 250

Date: 2020-12

prEN 1993-1-9:2020bis

Secretariat: BSI

Eurocode 3 — Design of steel structures — Part 1.9: Fatigue

Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1.9:
Ermüdung

Eurocode 3 — Calcul des structures en acier central — Partie 1.9: Fatigue

Final draft

CCMC will prepare and attach the official title page.

Höchst- und ultrahochfeste Stahlwerkstoffe

Stahlwerkstoffe bis S1300 am Markt verfügbar

Aktuell: Mobilkranbau, Hebezeuge und Sonderfahrzeugbau

Motivation: Ressourceneffizienz und Leichtbau

Herausforderung: Ermüdungsfestigkeit geschweißter Details

Ergebnisse FOSTA P 1203:

selbst bei Anwendung automatisierter, neuartiger Laserstrahlschweißverfahren Steigerung der Ermüdungsfestigkeit nur moderat

➔ Erschließung des Potentials durch HFH-Nachbehandlung



KranlaSt
(FOSTA P 1203)



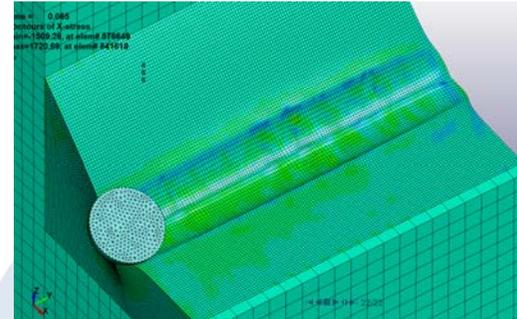
Aktuelle Forschung zu HFH



HFH-Höchstfest
(FOSTA P 1505)



HFH-Korrosion
(DVS 09.069)



HFH-Simulation
(DVS 09.080)



HFH-Automatisierung
(FOSTA P 1548)



Reparaturschweißen-HFH
(DVS 09.3542)



HFH-Offshore
(FOSTA P 1454)

➔ Ziel: Erweiterung des Wissens / der Regelwerke zur HFH-Methode

Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt Ermüdungsverhalten und Lebensdauererlängerung von Verbindungen aus Stahlwerkstoffen

Benjamin Seyfried M.Sc. (SFI/IWE), Dr.-Ing. Philipp Weidner



Deutscher
Ausschuss für Stahlbau DAST

2019 DAST – Richtlinie 026

Ermüdungsbemessung bei
Anwendung höherfrequenter
Hämmerverfahren

Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

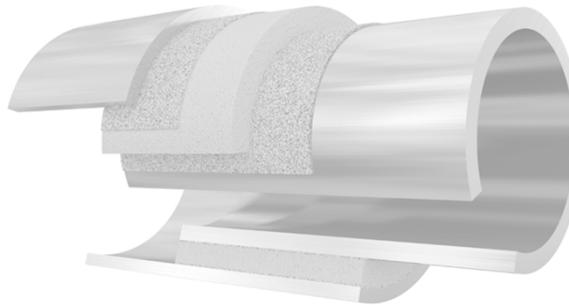
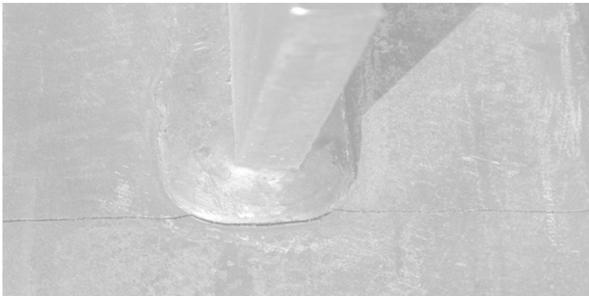


Werkstoffe

Verbindungen

Konstruktionen

Stahl



KPH – Verbinder aus Kunstharzpressholz

Optimierung von Holzverbindungen durch aktivierte Reibung

Simon Aurand



Systemverbinder

- Wirtschaftliche Haupt-Nebenträger-Verbindungen aufgrund hohen Vorfertigungsgrads



1) Befestigung im Werk



2) Montage vor Ort

Systemverbinder

- Großes Produktangebot verschiedener Hersteller
- Gemeinsamkeit: Befestigung mit geneigt angeordneten Schrauben



Systemverbinder

- Produktportfolio ergänzen:
 ➔ Verbinder aus Kunstharzpressholz (KPH)



Kunstharzpressholz (KPH)

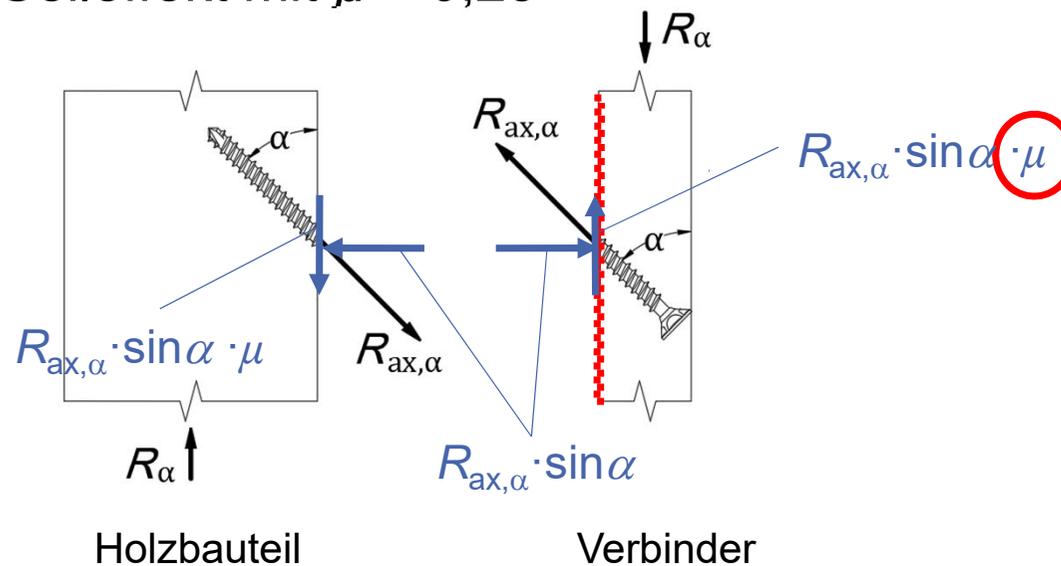
- Geschichtete und mit Kunstharz imprägnierte Buchenfurniere
- Pressen bei Druck von 100–250 bar und Temperatur von 135–165°C

→ Platten mit Rohdichte von bis zu 1400 kg/m³



Systemverbinder: Befestigung

- Lastabtrag durch geneigt eingedrehte Schrauben
 - Ausnutzung der axialen Tragfähigkeit
 - Eurocode 5: Seileffekt mit $\mu = 0,25$



➔ Erhöhung der Tragfähigkeit durch Erhöhung der Reibung in der Scherfuge

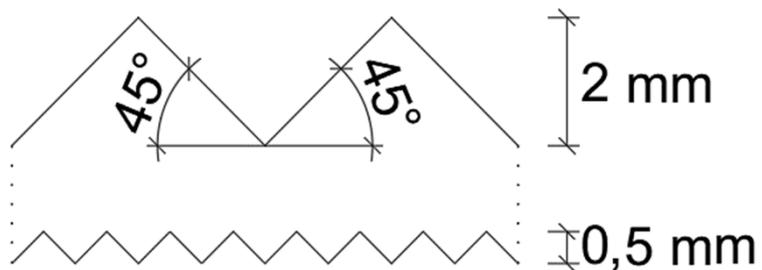
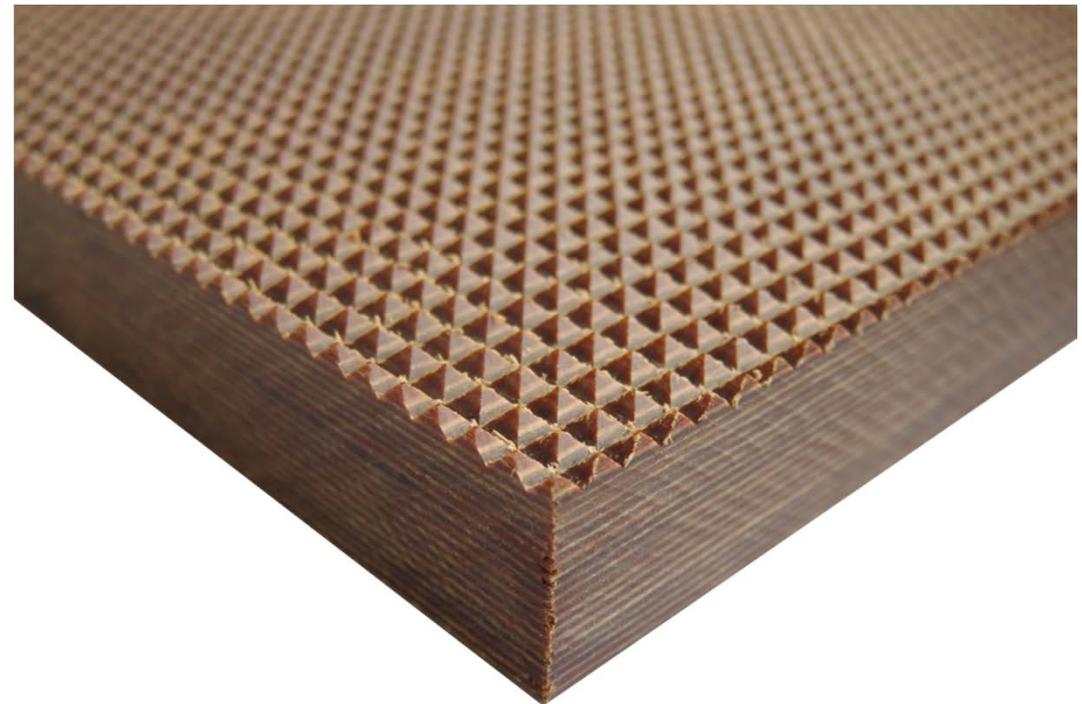
Untersuchte Oberflächenbehandlungen

- Beschichtet mit Quarzsand
 - Korngröße 0-2 mm
- Beschichtet mit Kiessplitt
 - Korngröße 2-4 mm



Untersuchte Oberflächenbehandlungen

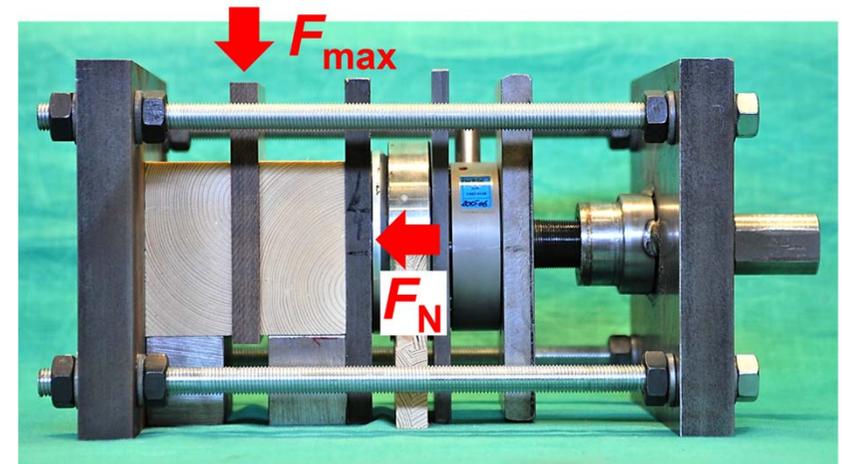
- Gefrästes Pyramidenmuster
 - Fräsen von Längs- und Quernuten
- Frästiefen von
 - 2,0 mm
 - 1,5 mm
 - 1,0 mm
 - 0,5 mm



Ermittlung von Reibbeiwerten

	Mittelwert	5% Quantil	Faktor
Unbehandelt	0,20	0,17	-
Quarzsand	0,64-0,82	0,54-0,69	3,2-4,1
Kiessplit	0,61	0,51	3,1
0,5 mm	0,84	0,71	4,2
1,0 mm	0,94	0,62	4,7
1,5 mm	1,06	0,89	5,3
2,0 mm	1,15	0,97	5,8

- Insgesamt wurden 19 Oberflächen untersucht und 45 Reibbeiwerte bestimmt



$$\mu = \frac{F_{\max}}{2 \cdot F_N}$$

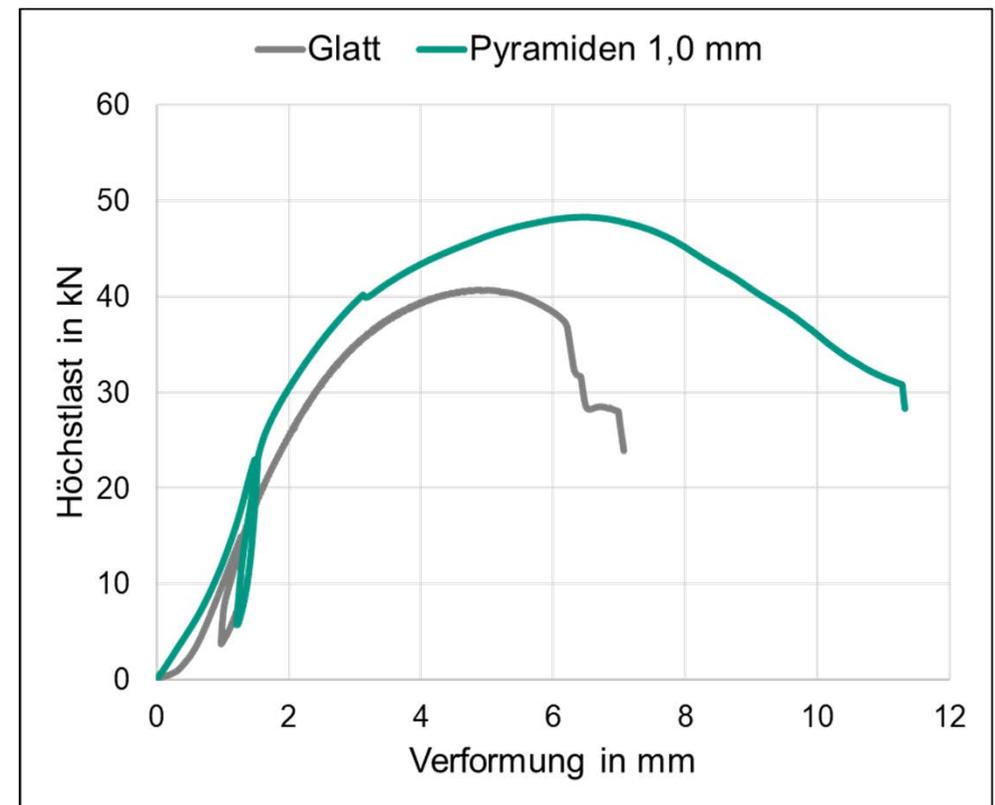
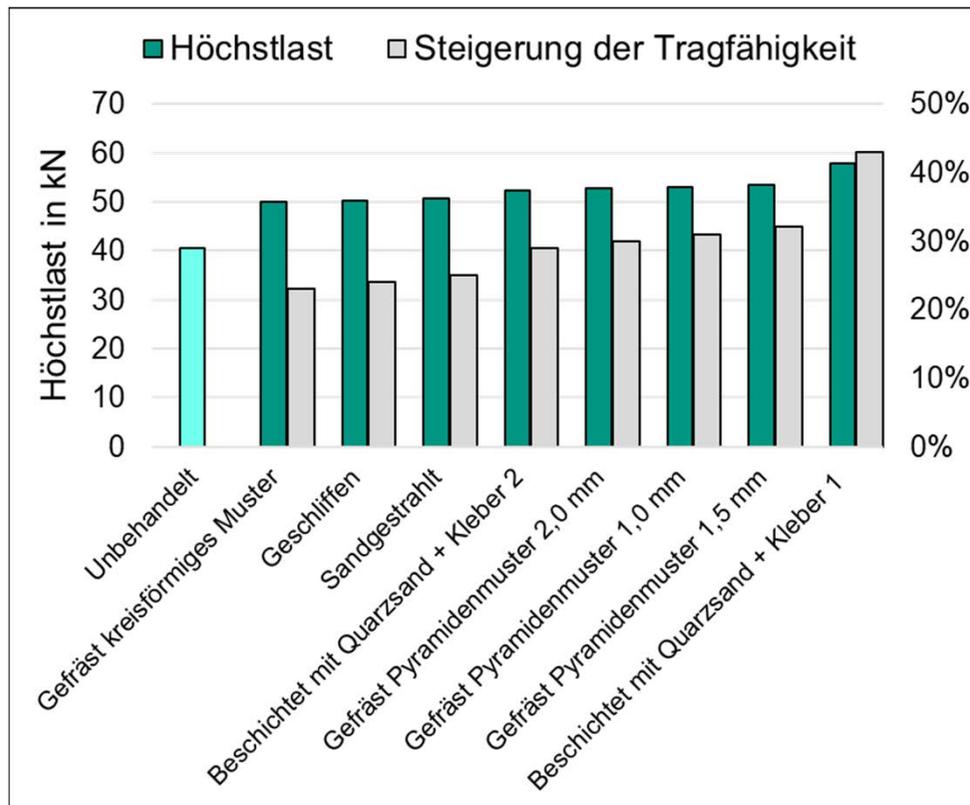
Versuche mit KPH-Verbindern

Versuchsaufbau und -durchführung

- 75 Versuche in 7 Reihen
- Anzahl der Schrauben: 5-20
- Durchmesser: 5-8 mm
- Länge: 100-300 mm



Ergebnisse Reihe 1 (5 Schrauben 5x100)



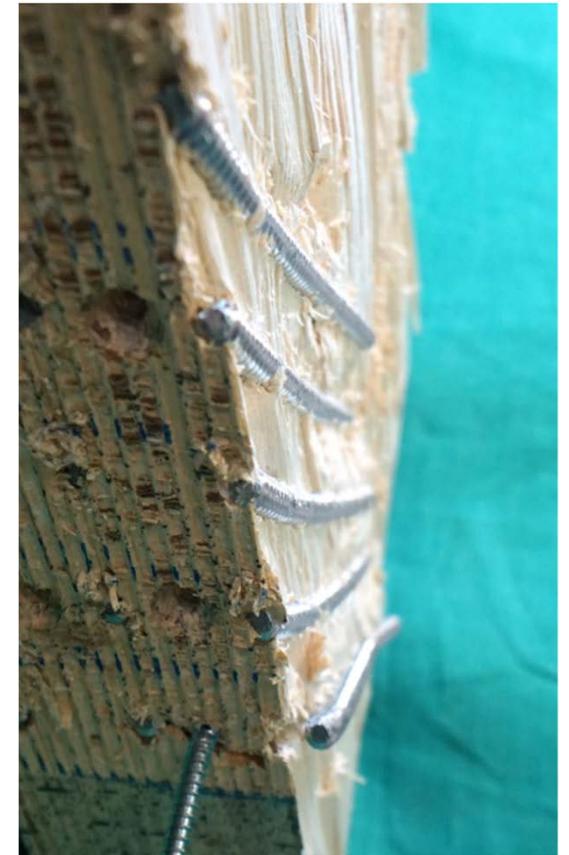
Beobachtete Versagensarten

- Zugversagen der Schrauben
- Herausziehen der Schrauben



Beobachtete Versagensarten

- Querdruckversagen unter der Verbinderplatte
- Plastische Verformung der Schrauben

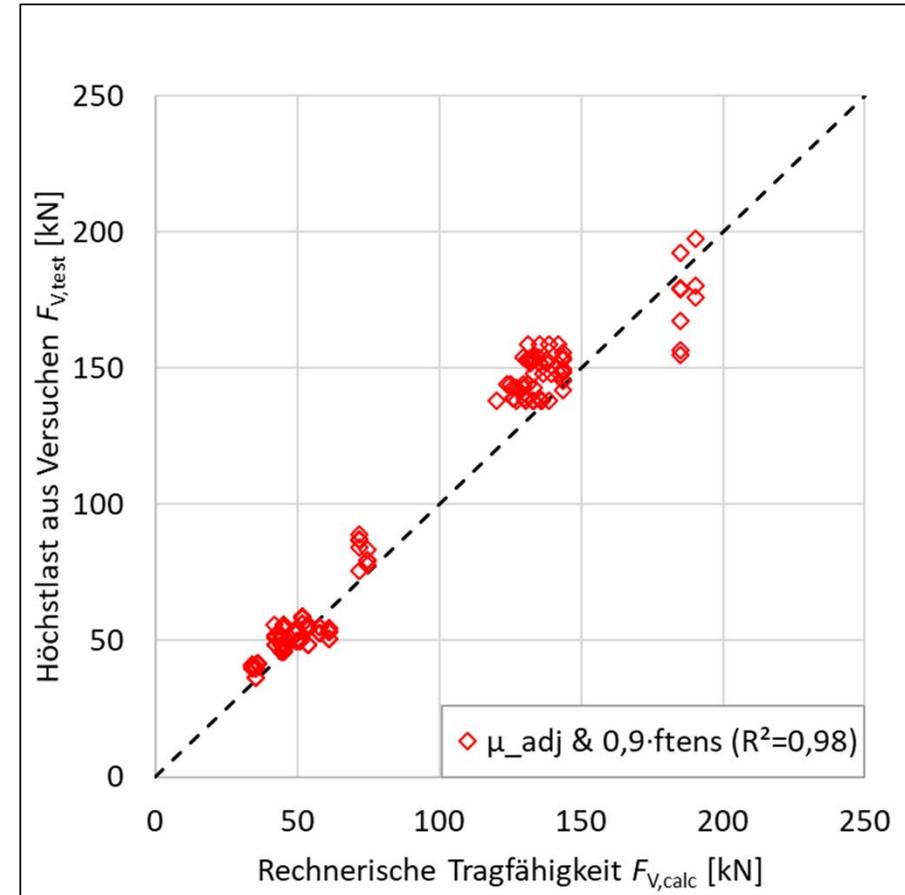
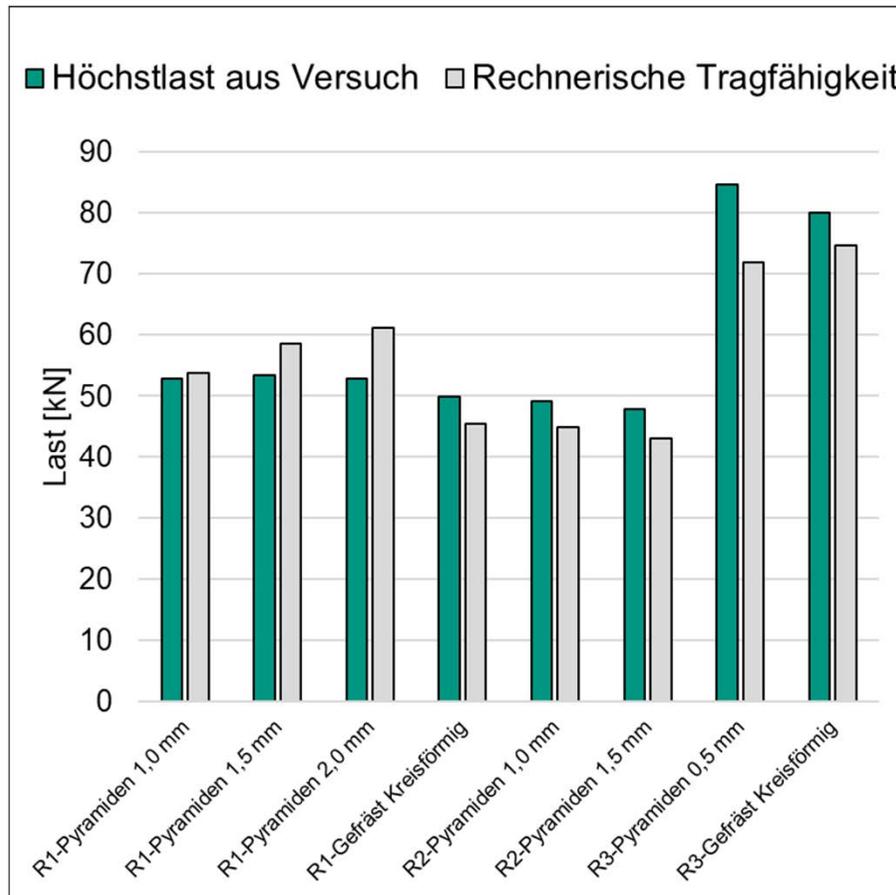


Analytisches Rechenmodell

- Rechnerische Tragfähigkeit von Verbindungen mit geneigt eingedrehten Schrauben und aufgerauter Oberfläche in der Scherfuge

$$F_{V,calc} = \min \left\{ \begin{array}{ll} n \cdot F_{ax} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) & \rightarrow \text{Herausziehen} \\ n \cdot 0,9 \cdot F_{tens} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) & \rightarrow \text{Zugversagen} \\ A_{c,90,HT} \cdot f_{c,90,HT} \cdot k_{c,90,HT} \cdot \left(\mu + \frac{1}{\tan \alpha} \right) & \rightarrow \text{Querdruk} \\ F_{V,verbinder} & \rightarrow \text{Verbinder} \end{array} \right.$$

Vergleich Versuch vs. Modell



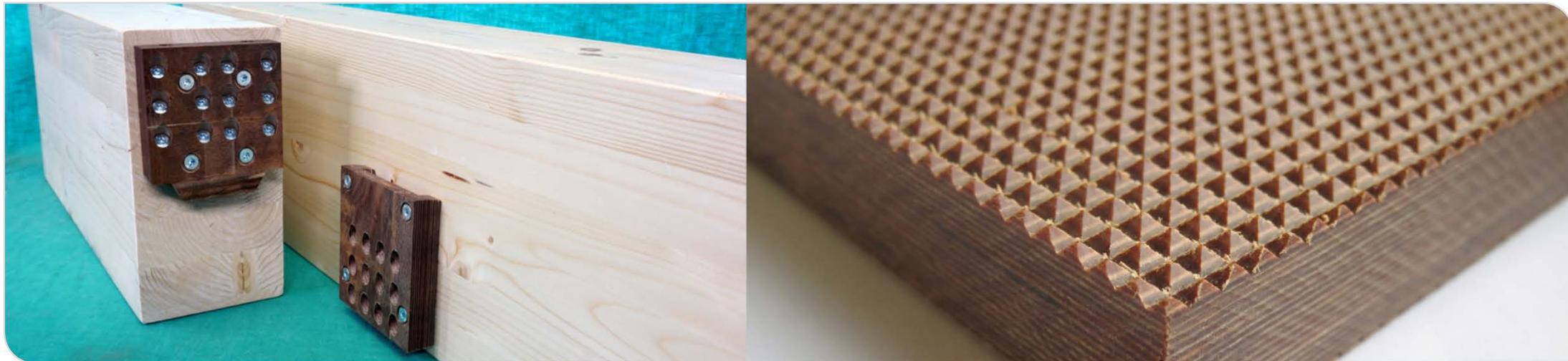
Fazit

- Schon mit einfachen Methoden deutliche Erhöhung des Reibbeiwertes möglich
 - Signifikant höhere Werte als der Wert $\mu = 0,25$ aus dem Eurocode 5
- Gleichung, die Seileffekt bei geneigten Schrauben berücksichtigt, auch für deutlich größere Reibbeiwerte gültig
 - Größere Tragfähigkeiten aufgrund modifizierter Oberfläche
- Zusätzliche Versagensarten ermittelt:
 - MNV Interaktion für lange geneigte Schrauben
 - Querdruckversagen unterhalb der Verbinderplatte

KPH – Verbinder aus Kunstharzpressholz

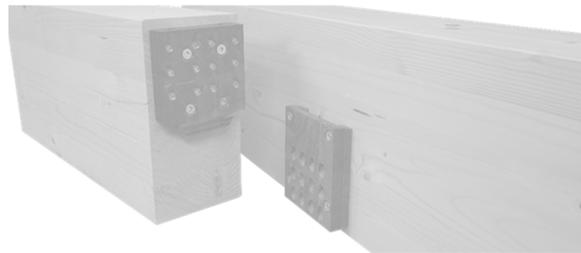
Optimierung von Holzverbindungen durch aktivierte Reibung

Simon Aurand



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

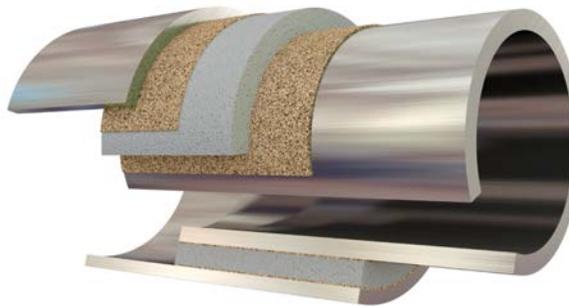


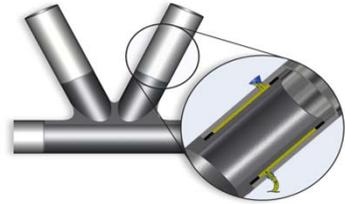
Werkstoffe

Verbindungen

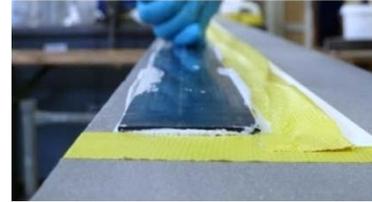
Konstruktionen

Stahl





**Neuentwicklung
geklebter Anschlüsse**



**Sanierung und
Ertüchtigung**



**Kleben im Glas- und
Fassadenbau**

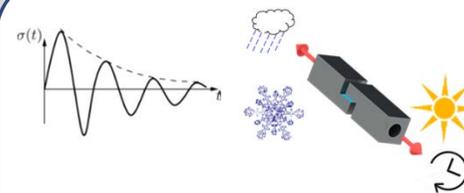
Forschung in der Klebtechnik

$$P_s = \exp \left[- \int_V \left(\frac{\theta}{m} \right)^k dV \right]$$

**Dimensionierung /
Bemessung**



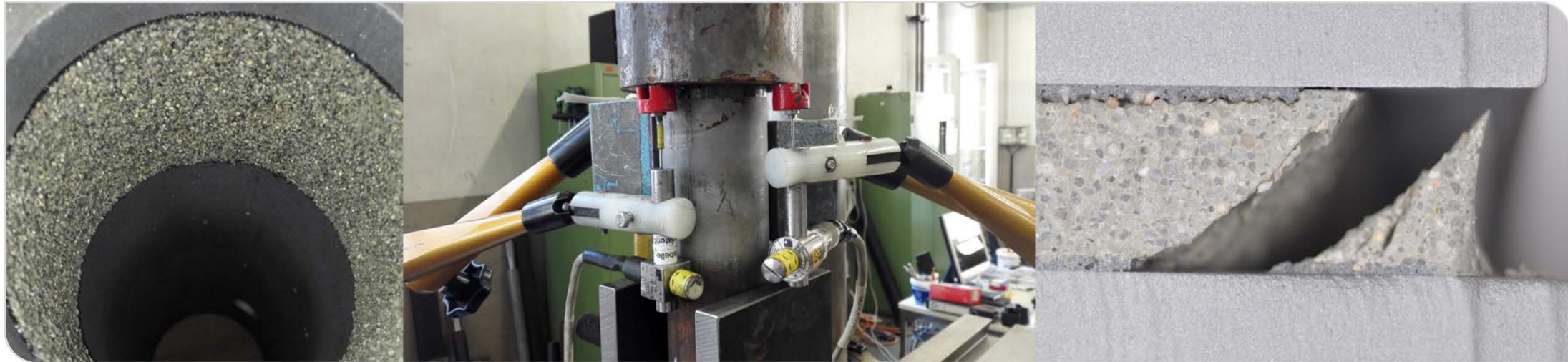
Hybride Fügeverfahren



Dämpfung | Alterung

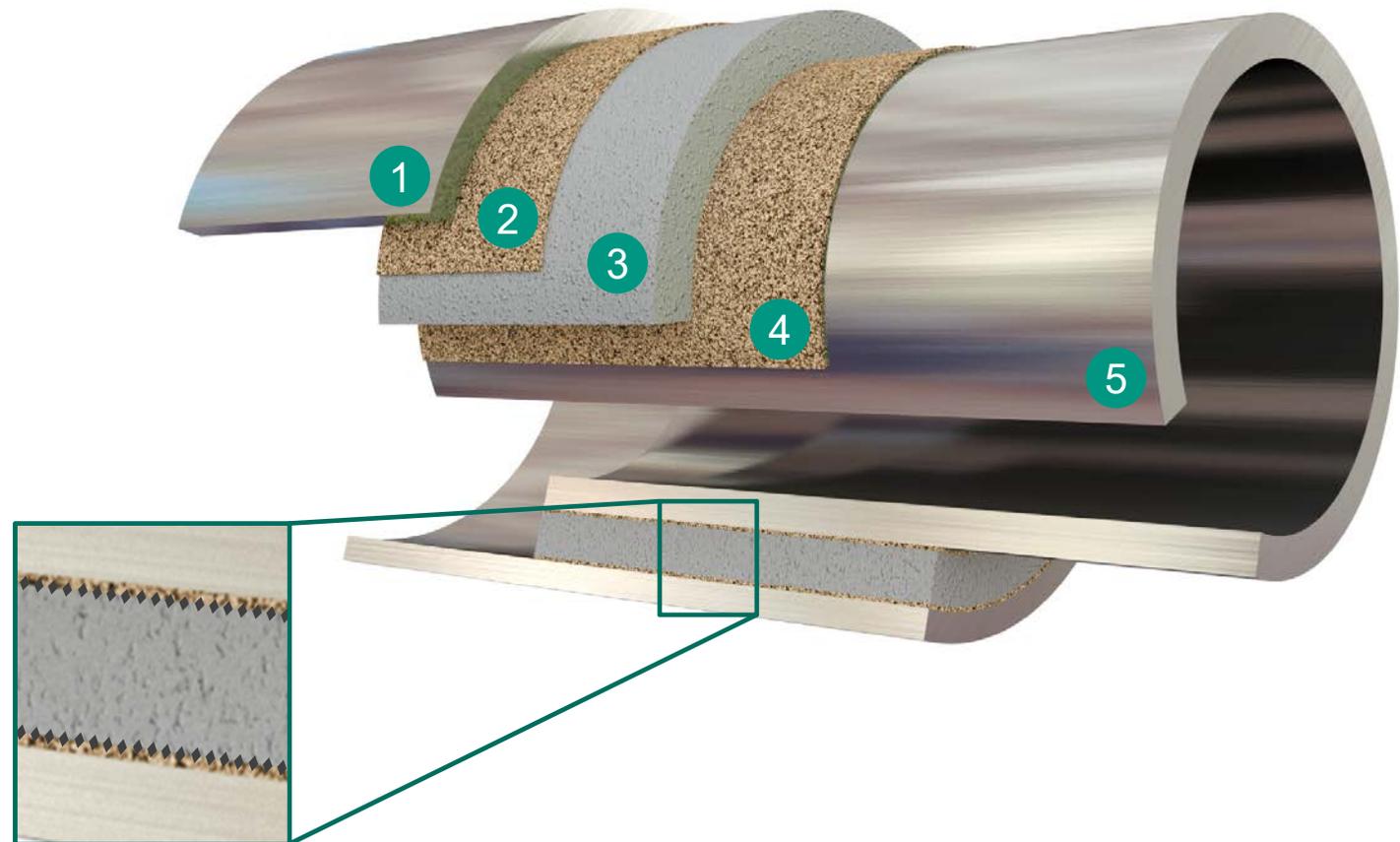
Hybride Grout-Verbindungen für Stahlstrukturen

Jakob Boretzki, Dr.-Ing. Matthias Albiez



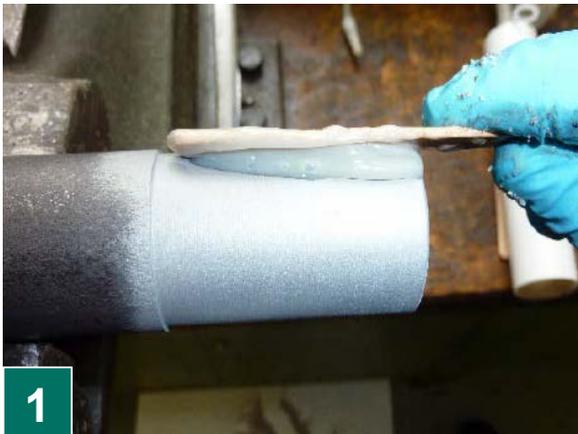
Konzept: Hybride Grout-Verbindung

- 1 Füge­teil A
- 2 Dünnschichtklebung mit eingebundenem Granulat
- 3 Grout-Werkstoff
- 4 Dünnschichtklebung mit eingebundenem Granulat
- 5 Füge­teil B

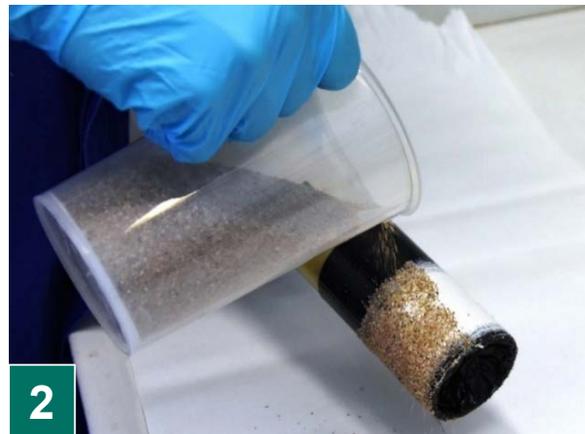


Fertigung der hybriden Grout-Verbindung

■ Vorstellung Verbindung



Applikation des organischen
Klebstoffs
Schichtdicke in Abhängigkeit
des vorgesehenen Granulates

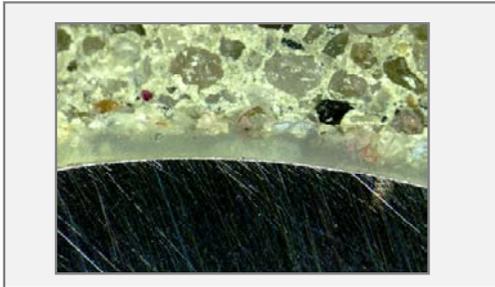


Ein- und Anbindung des
Granulates (z.B. Korund,
Quarzsand, Split) in die noch
nicht erhärtete Klebschicht

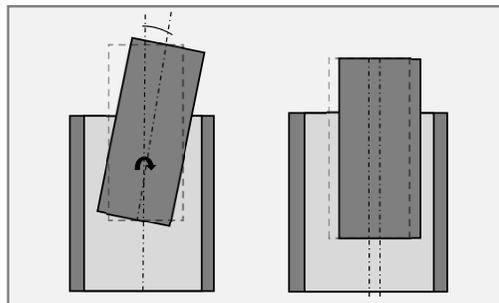


Ausrichtung der zu fügenden
Bauteile
Einfüllen eines handelsüblichen
Vergussmörtels

Axiale Versuche an hybriden Groutverbindungen

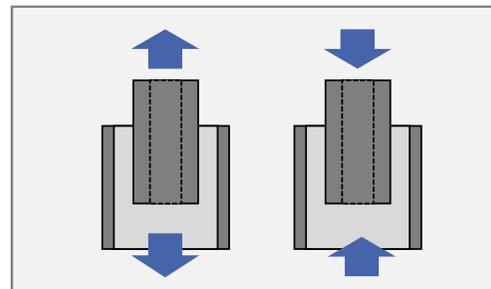


Fugengestaltung
Klebstoff/Grout/Granulat

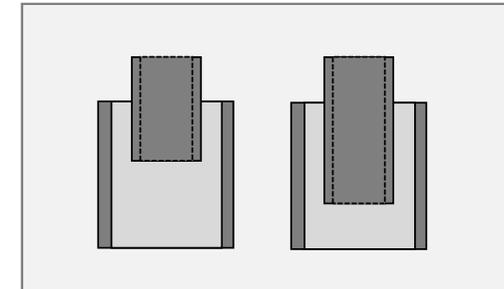


Geometrische
Imperfektionen

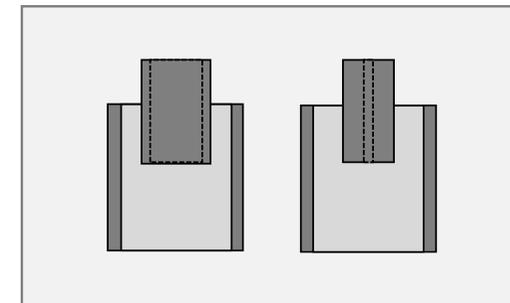
**untersuchte
Parameter
($\Sigma = 98$ Versuche)**



Belastungsrichtung Zug/Druck



Überlappungslänge



Fügeteilgeometrie

Versuchsdurchführung

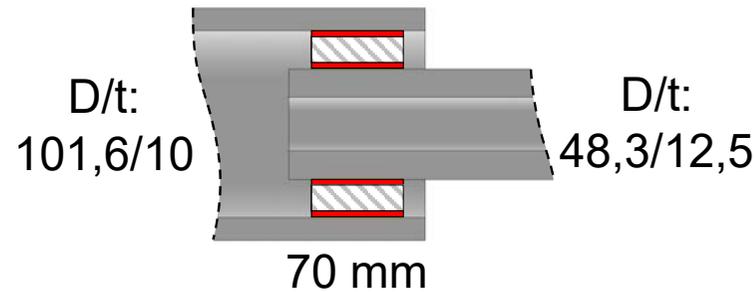
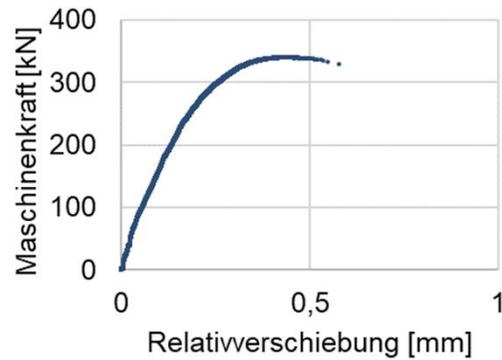


**Weggesteuerte, axiale Versuche
bis Lastabfall**



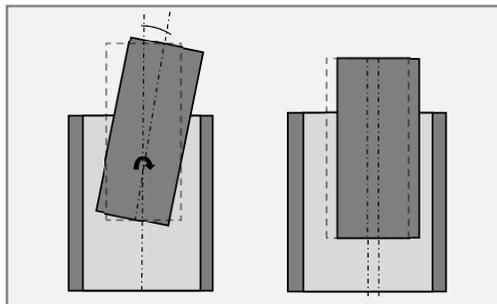
**Aufzeichnung lokaler Verformungen
durch induktive Wegaufnehmer**

Erkenntnisse aus axialen Versuchen

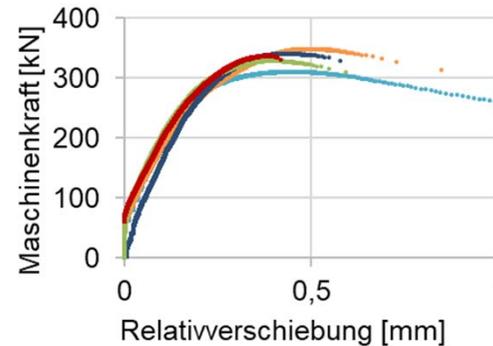


hohe Tragfähigkeit bei hoher Verbundsteifigkeit

Klebschicht maßgebend



Imperfektionen unkritisch



geringe Streuung



Geometrieinfluss

Beständigkeit hybrider Grout-Verbindungen

Auslagerungen



Wasser-
lagerung:
1000 h in
Meerwasser



Temperatur-
wechsel:
 $\Delta T = 120 \text{ K}$;
70 Zyklen

Prüfkonditionen

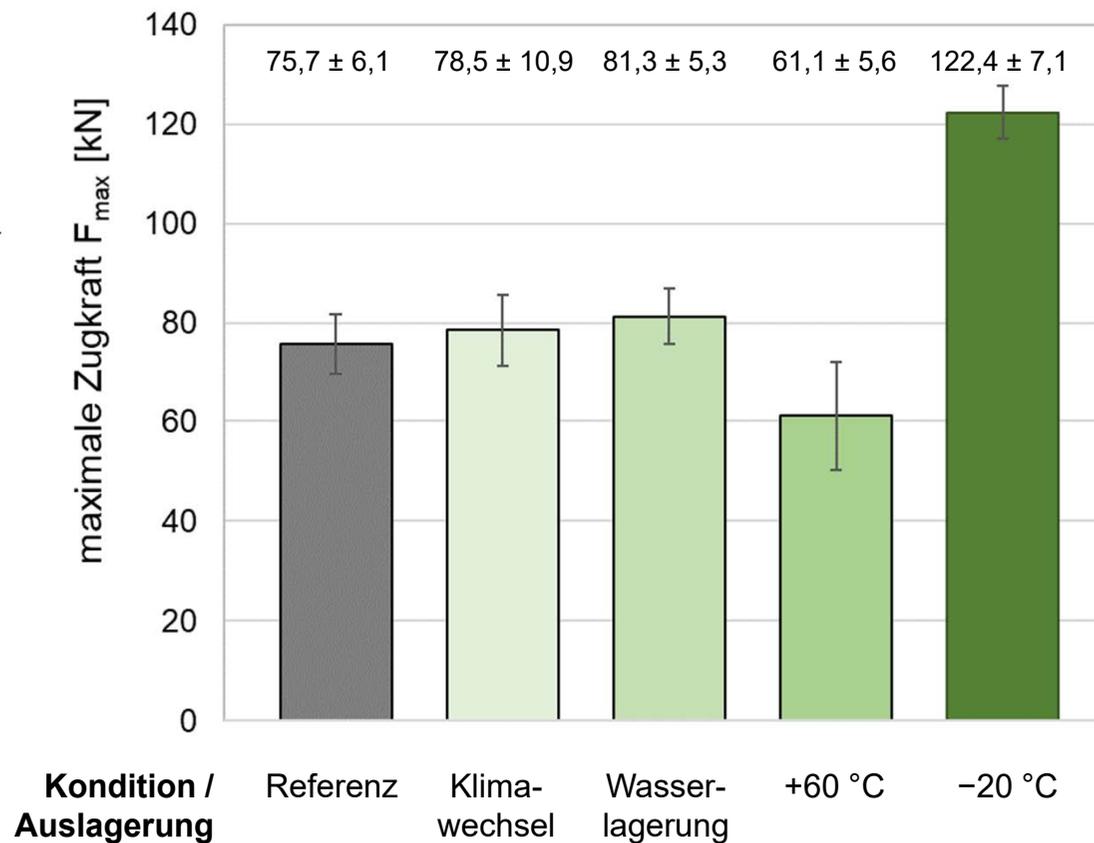
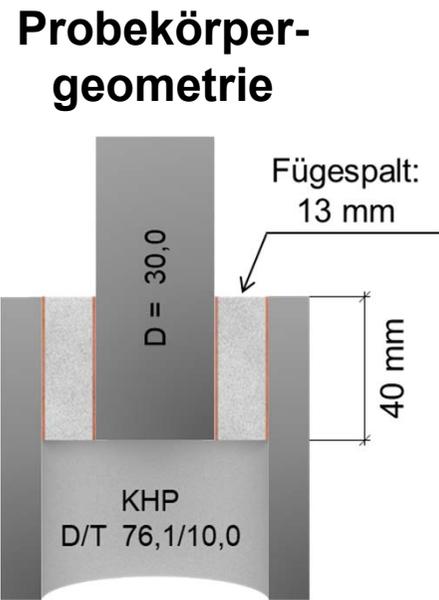


Prüfung
bei
 -20°C

Prüfung
bei
 $+60^\circ\text{C}$

Quelle:  Fraunhofer
IFAM

Beständigkeit hybrider Grout-Verbindungen



exemplarische Bruchbilder



Klimawechsel



Wasserlagerung

Quelle:  Fraunhofer IFAM

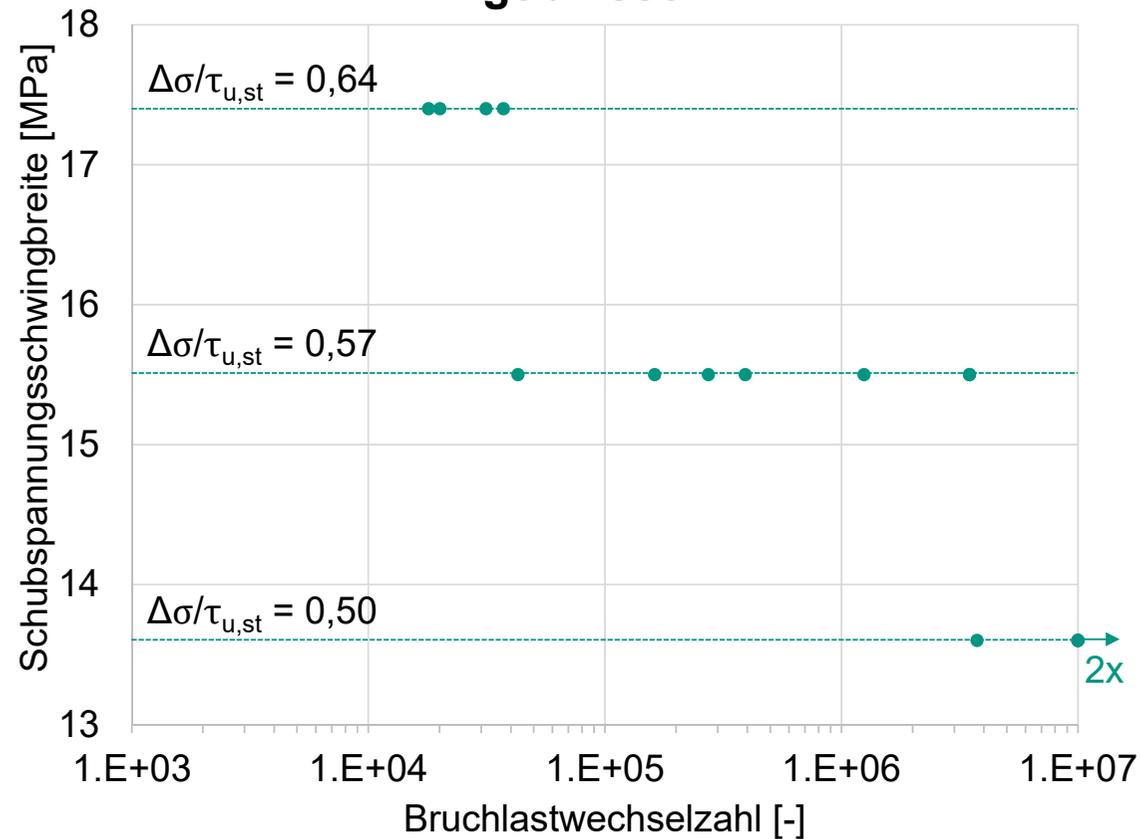
Ermüdungsversuche: Axiale Beanspruchung

Versuchsaufbau



Druckschwellversuche

Ergebnisse



Bruchbild



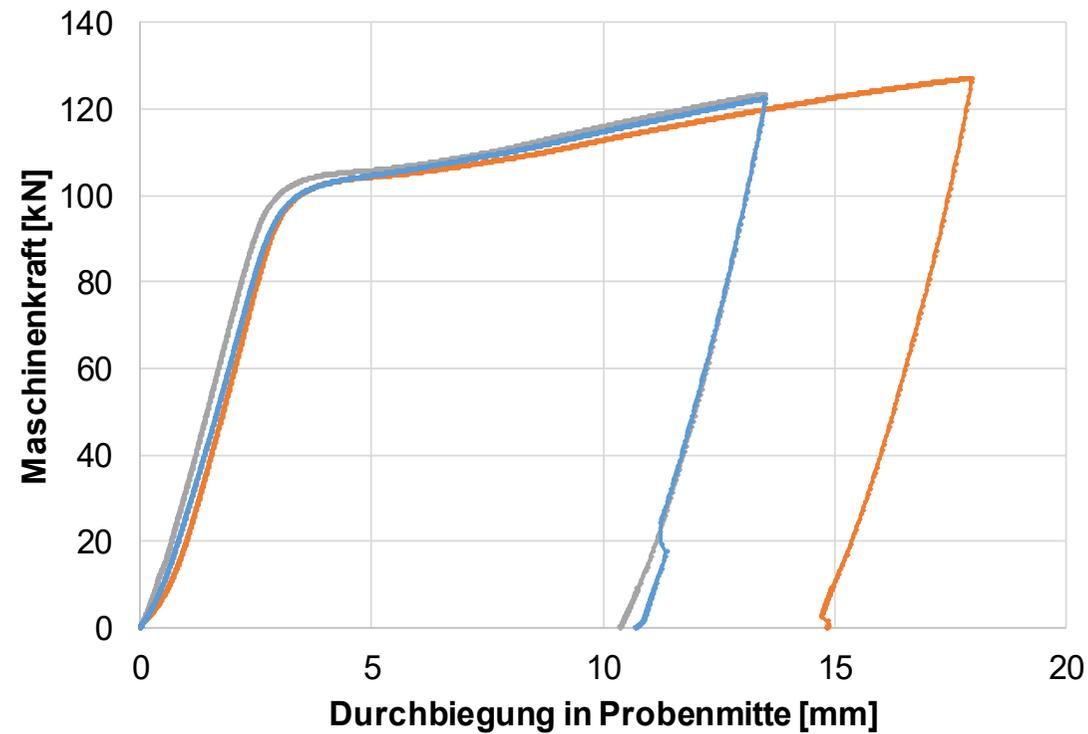
➔ **Dauerfestigkeit bei ca. 50 % der quasi-stat. Festigkeit**

Biegetragfähigkeit

Versuchsaufbau



Ergebnisse



Probekörper nach Versuch



Großbauteilversuche

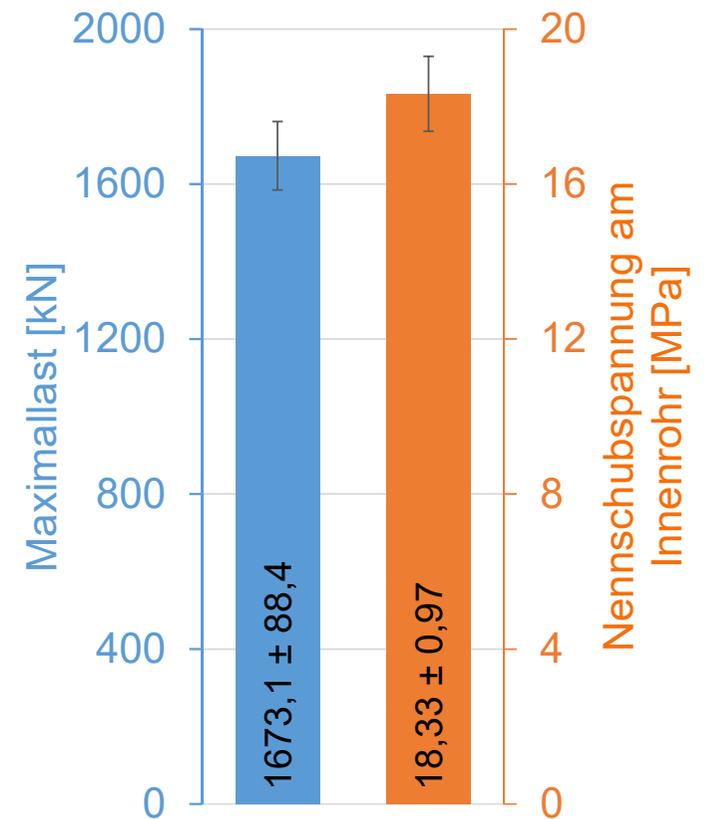
Fügeteile



Prüfaufbau



Messergebnisse



Zusammenfassung



axiale Tragfähigkeit



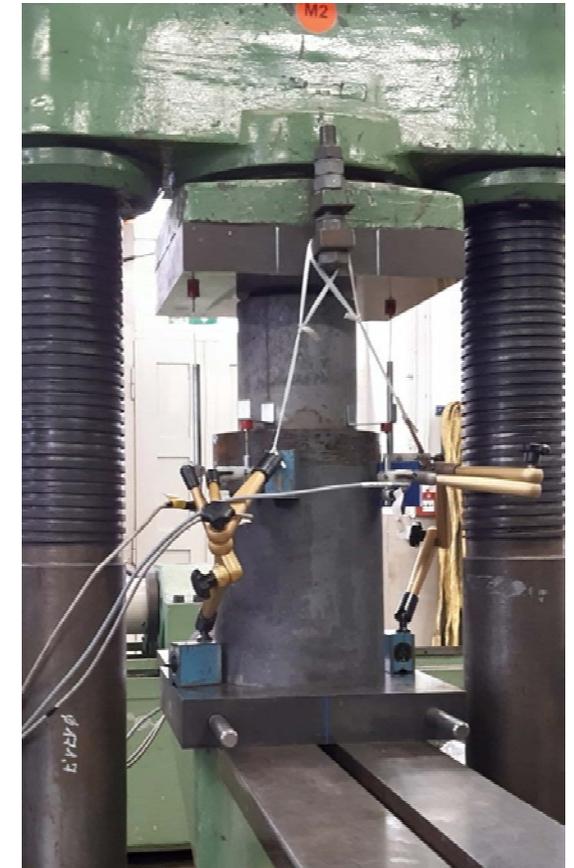
Beständigkeit



Biegetragfähigkeit



Ermüdungstragfähigkeit

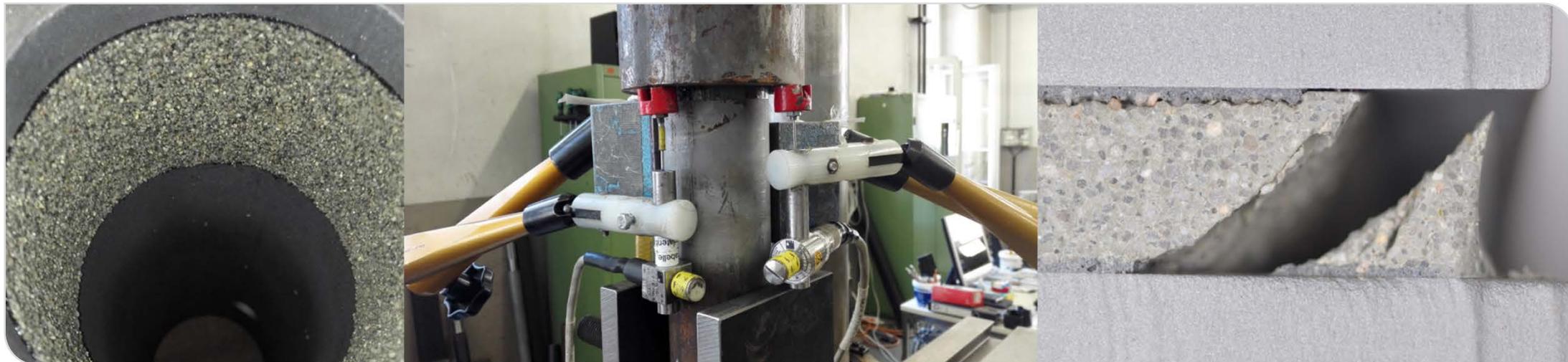


Validierung durch Großbauteile



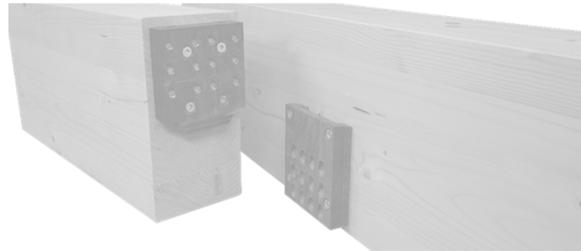
Hybride Grout-Verbindungen für Stahlstrukturen

Jakob Boretzki, Dr.-Ing. Matthias Albiez



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

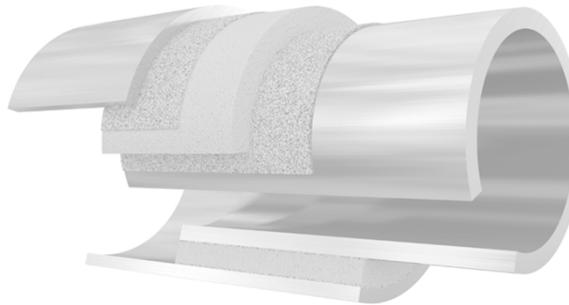
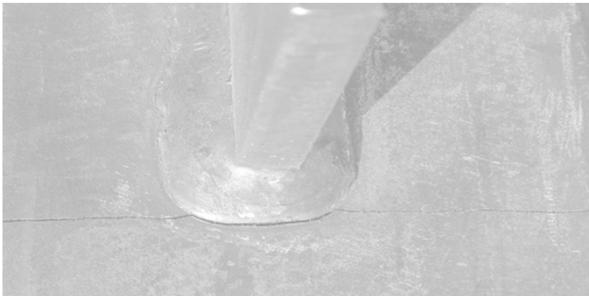


Werkstoffe

Verbindungen

Konstruktionen

Stahl



FaNaBu - Fachwerkträger aus Nadel- und Buchenholz

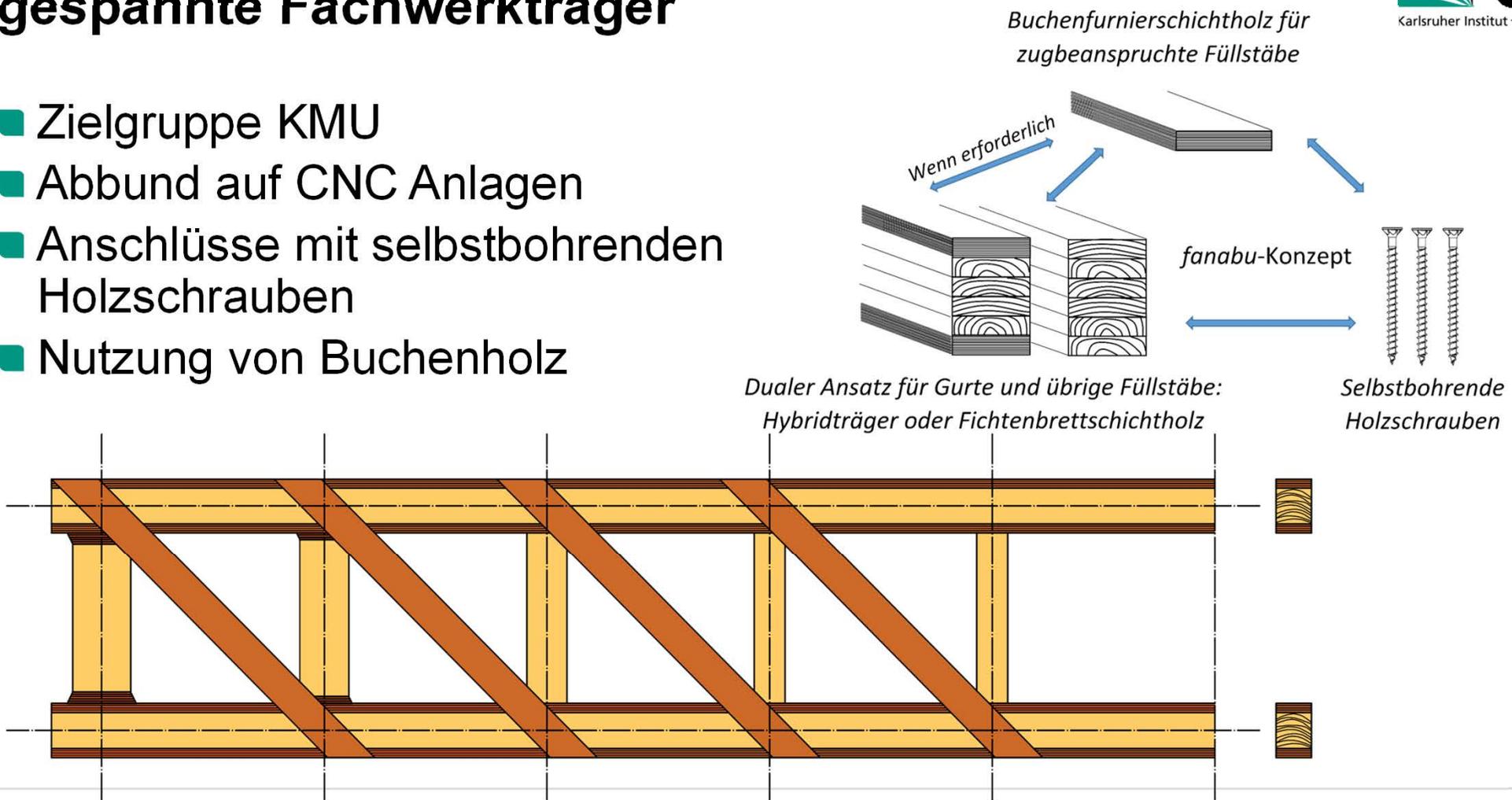
Weit gespannte Fachwerkträger aus hybriden Holzprodukten

Sebastian Egner

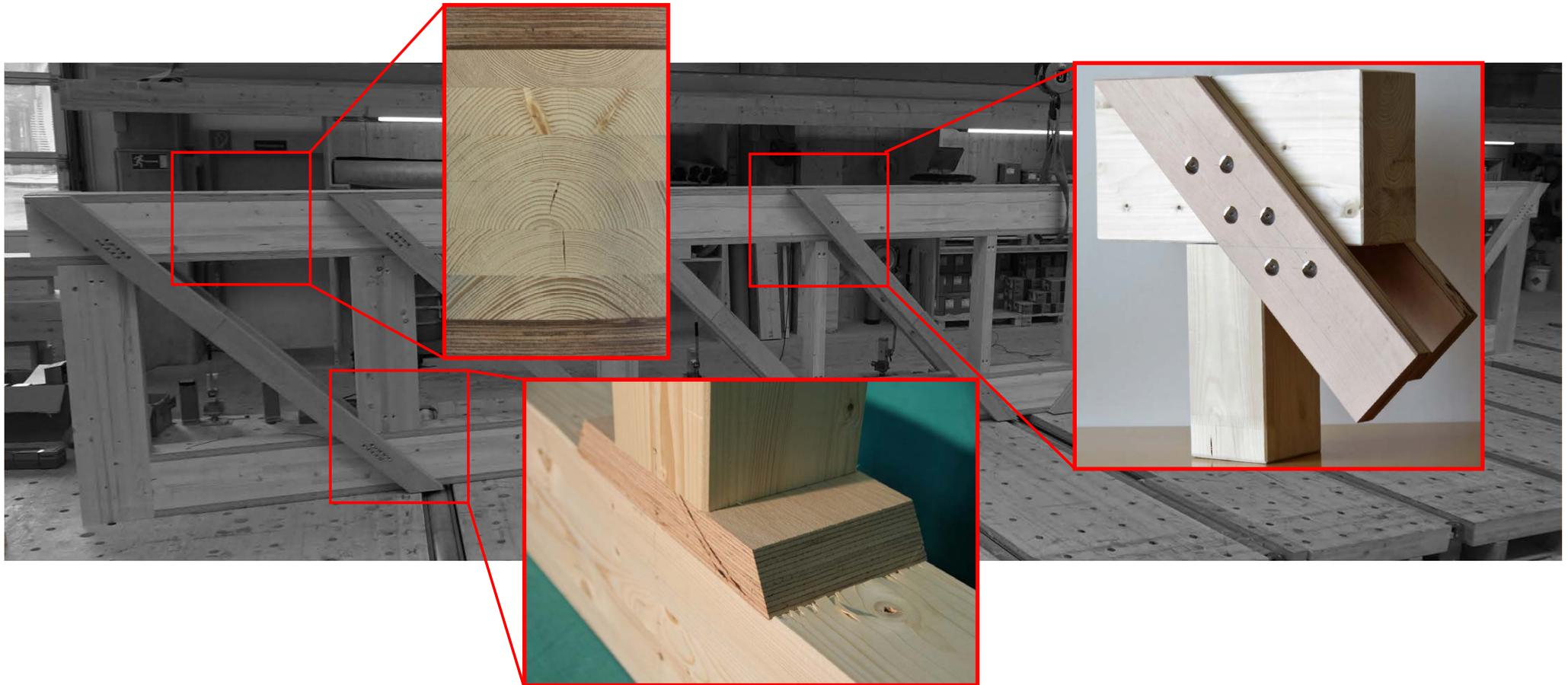


Entwicklung eines Strukturkonzepts für weit gespannte Fachwerkträger

- Zielgruppe KMU
- Abbund auf CNC Anlagen
- Anschlüsse mit selbstbohrenden Holzschrauben
- Nutzung von Buchenholz



Untersuchungen



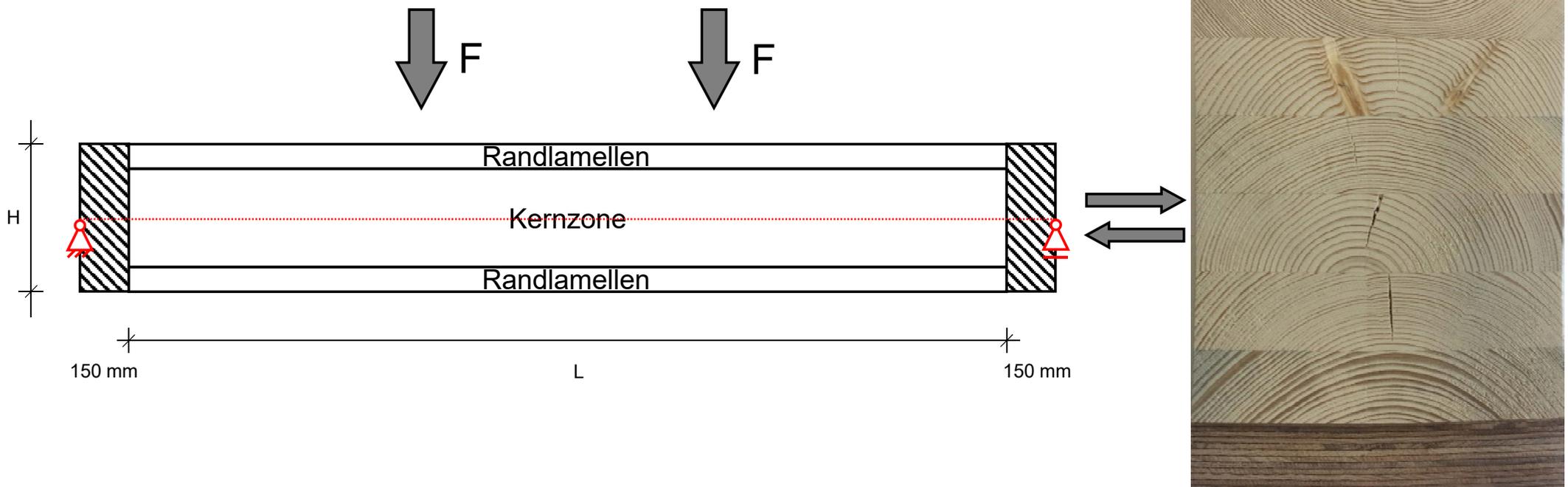
Hybridquerschnitte

- Optimierung der Materialwahl
- Modellierung von Zug-, Druck- und Biegefestigkeiten
- Experimentelle Validierung der Ergebnisse



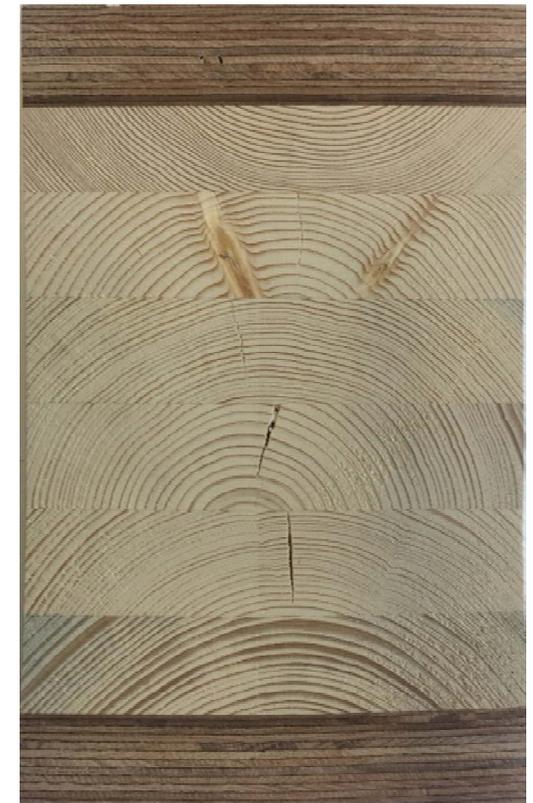
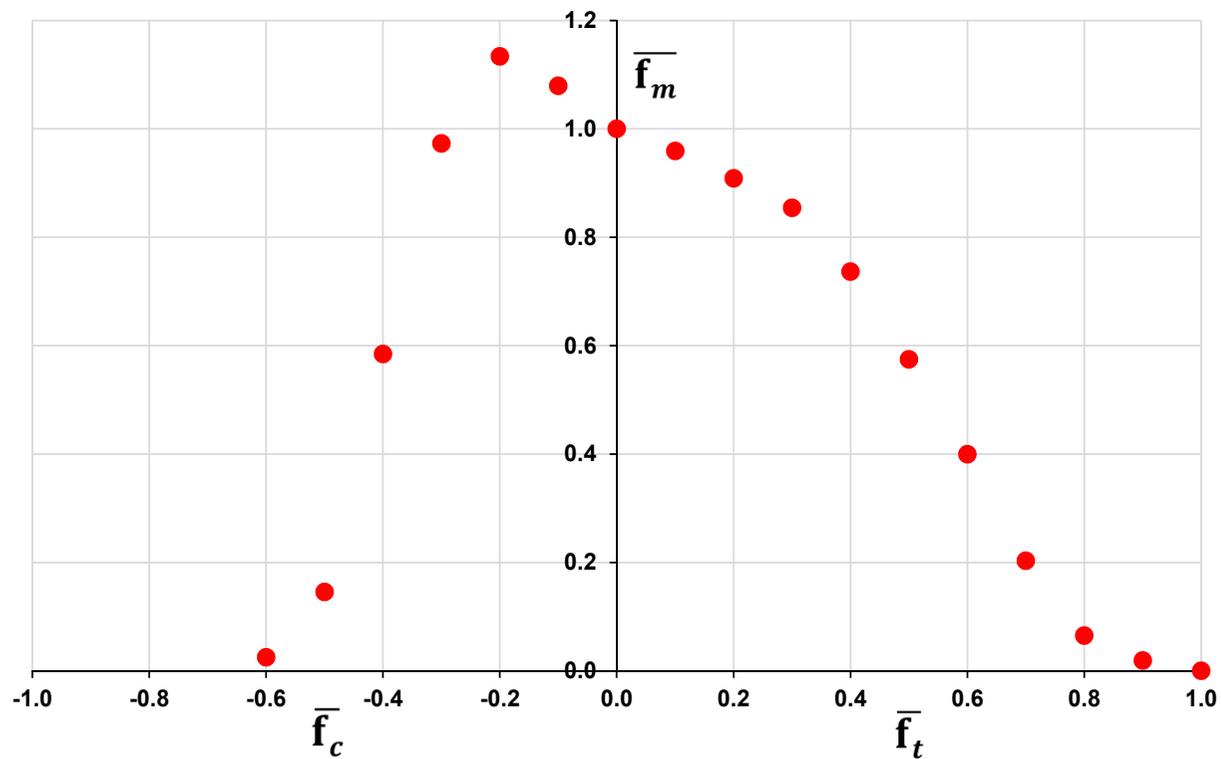
Hybridquerschnitte

- Interaktion: Biegung + Zug/Druck



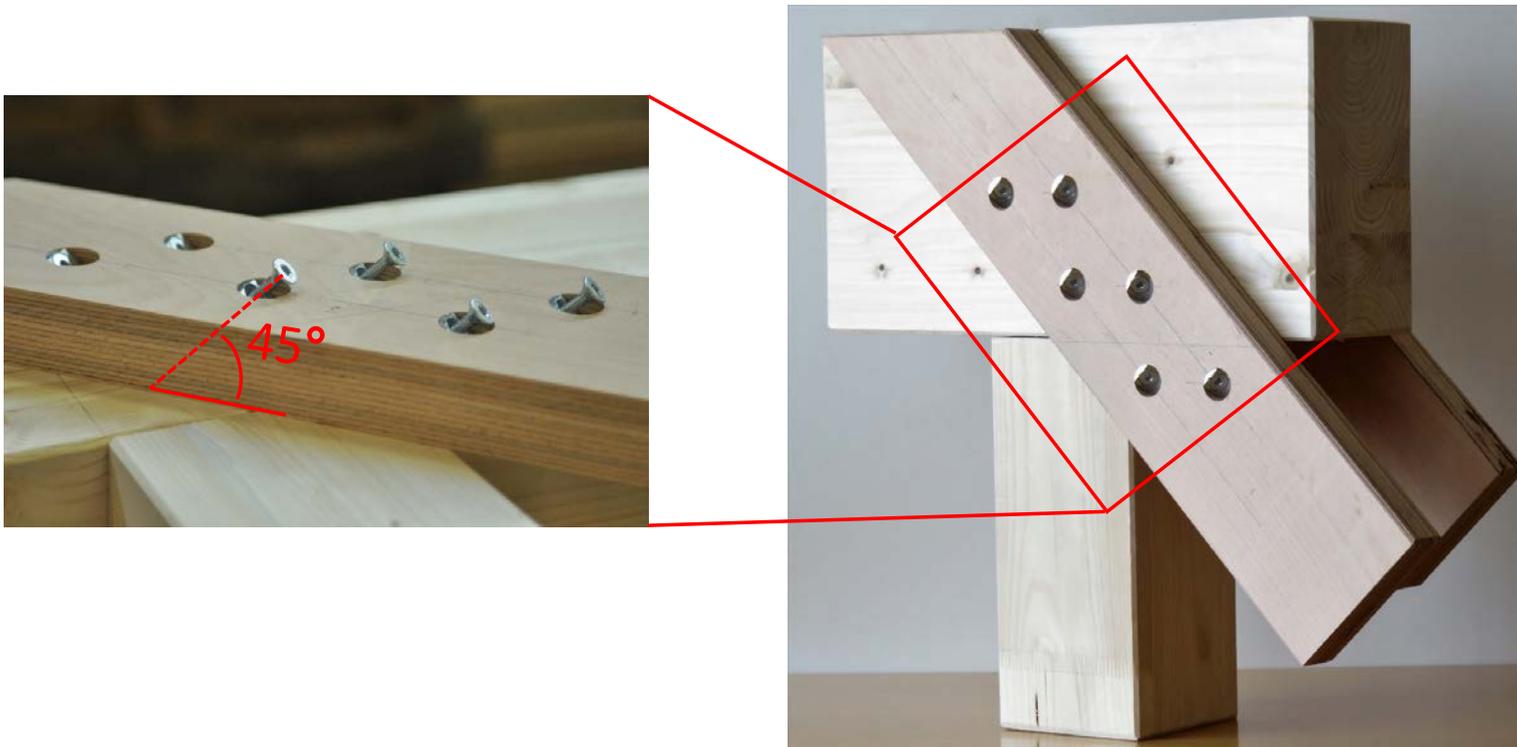
Hybridquerschnitte

■ Interaktion: Biegung + Zug/Druck



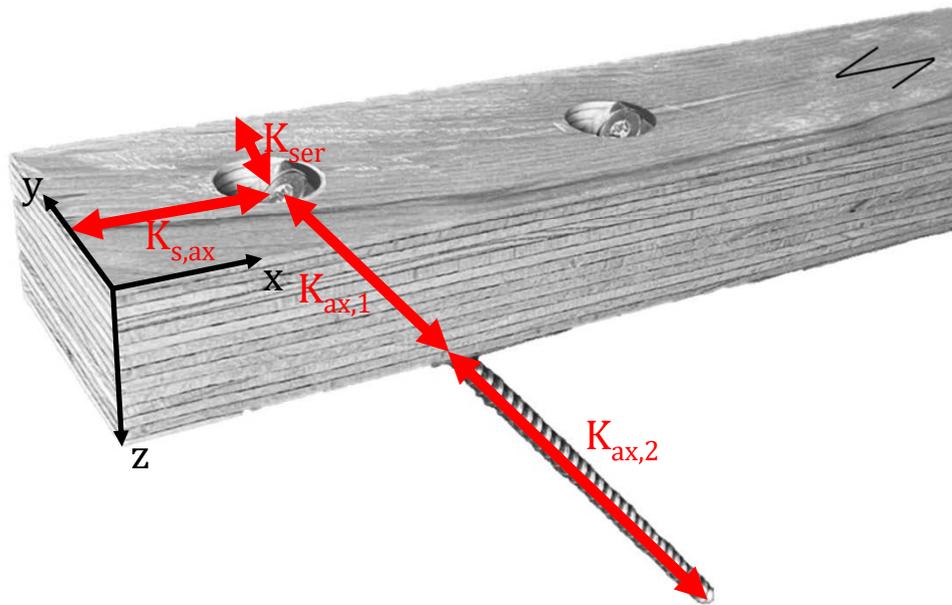
Zuganschlüsse

- Geneigte Voll- oder Teilgewindeschrauben

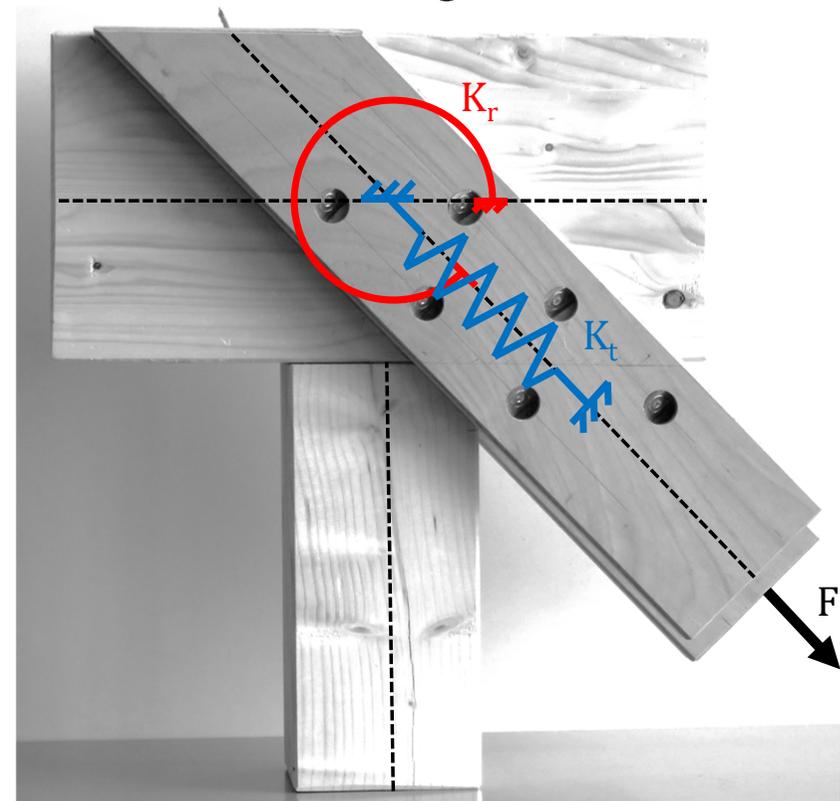


Zuganschlüsse

■ Steifigkeit der Verbindungsmittel

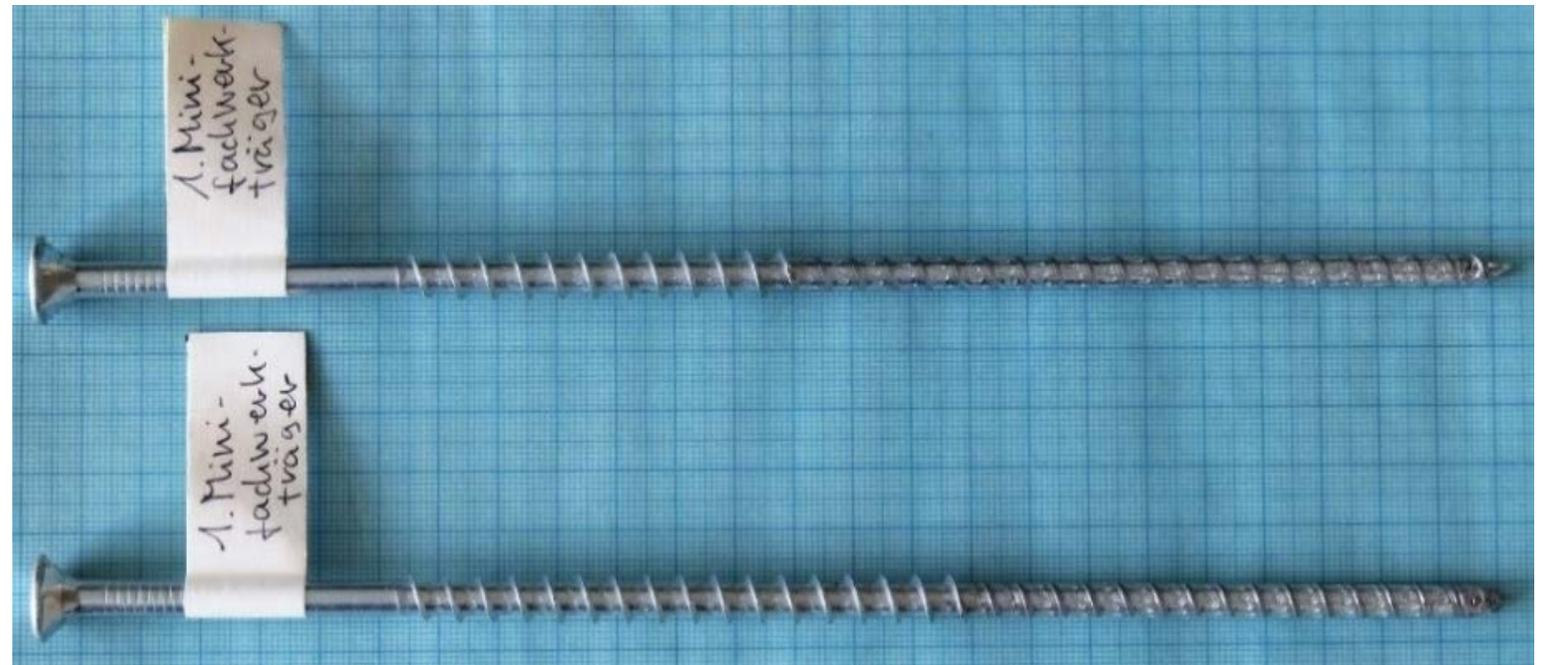
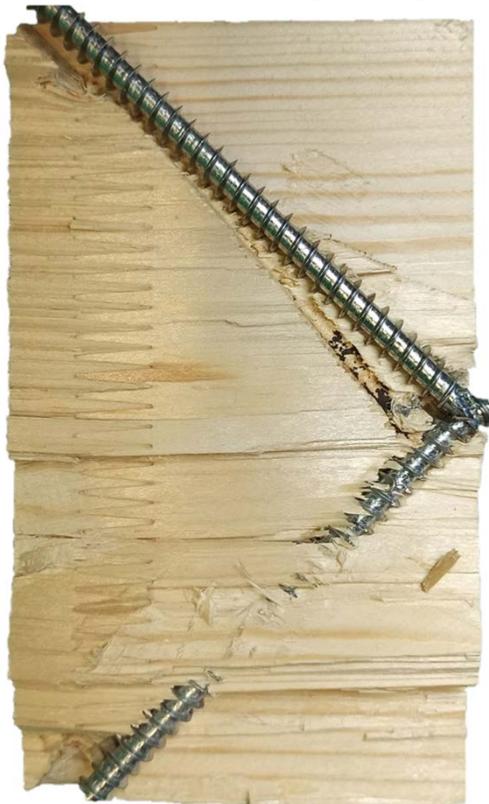


■ Anschlusssteifigkeit



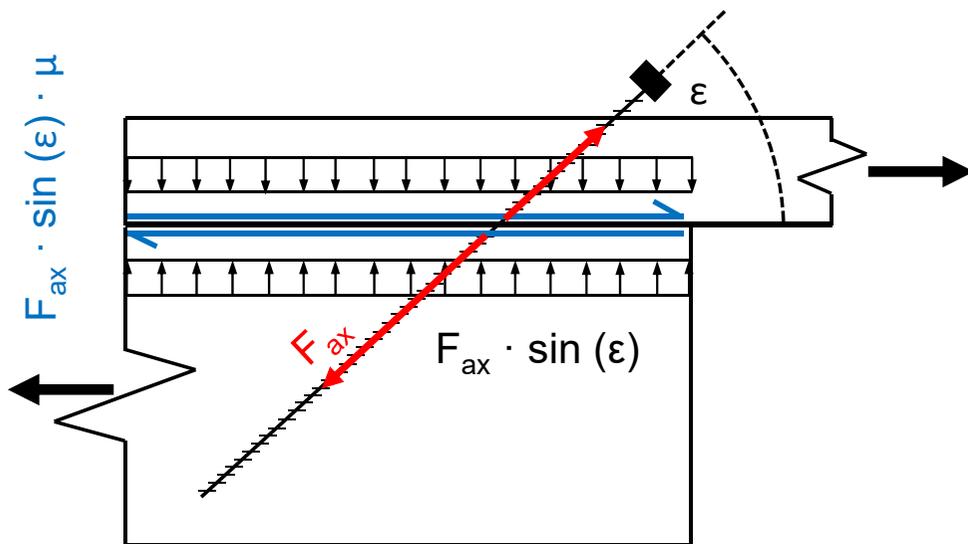
Zuganschlüsse

- Beschädigung von Schrauben durch enge Verbindungsmittelabstände



Zuganschlüsse

- Lastübertragung über Kontaktfläche
- Optimierung der Reibbeiwerte



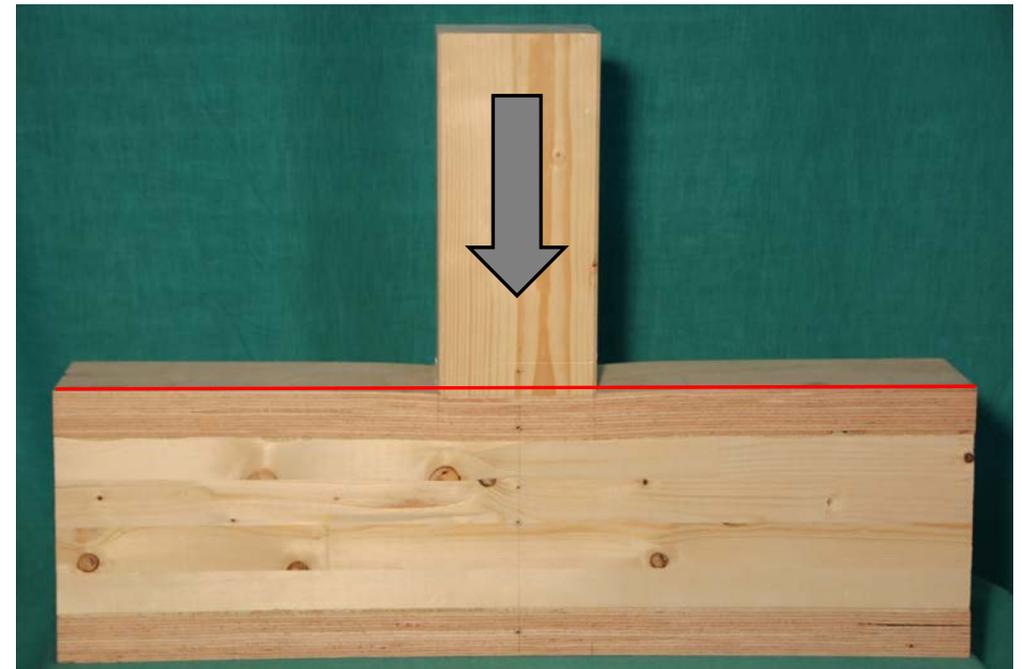
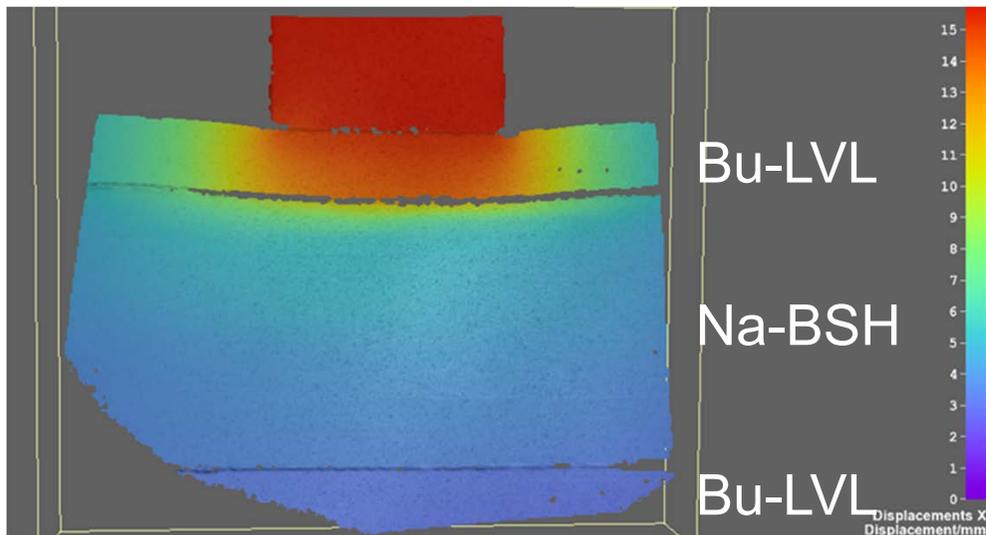
Druckanschlüsse

- Tragfähigkeitssteigerung durch Verstärkungen
- Querdrucktragfähigkeit von Hybridquerschnitten



Druckanschlüsse

■ Verformung in Krafrichtung



FaNaBu - Fachwerkträger aus Nadel- und Buchenholz

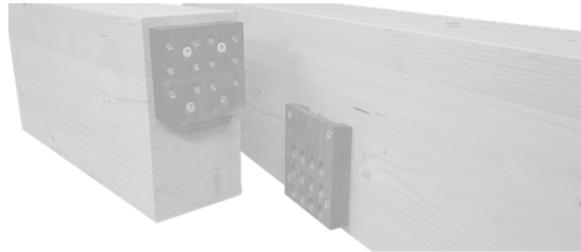
Weit gespannte Fachwerkträger aus hybriden Holzprodukten

Sebastian Egner



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

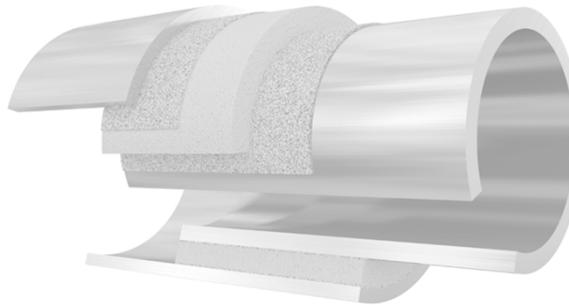
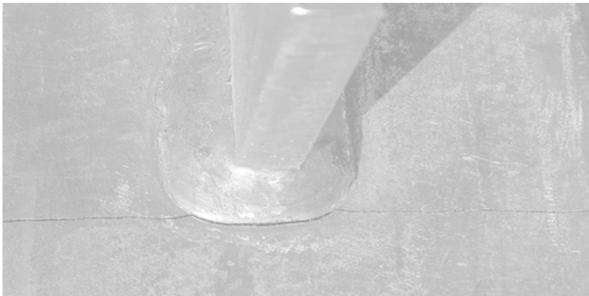


Werkstoffe

Verbindungen

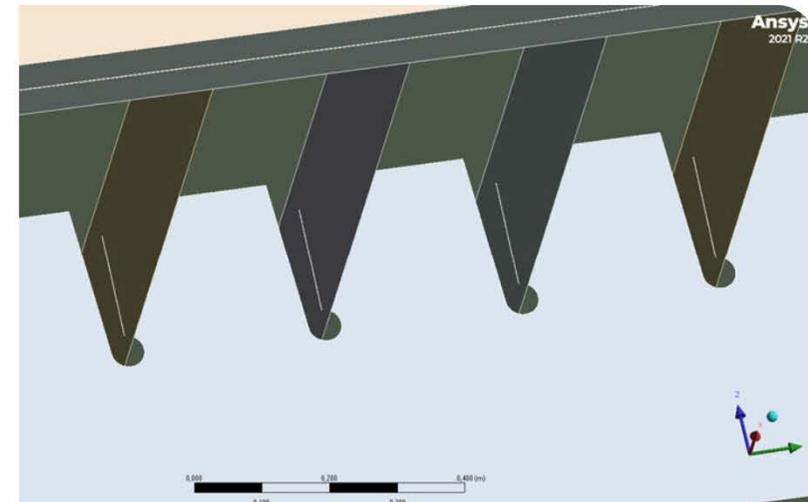
Konstruktionen

Stahl



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt Messtechnische Begleitung der Sanierung der Rheinbrücke Maxau

Dr.-Ing. Philipp Weidner, Lukas Schneider M.Sc. (SFI/IWE)

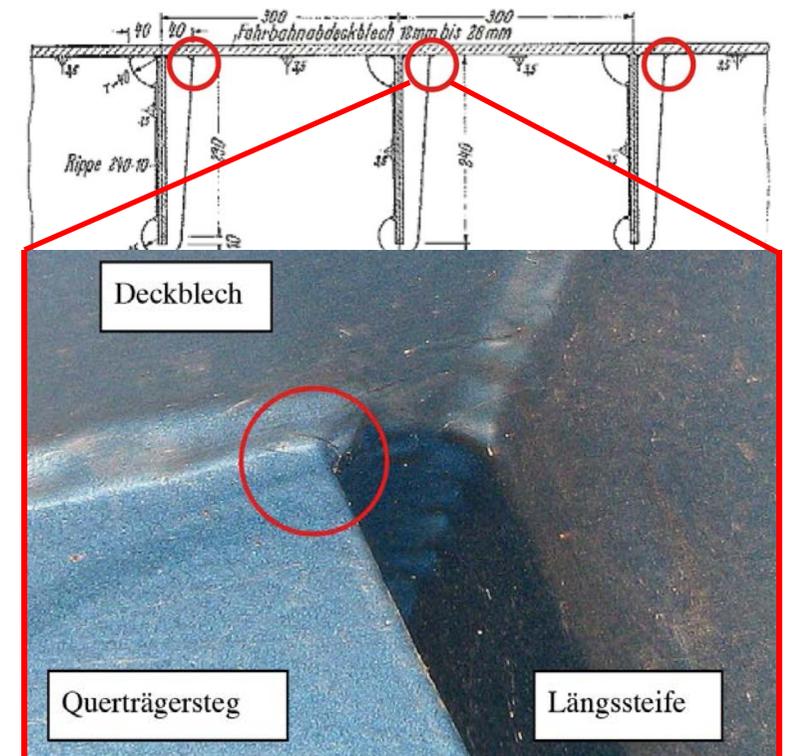


Ausgangssituation Rheinbrücke Maxau

- Schrägseilbrücke zwischen Karlsruhe und Wörth mit orthotroper Platte



- gestiegenes Verkehrsaufkommen
- Ermüdungsproblematik bekannt
- Ertüchtigungsmaßnahme 2018 / 2019

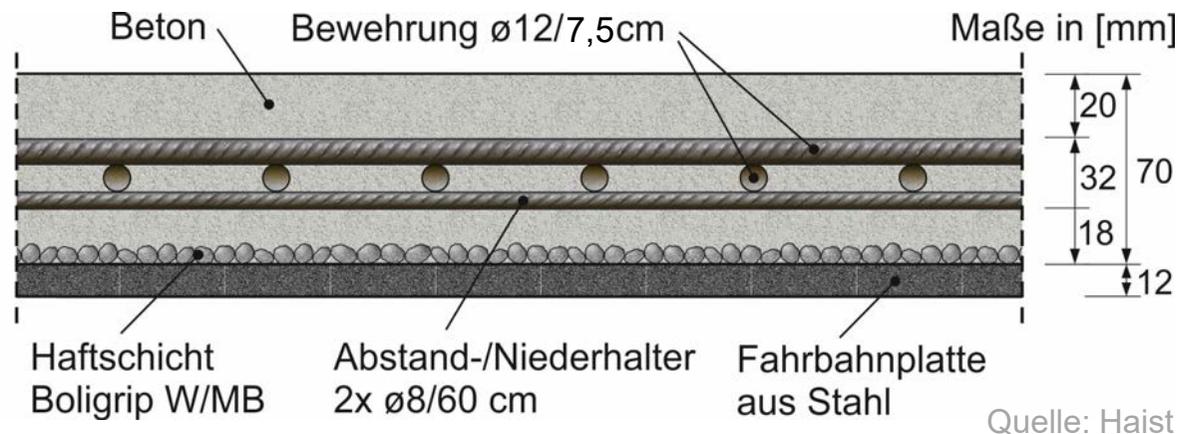


Quelle: Maier et al.

Ertüchtigung mit Hochleistungsbeton (UHPC)

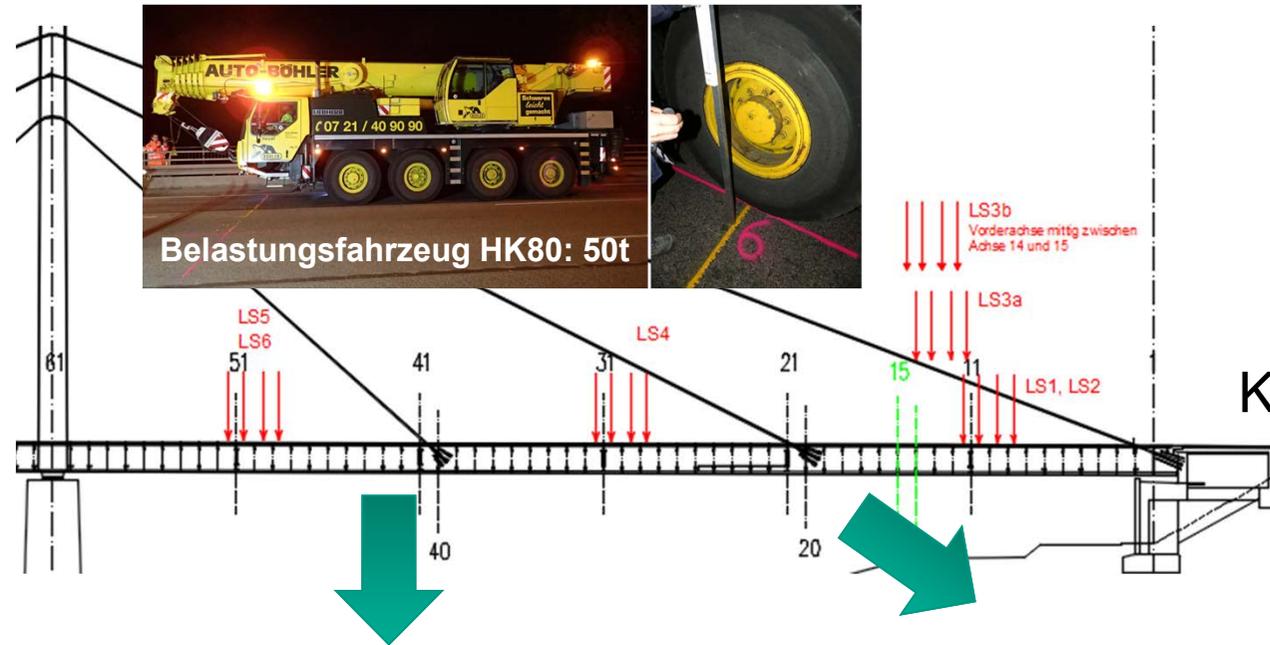
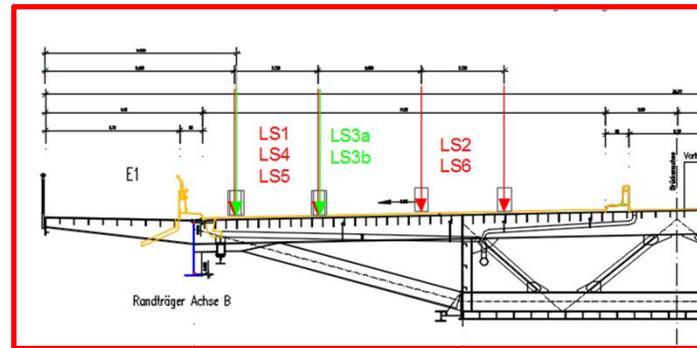
- Verbund von Deckblech und hochfestem Beton durch Epoxidharz + Granulat

- Aufbau

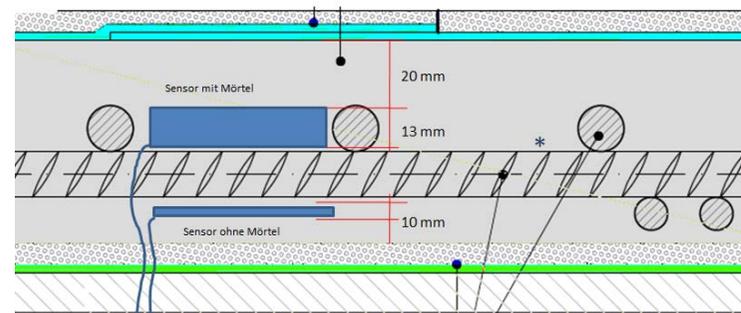


- **Zielsetzung:** Erhöhung der Biegesteifigkeit des Fahrbahnblechs
 → Reduktion ermüdungswirksamer Beanspruchungen
- **KIT:** messtechnische Begleitung und Bewertung von Verbund bzw. Wirksamkeit

Messaufgabe, Sensorik und Belastungstests



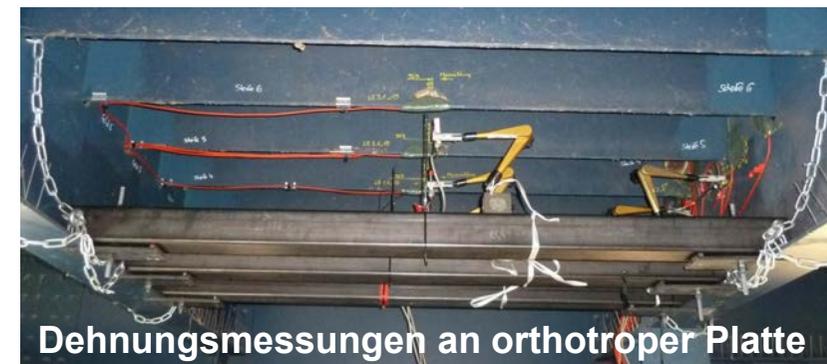
Karlsruhe



Feuchtemessungen



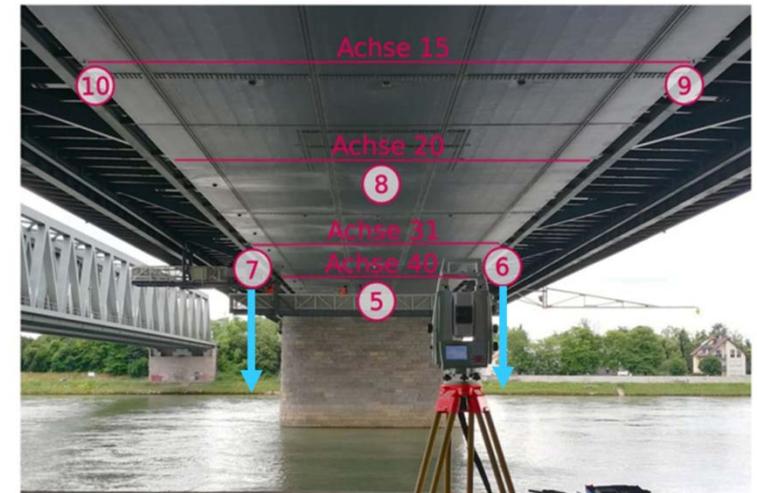
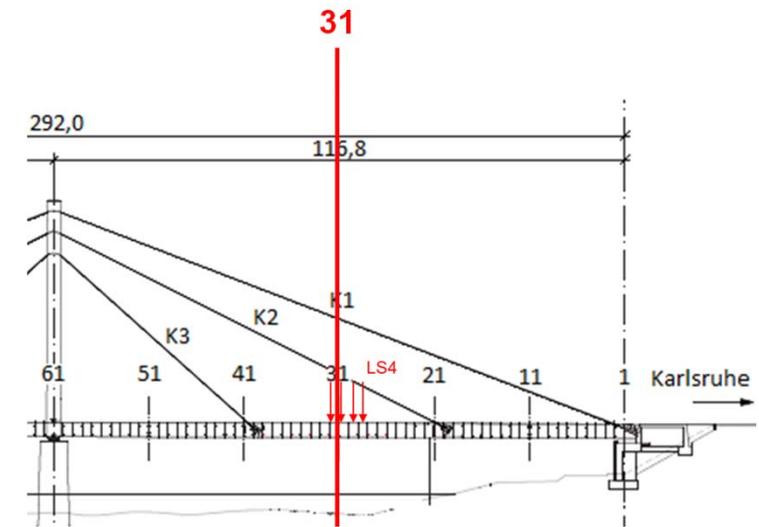
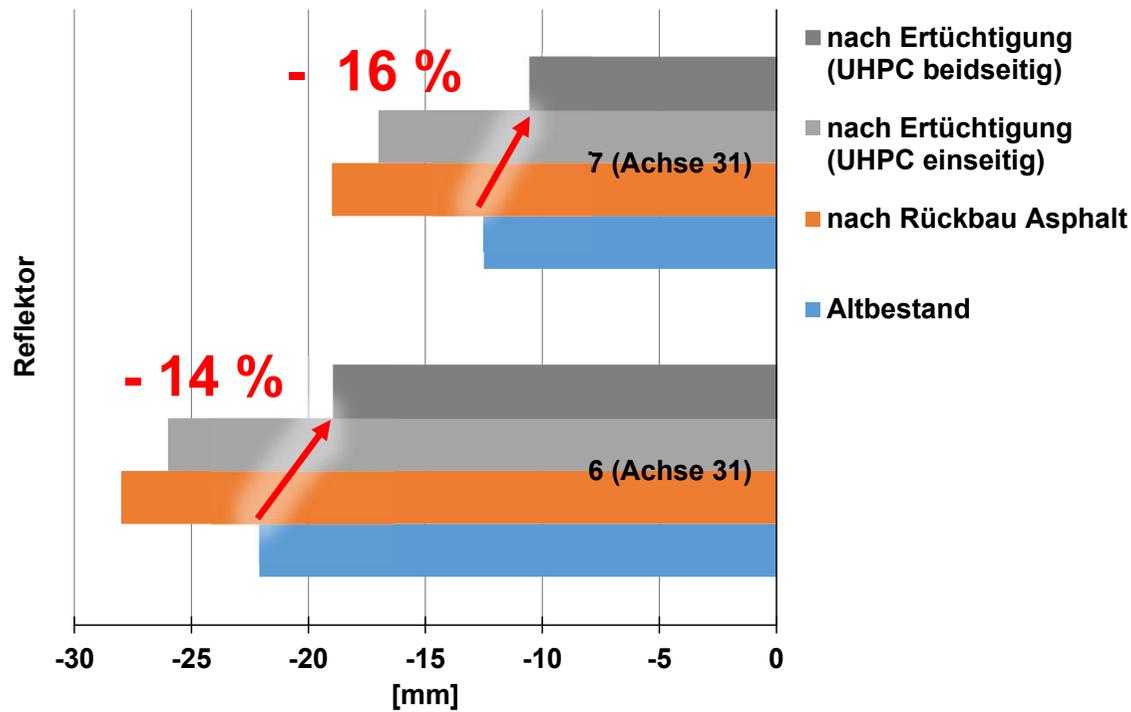
Verformungsmessungen



Dehnungsmessungen an orthotroper Platte

Verformungsmessungen

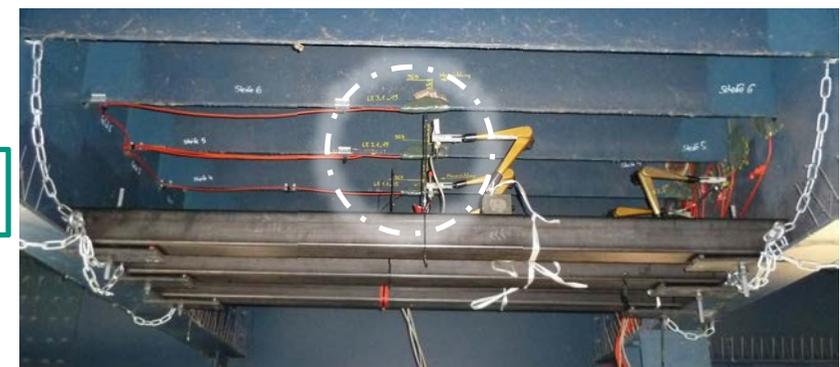
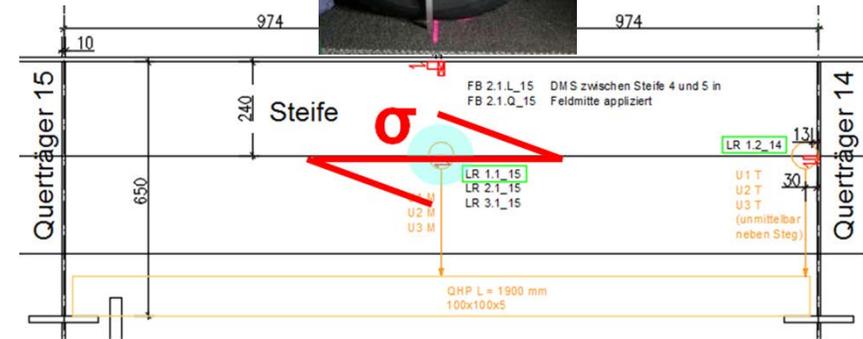
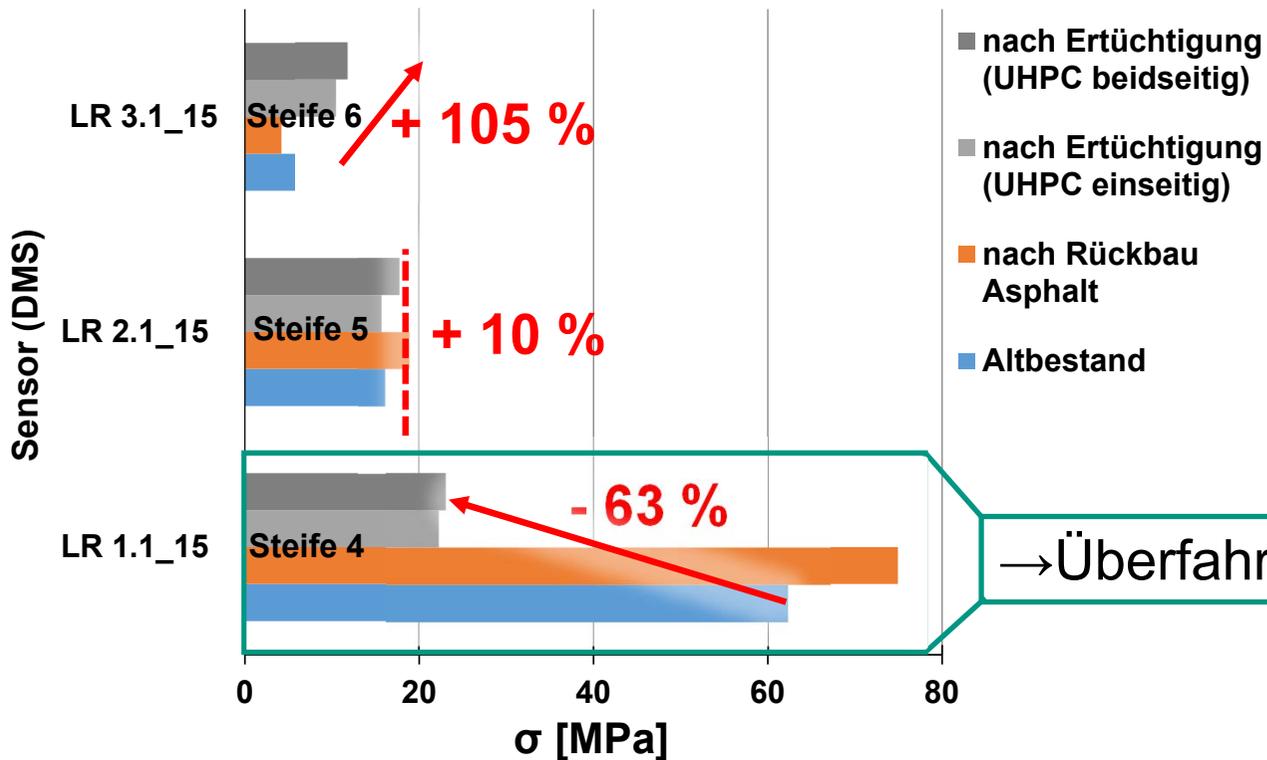
- Verformung in Feldmitte bei Belastungsfahrzeug in Feldmitte



- Verbundtragwirkung → Abnahme der globalen Verformung

Dehnungsmessungen

- Vorderrad des Belastungsfahrzeugs zwischen Querträgern



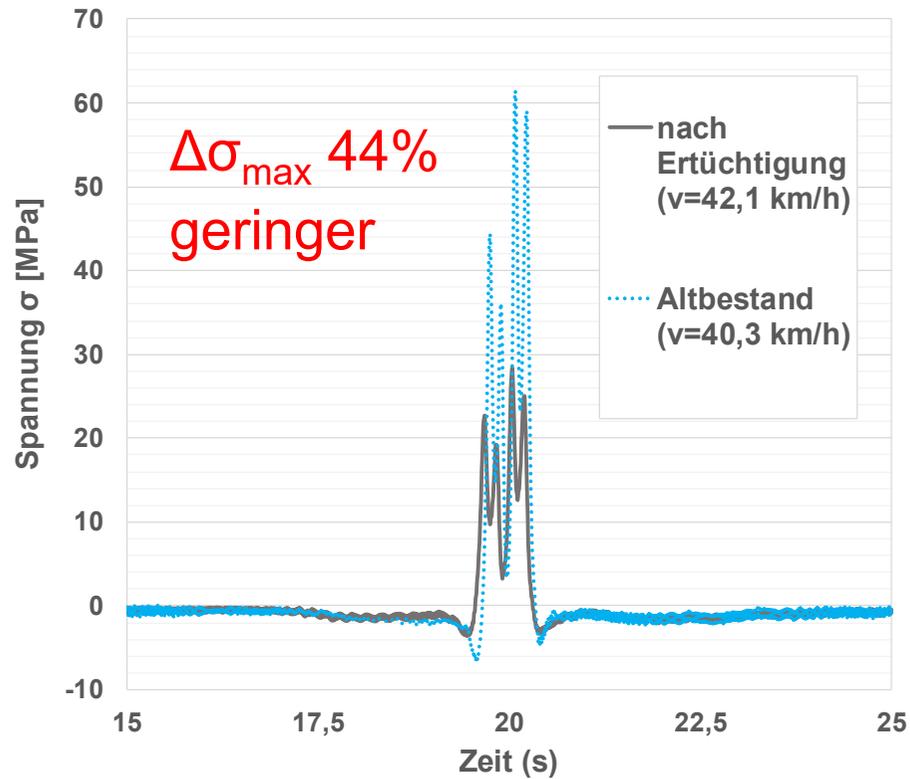
→ Überfahrt

- deutliche Spannungsreduktion unter Radaufstandsfläche & bessere Lastverteilung

Überfahrten und Langzeitmessungen

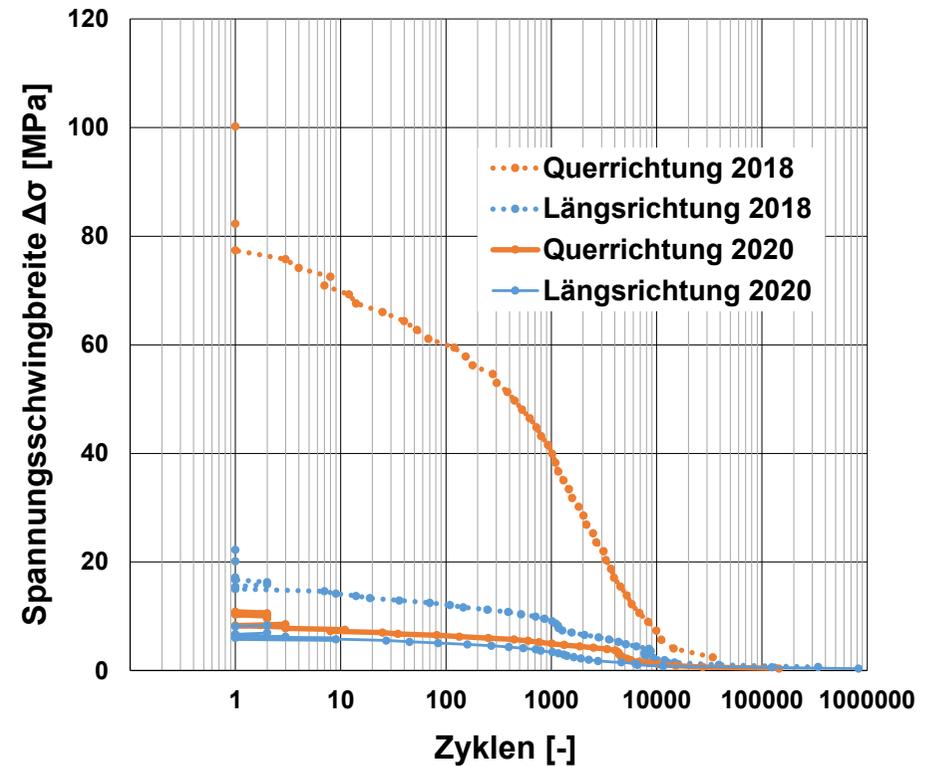
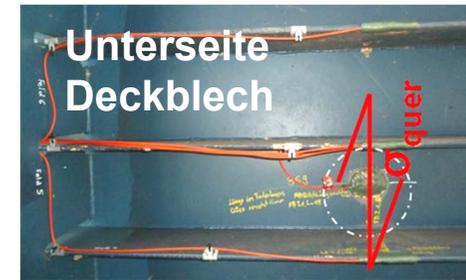
■ Längssteife

- Überfahrt (ca. 40 km/h)



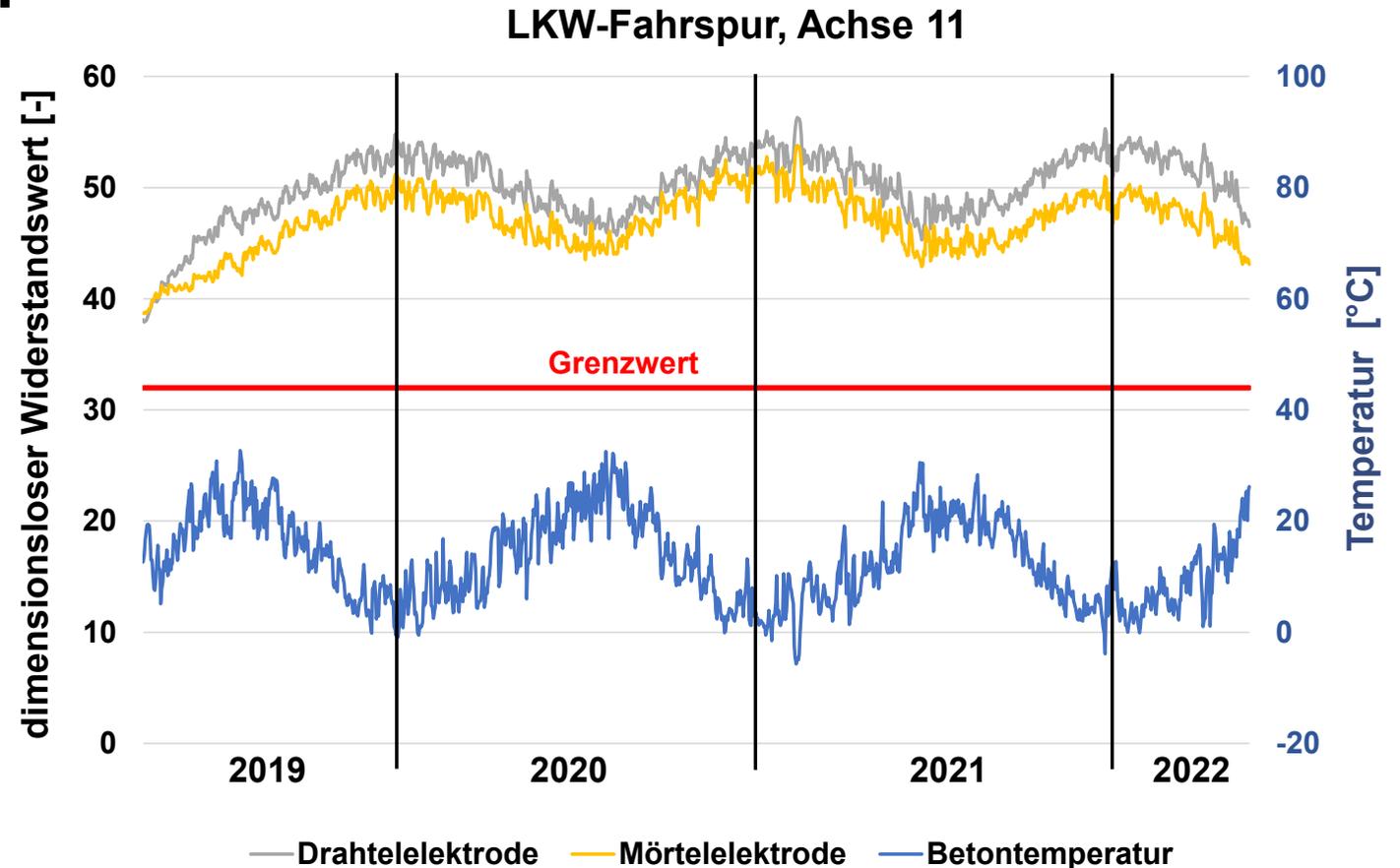
■ Deckblech

- Spannungsschwingspiele in einer Woche



Feuchtemessungen

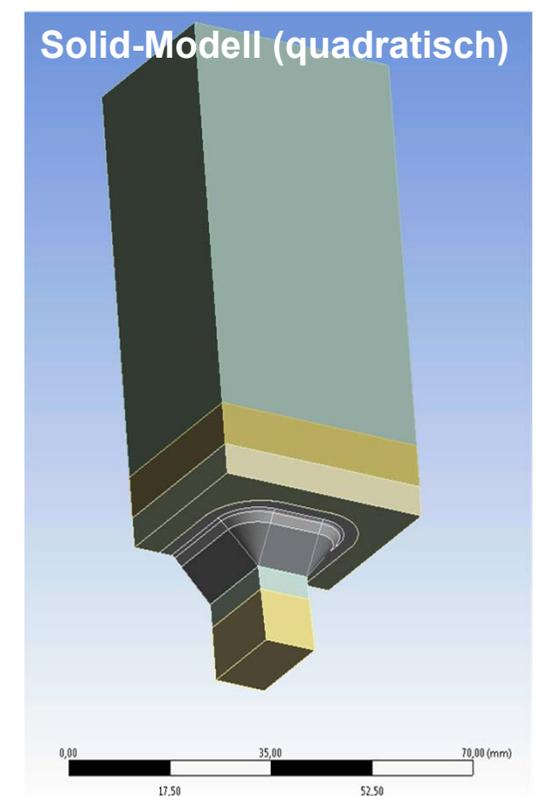
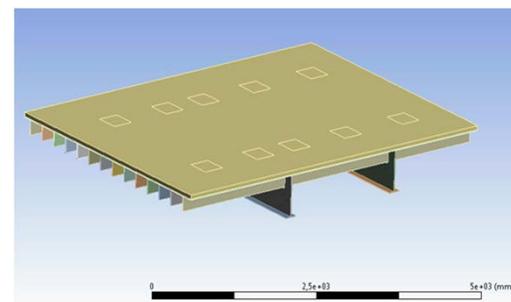
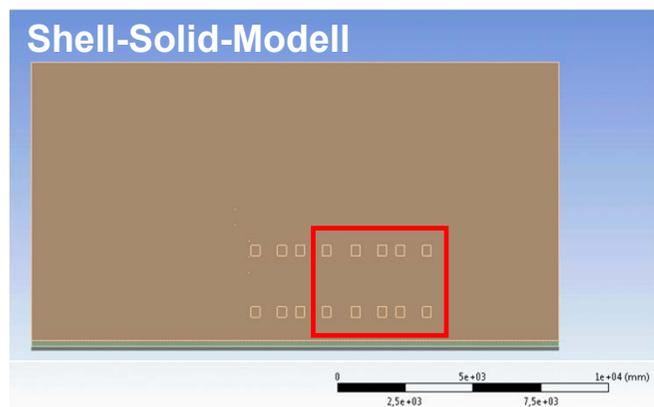
- Feuchte-Monitoring der Fahrbahnplatte
- Verwendung von Draht- und Mörtелеlektroden
- Messung elektrolytischer Widerstand



- Messwerte über Grenzwert → keine Undichtigkeit / Unterläufigkeit

Numerische Untersuchungen

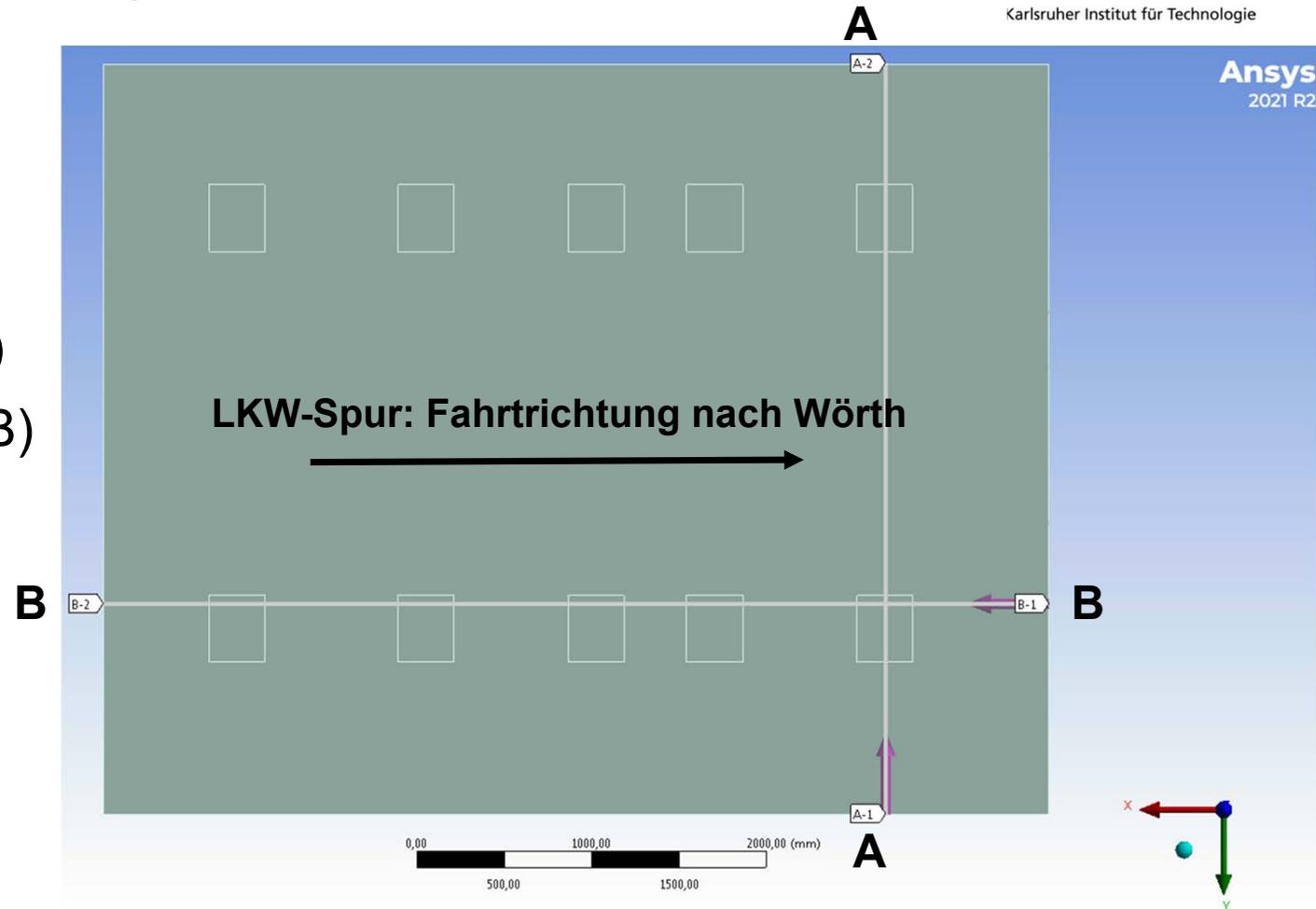
■ Modellaufbau in ANSYS Workbench



Numerische Untersuchungen

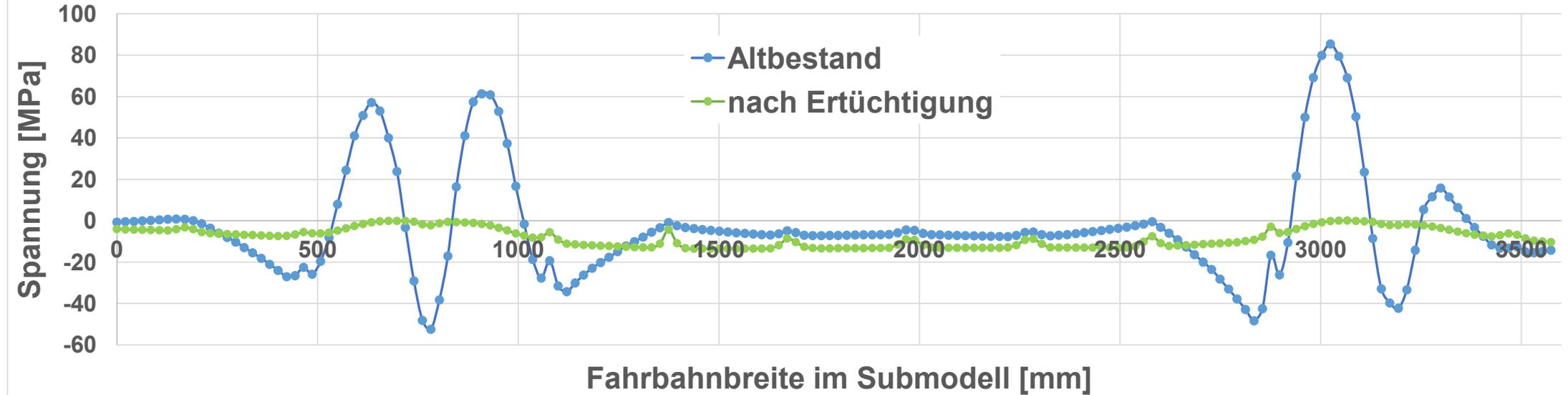
- Spannungsverlauf im Deckblech vor und nach Ertüchtigungsmaßnahme
- Querrichtung (Schnitt A-A)
- Längsrichtung (Schnitt B-B)

➔ Auswertung auf Deckblechunterseite



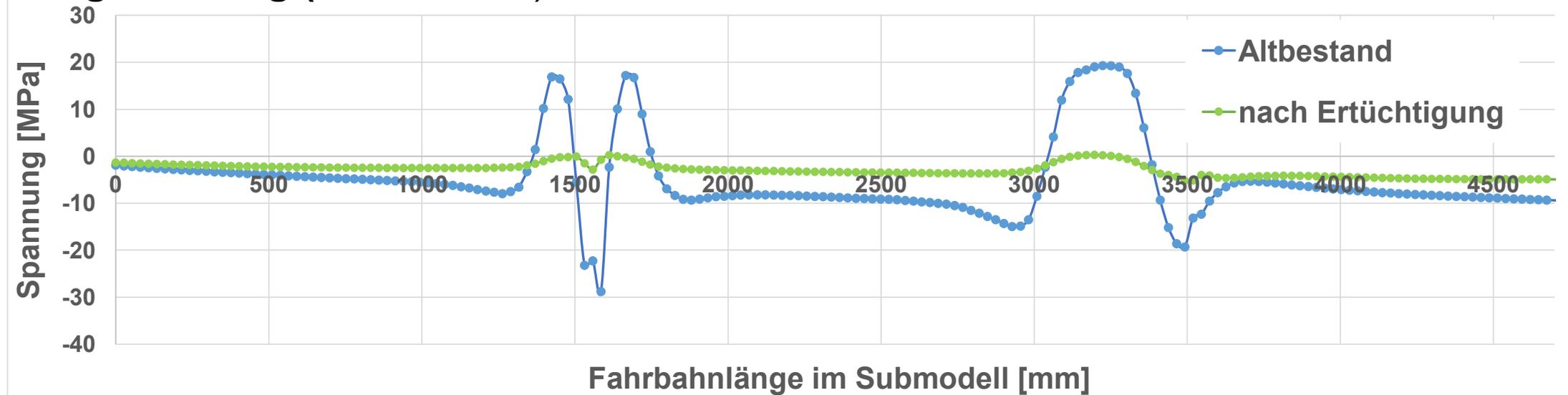
Querrichtung (Schnitt A-A)

Unterseite Deckblech - Vorderrad zwischen Querträgern



Längsrichtung (Schnitt B-B)

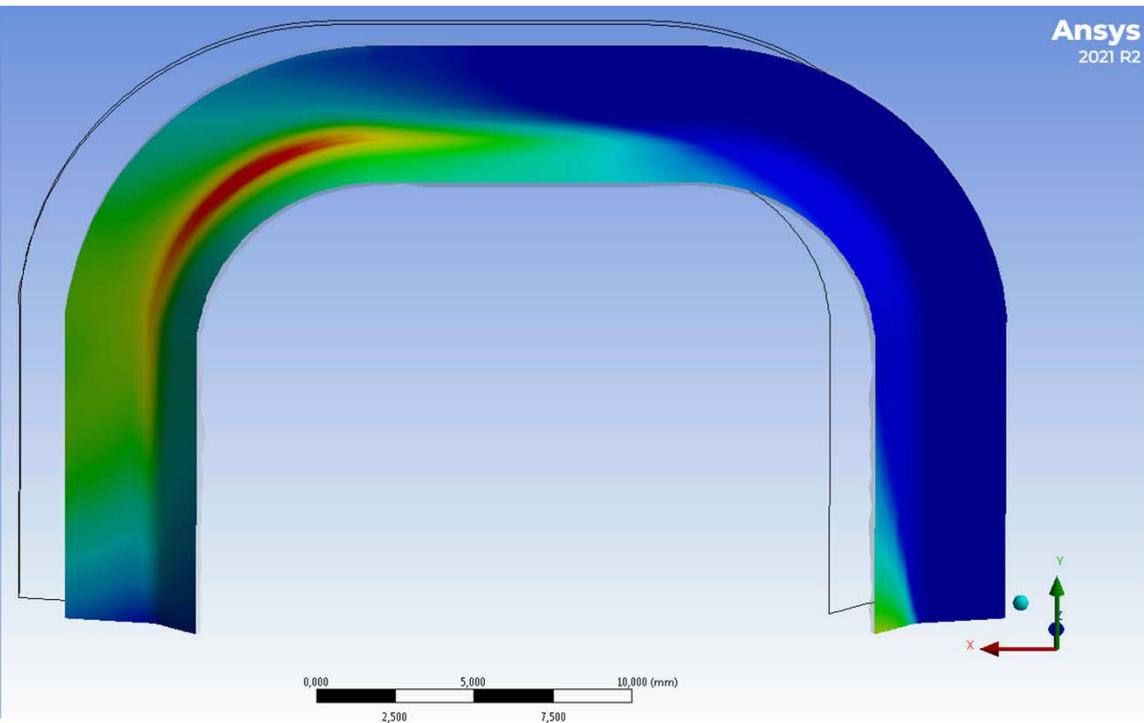
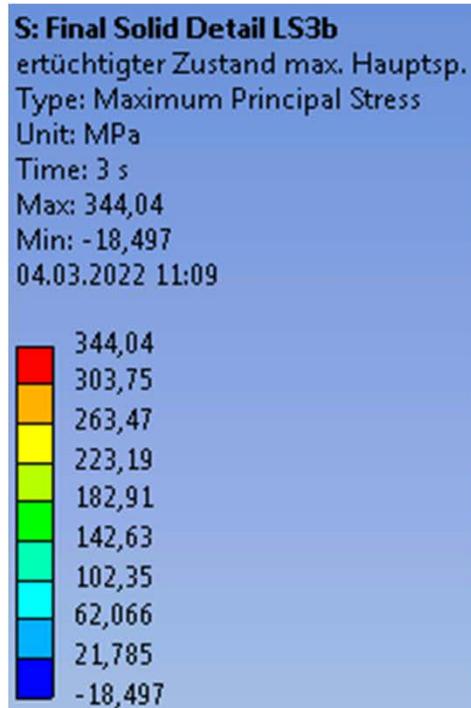
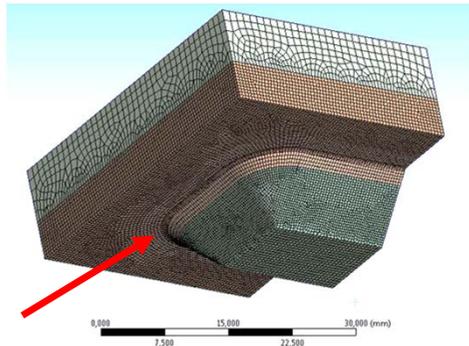
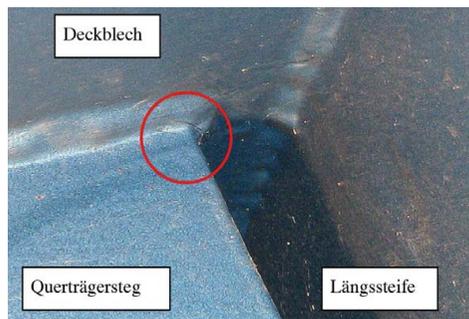
Unterseite Deckblech - Vorderrad auf Querträger



Numerische Untersuchungen

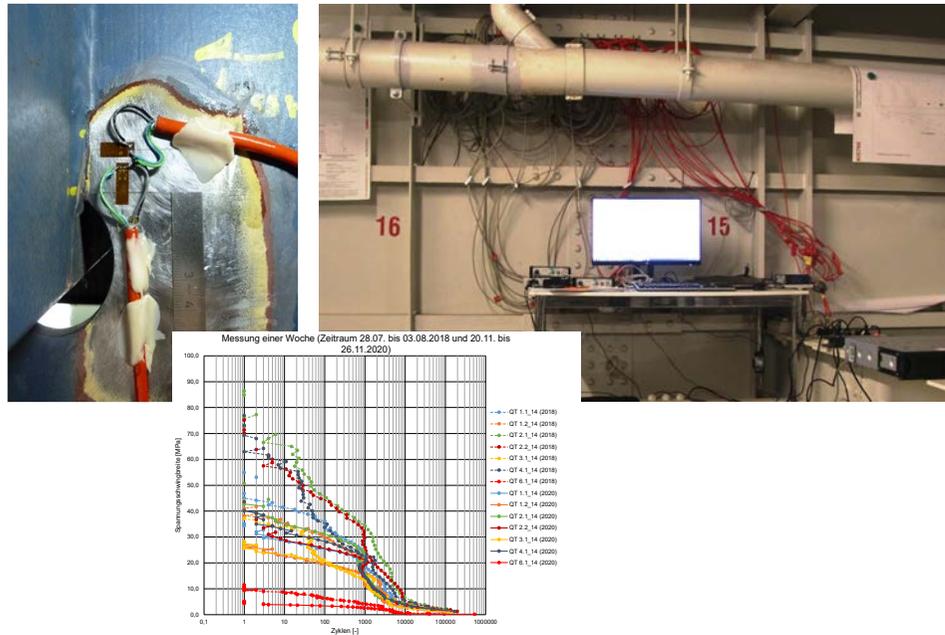
- kritisches Kerbdetail: Schweißnahtübergang Deckblech - Querträgersteg
- Reduktion von Kerbspannungsschwingbreiten im ertüchtigten Zustand

→ LS3a: - 86%
LS3b: - 72%

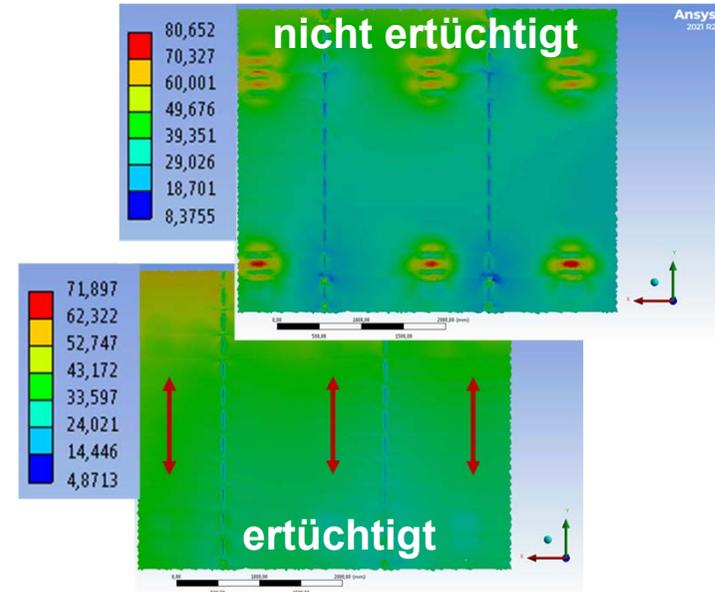


Erkenntnisse zur Wirksamkeit der Maßnahme

messtechnische Untersuchungen



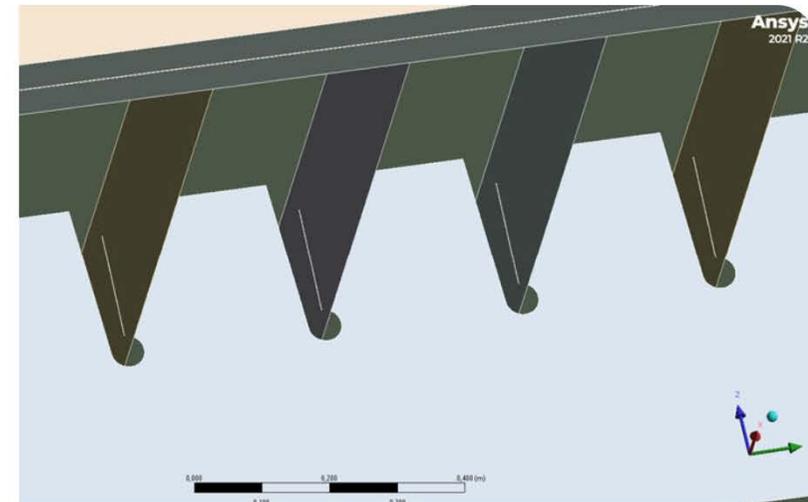
numerische Untersuchungen



➔ **Ertüchtigungsmaßnahme erfolgreich**

Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt Messtechnische Begleitung der Sanierung der Rheinbrücke Maxau

Dr.-Ing. Philipp Weidner, Lukas Schneider M.Sc. (SFI/IWE)



Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz

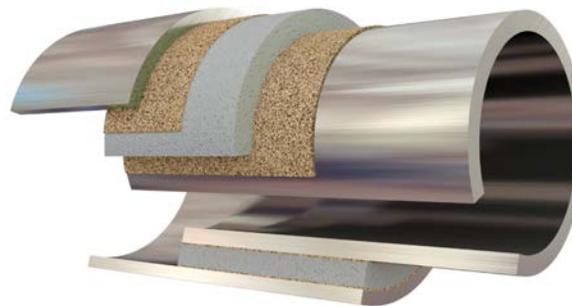


Werkstoffe

Verbindungen

Konstruktionen

Stahl

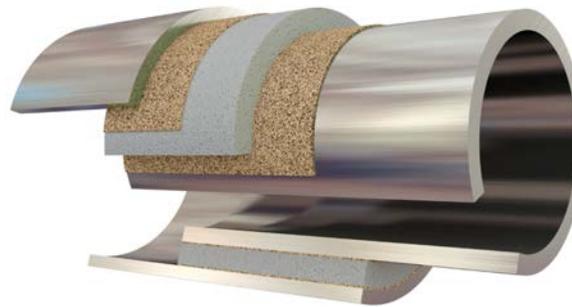


Aktuelle Forschung an der Versuchsanstalt

Holz



Stahl

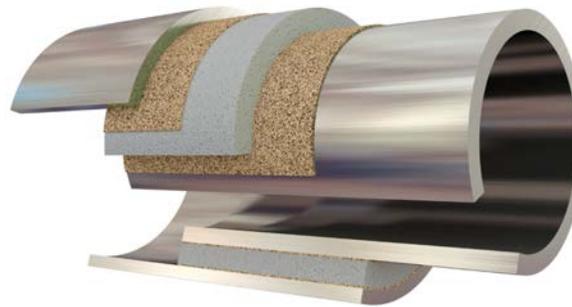


Holz

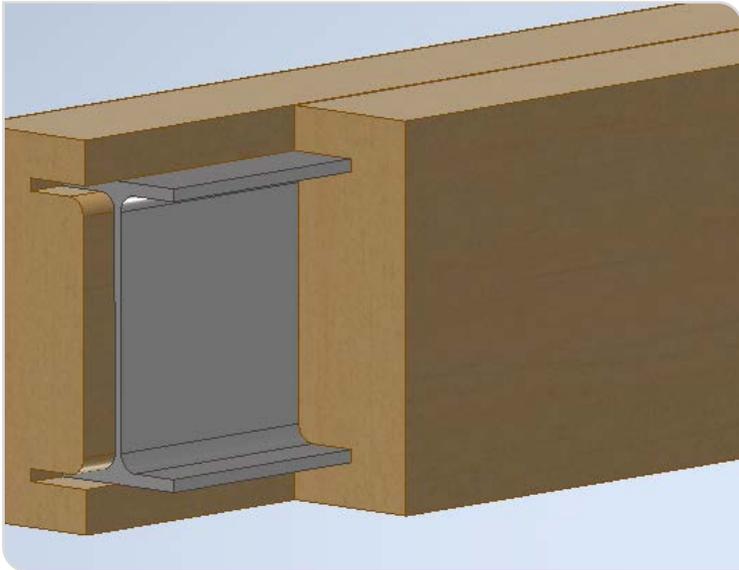


Holz-Stahl- Hybridbauweisen

Stahl



Holz-Stahl-Hybridbauweisen



Biegeträger



Stützen



Flächige
Tragelemente

