

Von der Forschung zur Praxis: Neue Lösungen für den Holzbau

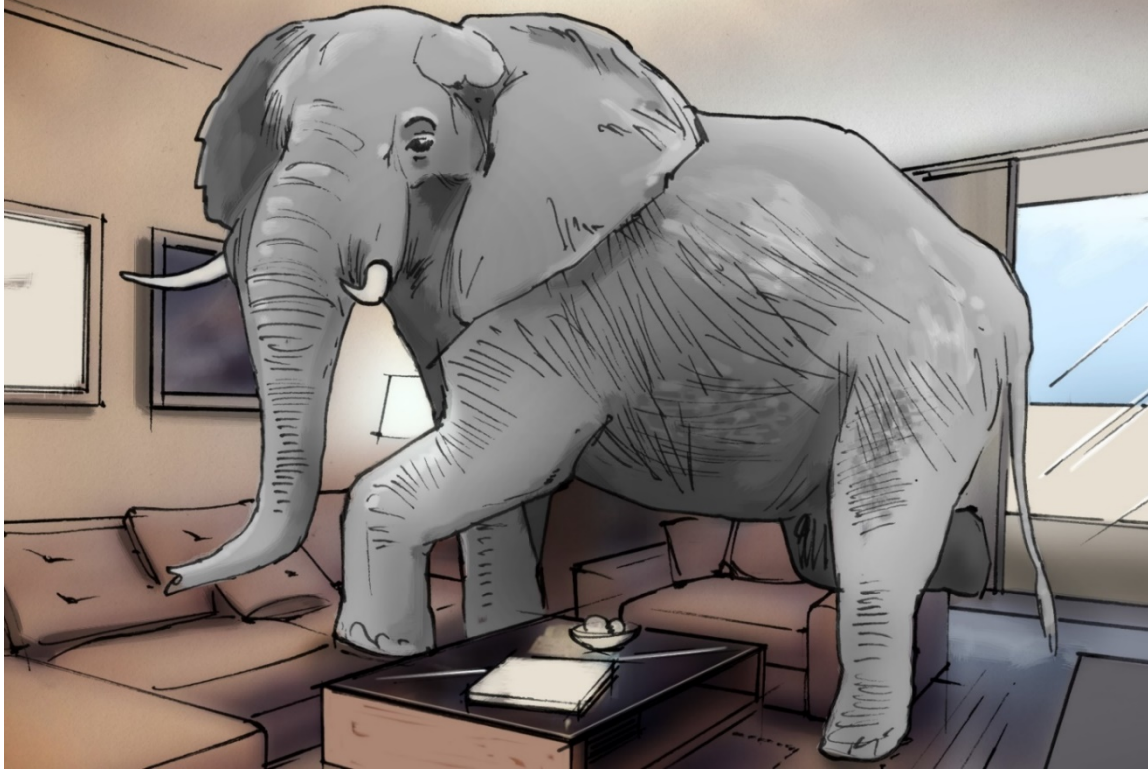
Prof. Dr. Andrea Frangi

ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion IBK

Stadt aus Holz

Wüest Partner AG, Zürich, 13. Juni 2018

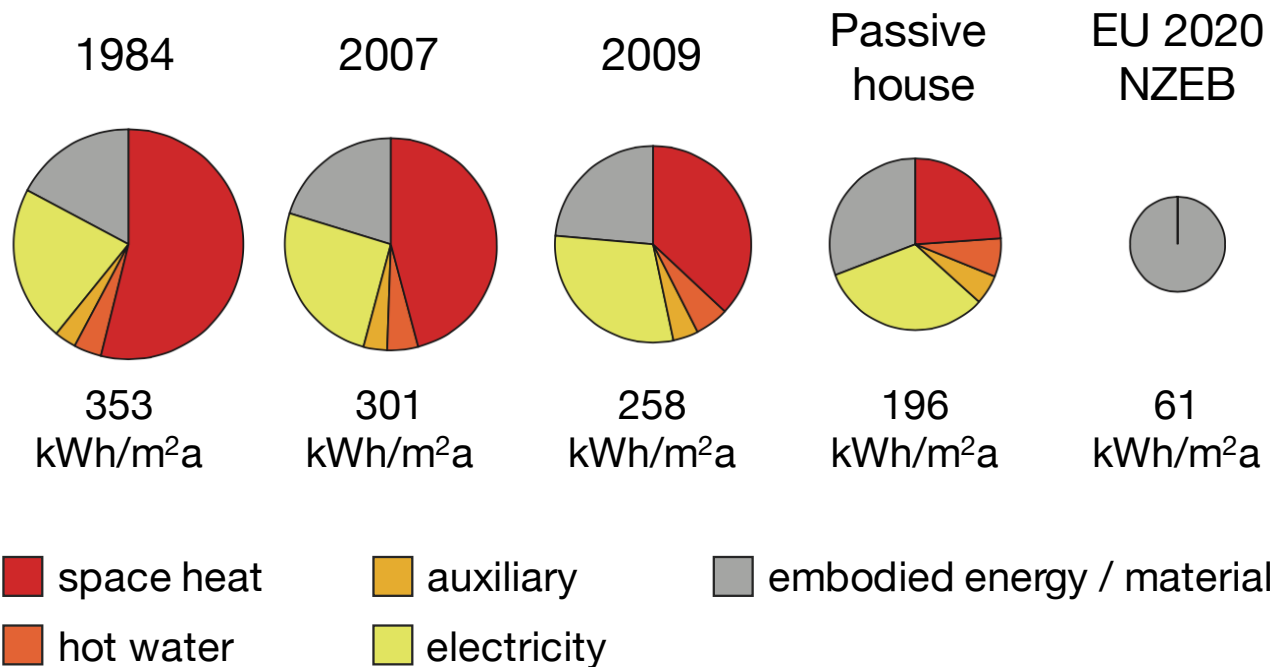
Beton dominiert als «Elefant im Wohnzimmer» das Bauwesen



"Die Zementherstellung ist für mehr CO₂-Ausstoß verantwortlich als der weltweite Luftverkehr. "

Quelle: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, Berlin
Kurzanalyse Ressourceneffizienz der Tragwerke März 2014

Energieverbrauch in Gebäuden



**Energie zum Betrieb der Gebäude nimmt ab
...aber nicht die Graue Energie**

Die grösste Fabrik der Schweiz
Produziert jährlich 10'000'000 m³ Baumaterial
Entnimmt der Luft jährlich 10 Mio. Tonnen CO₂
= 37 Mrd. Autokilometer (Benziner 6l/100km)



Mit Holz auf Du und Du

emotionale Zuordnung

 Holz brennt





Bis 2004



Wände



Decken



Naturbrandversuche

Lignum-Dokumentation Brandschutz

Planung

1 Planung

Anforderungen an Tragwerke und Brandabschnitte
Verwendung brennbarer Baustoffe

Nachweise

2 Qualitätssicherung

Zuständigkeiten und Abläufe

3 Feuerwiderstandsbemessung

Bauteile und Verbindungen

4 Bauteile in Holz

Decken, Wände und Bekleidungen mit Feuerwiderstand
Anschlüsse bei Bauteilen mit Feuerwiderstand

Konstruktion

5 Flucht- und Rettungswege

Treppenanlagen und Korridore

6 Haustechnik

Installationen und Abschottungen

7 Aussenwände

Konstruktion und Bekleidungen

8 Abschlüsse

Tür- und Trennwandsysteme
Brandschutzfenster

9 Brandmauern

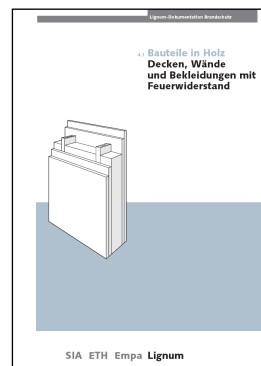
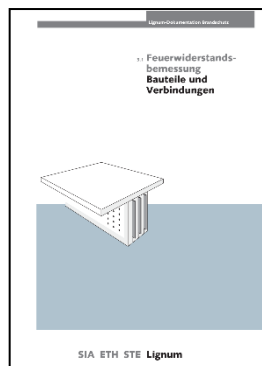
Konstruktion und Anschlüsse

10 Grundlagen

Begriffe, Brandverhalten, Prüfung und Klassierung



holzbauspezifische
Umsetzung



Ab 1.1.2005



Ab 1.1.2015



Professur für Holzbau

ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion



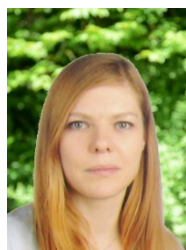
Prof. Dr. A. Frangi



Dr. M. Klippel



Dr. R. Jockwer



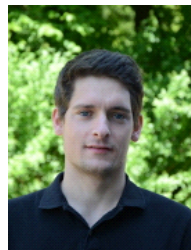
J. Saladin-Michel



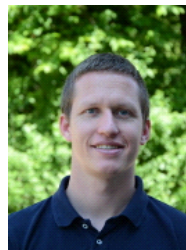
Dr. C. Leyder



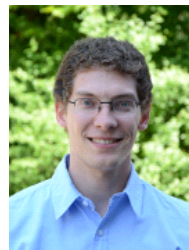
K. Müller



T. Ehrhart



P. Kobel



B. Kreis



S. Schilling



K. Voulpiotis



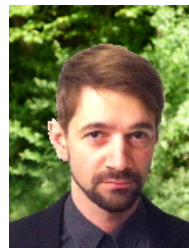
J. Ogrizovic



R. Fahrni



L. Peric



J. Schmid



M. Muster

Professuren am IBK

Prof. Dr. Eleni Chatzi

Professur für Strukturmechanik →

Prof. Dr. Mario Fontana

Professur für Baustatik und Konstruktion - Stahl-, Holz- und Verbundbau →

Prof. Dr. Andrea Frangi

Professur für Baustatik und Konstruktion - Holzbau →

Prof. Dr. Walter Kaufmann

Professur für Baustatik und Konstruktion - Massiv- und Brückenbau →

Prof. Thomas Vogel

Professur für Baustatik und Konstruktion - Konstruktion und Erhaltung →

Prof. Dr. Bozidar Stojadinovic

Professur für Strukturdynamik und Erdbebeningenieurwesen →

Dr. Nebojsa Mojsilovic

Bereich Mauerwerksbau →

Prof. Dr. Bruno Sudret

Professur für Risiko, Sicherheit und Quantifizierung von Ungewissheiten →

16 Mitglieder, davon 11 Doktoranden

Forschungsschwerpunkte

Zielsetzung

- Verbesserung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Holzbauten
- Verstärkte Anwendung von Holz für Bauten und Infrastrukturen

BSH, Brettsperrholz und Verbindungen

Verbesserung des Wissensstands und der Zuverlässigkeit von *Bauteilen* und *Verbindungen* in Bezug auf Sicherheit und Wirtschaftlichkeit

Innovative Strukturen

Verbesserung der Effizienz & Wettbewerbsfähigkeit von Holz
Optimale Verwendung von Holz in Kombination mit anderen Baustoffen

Brandschutz

Verbesserung der Einsatzmöglichkeiten von Holzbauten basierend auf fortgeschrittenen Kenntnissen im Bereich Brandschutz

Laufende Doktorarbeiten

Project title	Research area
Beech glued-laminated timber	Material, Glulam, Reliability (PhD thesis of Thomas Ehrhart , AP Holz Project)
Dowel-type connections for truss structures made of beech LVL	Material, Connection, Reliability (PhD thesis of Peter Kobel , SNSF Project)
Structural behaviour and reliability of connections in timber structures	Material, Connection, Reliability (PhD thesis of Stephan Schilling , SNSF Project)
Robustness of tall timber buildings	Robustness, Reliability, Ductility (PhD thesis of Konstantinos Voulpiotis , Albert Lück-Stiftung)
Beech wood concrete hybrid slab	Innovation, Beech, Composite (PhD thesis of Benjamin Kreis , CTI Project)
Timber-concrete composite slabs with micro-notches and self cambering timber elements	Innovation, Composite (PhD thesis of Katharina Müller , CTI Project)
Biaxial load-carrying slab system in timber	Innovation, Connection (PhD thesis of Marcel Muster , CTI Project)
Post-tensioned timber frame structures	Innovation, Connection (PhD thesis of Jelena Ogrizovic)
Seismic design of light timber frame walls	Innovation, Connection (PhD thesis of Ljupko Peric)
Structural behaviour of timber under non-standard fire conditions	Fire safety (PhD thesis of Joachim Schmid , SNSF Project)
Reliability based design of timber in fire	Fire safety (PhD thesis of Reto Fahrni , Cost Project)

Robustheit

Duktilität

Zuverlässigkeit

Reduktion der
Komplexität,
Einfachheit

Standardisierung,
Normierung

Qualitätssicherung

Verbindungen

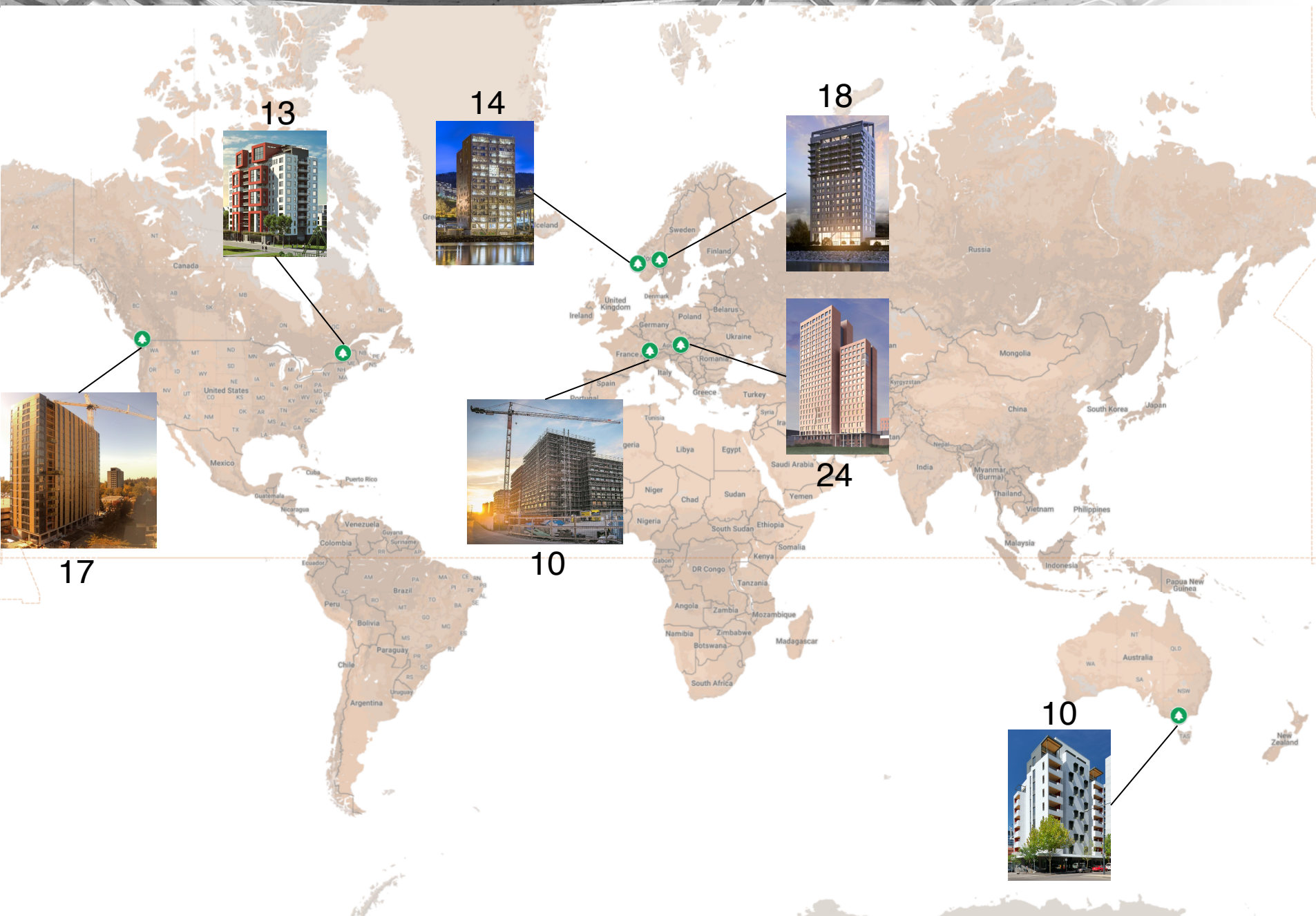
Verklebung



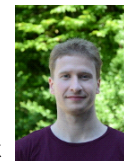
Wirtschaftlichkeit

Bauplanung

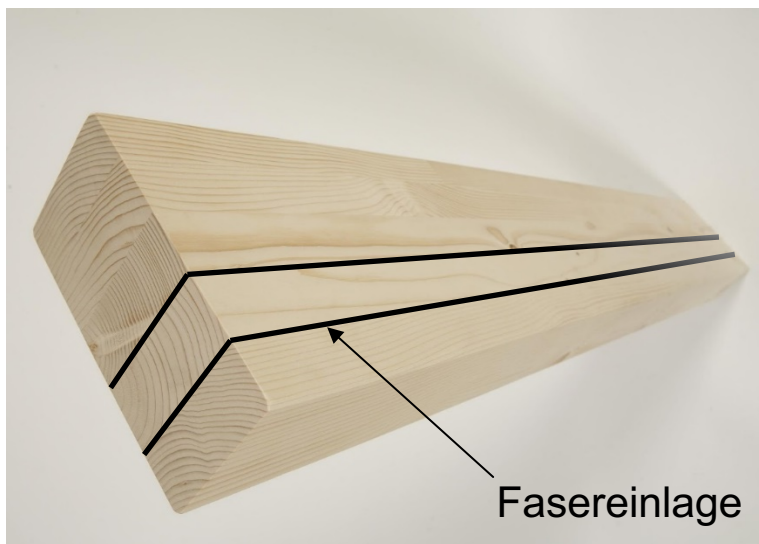
Bauprozess



Hybrides Brettschichtholz



L. Blank



Ziele:

A: Erhöhung der nominellen Trägerfestigkeit:

Erreichen der höheren Festigkeitsklassen (GL32..36h) mit Holzbrettern der Klasse T14.5 für GL24h.

B: Duktiles Versagen

Verlagerung des Versagensmodus vom spröden Zug- in den duktilen Druckbereich. Umlagerung von Biegemomenten möglich in statisch unbestimmten Systemen. Deutliche Erhöhung der Tragfähigkeit und Zuverlässigkeit möglich.

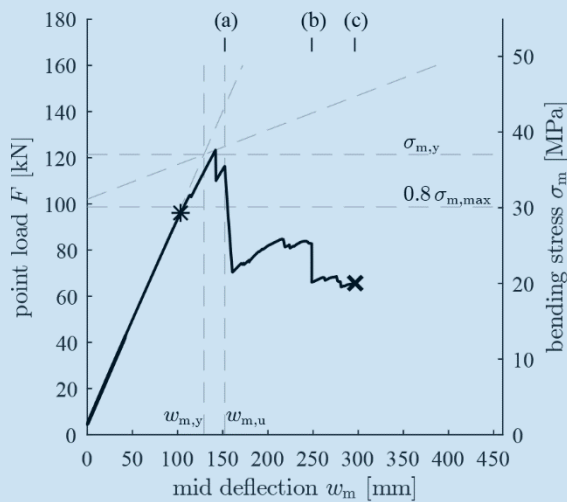


Hybrides Brettschichtholz



L. Blank

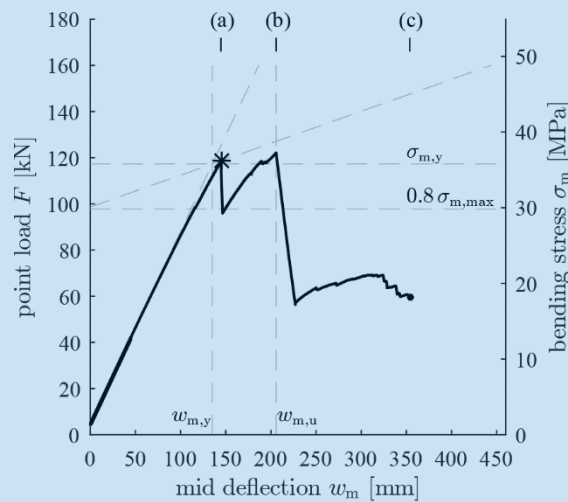
Biegeversuche (Glasfasern) ohne Schubverstärkung



Maximallast:

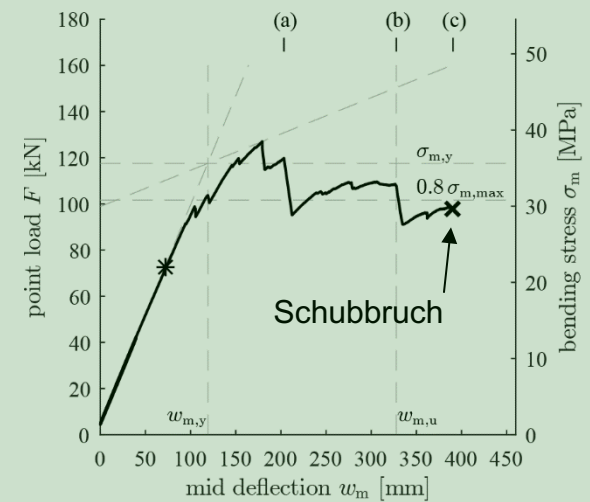
- Holz Zugversagen
- Kein Zugversagen der Fasern

spröde



Maximallast:

- Holz Zugversagen
- Faser Zugversagen



Maximallast:

- Kapazität Holz auf Druck erreicht
- Kein Zugversagen der Fasern

duktil

Mit Laubholz zu höheren Leistungen mit Möbelqualität



AP Holz Projekt: BSH aus Buche



T. Ehrhart



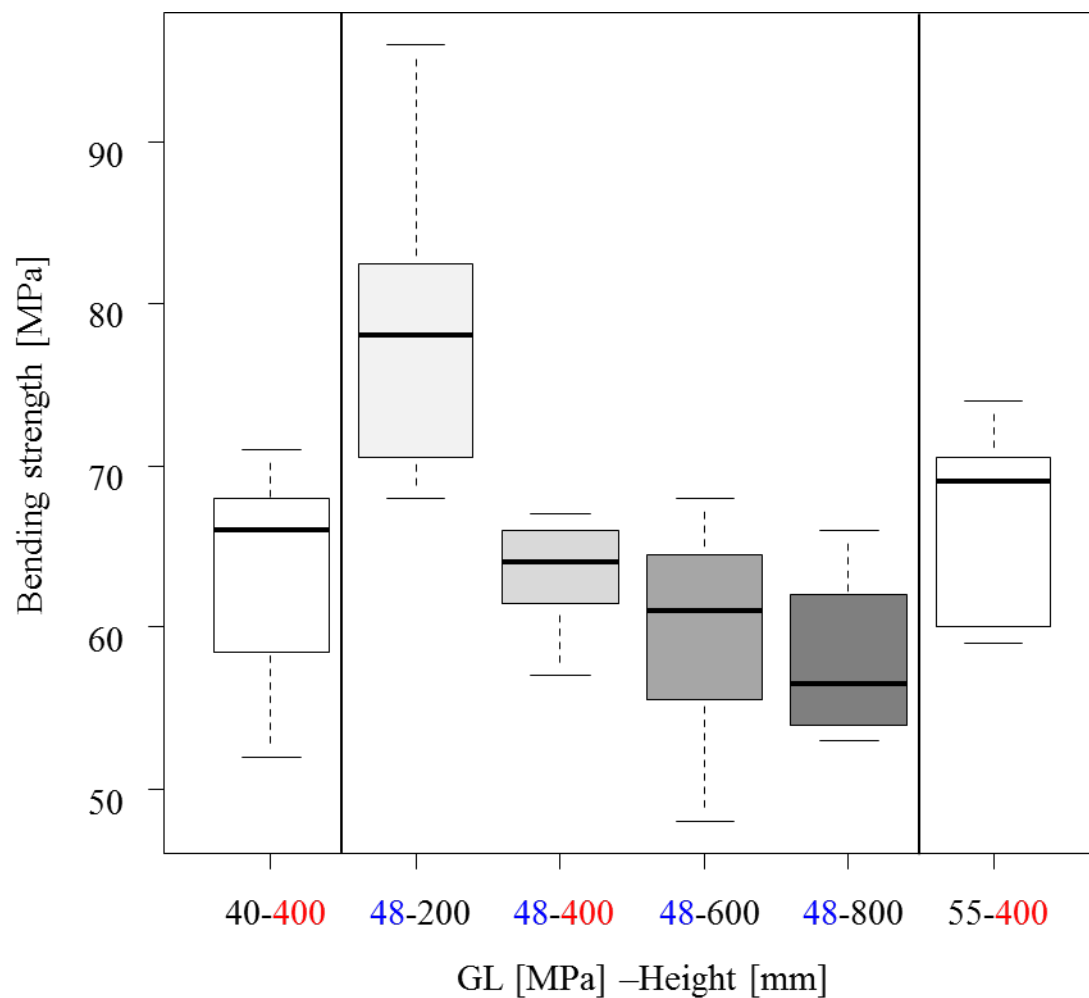
Brettschichtholz aus Buche

**Empa**

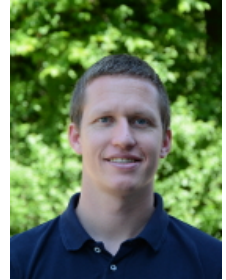
Materials Science and Technology



T. Ehrhart



Fachwerkträger aus Buchen-LVL

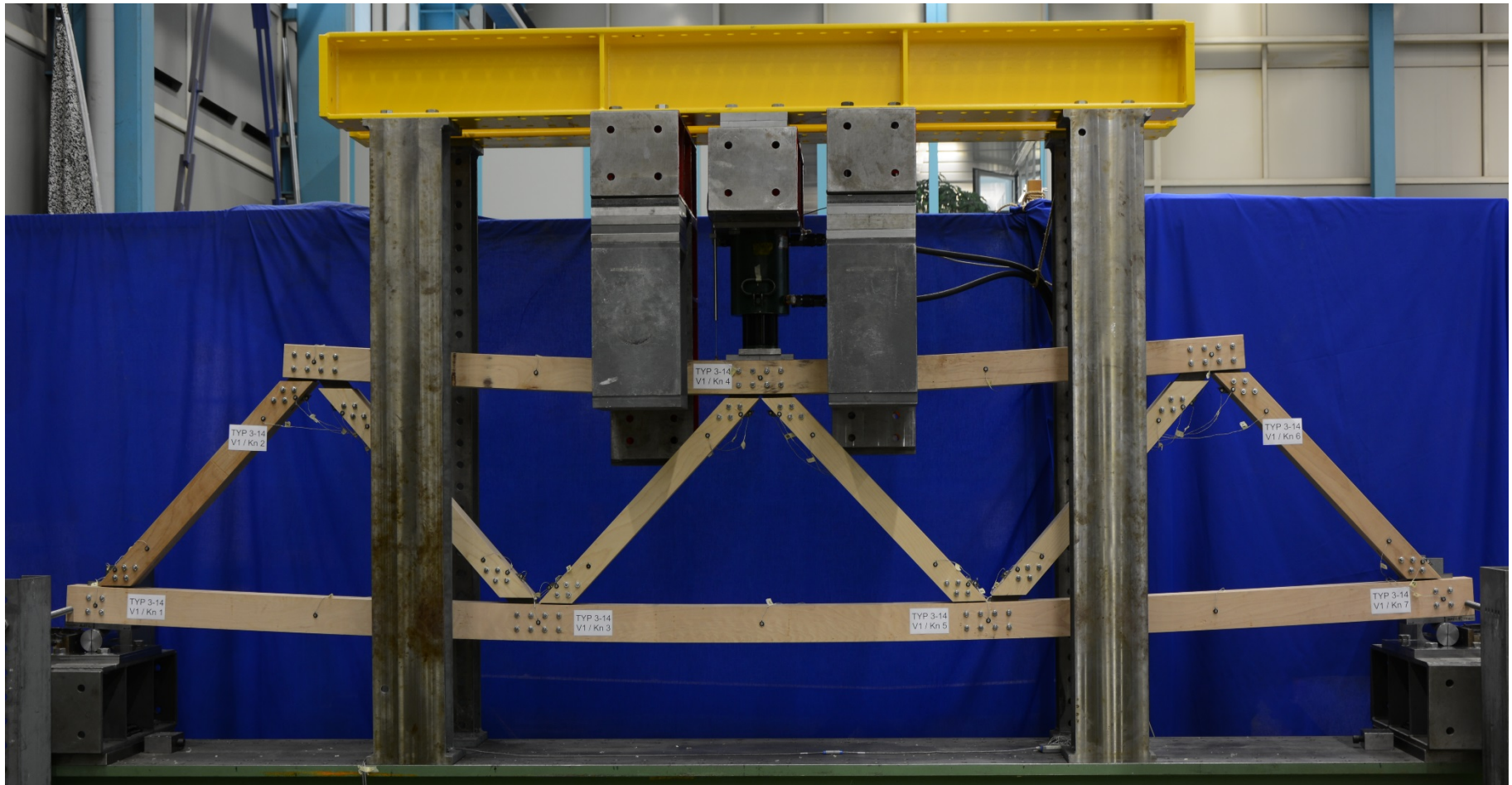


P. Kobel

- Entwicklung von leistungsfähigen Holzfachwerken durch den Einsatz von Buchen-Furnierschichtholz (FSH)
- Optimierung von Scherverbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln für querlagiges Buchen-FSH.
- **Ziel 1:** Erhöhung der Leistungsfähigkeit von Fachwerksystemen durch verbessertes Verbindungsverhalten (→ Tragfähigkeit, Duktilität, Zuverlässigkeit).
- **Ziel 2:** Erweiterung des Anwendungsbereiches von Holz und Etablierung von Buchen-FSH als qualitativ hochwertiges Baumaterial.



Fachwerkträger aus Buchen-LVL



Drei-Punkt-Biegeversuch an Fachwerk aus Buchen-LVL

Zentrische Vorspannung



Swiss Timber Solutions
Quality | Technology | Innovation

H'ARING
INNOVATIVES BAUEN MIT SYSTEM

Laubholzverstärkung (Esche)

**Flexframe: Vorgespannte
Holzrahmenkonstruktion**

- Einfacher Aufbau
- Hoher Vorfertigungsgrad
- Sehr schnelle Montage
- Erdbebensicher
- Wirtschaftlich

Erdbebensicherheit

Gegen Erdbeben versichern sich nur wenige

Nicht einmal jedes zehnte Haus in Privatbesitz hat hierzulande eine Deckung für das Risiko mit dem höchsten Schadenpotenzial. Bei über 80 Prozent der Gebäude lässt sich nicht einschätzen, ob sie einem stärkeren Erdstoss standhalten können.

Robert Mayer

Um sich gegen alle Risiken und Wechselfälle des Lebens zu versichern, scheuen Schweizerinnen und Schweizer keine Kosten. Nirgendwo sonst werden derart hohe Versicherungsprämien pro Kopf verzeichnet wie in unserem Land. Doch ausgerechnet beim Risiko mit dem grössten Schadenpotenzial klafft eine riesige Lücke: Nur 8 bis 9 Prozent der in Privatbesitz befindlichen Gebäude sind hierzulande gegen Erdbeben versichert.

Klammert man die Hauseigentümer des Kantons Zürich und die Hypothekentnehmer der Basellandschaftlichen Kantonalbank aus - die je in den Genuss einer eigenen Versicherungslösung kommen -, verfügen die allermeisten Immobilienbesitzer im Land über keine oder nur eine höchst unzureichende Versicherung gegen Erdbeben.

Wie kann es sein, dass wir unsere Autos gegen jeden Kratzer versichern und Selbstbehalte möglichst ausschliessen und gleichzeitig praktisch keine finanziellen Vorkehrungen treffen gegen eine Naturgewalt, die Häuser und Eigentumswohnungen und damit die wichtigste Kapitalanlage vieler Menschen in nur Sekunden ausradieren kann? Mit dieser Frage hat sich kürzlich eine von der Swiss Re veranstaltete Paneldiskussion befusst.

Immenses Schadenpotenzial

Hauptgrund für dieses eher sonderbare Verhalten dürften Wahrnehmungsdefizite sein. So sind sich vermutlich nur wenige darüber im Klaren, dass die Elementarschadenversicherung - die obligatorisch in der Feuerversicherung mit eingeschlossen ist - Gebäude zwar gegen Naturgefahren wie Hochwasser, Lawnen, Felsstürze oder Hangrutschungen schützt - aber nicht gegen Erdbeben. Diese Deckungslücke ist primär historisch zu erklären: Als die Elementar-

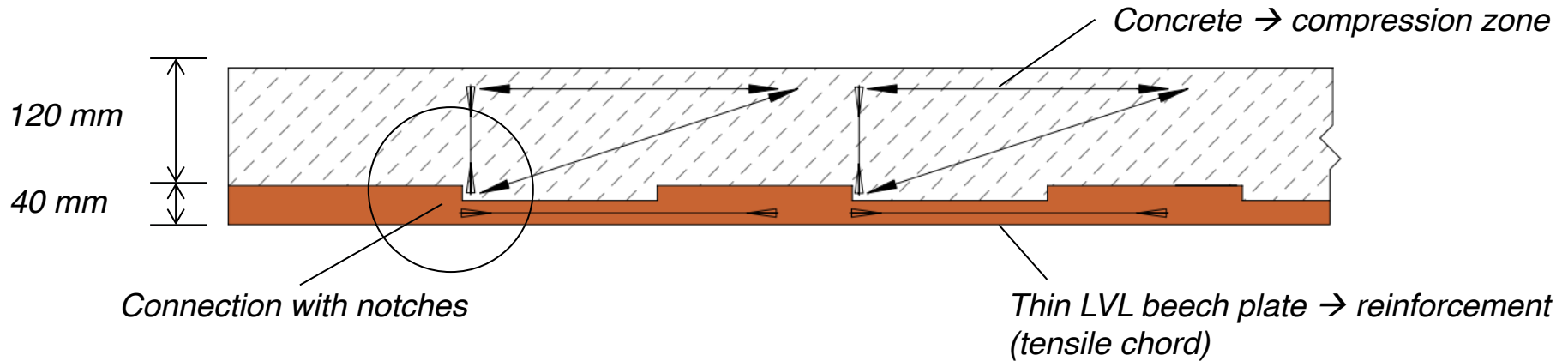


Erdbebensicheres Gebäude: Der von Herzog & de Meuron entworfene Roche-Turm, der die Skyline von Kleinbasel prägt. Foto: Georgios Kefalas (Keystone)



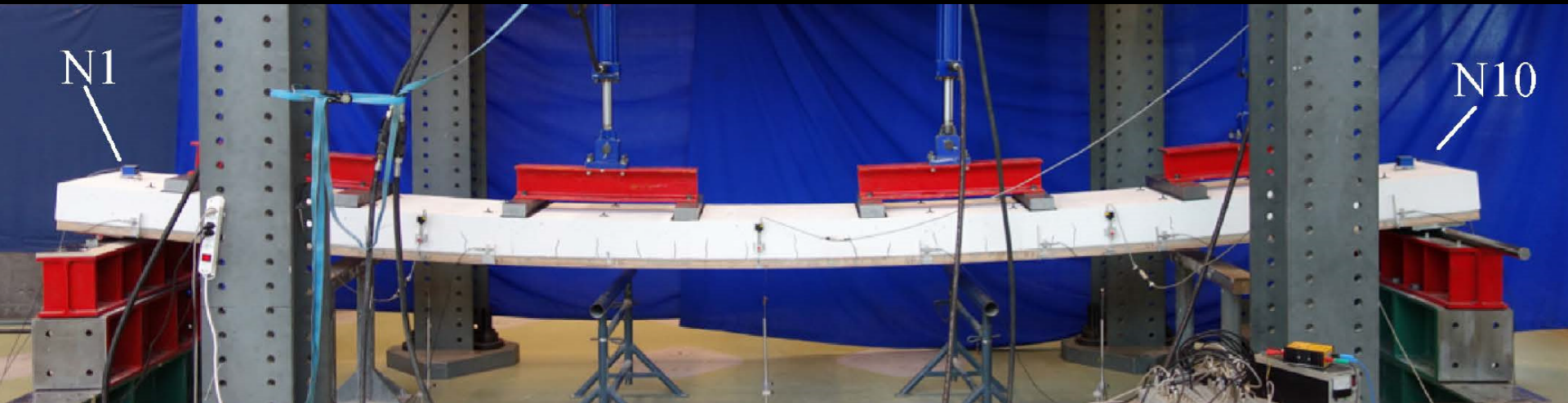
J. Ogrizovic

Holz-Beton-Verbunddecke aus Buchenfurnierschichtholz



- Buchenplatte als Schalung und Bewehrung (40-60mm)
- Verbund als mechanische Verzahnung (15mm tiefe Kerben)
- Betonschicht (120-160mm)
 - Schwindbewehrung
 - evtl. nur mit Stahlfasern bewehrt

Holz-Beton-Verbunddecke aus Buchenfurnierschichtholz



Zuverlässigkeit, Duktilität, Robustheit, Wirtschaftlichkeit

Traglast lässt sich zuverlässig bestimmen

Duktiles Bruchverhalten

150-160.- CHF/m²

ETH House of Natural Resources



Infrastruktur trifft Forschung: das erste neue Bürogebäude als Forschungs-, Lehr- und Demonstrationsobjekt der ETH Zürich











...

ETH zürich

Swiss Timber Solutions

Quality | Technology | Innovation

Spinoff

ETH zürich

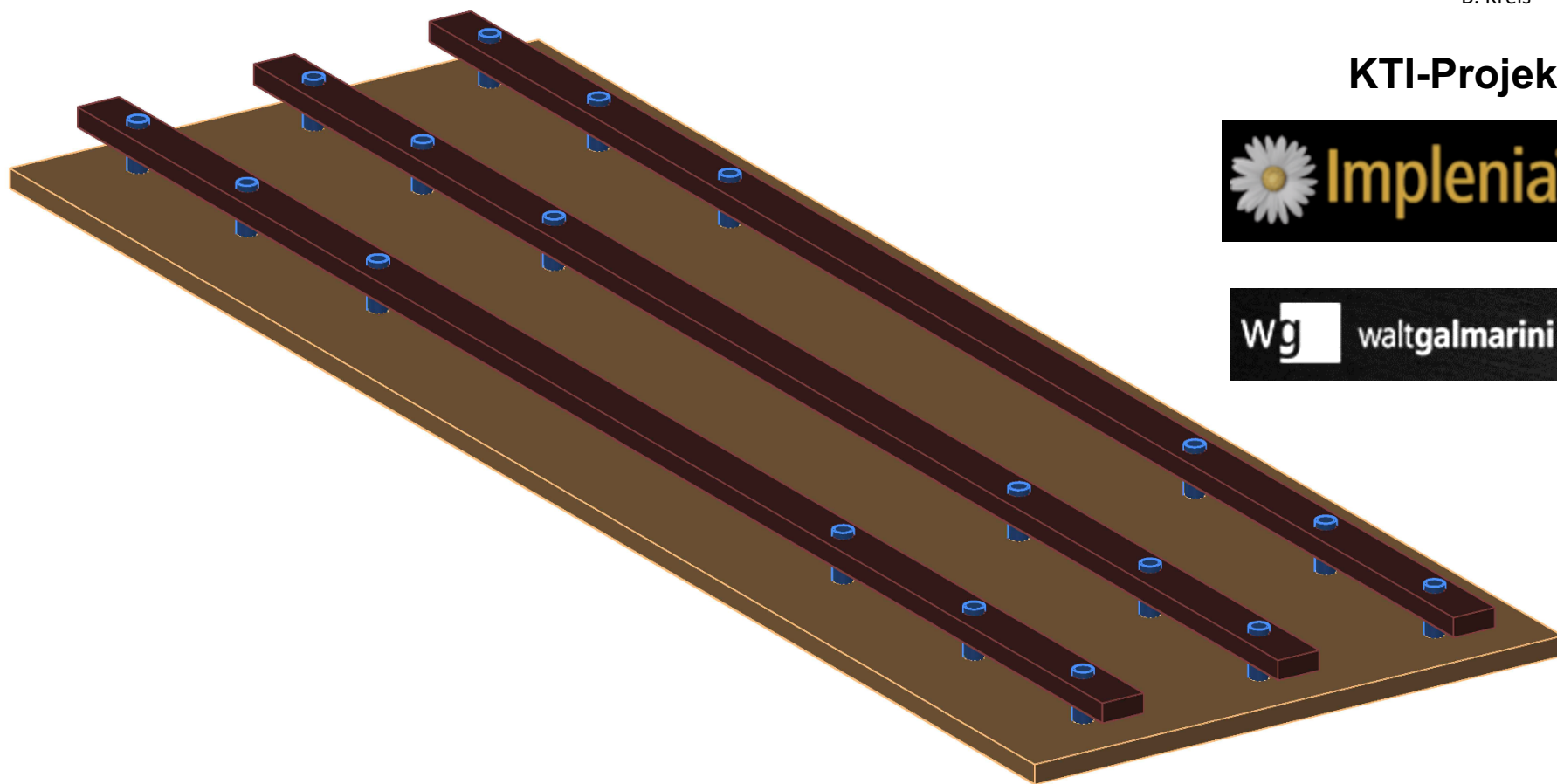
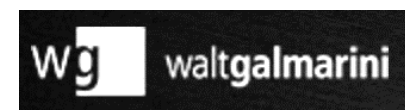


Biaxiale Holz-Beton-Verbunddecke

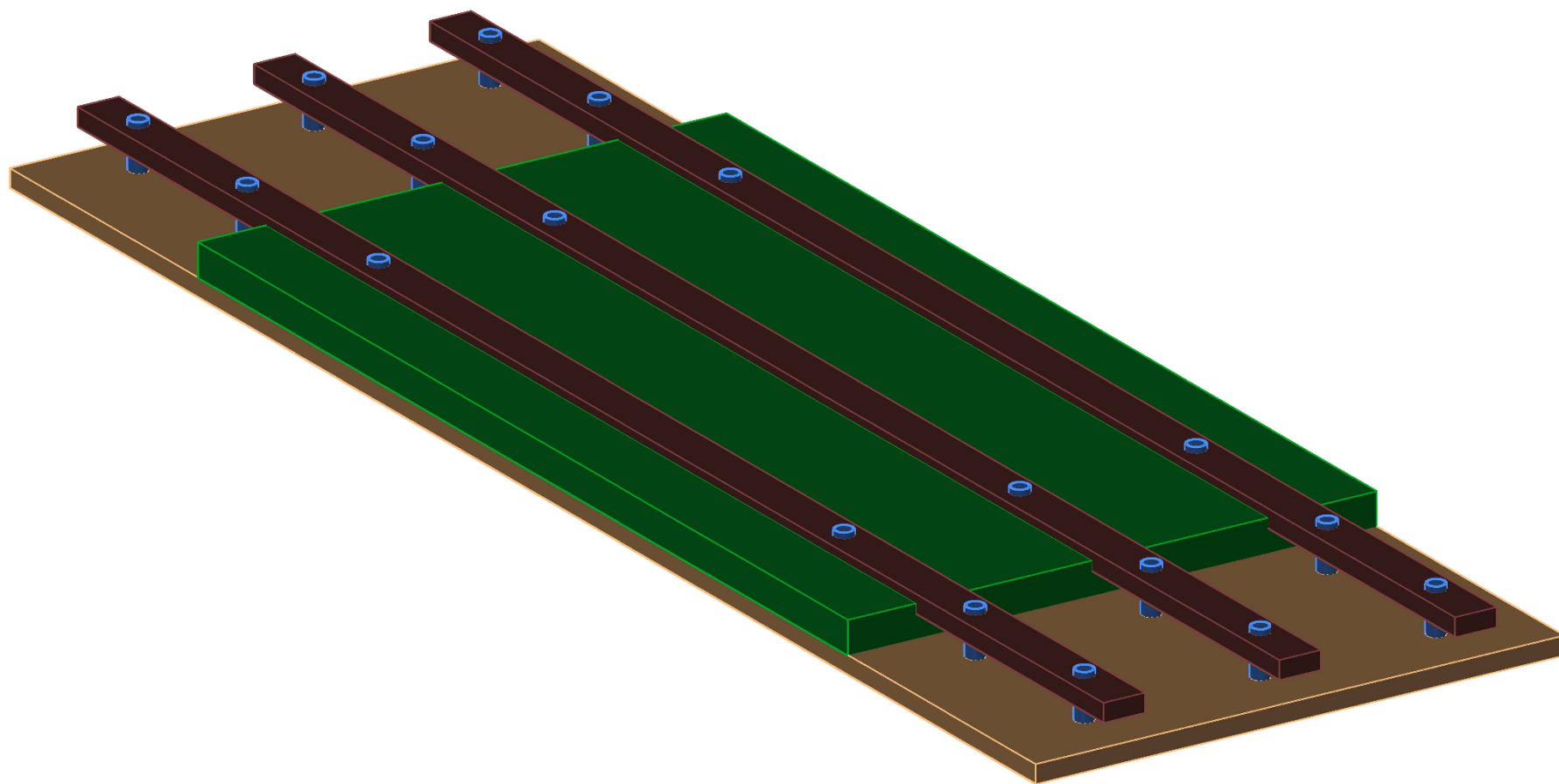


B. Kreis

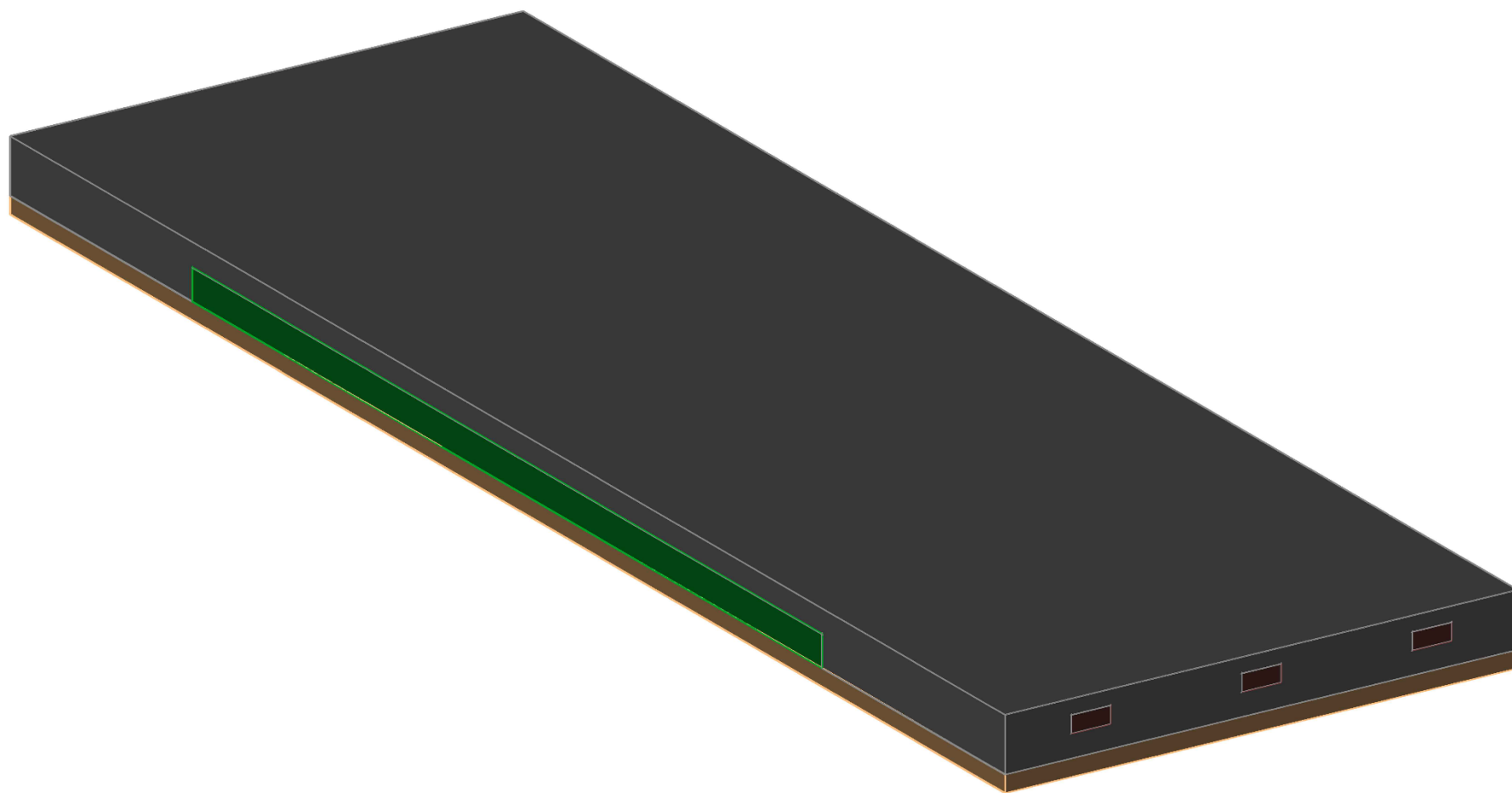
KTI-Projekt



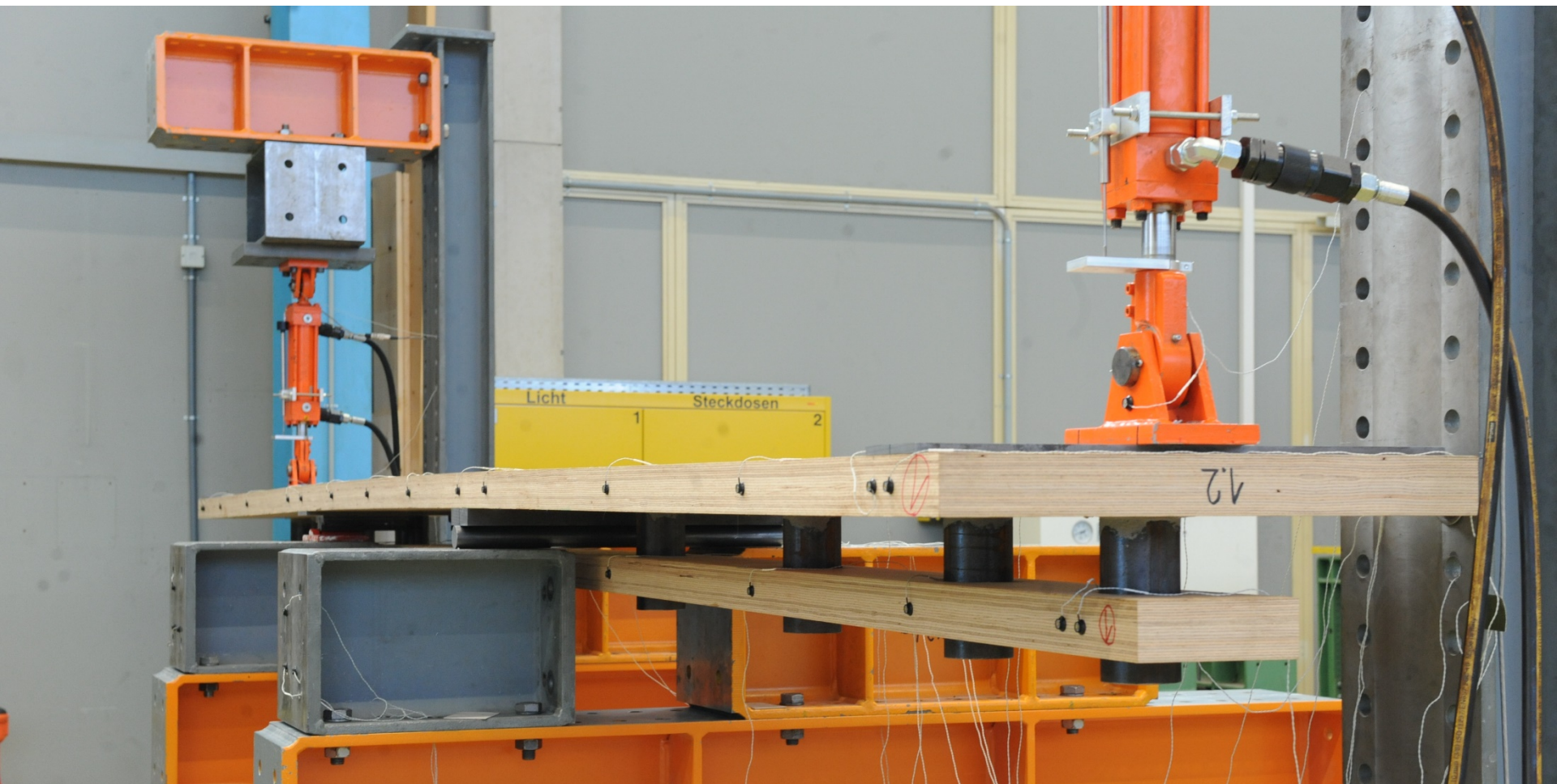
Biaxiale Holz-Beton-Verbunddecke



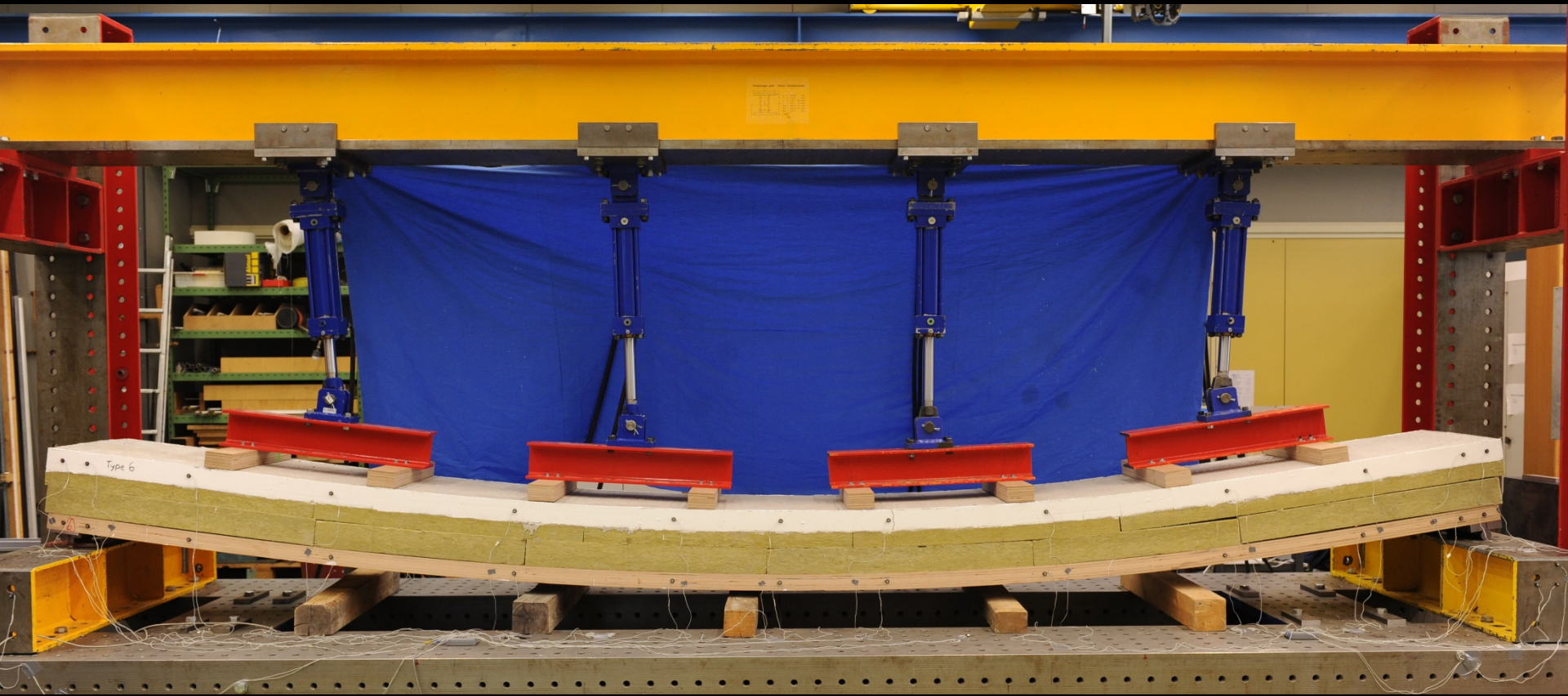
Biaxiale Holz-Beton-Verbunddecke



Biaxiale Holz-Beton-Verbunddecke



Biaxiale Holz-Beton-Verbunddecke



Zuverlässigkeit, Duktilität, Robustheit, Wirtschaftlichkeit

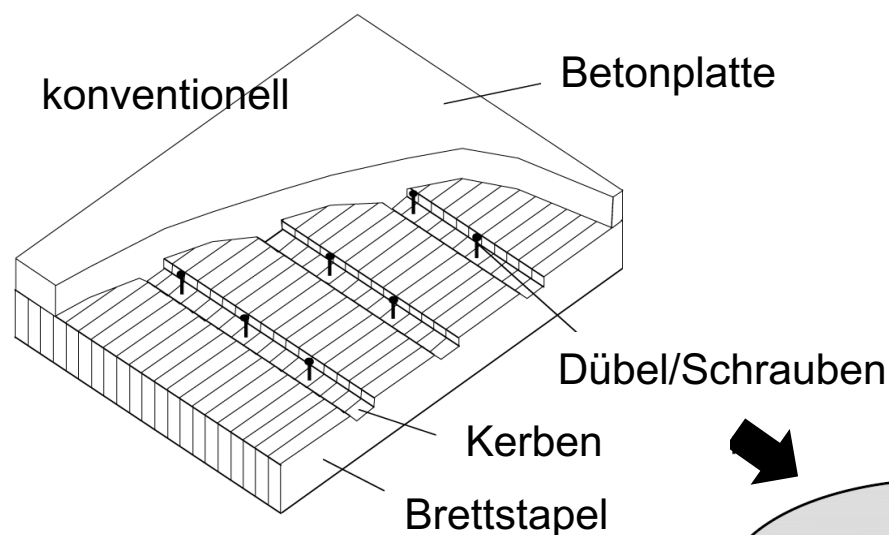
Traglast lässt sich zuverlässig bestimmen

Duktiles Bruchverhalten

Holz-Beton-Verbunddecken mit Mikrokerben & selbstüberhöhenden Brettstapelelementen



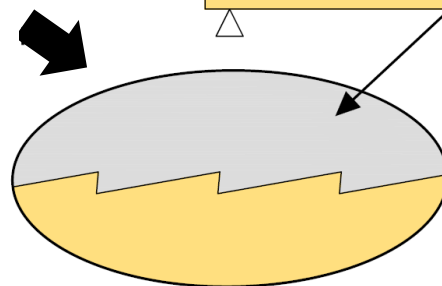
K. Müller



Optimierung von Leistung und Produktionsprozessen von HBV-Decken mit Fichten-Brettstapel:

Ziel 1: Mikrokerben

Kontinuierliche Schubübertragung durch Verzahnung mit Mikrokerben → keine zusätzlichen Verbindungsmittel nötig

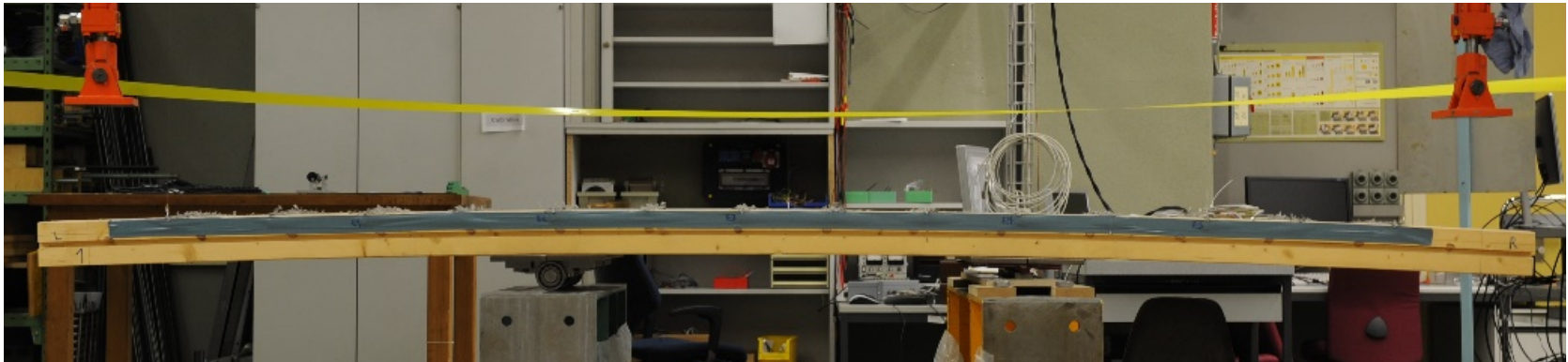


KTI-Projekt

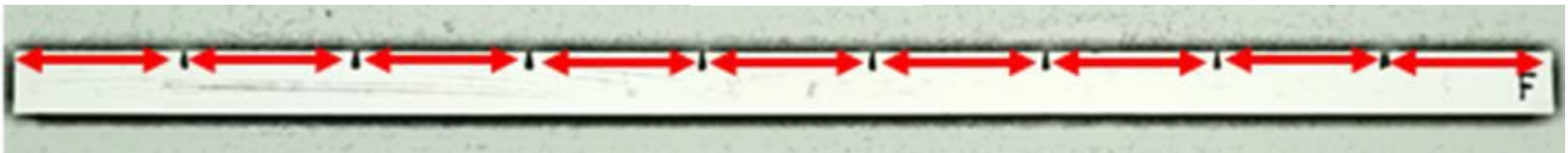
Sidler
BST.CH®
Brettstapel Massivholz-Module

Timbatec
Timber and Technology

Holz-Beton-Verbunddecken mit Mikrokerben und selbstüberhöhenden Brettstapelelementen



$$M = \sum N_i * e$$



Ziel 2: Selbstüberhöhung

Expandierender Mörtel wird in Einschnitte auf der Oberseite der Brettstapel gefüllt und führt zu einer Überhöhung

→ Betonieren wird ohne Unterspriessen möglich

Flachdecke aus Holz

TS3
Timber Structures 3.0 AG

Timbatec
Timber and Technology

 **SCHILLIGER
HOLZ**
Gegründet 1861

 **Henkel**
Engineered Wood Adhesives

 Berner
Fachhochschule

ETH zürich

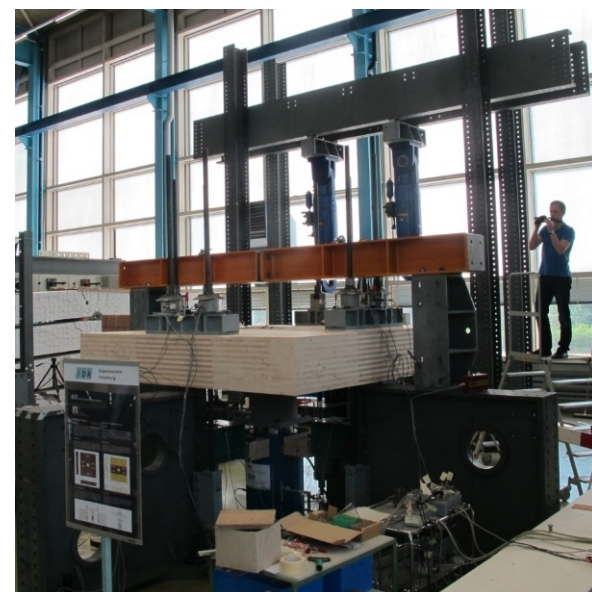
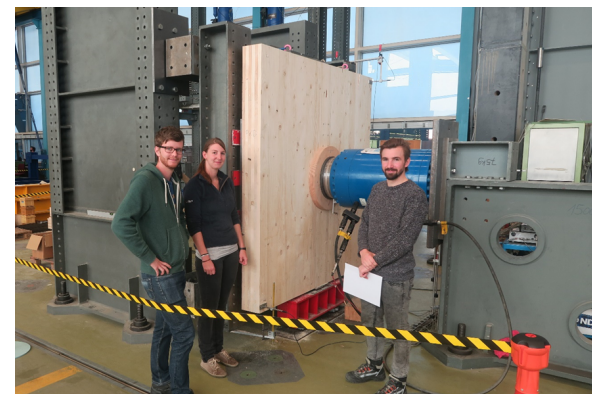
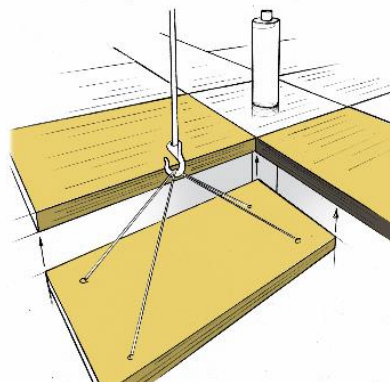
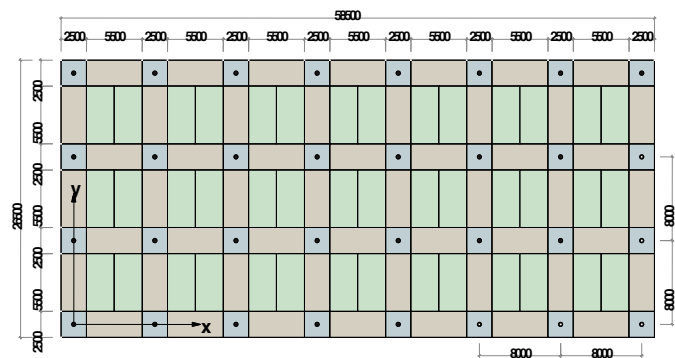
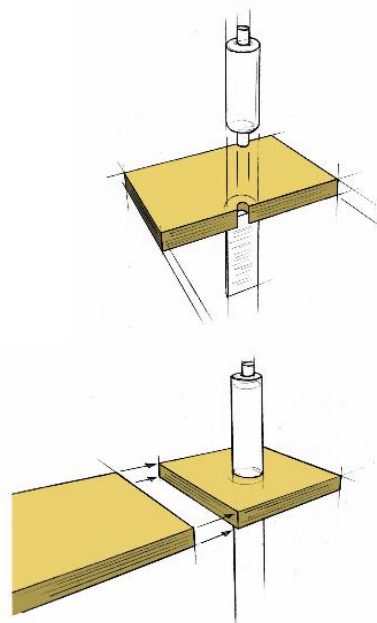
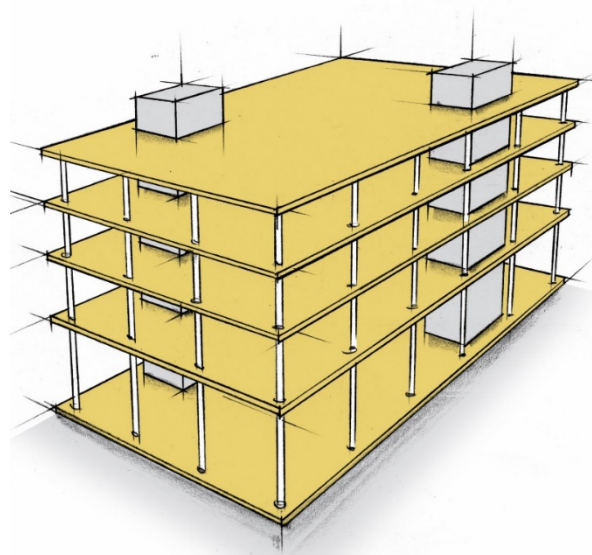


Lösung Teil 1

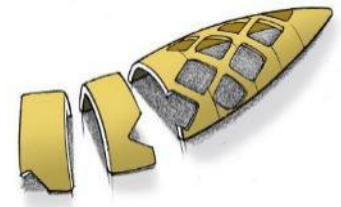
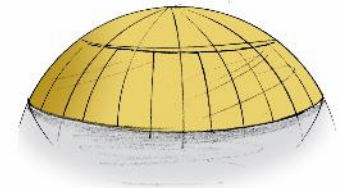
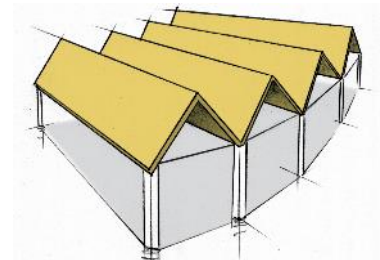
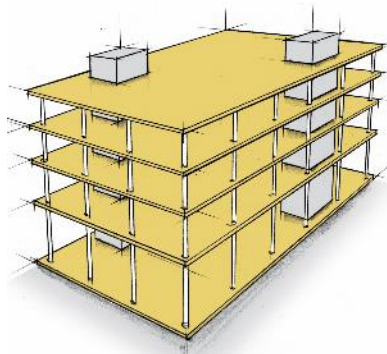
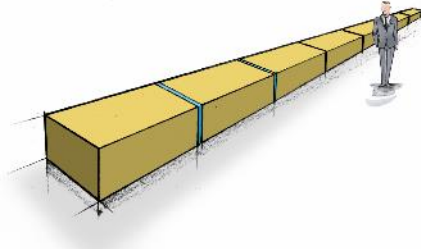
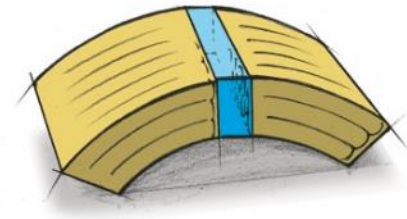
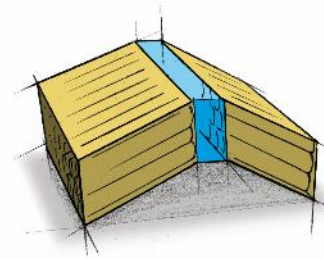
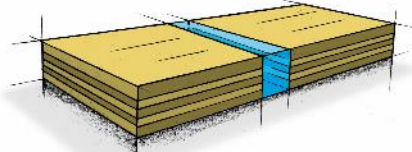
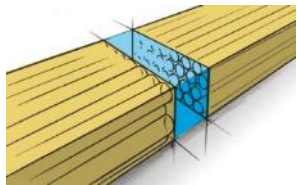
Stützenköpfe - Tragelemente



M. Muster



Lösung Teil 2: Stirnseitige Verklebung



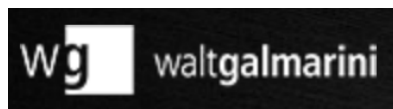


Wissenstransfer

- Normierung (SIA 265 und Eurocode 5)
- Praxis



 Pirmin Jung Ingenieure



ETH Tagung Neue Erkenntnisse zur Zuverlässigkeit von Brettschichtholz

31. März 2015, 13.30 – 17 Uhr
mit anschliessendem Apéro
Zürich, ETH Zentrum



Mitveranstalter:

ETH zürich



SWISS TIMBER SOLUTIONS
Quality | Technology | Innovation

Spinoff

ETH zürich

Building materials

Top of the tree

The case for wooden skyscrapers is not barking

Sep 10th 2016 | From the print edition

300 Meter hoher Oakwood Tower in London von PLP Architecture

