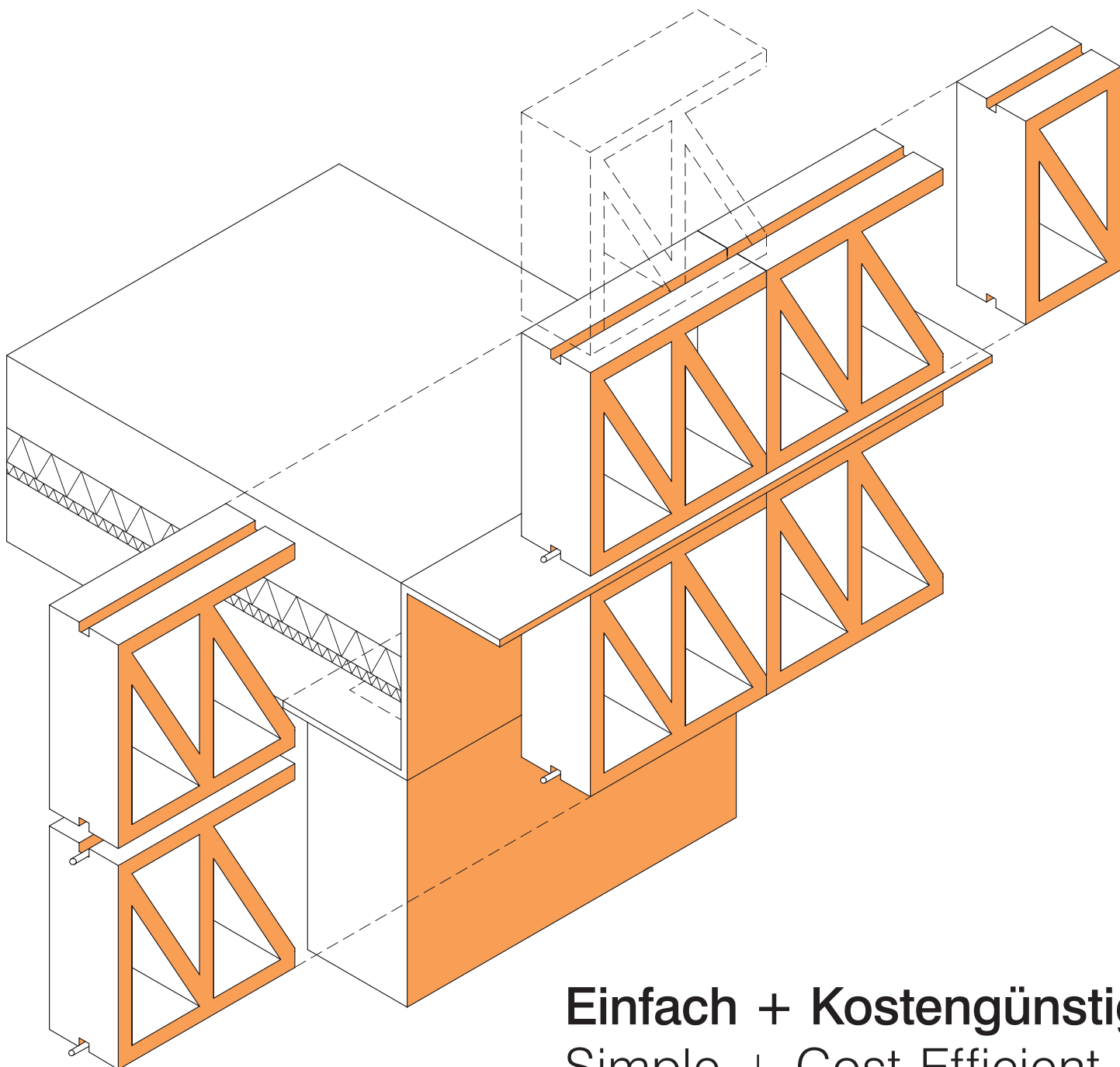


Sonderteil Interiors:
Studio Besau-Marguerre
Interiors Special:
Studio Besau-Marguerre

Kreislauffähiger Holzbau:
Sporthalle von IttenBrechtbühl
Circular Timber Construction:
Sports Hall by IttenBrechtbühl

1/2.2024

DETAIL



Einfach + Kostengünstig
Simple + Cost-Efficient

Durch neuartige Verbindungselemente aus Kunstharzpressholz lässt sich die Holzkonstruktion einer Werk- und Forschungshalle bei Kaiserslautern zerstörungsfrei demontieren. The timber structure of a fabrication and research hall in Kaiserslautern demonstrates how a new type of connecting element made from compreg enables buildings to be dismantled leaving their components intact.



Für die Werk- und Forschungshalle Diemerstein wurden auf der Grundlage einer Promotion Knotenpunkte sowie Konusadapter aus Kunstharzpressholz entwickelt.

As part of a doctoral thesis, the node points and conical adapters for the Diemerstein Fabrication and Research Hall were designed to be made out of compreg.

Verbindungen für den kreislaufgerechten Holzbau

Text: Jürgen Graf, Stephan Birk, Viktor Poteschkin, Marcel Balsen

Im Pfälzer Wald steht dem Forschungsverbund T-Lab der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) eine Experimentierfläche für die Errichtung von Versuchsbauten zur Verfügung. Als erstes Gebäude wurde nun in einem Design-Research-Build-Prozess die Werk- und Forschungshalle Diemerstein errichtet. Der Holzbau setzt auf das Prinzip der Kreislauffektivität. Ergänzend zur Kreislauffähigkeit fallen darunter Maßnahmen, die ein Wirtschaften in Kreisläufen fördern. Das sind unter anderem Langlebigkeit und Materialeffizienz, aber auch Nutzungsflexibilität, Elementierung und Standardisierung sowie die Reversibilität der Anschlüsse, digitale Dokumentation und eine integrale Planungskultur. Beim Bau der Halle

Connections for Circularity in Wooden Buildings

T-Lab, a research partner of the University of Kaiserslautern-Landau (RPTU), has made an experimental arena for the erection of trial buildings available in the Palatinate Forest. The first building erected using a design-research-build-process was the Diemerstein Fabrication and Research Hall. The timber structure is designed for effective circularity. In addition to circularity, this approach includes other characteristics to promote a circular economy. Among them are

not only durability and material efficiency, but also flexibility of use, modularised and standardised elements, reversible connections, digital documentation and an integrated design culture. One of the features in the construction of the hall was the use of newly developed reversible connection details made from compreg.

Effectiveness of circularity

A three-pin portal frame made from beech laminated veneer lumber (beech LVL) was designed

kamen unter anderem neu entwickelte, reversible Verbindungsdetails aus Kunstharzpressholz zum Einsatz.

Kreislauffektivität als Maxime

Für das Primärtragwerk der 27,50 m langen, 12,70 m breiten und rund 7 m hohen Halle wurden Dreieckenrahmen aus Buchenfurnierschichtholz entwickelt. Zwischen den Rahmen, die im Abstand von 2,50 m angeordnet sind, bilden 120 mm dicke Brettsperrholzelemente als Außenwand und Dach den Raumabschluss. Rahmentragwerk, Brettsperrholzelemente, Holzweichfaserdämmung und die elementierte Außenbekleidung lassen sich einzeln demontieren und transportieren. Die Fassade besteht aus sägerauen Douglasienbrettern, während das Dach mit Wellblech gedeckt ist. Auf eine Stahlbetonbodenplatte wurde verzichtet. Stattdessen bildet eine reversibel montierte Trägerlage aus Stahl, gegründet auf Mikropfählen, das Fundament. Die darüber liegenden 160 mm starken Brettsperrholzelemente sind Fertigfußboden und unterer Gebäudeabschluss zugleich. Sie sind unterlüftet und 30 cm über einer bekiesten Erdschicht angeordnet. Gebaut wurde die Werk- und Forschungshalle mit den Studierenden, im Vorfeld entstanden dafür Testaufbauten (Mock-ups). Für kleinere Rückschläge im Entwurfs- und Bauprozess sorgten unter anderem der anspruchsvolle Baugrund, der sich nicht für Schraubfundamente eignete, aber auch der krisenbedingte starke Preisanstieg der Materialien.

Reversible Verbindungen

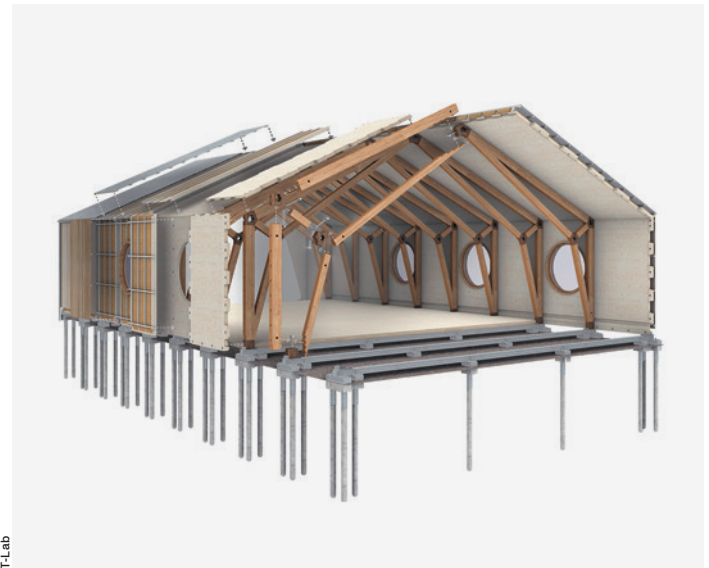
Der Schlüssel für den zerstörungsfreien Rückbau von Bauwerken sind reversible Verbindungen. Die Konstruktion sollte dafür hohe Verbindungssteifigkeiten aufweisen, um die Formstabilität der Verbinder und Bauelemente zu gewährleisten,

Rahmentragwerk, Brettsperrholzwände und die elementierte Gebäudehülle lassen sich bei Bedarf in Einzelteile zerlegen.

The frame structure, cross-laminated timber walls and the modularised building envelope can be dismantled into their individual parts if required.



Andreas Labes



T.Lab

Die Verbindungen wurden reversibel ausgeführt, um gegebenenfalls einen zerstörungsfreien Rückbau zu ermöglichen.

The connections were detailed to be reversible to allow non-destructive dismantling if required.

as the primary structure for the 27.5 × 12.7 × 7 m high hall. Between the frames, which are arranged at 2.50 m centres, 120 mm thick cross-laminated timber (CLT) elements in the roof and walls form the building envelope. The frames, CLT elements, wood fibreboard insulation and external cladding modules can be individually dismantled and taken away. The facade consists of rough-sawn Douglas fir boards, while the roof is clad with corrugated metal sheets. There was no need for a reinforced concrete floor slab. Instead, a reversibly installed load-bearing steel floor rests on a micropile foundation. The finished floor surface consists of 160 mm thick CLT elements with a ventilated 30 cm gap to the gravel solum. The Fabrication and Research Hall was built with the help of students and intended primarily for building mock-ups.

Reversible connections

Reversible connections are essential to non-destructive dismantling of structures. Joints in the structure must be highly stiff to ensure all the connectors and elements undergo low deformations and manufactured to provide a form-fit connection capa-

ble of transferring compression and shear forces. In the case of connections loaded in tension, precompression of the member-ring joint interface allows damage-free disassembly. The project team opted for a novel material for the timber connections. The nodes of the three-pin portal frame and the cone adapters for attaching the CLT elements were manufactured out of compreg. Components made from this material were developed to the application-ready stage and used in the structure for the first time as part of a doctoral thesis. Compreg consists of phenolic resin-impregnated beech laminated veneer lumber cured under high pressure. Until now its main use has been in mechanical engineering. Compreg is suitable for joint materials in many respects: it is dimensionally stable and as strong as steel in terms of transverse compressive strength. In addition, the veneers can be layered crosswise or even annularly – as with the three-pin portal frame for the hall – to accept forces from members intersecting at different angles. The ring joints incorporated shear keys and toothed plate connectors to achieve a form-fit connection with the beech LVL frame

und formschlüssig ausgeführt sein, um Druck- und Scherkräfte übertragen zu können. Bei Verbindungen, die auf Zug beansprucht sind, unterstützt die Vorspannung der Elemente die zerstörungsfreie Demontage. Im Bereich der Holzbauverbindungen setzten die Projektbeteiligten zudem auf eine Materialinnovation. Die Knoten der Dreigelenkrahmen sowie die Konusadapter zur Befestigung der Brettsperrholzelemente wurden aus Kunstharzpressholz erstellt. In einer Promotion am T-Lab waren zuvor erstmalig Komponenten aus diesem Material als Anwendung für das Bauwesen erforscht und zur Ausführungsreife entwickelt worden. Kunstharzpressholz ist ein unter hohem Druck stark verdichtetes und mit Phenolharz verpresstes Buchenfurnierschichtholz. Bisher wird es vor allem im Maschinenbau genutzt. Als Knotenmaterial ist es in mehrfacher Hinsicht geeignet: Es ist formstabil und weist ähnliche Querdruckfestigkeiten wie Stahl auf. Zudem lässt es sich kreuzweise und sogar ringförmig schichten, um – wie bei den Dreigelenkrahmen der Halle – Kräfte aus unterschiedlichen Stabrichtungen aufzunehmen. Die Ringknoten wurden formschlüssig mit Schubnocken und Scheibendübeln an die Stäbe aus Buchenfurnierschichtholz angeschlossen. Die Druckkräfte werden, wie im Holzbau üblich, durch Kontakt und die Zugkräfte durch die Vorspannung der Stäbe mithilfe integrierter M16-Gewindestangen übertragen. Die Konusdübel hingegen übertragen Scherkräfte in der formschlüssigen Verbindung der Wand- und Deckenelemente mit den Dreigelenkrahmen. Außerdem verhindern sie deren Ablösen unter Windsog.

Umsetzung in den Maßstab 1:1

Die Dreigelenkrahmen wurden im Werk des Kunstharzpressholz-Herstellers testweise zusammengebaut, anschließend wieder zerlegt und zur Baustelle transportiert. Zudem montierte eine lokale Holzbau-firma zwei der Rahmen zusammen mit Wand- und Dachelementen zu einer Probeachse im Maßstab 1:1.



Die Konusdübel übertragen Scherkräfte in der formschlüssigen Verbindung der Wand- und Deckenelemente mit dem Tragwerk.

The conical dowels transmit shear forces through the form-fit connection of the wall and roof cladding elements to the structural frames.

members. Compression forces are transferred by contact, and tension forces by precompressing the member end and ring joint interface using integrated M16 threaded rods. Conical dowels transmit shear forces in the form-fit connection of the wall and roof cladding elements to

the three-pin portal frames. They also prevent detachment of these elements due to wind suction.

Full-scale construction

The three-pin portal frames underwent a trial assembly in the compreg manufacturer's factory before being taken apart and



Die Ringknoten schließen formschlüssig an die Stäbe aus Buchenfurnierschichtholz an. Die Zugkräfte werden durch die Vorspannung der Stäbe übertragen.

The ring joints are positively connected to the beech laminated veneer lumber members. Tension forces are transmitted by precompressing the member end and joint element interface.

Auch diese wurde anschließend rückgebaut und die Einzelteile auf die Baustelle geliefert. Auf diese Weise war es möglich, die Kreislauffektivität der Bauteile zu testen. Entscheidend für den reibungslosen Ablauf war die Passgenauigkeit der CNC-gefertigten Baukomponenten. Zudem waren alle Details in interdisziplinärer Zusammenarbeit im Vorfeld bis zur sprichwörtlichen letzten Schraube durchgeplant worden.

Ausblick

Reversibilität und Auffindbarkeit der Verbindungen sind die Voraussetzung dafür, dass Kreislauffähigkeit auf Bauteilebene auch im großen Maßstab möglich wird. Ein weiterführender Beitrag zu diesem Thema ist das bereits abgeschlossene interdisziplinäre Forschungsprojekt „Wandelbarer Holzhybrid“, gefördert von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), bei dem das T-Lab federführend war. In dem Projekt wurde der Nachweis geführt, dass mehrgeschossige Bauten bis zur Hochhausgrenze (Gebäudeklasse 5) in Holzbauweise kreislaueffektiv konstruiert werden können. Die Grundstruktur bildet ein Holzskelettbau mit Hohlkastendeckenelementen. Die Ebenen sind nutzungsflexibel angelegt, sodass sie zu Park-, Wohn- oder Bürogeschossen ausgebaut werden können. Im nächsten Schritt ist die Umsetzung eines solchen mehrgeschossigen Pilotprojektes im urbanen Kontext geplant.

transported to site. In addition, a local timber construction firm installed two of the frames together with the wall and roof elements as a full-scale trial module. These were then taken down and the individual components delivered to site. In this way, the effectiveness of the components in the circular economy could be put to the test. It was crucial to smooth operations on site for the CNC-fabricated building components to fit together accurately.

The way ahead

Reversibility and availability of the connections are necessary to ensure extensive and effective circularity at component level. A further

contribution on this subject is the earlier interdisciplinary research project “Wandelbarer Holzhybrid” (Convertible Wood Hybrid) funded by the German Federal Agency for Renewable Resources (FNR), in which T-Lab took a leading role. The project showed that multi-storey buildings up to the height limit (building class 5) in timber could be designed to be effective in the circular economy. The basic structure was a timber frame with hollow box floor elements. The floor layouts were designed to be flexible in use so that they could function as parking, housing or office storeys. The next stage is the construction of a multi-storey pilot project in an urban context.

**Design Research
Build Project:**
T-Lab Holzarchitektur
und Holzwerkstoffe,
RPTU Kaiserslautern-
Landau

Projektbeteiligte
Project participants:
Prof. Dr.-Ing. Jürgen
Graf, Prof. Stephan
Birk (Leitung T-Lab);
Marcel Balsen, Viktor
Poteschkin (Projekt-
leitung); Oliver Betha
(Bauleitung) mit Stu-
dierenden der RPTU

Bauherrin
Client:
Stiftung für die
TU Kaiserslautern

Fertigstellung
Completion:
2023

