

# Verbesserung der Luftdichtheit und Kältebrücken bei auskragenden Bauteilen

Roland Maderebner  
Universität Innsbruck  
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften  
Arbeitsbereich für Holzbau  
Innsbruck, Österreich



Sebastian Hirschmüller  
Abteilung Forschung und Entwicklung  
Technische Hochschule Rosenheim  
Rosenheim, Deutschland



Michael Flach  
Universität Innsbruck  
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften  
Arbeitsbereich für Holzbau  
Innsbruck, Österreich





# Verbesserung der Luftdichtheit und Kältebrücken bei auskragenden Bauteilen

## 1. Stand der Technik

Im Betonbau ist die Ausführung auskragender Bauteile, welche lokale Kältebrücken vermeiden, hinlänglich bekannt. Durch thermische Entkopplung von Gebäudeaußenhülle und dem auskragenden Bauteil kann die Anbringung bzw. Durchführung einer Dämmschicht mit nur geringen Unterbrechungen bewerkstelligt werden. Im Holzbau verursacht die Ausbildung von auskragenden Bauteilen auf Grund der relativ schlechten Wärmeleitfähigkeit des Holzes zu wesentlich geringeren lokalen Kältebrücken, die im Normalfall zu keinen bauphysikalisch relevanten Schwachstellen führen. Dennoch ist Holz mit einer Wärmeleitfähigkeit von ca.  $0,12 \text{ W/mK}$  doch deutlich schlechter als übliche Wärmedämmungen, die in etwa bei  $0,035 \text{ W/mK}$  liegen. Deshalb kann es bei Gebäuden mit erhöhten wärmetechnischen Anforderungen bei auskragenden Bauteilen, ohne thermische Entkopplung, auch in der Holzbauweise zu Schwierigkeiten kommen.

Neben den Anforderungen an den Wärmeschutz besteht im Holzbau bei der Ausführung von auskragenden Bauteilen eine weitere, viel größere Herausforderung. Diese betrifft die Ausbildung einer durchgehenden luftdichten Ebene (LDE) zur Vermeidung einer unerwünschten lokalen Konvektion von warmer, feuchtegesättigter Luft von innen nach außen durch die Wärmedämmebene (WDE), um die Gefahr einer Schädigung durch den erhöhten Feuchteeintrag in die tragenden Konstruktionselemente zu unterbinden. Da systembedingt bei Holzkonstruktionen, insbesondere Brettsperrholz, Fugen und Stöße vorhanden sind, ist die Gefahr einer erhöhten Luftkonvektion im Bereich von Elementstößen, aber auch bedingt durch die unvermeidbaren einzelnen Fugen zwischen den Lamellen, selbst bei seitenverleimten Brettsperrholz-Elementen besonders hoch. Diese Schwachstellen werden momentan durch einen erhöhten Arbeitsaufwand durch nachträgliches Abdichten zwar vermindert, dauerhaft aber nur selten zufriedenstellend gelöst [1]. Entsprechend den Angaben der EN 16351 [2] sind zwischen den einzelnen Brettern Fugen bis zu 6 mm erlaubt.



Abbildung 1: Auskragungen im Betonbau- Entkopplung mittels Isokorb® [3]

Bei einem üblichen Brettsperrholzelement CLT 160 | 5s mit einer Breite von 125 cm, einer mittleren Fugenstärke von 1 mm und der Annahme einer effektiven Lagenanzahl von 1,5 (=Anzahl der Hirnholzlagen an der Stirnseite) ergibt das eine Konvektionsfläche von rund  $140 \text{ mm}^2/\text{m}$ . Somit können über diese Fläche ca.  $500 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  an Feuchtigkeit eingetragen werden.

In der Planungsbroschüre «Bauen mit Brettspertholz im Geschoßbau» [4] werden Detailanschlüsse von Balkonausführungen sowie deren Fehlerquellen dargestellt. Neben der direkten Durchführung der Innendecke nach außen kommen auch auf die Decke aufgesetzte Varianten zur Ausführung, bei denen zwar das Problem der Luftkonvektion durch Herumführen der LDE von innen nach außen gelöst ist, welche allerdings wärme-, feuchte- und schallschutztechnische Probleme mit sich bringen. Den Autoren zufolge ist nach heutigem Stand der Technik eine einwandfreie entkoppelte Befestigung nur durch eine außen sichtbare vorgesetzte Konstruktion (Abhängung, Stützen, ...) umzusetzen.

Die entkoppelte Befestigung von Kragbalkonen in Holzbauweise ist bis heute nur bedingt möglich, da durch die derzeitig ausgeführten Konstruktionen eine der beiden Bedingungen «Entkopplung und/oder Kragbalkon» verletzt werden. Vor allem bei der Verwendung von Brettspertholz ist die Befestigung eines entkoppelten Kragbalkons bedingt durch die geringe Höhe eine besondere Herausforderung.

Deshalb werden zur Gänze entkoppelte Holzbalkone bis heute mittels zusätzlich angeordneten Stützen oder auch Aufhängungen vorgesetzt, und somit lediglich die Querkraft ohne Übertragung von Biegemomenten zu bewerkstelligen ist. Allerdings werden dadurch häufig zum einen architektonische Anforderungen nicht zufriedenstellend umgesetzt, und zum anderen sind die erforderlichen Gründungen der Stützen mit einem zusätzlichen Aufwand verbunden, da diese oftmals im Hinterfüllungsbereich der Baugrube liegen. Hinzu kommt, dass in Abhängigkeit von den Regelungen der Bauordnungen derartige Ausführungen bei der Ermittlung des umbauten Raumes vielfach als umbauter Raum zu berücksichtigen sind.

Ein weiterer großer Nachteil auskragender Balkonplatten, bei denen tragende Deckenelemente auskragend gegebenfalls aufgesetzt, in den Freibereich geführt werden, ist die mangelnde Austauschbarkeit der Elemente. Balkonelemente sind häufig der freien Bewitterung ausgesetzt und besitzen somit auch ein größeres Schadenspotential (siehe auch Abbildung 2). Bei Schadensfällen von durchgehenden auskragender Deckenbauteilen bestehen für eine Sanierung demnach die Möglichkeiten den Bestand mittels Rückbau vollständig zu erneuern oder eine neue Konstruktion mittels eigener Fundierung an den Bestand anzubringen.

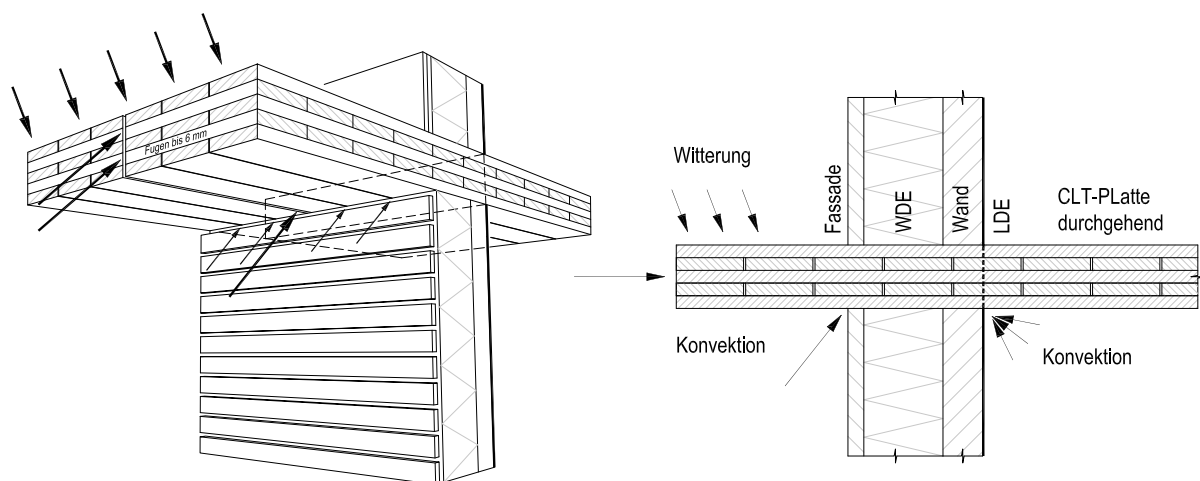


Abbildung 2: Durchbrechung der LDE und WDE bei durchgehenden Brettspertholz Platten sowie Konvektionsströme zufolge Fugen und Elementstoß

## 2. Innovationsgehalt

### Ziel der Erfindung

«Entwicklung eines Systems das eine bauphysikalisch optimierte, flexible biegesteife Entkopplung von auskragenden Bauteilen aus Holz – insbesondere Brettsper Holzplatten – ermöglicht, um zum einen die durchgehende luftdichte als auch wärmedämmende Ebene, sowie zum anderen durch die Lösbarkeit eine vom Konstruktionsablauf zeitlich unabhängige Montage, bzw. bei Schadensfällen eine einfache Demontage und Wiederherstellung zu gewährleisten.»

Das entwickelte Verbindungssystem (Abbildung 3) ist gekennzeichnet durch einen ersten Halteabschnitt für das Gebäudeelement, sowie einem zweiten Halteabschnitt für das Holzelement, ein Koppellement, welches den ersten Halteabschnitt und den zweiten Halteabschnitt lösbar miteinander verbindet, wobei der zweite Halteabschnitt einen holzelementseitigen Beschlag mit einer ersten Kontaktfläche zur Befestigung an einer ersten Fläche des Holzelements und einer zweiten Kontaktfläche für eine zweite Fläche des Holzelements aufweist.

Durch dieses System wird die Durchdringung der Wärmedämmebene auf ein statisch erforderliches Mindestmaß reduziert, da die auftretenden Schnittgrößen (vor allem Biegemoment und Querkraft) in Zug- und Druckkomponenten aufgeteilt werden. Der verbleibende Hohlraum der fachwerksartigen Verbindungsstruktur wird mit einem geeigneten Dämmmaterial ausgefüllt. Die vorhandenen Zugkräfte aus Biegemoment werden mittels Zuglaschen in die Oberseiten der Plattenelemente durch geneigt angeordnete Vollgewindeschrauben eingeleitet. Die Übertragung der resultierenden Druckkräfte erfolgt mittels formschlüssig eingebauten Druckplatten über die Stirnseiten der Plattenelemente. Die Querkraftübertragung geschieht über eine Kombination mittels geneigten Zugdiagonalen, sowie schräg eingebrachten Vollgewindeschrauben. Zur Sicherstellung eines ausreichenden Brandschutzes ist ober- und unterseitig der Verbindungsstruktur im Bedarfsfall auch eine Abschottung (Brandriegel) möglich. Die Luftdichtheit wird durch eine werksmäßige an dem gebäudeseitigen Teil des Koppellements aufgeklebte Dichtmanschette erzielt. Durch die Ausbildung der Kragelemente und der Befestigung auf den CLT-Elementen können mit dem System in Zukunft Auskragungen unabhängig von der Spannrichtung (Orientierung der Decklagen der CLT-Platten) realisiert werden (Abbildung 5).

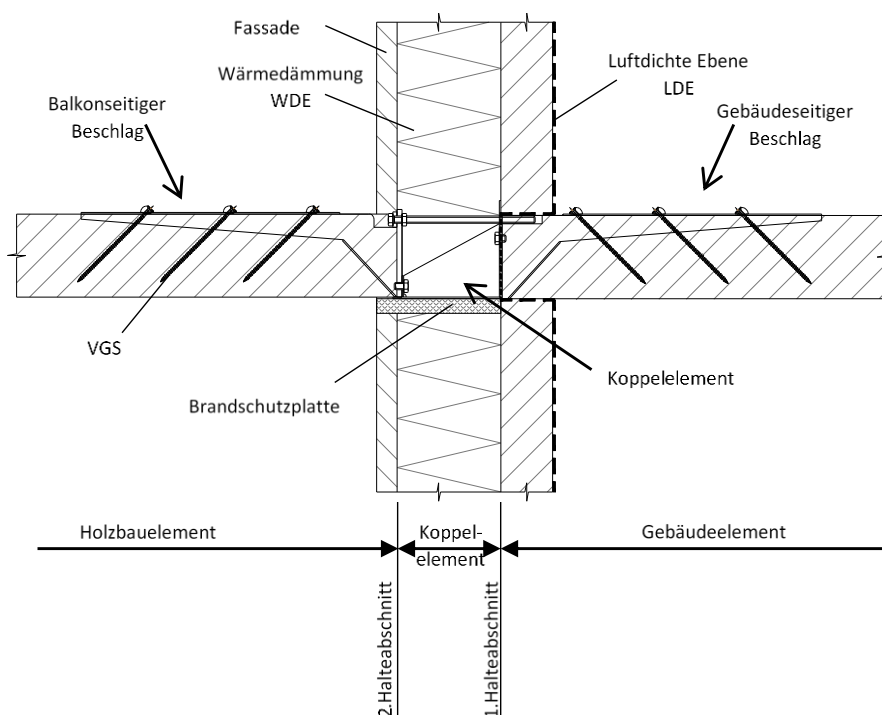


Abbildung 3: BRIDGE CONNECTOR – Prinzip Skizze

An der der Technischen Versuchs- und Forschungsanstalt der Universität Innsbruck wurden die Leistungsfähigkeiten verschiedener Varianten des biegesteifen Anschlusses mittels Biegeversuchen experimentell untersucht und weiterentwickelt (Abbildung 4). Dabei wurden neben Biegeversuchen und numerischen Wärmestromanalysen auch Schwingungsmessungen durchgeführt, welche anschließend mit Hilfe numerischer Rechenmodelle optimiert wurden. Daraus konnte ein Prototyp entwickelt werden, der nun bei ersten Pilotprojekten eingesetzt werden soll, wodurch neue Erkenntnisse zur praktischen Umsetzung generiert werden, um in abschließende Entwicklungen des Prototyps einzufließen. Die Erteilung einer Europäischen Technische Bewertung ETA ist bis Ende 2019 abgeschlossen.

### 3. Auswirkungen auf die Holzbauweise

Ein erhöhter Elementierungs- und Vorfertigungsgrad, sowie die modularen Baumöglichkeiten und die damit verbundene reduzierte Bauzeit unter größtmöglicher Variabilität sind die Stärken des Holzbaus im Vergleich zu konkurrierenden Bausystemen und Baustoffen. Das innovative Koppелеlement schließt die Lücke zwischen bis dato handwerklich ausgeführten Konstruktionen und modularen Bausystemen, wie sie beispielsweise im Massivbau durch vorgefertigte und entkoppelt angeschlossene Balkonplatte schon lange zum Stand der Technik gehören.

Vor allem die nachträgliche einfache Lösbarkeit der biegesteifen Verbindung ist eine große Stärke des Elements. Vorteilhaft wirkt sich auch die Möglichkeit der Anwendung in unterschiedlichen Einbausituationen aus, da das Koppелеlement im Allgemeinen für auskragende und entkoppelte Bauteile verwendet werden kann.

Die derzeitige technologische Entwicklung flächiger Holzbauelemente mit mehrachsiger Tragwirkung und die damit verbundene Marktdurchdringung von Bereichen, welche bisher dem Massiv- bzw. Stahlbetonbau zugeschrieben wurden, erfordert auch eine konsequente Weiterentwicklung des Verbindungselementes für diesen Bereich. Das innovative Koppелеlement ist somit ein weiterer Schritt in diese Richtung und bietet auch weniger holzbauaffinen Planern und Ausführenden den vom Massivbau gewohnten Freiraum für individuell anpassungsfähige Detaillösungen in Kombination mit einem hohen Vorfertigungsgrad.

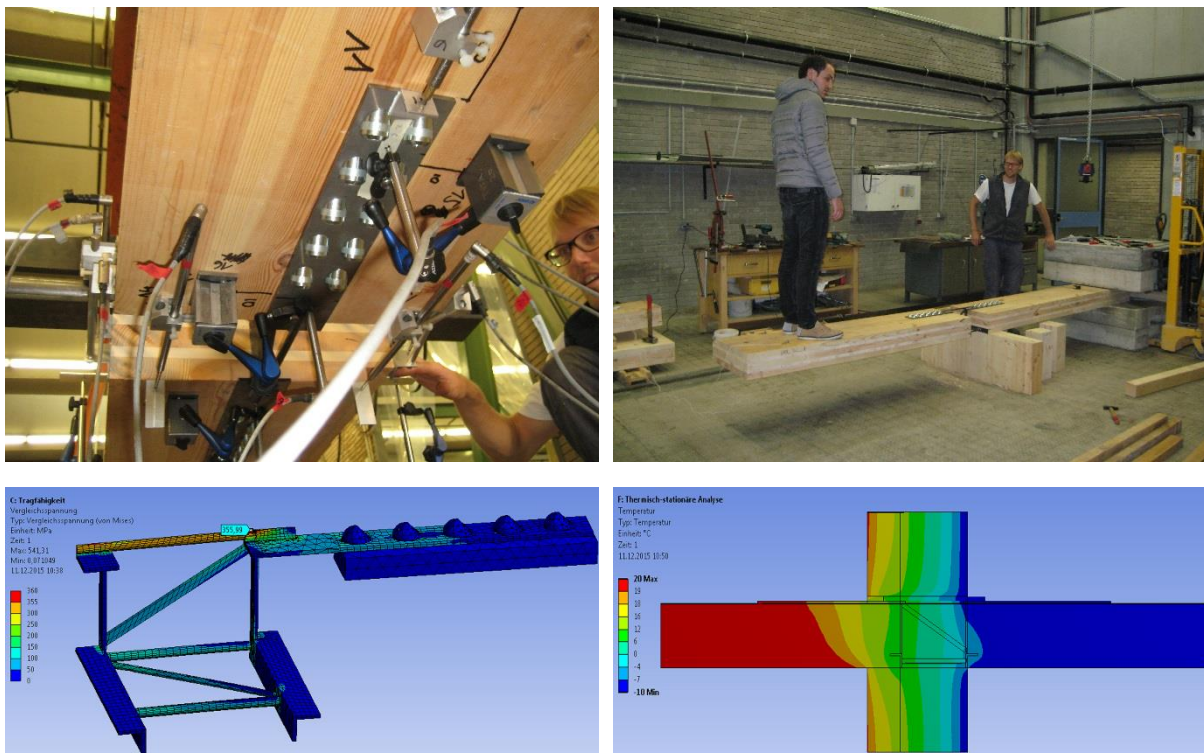


Abbildung 4: Experimentelle Untersuchungen Universität Innsbruck



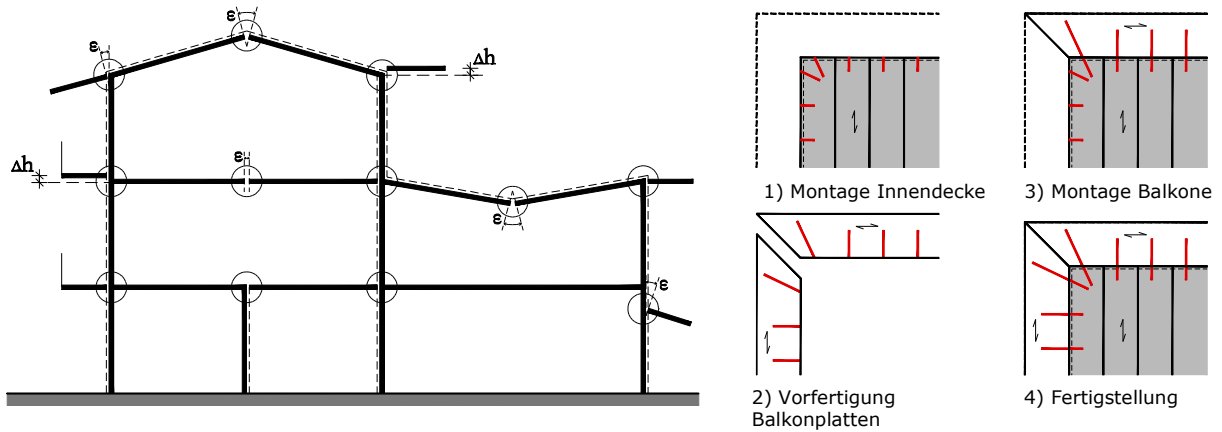


Abbildung 5: BRIDGE-CONNECTOR: Einsatzgebiete und geänderter Montageablauf

## 4. Literatur

- [1] Maderebner R, Hirschmüller S, Falkner F-J (2014) Bauphysikalische Entkopplung von auskragenden Brettsperrholz-Elementen: Endbericht Innovationscheck FFG
- [2] EN 16351 (2016) Timber structures – Cross laminated timber - Requirements
- [3] Schöck Bauteile Ges.m.b.H, Thaliastraße 85/2/4 (2019) Schöck Isokorb. <https://www.schoeck.at>
- [4] Teibinger M, Matzinger I (2014) Bauen mit Brettsperrholz im Geschoßbau: Fokus Bauphysik ; Planungsbrochüre, 2., überarb. Aufl. HFA Schriftenreihe