

Systemlösungen für punktgestützte Flachdecken aus Brettsper Holz

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



Bernhard Maurer
Universität Innsbruck
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich Holzbau
Innsbruck, Österreich



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



Philipp Zingerle
Universität Innsbruck
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich Holzbau
Innsbruck, Österreich



Peter Lang
Rothoblaas Srl
Kurtatsch, Italien



Systemlösungen für punktgestützte Flachdecken aus Brettsperrholz

1. Stand der Technik und Problemstellung

Durch die Bauweise mit Brettsperrholz-Elementen ist es möglich, ähnlich wie im Betonbau, großflächige Platten- und Scheibentragwerke umzusetzen. Einachsige gespannte Brettsperrholz-Decken, die auf Wänden und Unterzügen gelagert werden, haben die klassische Holzbalkendecke bereits weitestgehend abgelöst. Deckenfelder über mehrere Geschoße, die ohne Unterzüge, lediglich auf Stützen mit einem Abstand von mindestens 5,0 m gelagert werden, sogenannte punktgestützte Flachdecken, sind im Holzbau nur mit sehr großem Aufwand möglich. Bei einzelnen Projekten, wie etwa dem mehrgeschoßigen Studentenwohnheim Brock Commons in Vancouver, wurden punktgestützte Flachdecken, allerdings mit einem relativ engen Stützenraster von 2,85 m x 4,50 m [1] ausgeführt. Die Ursachen dafür sind vor allem mit den begrenzten Tragfähigkeiten des Materials aber auch dem System Brettsperrholz selbst zu begründen. Zum einen gilt es die Spannungskonzentrationen in den Punktlagerungen der Stützen, zum anderen die Anforderungen an die Ausführung der Plattenstöße in den Griff zu bekommen. Dabei begrenzen vor allem die Druckfestigkeit normal zur Plattenebene, sowie die Rollschubbeanspruchbarkeiten der Brettlagen die Möglichkeiten einer konzentrierten Lastabtragung. Möchte man ein Stützenraster von mindestens fünf Metern erreichen, wird es durch die produktionstechnisch und logistisch erforderlichen begrenzten Abmessungen der Brettsperrholz-Elemente erforderlich, auch biegesteife Plattenstöße auszubilden. Methoden zur Verstärkung des Materials mittels Vollgewindeschrauben zur Erhöhung der Querdruck- sowie Rollschub- Beanspruchbarkeiten, sind zwar bekannt [2] [3], allerdings für diese Konstruktionsaufgaben nicht ausreichend. Auch hohe Stützmomente in diesen Punkten und die damit verbundenen Zugspannungen über den Auflagepunkten müssen bewältigt werden. Zusätzlich kommen neben den beschriebenen Sachverhalten der Tragfähigkeit auch die für Deckenkonstruktionen im Üblichen bemessungsrelevanten Nachweise der Verformungen bzw. dem Schwingungsverhalten hinzu.

Im Betonbau werden punktgestützte Flachdecken seit nun rund 70 Jahren untersucht und gehören zur Standardkonstruktion bei gewerblichen, wie auch privat genutzten Objekten. Vor allem durch die Verfügbarkeit von Systemlösungen, wie Durchstanzbewehrungen und einfachen Bemessungsmodellen gegen Durchstanzen, sind im Betonbau sehr wirtschaftliche Ausbildungen von Flachdecken möglich.

Am Arbeitsbereich für Holzbau der Universität Innsbruck wird unter der Leitung von Roland Maderebner und Michael Flach derzeit an einer Systemlösung für punktgestützte Flachdecken aus Brettsperrholz gearbeitet. Das konzipierte System ermöglicht die Bauweise punktgestützter Flachdecken mit Brettsperrholz-Elementen aus Fichtenholz mit einem Stützenraster zwischen fünf bis sieben Meter [4].



Abbildung 1: Brock Commons [5]

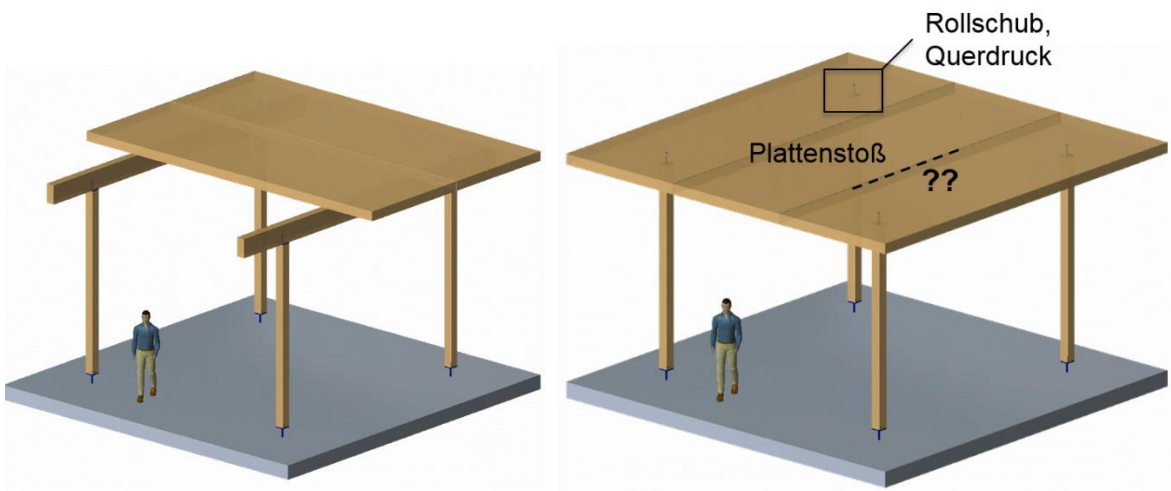


Abbildung 2: Vergleich: Stand der Technik (links) mit punktgestützter Flachdecke (rechts)



Abbildung 3: Durchstanzverstärkungen im Betonbau

2. Innovationsgehalt

Durch die «Aktivierung vieler Tragreserven» im und um den Anschlusspunkt der Stütze, sowie einer zusätzlichen Inanspruchnahme von Holzvolumen, wird eine Übertragung der hohen konzentrierten Lasten für diese Bauaufgabe ermöglicht. Das Konzept des sogenannten SPIDER-CONNECTOR-SYSTEMS, ist in Abbildung 4 und 5 dargestellt und wird im Anschluss näher erläutert.

Stütze: Durch die Verstärkungsmaßnahme bzw. 1 Auflagerung und 2 Aufhängung im Bereich der Stützenlager, wird sowohl eine Entlastung der CLT-Deckenelemente, als auch die Möglichkeit der direkten 3 Lastdurchleitung von darüber liegenden Geschoß-Stützen ermöglicht (Abbildung 4). Dadurch können zu hohe Querdruckpressungen zwischen den Stützen liegenden horizontalen Deckenelemente vermieden werden. Durch die Schraubenanordnung werden die Brettsperrholz-Elemente zusätzlich gegen ein 4 Rollschubversagen verstärkt und die Biegemomenten-Beanspruchbarkeit durch die Montage des SPIDER-CONNECTOR auf der Oberseite der CLT-Platten erhöht.

Plattenstoß: CLT-Elemente sind am Markt in Breiten von 1,25 m bis 3,50 m erhältlich. Da erst durch geeignete Fügetechniken ein Gesamtsystem entstehen kann, und im Holzbau keine monolithische Bauweise wie im Betonbau möglich ist, spielt in der Systemlösung für Flachdecken der Plattenstoß eine zentrale Rolle. Um eine möglichst biegesteife Platte herstellen zu können sind Befestigungstechnologien, die über die Kontaktfugen sowohl Biegemomente als auch Querkräfte übertragen können, erforderlich. Diese Plattenstöße müssen neben der Tragfähigkeit vor allem eine genügend hohe Steifigkeit aufweisen. Auch die Anordnung, die Lage der Plattenstöße, sowie die Wahl der Verlege-Richtung der einzelnen Deckenelemente sind von entscheidendem Einfluss. Durch eine entsprechende Kombination von Schrauben zur Übertragung der Querkräfte und durch den Einsatz von Reaktionsharzen zur Aufnahme der Biegemomente werden die Elemente zu einer Platte verbunden (Abbildung 5). Das zum Einsatz kommende Reaktionsharz härtet außerdem innerhalb weniger Minuten aus und ermöglicht die sofortige Belastbarkeit des Systems.

Schwingung: Das Schwingverhalten von Decken wird vor allem durch die Parameter Systemsteifigkeit und Eigengewicht beeinflusst. Da die Auflagerverstärkung in den Stützenbereichen und vor allem die Ausführung des Plattenstoßes einen großen Einfluss auf das Schwingungsverhalten des Gesamtsystems hat, sind zusätzliche Untersuchungen erforderlich. Durch umfangreiche Modalanalysen und anschließenden Bauteilversuchen konnte gezeigt werden, dass die Anforderungen an die Eigenfrequenz und Schwingbeschleunigung mit einer Deckenstärke von 200 mm und einer schweren Estrichkonstruktion eingehalten werden. Um ein «Auslaufen der Biegewellen» über die Randbereiche zu verhindern werden entsprechende Randträger vorgesehen.

Brand: Verbindungsmittel sind im Brandfall zusätzlich zu schützen. Vor allem metallische Werkstoffe verlieren durch hohe Temperaturbeanspruchungen in einem Brandfall sehr rasch an Tragfähigkeit. Durch die Anordnung sämtlicher Verstärkungsmaßnahmen durch das SPIDER-CONNECTOR-SYSTEM auf der CLT-Decke und der Integration im Fußbodenaufbau (Abbildung 4), ist ein ausreichender Brandschutz ohne zusätzliche Maßnahmen möglich. Auch die Plattenstöße werden durch das Holz von unten bzw. der Fußbodenkonstruktion von oben geschützt.

Schall: Bei mehrgeschoßigen Bauten muss zur Entlastung der Deckenelemente eine direkte Lastübertragung von Stütze zu Stütze erfolgen. Dadurch besteht die Gefahr einer erhöhten Schallübertragung. Um diese direkten Übertragungswege zu vermeiden bzw. einzudämmen, kann bei den Verstärkungselementen der Stützbereiche eine zusätzliche schalltechnische Entkopplung durch das Einlegen elastischer Zwischenschichten erfolgen. Die Vermeidung der Trittschallübertragung erfolgt durch eine konventionelle schwimmend gelagerte Estrichkonstruktion.

Montage: Die Herstellung von Flachdecken soll mit geringem Zeitaufwand und höchster Sicherheit und Präzision möglich sein. Bedingt durch die Stützen-Bauweise ist ein anderer Bauablauf erforderlich (Abbildung 5). Durch die Montage der Deckenelemente werden die zuvor ausgerichteten Stützen zusätzlich zentriert und seitlich gehalten. Nach dem Versetzen der sogenannten Gurtstreifen direkt über den Achsen der Stützen wird bereits über den Auflagern der Stützen der SPIDER-CONNECTOR montiert, damit die Montagelasten schadlos abgeleitet werden können. Zwischen den Gurtstreifen benachbarter Stützenreihen werden dann entweder mit Hilfe eines Lehrgerüsts bzw. mittels einfachem Stufenfalz, die sogenannten Feldstreifen eingehängt und mit den Gurtstreifen biegesteif miteinander verbunden.

Das SPIDER-CONNECTOR-SYSTEM baut somit auf bereits vorhandenem Wissen auf, und schafft durch die Kombination leistungsfähiger Verbindungsmittel eine Hybridkonstruktion, die eine Systemlösung für punktgestützte Flachdecken aus Fichtenholz mit einem Stützenraster von 5 bis 7 m ermöglicht.

2.1. Umsetzungskonzept

Seit dem Frühjahr 2016 werden unter anderem durch Geldmittel der FFG umfangreiche experimentelle und analytische Untersuchungen an der Universität Innsbruck durchgeführt. Seitens der Brettsperrholzindustrie wurde am SPIDER-CONNECTOR-SYSTEM ebenfalls großes Interesse bekundet und unterstützt das Forschungsvorhaben mit 60 m³ Brettsperrholz, die seitens der FFG nicht finanziert werden konnten. Zusätzlich ist ein innovativer Verbindungsmittelhersteller bzw. Vertriebspartner involviert, mit dem die Entwicklung eines serienreifen Systems für eine erfolgreiche Markteinführung garantiert ist. Momentan werden neben der Formulierung von Bemessungsmodellen für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit umfangreiche analytische, numerische und experimentelle Untersuchungen an der Universität Innsbruck durchgeführt.

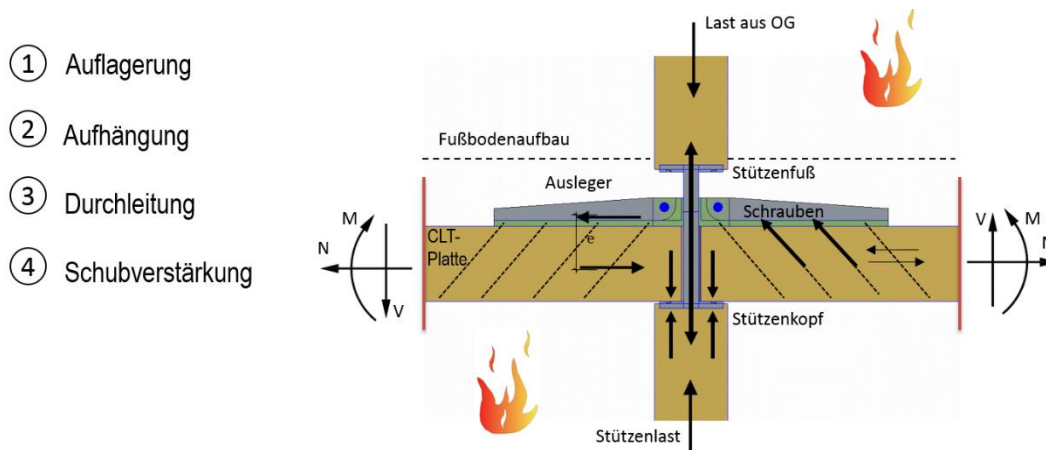


Abbildung 4: SPIDER-CONNECTOR im Stützenbereich zur Ausführung punktgestützter Flachdecken aus Brettsperrholz

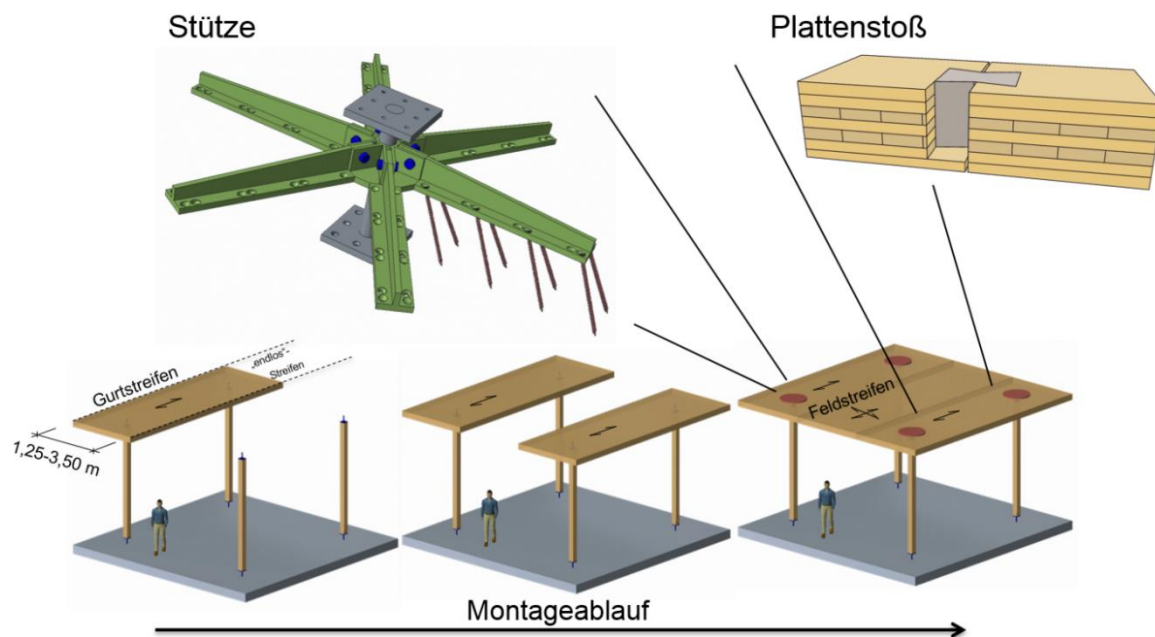


Abbildung 5: SPIDER-CONNECTOR-SYSTEM: Auflagerverstärkung im Bereich der Stützpunkte, biegesteifer Plattenstoß sowie Montageablauf



Abbildung 6: SPIDER-CONNECTOR-SYSTEM: Versuchssetup Auflagerung Stütze und Ausführung Plattenstoß mittels Reaktionsharz

3. Danksagung

Das Team der Universität Innsbruck bedankt sich bei der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG und bei der Firma Rothoblaas für die Finanzierung dieses Projektes, sowie bei den Brettsperrholzproduzenten für die Unterstützung.



4. Literatur

- [1] Kaufmann H., Krötsch S. und Winter S. (Hrsg.) (2017): Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Edition Detail. – DETAIL Atlas
- [2] Bejtka, I. (2005): Verstärkung von Bauteilen aus Holz mit Vollgewindeschrauben. Karlsruhe, Karlsruhe: Univ.-Verl.; Univ. – Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau Bd. 2.
- [3] Mestek, P. (2011): Punktgestützte Flächentragwerke aus Brettsperrholz (BSP) – Schubbemessung unter Berücksichtigung von Schubverstärkungen, München
- [4] Zingerle, P.; Maderebner, R.; Flach, M. (2016): System solutions for point-supported wooden flat slabs; WCTE 2016, Vienna
- [5] Seagate Structures Canada; Quelle: <https://seagatestructures.ca/projects/brock-commons/> (Abfragedatum 09.11.2017)