

Fahrradunterstand als Experimentalbau

Forschungsergebnisse zeigen, dass in Holz eingeklebte Stahlteile einen innovativen und leistungsstarken Lösungsansatz für die Ausbildung von Knotenpunkten sowie die Übertragung von Kräften darstellen. In Holz eingeklebte Stahlbauteile besitzen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Neben der Möglichkeit zum Einkleben von Gewindestangen oder Betonrippenstählen in Holz gemäß DIN 1052:2008, Abschnitt 14.3 existieren auch Ausführungsbeispiele für das Einkleben von nicht stabförmigen Stahlteilen in Holz. Im Rahmen der *HOLZBAU – die neue quadriga* wurde über diese Verbindungstechnologie zuletzt in [1] und [2] berichtet. Basierend auf aktuellen Untersuchungen zu in Holz eingeklebten Lochblechen, die an der MPA Wiesbaden durchgeführt wurden, konnte vor Kurzem ein erstes Pilotprojekt ausgeführt werden, das einen neuen Ausführungsansatz zur Ausbildung einer biegesteifen Rahmenecke verfolgt. Bei dem in der Nähe von Aschaffenburg erstellten Fahrradunterstand wurden Stützen, Riegel und Schwellen über eingeklebte Lochbleche direkt miteinander verbunden.

Motivation

Maßgebend für die Dimensionierung von Konstruktionen in Holzbauweise ist häufig die Ausführung der Knotenpunkte, an denen einzelne Holzbauteile miteinander verbunden werden. Die Konstruktion dieser Knotenpunkte erfolgt derzeit zum überwiegenden Teil mittels mechanischer Verbindungsmittel. Mechanische Verbindungsmittel sind z.B. Nägel, Dübel (Rechteckdübel, Keilringdübel, Stabdübel, ...), Schrauben (Holzschrauben, Spannschrauben), Bolzen (in Verbindung mit Schlitzblechen) oder Nagelplatten. Mechanische Verbindungsmittel übertragen die auftretenden Kräfte in der Regel über Lochleibung und Reibung in die zu verbindenden Holzbauteile. Mechanische Verbindungsmittel besitzen grundsätzlich viele positive Charakteristika (z.B. Duktilität) und haben sich in unzähligen Anwendungen bewährt, gehören jedoch zu der Gruppe der nachgiebigen (nicht starren) Verbindungen.



Für mechanische Verbindungsmittel liegen neben der nachgiebigen Verbindung folgende weitere Nachteile vor: Zum einen werden die Querschnitte durch notwendige Bohrungen für die einzusetzenden Verbindungsmittel geschwächt, wodurch große Anschlussflächen notwendig werden. Zum anderen werden infolge der aus Gründen der Sicherheit einzuhaltenden Mindestabstände zwischen den Verbindungsmitteln die Querschnittsabmessungen der Holzbauteile meist groß. Beides führt zu einem reduzierten Ausnutzungsgrad der Holzquerschnitte und damit zu erhöhten Baukosten.

Die Motivation des im Folgenden beschriebenen Lösungsansatzes liegt darin, die oben genannten Nachteile von mechanischen Verbindungsmitteln durch einen neuartigen Lösungsansatz einer geklebten Holz-Stahl-Verbindung auszugleichen. Ziel ist es,

- keine nachgiebigen, sondern starre Verbindungen herzustellen
- keine spröden, sondern duktile Verbindungen herzustellen
- Knotenpunkte mit nur geringen Querschnitts-

Abb. 1:
Experimentalbau Fahrradunterstand – Geometrische Form eines liegenden „U“ mit einer Auskragung der Sparren von 300 cm

schwächungen herzustellen

- kraft- und formschlüssige Verbindungen herzustellen
- standardisierte und wirtschaftliche Ausführungen von Knotenpunktanschlüssen mit einem hohen Ausnutzungsgrad zu ermöglichen, die gleichzeitig ein duktiler Systemverhalten im Versagensfall aufweisen

Als Lösung wird eine am MPA Wiesbaden entwickelte Konstruktion mittels in Holz eingeklebter Lochbleche präsentiert.

Autoren
Prof. Dr.-Ing. Leander Bathon
Dipl.-Ing. Oliver Bletz

Fachhochschule Wiesbaden
Fachbereich Architektur und
Bauingenieurwesen
Institut für Baustoffe und
Konstruktion
Labor für Holzbau



Abb. 2:
Ansicht des Fahrradunterstandes – in Rastern angeordnete biegesteife Rahmen sowie als Scheiben ausgebildete Rückwand, Bodenfläche und Dachauskragung



Abb. 3:
Detailansicht des Anschlusses Stütze an Sparren – ästhetisch schlanke Querschnitte (Stütze 4/22 cm, Sparren 8/14 cm) mit innen liegenden eingeklebten Verbindungsmitteln



Charakteristik der Holz-Stahl-Klebeverbindung

Im Einzelnen besitzt die eingesetzte Holz-Stahl-Klebeverbindung mit eingeklebten Lochblechen folgende Eigenschaften:

- Herstellung einer kraft- und formschlüssigen Verbindung ohne Schlupf
- Verringerung der Anschlussflächen mit dadurch verbundenen Kosteneinsparungen bei den eingesetzten Holzquerschnitten
- Erhöhung des Wirkungsgrades der Verbindung mit der Herstellung einer starren Knotenpunkt-lösung
- Möglichkeit zur Ausführung von statischen Systemansätzen, die zu geringeren Materialbeanspruchungen und somit zu Kosteneinsparungen führen
- Guter Feuerwiderstand von Verbindungen durch im Holz befindliche Metallteile, die durch das Holz geschützt sind
- Ästhetische Vorteile durch Unauffälligkeit der Verbindung
- Korrosionsschutz der Holz-Metall-Klebeverbindung
- Duktiles Verbindungssystem durch Definition des Stahlbauteils als schwächstes Glied der Verbindung (mit Stahlfließen im Versagensfall)
- Einfacher Herstellungsvorgang mit der Möglichkeit zu einem hohen Vorfertigungsgrad

Aufgrund ihrer Charakteristik sind Holz-Stahl-Klebeverbindungen mit den oben genannten Kernanforderungen grundsätzlich vergleichbar mit Schweißverbindungen im Stahlbau – denn Schweißverbindungen, die zwei Stahlbauteile miteinander verbinden, sind starr, ohne Querschnittsschwächung sowie kraft- und formschlüssig. Holz-Stahl-Klebeverbindungen mit eingeklebten Lochblechen erweitern somit die Palette möglicher Ausführungsvarianten bei Knotenpunktausbildungen im Holzbau.

Experimentalbau mit innovativer Eckausbildung

Der im Folgenden vorgestellte Experimentalbau Fahrradunterstand zeigt eine Applikation in Holz, die auf diese Weise bisher nur im Stahlbau möglich war. Gelöst wurde diese technologische Herausforderung durch biegesteife Knotenpunktausbildungen mit Hilfe der Klebtechnik.

Die geometrische Grundform für den Experimentalbau Fahrradunterstand (Grundfläche von 300 cm x 500 cm) bildet ein um 90° gedrehtes „U“ (Bilder 1, 2). Hierfür wurden insgesamt 9 nebeneinander, im Raster von 62,5 cm angeordnete biegesteife Holzrahmen erstellt. Die Rahmen bestehen jeweils aus drei Holzquerschnitten (Sparren, Stützen, Schwellen), die in einer Zimmerei komplett vorgefertigt wurden. Die Sparren aus Fichte (KVH) besitzen Querschnittsabmessungen $b/h = 8/14$ cm sowie eine Länge $l = 300$ cm. Die Stützen aus Fichte (KVH) weisen Querschnittsabmessungen $b/h = 4/22$ cm sowie eine Höhe von $l = 200$ cm auf. Die Schwellen sind wiederum aus Fichte (KVH) $b/h = 8/14$ cm gefertigt,

Abb. 4:
Dachauskragung von 300 cm



Abb. 5:
Detailansicht der Ecke des
Experimentalbaus im Winter –
OSB-Beplankung der Rück-
wand und des Daches sowie
Bitumenbahn als Dachabdich-
tung

besitzen im Gegensatz zu den Sparren jedoch nur eine Länge $l = 250$ cm. Zur Ausbildung der biegesteifen Eckverbindungen zwischen Schwelle und Stütze bzw. zwischen Stütze und Sparren werden jeweils eingeklebte Lochbleche herangezogen.

Das Tragsystem des Fahrradunterstandes bilden die 9 biegesteifen Rahmen sowie die als Scheiben ausgeführten Dach-, Rückwand- und Bodenflächen (Bilder 2, 3, 4). Zur Ausbildung der Scheiben wurden 25 mm starke OSB-Platten verwendet, die mit den Rahmen verschraubt wurden. Die Gründung des Experimentalbaus erfolgte über eine Holz-Pfahlgründung. Hierbei wurden an der Vorder- und der Hinterkante der Bodenfläche in Abständen von ca. 30 cm Lärchenbretter $b/h = 3/12$ cm in den Boden eingetrieben. An den Kopfenden der

Abb. 6:
Detailansicht der Schlitzung
(mit Kettenstemmer) für das
Einkleben der Lochbleche



aus dem Boden herausragenden Bretterabschnitte wurden anschließend zwei quer laufende Fußschwellen angebracht, die als Lager für die Rahmen dienen.

Kernstück dieses Experimentalbaus ist die Ausbildung der biegesteifen Eckausbildung (Bilder 1, 2, 3, 4, 5). Hierbei konnte auf Forschungsergebnisse zurückgegriffen werden, die am MPA Wiesbaden erzielt wurden [3], [4]. Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden u.a. in mehreren Versuchsreihen Holzträger über eingeklebte Stahlteile miteinander verbunden und im Rahmen von Kurzzeittraglastversuchen getestet. Aufgrund der durchgeführten Tragfähigkeitsuntersuchungen konnte hierdurch ein Bemessungsansatz für das in mitten stehende Pilotprojekt abgeleitet werden.

Im vorliegenden Fall wurde die Eckausbildung wie folgt ausgeführt:

- Am Kopf- und am Fußpunkt jeder Stütze wurde in das Stirnholz jeweils ein Schlitz mit einem Kettenstemmer eingebracht. Die Schlitzte besaßen jeweils eine Breite von ca. 7 mm, eine Länge von 20 cm sowie eine Tiefe von 15,5 cm (Bild 6).
- In diese Schlitzte wurde der in Kartuschen vorliegende zweikomponentige PUR-Klebstoff (HBV-Kleber) eingefüllt (Bild 7). Beim Einklebevorgang muss laut Herstellerangaben eine Holzfeuchte $\leq 15\%$ sowie eine Umgebungstemperatur von $> 12^\circ\text{C}$ vorliegen. Diese klimatischen Randbedingungen sind bei der Herstellung der Klebeverbindung zwingend einzuhalten, da sie die Qualität der Klebeverbindung maßgeblich beeinflussen (Bilder 8, 9).

HANS BRÜGMANN GMBH & CO.
Schraubenfabrik
Auf der Heide 8
21514 Büchen · Deutschland
Tel. +49 (0) 4155 / 81 41-0 · Fax: -80
www.rampa.de · mail@rampa.de

RAMPA®



Abb. 7:
Ansicht der Sparren während
des Herstellvorgangs – Ein-
kleben der Lochbleche mit
in Kartuschen abgefülltem
2K-Polyurethanklebstoff



Abb. 8:
Messung der Holzfeuchtigkeit
der Sparren

Abb. 9:
Messung der Lufttemperatur
während des Einklebevor-
gangs



- Nach dem Einbringen des Klebstoffes wurden die Lochbleche in die Schlitzte eingesetzt. Aufgrund der guten Fließfähigkeit des Klebstoffes war gewährleistet, dass der Kleber die Lochungen der Lochbleche in den Schlitzten voll ausfüllt. Die Lochbleche besaßen eine Dicke von 4 mm, eine Länge von 20 cm sowie eine Höhe von 28 cm. Sie standen 13 cm aus den Stirnseiten der Stützen hervor.
- Analog zum Einbringen der Schlitzte in den Stützen wurden Schlitzte in die Sparren und in die Schwellen eingebracht (allerdings in jeweils nur eine Seitenfläche). Die Schlitzte besaßen jeweils eine Breite von ca. 7 mm, eine Länge von 20 cm sowie eine Tiefe von 13,5 cm.
- Nach dem Einfüllen des Klebstoffes in die Schlitzte der Sparren wurden in diese Schlitzte die Stützen mit den herausstehenden Lochblechen eingesteckt. Die Kopplung der Stützen mit den Schwellen erfolgte auf die gleiche Art und Weise.
- Um den Wetterschutz der Rückwand zu verbessern, wurde die Rahmenkonstruktion nicht exakt rechtwinkelig hergestellt. Stützen und Sparren erhielten eine geringfügige Neigung nach hinten (Stützenversatz von 10 cm/2,9° bzw. Sparrenversatz 30 cm/5,7°)
- Während der Aushärtungsphase wurde bei jedem einzelnen Rahmen an die Vorderseiten der Schwellen und der Sparren eine Latte zur Lagefixierung angenagelt (Bild 10). Auf diese Weise konnte zudem sichergestellt werden, dass während des Transports und der Montage die gewünschte geometrische Form der Rahmen bestehen bleibt.

Aus statischer Sicht liegt eine Rahmenkonstruktion vor, die für folgende Randbedingungen ausgelegt ist (pro Rahmen, $e = 0,625$ m):

- Eigengewicht der Holzkonstruktion von 0,14 kN/m
- Schneelast von 0,47 kN/m
- Windeinwirkung von 0,60 kN/m

Herstellung und Montage des Fahrradschuppens erfolgten innerhalb von 2 Wochen. Hierbei wurden in der Zimmerei Eckert die 9 Rahmen vorgefertigt und auf die Baustelle transportiert. Zum Zeitpunkt der Anlieferung der Holzrahmen war bereits die Gründungskonstruktion mit den

Abb 10:
Abstützung der Rahmenkonstruktion durch aufgenagelte Latten während der Bauphase



beiden Fußschwellen durch den Bauherrn erstellt worden. Anschließend wurden die Rahmen an den Fußschwellen über Schraubenverbindungen miteinander verbunden. Es folgte das Anbringen der OSB-Platten an der Rückwand, dem auskragenden Dach sowie dem Boden.

Der Holzschutz des Experimentalbaus erfolgte ausschließlich auf konstruktiver Basis. Durch den „vorderen“ Überstand des Daches sowie die geneigte Rückwand ist die Struktur (Fichte, KVH, OSB) bei Regen trocken. Bei einer Überlagerung aus Regen und Wind sind allerdings der Boden sowie die seitlichen Rahmen durchnässt. Diese Schwachstellen wurden für den Experimentalbau gewollt in Kauf genommen, um in diesen Teilbereichen den Einfluss der NKL 3 auf die Klebeverbindung zu erkunden. Eine Bitumeneindeckung wurde zudem als Dachhaut angebracht, die die Dachscheibe vor direkter Bewitterung schützt. Durch die geneigte Anordnung des Daches ist weiterhin gewährleistet, dass sich keine Feuchtigkeit anstauen kann.

Fazit

Die in diesem Beitrag vorgestellte Holz-Stahl-Klebeverbindung mit eingeklebten Lochblechen stellt für den Holzbau eine innovative, wirtschaftliche und leistungsfähige Verbindungstechnologie für die Ausbildung von Knotenpunkten dar. Aufgrund ihrer Charakteristik ist sie vergleichbar mit Schweißverbindungen im Stahlbau. Die Anwendung der Holz-Stahl-Klebeverbindung mit eingeklebten Lochblechen bei dem Experimentalbau Fahrradschuppen zeigt eindrucksvoll das Potenzial des Lösungsansatzes. Aufgrund dieser Verbindungstechnologie war es bei dem Pilot-



projekt z.B. möglich, äußerst schlanke Holzquerschnitte einzusetzen. Neben der daraus resultierenden hohen Wirtschaftlichkeit überzeugt der Lösungsansatz zudem über eine einfache Handhabung sowie einen hohen Vorfertigungsgrad. Eine Übertragung dieser Verbindungstechnologie auf weitere Anwendungsgebiete ist denkbar und wünschenswert. ■

Literatur & Quellen

- [1] Bathon, L.; Bletz, O. (2008), „In Holz eingeklebte Bauteile aus Metall“, *HOLZBAU – die neue quadriga* 2/2008, Seite 13 – 18
- [2] Bathon, L.; Bletz, O.; Schmidt, J.: „Bergehalle bei St. Moritz“, *HOLZBAU – die neue quadriga*, 6/2008, Seite 26 - 29
- [3] Lademann, O.: „Entwicklung einer freitragenden Treppe mit geklebten Verbindungsmiteln“, Diplomarbeit an der Fachhochschule Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen, 2006
- [4] Eisele, H.: „Anwendung einer Klebeverbindung im Holzbau“, Diplomarbeit an der Fachhochschule Wiesbaden, Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen sowie der Hochschule für Technik Stuttgart, Fakultät Bauingenieurwesen, 2008

Abb. 11:
Fahrradunterstand im Betrieb – statisch bemessen für eine Beanspruchungskombination aus Eigengewicht, Schnee und Wind

Anzeige



WDVS für Holzfertig- und Holzrahmenbauten



WDVS auf Holzlattung zur Mauerwerkssanierung



WDVS zur Innenwanddämmung



WDVS zur Direktmontage auf Mauerwerkssassaden

VIERFALT STATT EINFALT!

INTHERMO hat ein WDV-System für jedes Haus.

In jedem Fall dabei:
Top-Beratung. Faire Preise. Erstklassige Qualität. Und immer eine prickelnde Idee, wenn Sie rund ums Dämmen und Verputzen Fragen haben.

Rufen Sie uns an: 0 61 54/71-16 69.
Ihr INTHERMO Fachberater informiert Sie gerne näher.

INTHERMO. So dämmt man am Bau!

INTHERMO GmbH
Roßdörfer Str. 50
D-64372 Ober-Ramstadt

Tel. 0 61 54/71-16 69
Fax 0 61 54/71-408

info@inthermo.de
www.inthermo.de



INTHERMO
Systemlösungen für den Hausbau