

Layout, Covergestaltung und Satz

Miro Basermann, Berlin

Projektkoordination

Henriette Mueller-Stahl, Berlin

Library of Congress Cataloging-in-Publication data
A CIP catalog record for this book has been applied for at the Library of Congress.
Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Verlags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Fortkennung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

Dieses Buch ist auch als E-Book (ISBN 978-3-03821-611-7) sowie in einer englischen Sprachausgabe (ISBN 978-3-03821-605-8) erschienen.

© 2014 Birkhäuser Verlag GmbH, Basel
Postfach 44, 4009 Basel, Schweiz
Ein Unternehmen von Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston

Druckort: auf säurefreiem Papier, hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellulose, 100 %

Printed in Germany

ISBN 978-3-03821-501-0

9 8 7 6 5 4 3 2 1

www.birkhauser.com

Inhalt

Einleitung Rainer Hascher	6	Projekte	
Historische Konstruktionstypologien Khaled Saleh Pascha	8	Messehalle 11 Frankfurt a. M., Deutschland	95
Neue Technologien und Methoden Simone Jeska	14	Geschäftsgebäude BIP-Computer Santiago de Chile, Chile	101
Verbindungen Mechanisch gefügte Stahlverbindungen Geklebte Verbindungen Klebeverbindungen mit Stäben und Platten Holz/Holzklebeverbindungen Verstärkungen von Verbindungen	15	Clubhaus der Haesley-Nine-Bridges Golfanlage Yeoju, Südkorea	109
Materialvergütungen Hybride Bauteile	26	Austria Center Vienna – „Eingangswelle“ Wien, Österreich	117
Verbundkonstruktionen	32	Fußgängerbrücke in Kollmann Südtirol, Italien	123
Materialentwicklung im Holzbau Khaled Saleh Pascha	36	Gessentalbrücke bei Ronneburg, Deutschland	129
Brettschichtholz Furnier- und Faserwerkstoffe Brettspertholz	37 48 52	Elefantenhaus, Zoo Zürich Zürich, Schweiz	137
CNC-Fertigung im Holzbau Simone Jeska	58	Doppelporthalle Borex-Crassier, Schweiz	145
Bearbeitung der Bauteile Bauen mit Stäben Knotenpunkte Bauen mit Platten	60 62 67 70	Drei Holzachterbahnen Colossus, Heidepark Soltau, Deutschland Mammüt, Erlebnispark Tripsdrill, Cleoborn, Deutschland Balder, Liseberg Park, Göteborg, Schweden	151
Experimentelle und ephemere Strukturen Simone Jeska	76	Toskana Terme Bad Ort, Deutschland	159
		Sachregister	168
		Bibliografie	170
		Über die Autoren	174
		Bildnachweis	175

denen Verformungen eine untergeordnete Rolle spielen, sowie für den Einsatz in erdbebengefährdeten Gebieten.⁶

Klebeverbindungen mit Stäben und Platten

Parallel zu den Neuentwicklungen von Klebstoffsystemen im Holzbau werden zunehmend Klebungen als neue, tragende Verbindungen im Ingenieurbau genutzt. Geklebte Verbindungen lassen sich grundsätzlich in Verbindungen mit ein- bzw. aufgeklebten Dübeln und Platten aus Stahl, Holz oder Kunststoff und in profilierter Stöße, wie zum Beispiel Keilzinken oder Schälungen, die direkt miteinander verklebt werden, unterteilen.

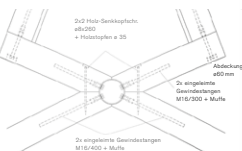
Die Vorteile der Holz-Stahl-Klebeverbindungen gegenüber mechanisch gefügten Verbindungen haben dazu geführt, dass eingeklebte Gewindestangen aus Stahl seit Längem eingesetzt werden, um einfache Anschlüsse an Auflagern auszubilden oder Biegestöße herzustellen.⁷

Die starre und gleichzeitig duktile Verbindung ist montagefreundlich und kostengünstig, und die verminderte Querschnittsschwächung im Anschlussbereich wirkt sich positiv auf die Dimensionierung der Holzquerschnitte aus. Außerdem treten die Verbindungen durch die Verlagerung des Verbunds in das Innere der Holzbauteile nicht in Erscheinung. Mittlerweile hat sich eine Vielzahl neuer Holz-Stahl-Klebeverbindungen etabliert. Eingeklebte Gewindestangen als neue stiftförmige Verbindung im Ingenieurbau werden genutzt, um hochbelastungsfähige Knotenpunkte weitestmöglicher Gitternetzschalen, biegesteife und gelenkige Rahmen-ecken oder Stützenfüße großer Hallenkonstruktionen auszubilden. Beispielhaft für diese Verbindungstechnik ist die relativ kleine Holzkuppel ($d = 14,00\text{ m}$) im türkischen Pavillon auf der Expo 2005 in Japan.⁸ An den Knotenpunkten der Kuppel treffen jeweils vier gebogene Träger mit stirnseitig eingeklebten Gewindestangen aufeinander. Die Gewindestangen sind am Ende mit

⁶ Maurice Brunner und Marc Donzé von der Berner Fachhochschule in Biel entwickeln den Brettschichtholzträger mit elastischer Fuge gemeinsam mit der Industrie.

⁷ Seit Mitte der 1970er Jahre beschäftigen sich Forschungsvorhaben mit der Ausbildung von Anschlüssen aus eingeklebten Gewindestangen. Hinner Biberhoff, Technische Universität Dänemark, 1973; Karl Möller, Klaus Hemmer, Universität Karlsruhe 1981; trotz nicht vorhandener normierter Bemessungsmethoden ist die Verbindungstechnik seit etwa Mitte der 1990er Jahre „Stand der Technik“.

⁸ Seit der Novellierung der DIN 1052 im Jahr 2004 können geklebte Anschlüsse mit Gewindestangen berechnet werden.



Die Kuppel in Aichi (Japan) setzt sich aus gebogenen Brettschichtholzträgern mit zwei unterschiedlichen Radien zusammen. Die biegesteifen Knotenpunkte werden über eingeklebte Gewindestangen hergestellt, Fa. Burgbacher, 2005.



Die 120 m weit spannende Holzkuppel der Seitzlagerhalle in Rheinliden (Fa. Häring, 2013) beweist die Leistungsfähigkeit moderner Ingenieurkonstruktionen aus Holz. Die kurzen BSH-Stäbe der Schale wurden in den Knotenpunkten über eingeklebte Stahlbauteile miteinander verbunden.

einer Schraubennut versehen, so dass die Verbindung über ein Stahlrohr ($d = 152,4 \text{ mm}$) mittels Schrauben (M16) hergestellt werden kann. Die Stahlrohre wurden nachträglich von runden Holzplatten verdeckt, so dass die metallischen Verbindungen der Holzkuppel nicht in Erscheinung traten.

Trotz fehlender bauaufsichtlicher Zulassung der Verbindungstechnik (Klebstoffe) führte der hohe Wirkungsgrad der Klebeverbindung seit Anfang des neuen Jahrtausends vermehrt zu dessen Einsatz. Die Leistungsfähigkeit der neuen Verbindungstechnik wird eindrucksvoll sichtbar an den bis zu 120 m weit spannenden Kuppeltragwerken der Salzlagern in Biburg und der Gitternetzschale des Sportzentrums in Seunhorpe. Die Gitternetzschale in Seunhorpe, die formal aus fünf ineinandergeschobenen Kuppeln mit unterschiedlichen Höhen von bis zu 20 m und Durchmessern von bis zu 65 m besteht, wird von dreieckig angeordneten, gera-

den Stäben aus Brettschichtholz (GL 32c) mit einer Höhe von 600 mm und Breiten zwischen 160 und 200 mm gebildet. An die geschweißten Knotenbleche werden sechs Holzstäbe mit faserparallel eingeklebten Gewindestangen (M16/M20) über eine einfache Schraubenschnittverbindung angeschlossen.⁹ Bei der Herstellung des Holz-Stahl-Klebeverbunds unter kontrollierten Bedingungen im Werk wird das Epoxidharz in die 350 bis 550 mm tiefen Bohrlöcher mit einer druckluftgesteuerten Presse über Einfüllbohrungen eingepresst. Entlüftungsbohrungen sorgen für das vollständige Verfüllen der Bohrlöcher.

Zusätzlich zu den Verbindungen mit geklebten Gewindestangen wird in den letzten Jahren das Potenzial geklebter Stahlplatten und Rohrstützen als konstruktive Verbindung im Holzbau untersucht. Erste Pilotprojekte und Experimente zeigen die Leistungsfähigkeit dieser Anschlüsse. Zugversuche an Probekörpern mit vier ein-

geklebten Rohrstützen aus Stahl ergaben ein Versagen der Verbindung bei 450 kN – die Spannungen im Probekörper erreichten damit die anderthalbfache charakteristische Festigkeit üblicher Brettschichtholztäger (GL 24). Die Stahlrohrstützen, sogenannte HSK-Rohrverbinder, haben einen Durchmesser von 50 mm und eine Länge von 125 mm. Zur besseren Haftung sind sie am Hülsmantel mit einem Doppelgewinde versehen und besitzen für den Anschluss von Schrauben am Kopf ein integriertes M16-Gewinde. Erstmals wurde die Verbindung an einem temporären Holztragwerk erprobt, das aus sechs- und fünfseitig angeordneten Holzstäben eine Kugelform mit einem Durchmesser von 26 m ausbildet.

Für die Ausbildung hoch beanspruchter, biegesteifer Rahmenwerke von Hallenkonstruktionen haben sich mittlerweile unterschiedliche Systeme mit eingeklebten Stahlbändern oder Lochblechen etabliert. Die GSA-

Leisten-Montage-Verbinder¹⁰ bestehen aus Stahlbändern, die im Zug- und Druckbereich der Rahmenecken in die Stützen und Träger eingeklebt werden. Eine Gewindestange verbindet die eingeklebten Bänder und nimmt die Differenzkräfte auf. Als Nut-Kamm-Verbindung ausgebildet, werden die Bauteile vor Ort nur noch zusammengesteckt und über Bolzen gesichert.

Nach einem ähnlichen Prinzip funktioniert die sogenannte HSK-Rahmenecke.¹¹ In diesem Fall werden speziell gefertigte Stahlformteile, die aus einem Stahlblech mit drei aufgeschweißten, parallel angeordneten Lochblechen und angeschweißten Augenstäben bestehen, an den Außen- und Innenseiten der Stützen und Träger eingeklebt, so dass die Träger und Stützen auf der Baustelle nur noch gegängig und über eine Bolzenverbindung biegesteif verbunden werden müssen. Die eingeklebten Lochbleche sorgen für eine gleichmäßige Übertragung der Kräfte aus dem Holzquerschnitt



Eingeklebte Rohrstützen für Versuche an dem MPA Wiesbaden, Prof. Leander Bathon.



In der Stimmsele der Brettschichtholzstäbe wurden jeweils vier Stahlrohrhülsen eingeklebt und mittels Bolzen an den Knotenblechen angeschlossen. Der überdimensionale „Fußball“ aus Holzstäben wurde 2006 auf dem Firmengelände der Fa. Haas aufgestellt.



Die GSA-Gelenkverbindung besteht aus zwei Halbschalen, die über einen Konusring und eine Schraube zusammengezogen werden.

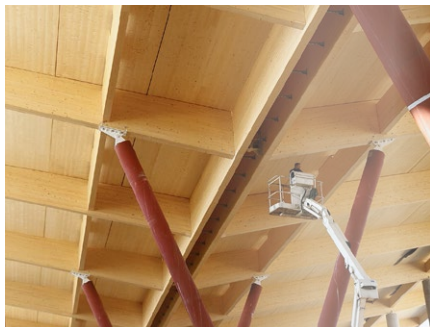


Durch die lokale Verstärkung mittels eingeklebter Eschenholzlamellen erreicht die Verbindung der Rahmenecken mit GSA-Leisten-Montage-Verbindern einen Wirkungsgrad von 1 – mit einer Zugfestigkeit der Esche von 23 kN/cm² kann die Tragfähigkeit von Brettschichtholzträgern der Festigkeitsklasse GL 36 voll ausgenutzt werden. EIZ (Erhaltung- und Interventionszentrum) Frutigen, Schweiz, Müller & Thurniger Architekten, 2007.

⁹ Die Bemessung der Verbindungen erfolgte auf der Grundlage von Experimenten an der University of Bath und im Labor der Holzbaufirma Mayr-Mehner Kaufmann Reuthe GmbH.

¹⁰ Die Abkürzung GSA steht für Gewinde-Stangen-Anker; die Technologie als hochleistungsfähige Verbindung wurde von Prof. Ernst Gehri gemeinsam mit der Holzbaufirma ADP in der Schweiz entwickelt.

¹¹ Die Holz-Stahl-Rahmenecke (HSK) wurde an der Materialprüfanstalt für Bauwesen in Wiesbaden und dem Labor für Holzbau an der Hochschule RheinMain entwickelt.



Brettspernholzplatten als Dachelemente des Einkaufszentrums G3 in Gerasdorf, Österreich. Entwurf: ATP, Architekten und Ingenieure. Ihre großen Vorteile gegenüber anderen Holzwerkstoffen mit parallel Faserverlauf sind die weitgehende Bruchfreiheit und ihre gleichmäßig geringe Schwindung in beiden Plattenebenen.

mäßigen Schwindung Zwängungen, Risse und sich öffnende Fugen stark vermindert werden. Andererseits sind die durch die Sperrwirkung erzeugten, erheblichen Scherkräfte im Kontaktbereich der Leimfuge zu berücksichtigen. In der Wechselwirkung von Feuchtigkeit- und Temperaturschwankung können diese Fugen sich mit der Zeit öffnen und den Verbund der einzelnen Lagen zerstören, was eine Vielzahl von Schadensbildern zur Folge haben kann. Außerdem bedeutet Sperrwirkung nicht, dass die Brettspernholzplatte in allen Eigenschaften isotrop, d. h. richtungsunabhängig

Ein anderes Beispiel für den Einsatz von Brettspernholzplatten ist die Faltstruktur für die kleine Kapelle der Diakonissengemeinschaft von St. Loup im waadtländischen Pompaples, welche als Provisorium den Zeitraum bis zur Fertigstellung des zu renovierenden Gotteshauses für die Gemeinschaft überbrücken helfen soll. Dieses auf den Prinzipien der Origami-Faltung basierende Projekt wurde vom Architektenbüro Localarchitecture, in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Holzkonstruktionen IBOIS der École Polytechnique Fédérale (EPF) in Lausanne entwickelt und im Jahre 2008 realisiert. Für die kleine Kapelle für knapp 100 Personen mit einer Grundfläche von 130 m² wurden für die vertikalen Elemente 40 mm starke und für die horizontalen 60 mm starke Brettspernholzplatten verwendet, die untereinander mit Lochblechen und Schrauben verbunden wurden. Innenseitig roh belassen, wurden an ihrer Außenseite lediglich eine Dichtungsbahn und eine imprägnierte Dreischichtplatte mit 19 mm Stärke angebracht. Die beiden Gebäudeseiten der Kapelle sind durch Polycarbonatplatten in einem unregelmäßigen Holzzahmen geschlossen. Die gegenläufigen Falten des aus 92 verschiedenen Facetten bestehenden Tragwerks bereichern die Raumwirkung der Kapelle, dienen zur notwendigen Aussteifung des Gebäudes und haben einen positiven Einfluss auf die Innenumwelt. Durch die Schrägen unterstützen sie außerdem die Dachentwässerung, was nicht zuletzt deshalb zu einer derart einfachen Detaillierung des Gebäudes geführt hat.



Kapelle St. Loup in Pompaples, Schweiz. Architekt: Localarchitecture, Danilo Mondada und SHEE. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Holzkonstruktionen IBOIS der École Polytechnique Fédérale in Lausanne, 2008.