

# Anwendungen von eingeklebten Lochblechen unter statischen sowie ermüdenden Einwirkungen

Applications of glued perforated plates to resist static and fatigue loads

Utilisation de plaques perforées collées soumises à des contraintes statiques ainsi qu'à des sollicitations générant une fatigue

Hochschule **RheinMain**  
University of Applied Sciences  
Fachbereich Architektur und Bauingenieurwesen  
Institut für Baustoffe und Konstruktion  
MPA Wiesbaden & Labor für Holzbau  
DE-Wiesbaden



Prof. Dr. L. Bathon



Dipl.-Ing. O. Bletz-Mühldorfer



M. Eng. F. Diehl



M. Eng. J. Schmidt



B. Eng. A. Wagner



Dipl.-Ing.(FH) M. Weil



# Anwendungen von eingeklebten Lochblechen unter statischen sowie ermüdenden Einwirkungen

## 1. Eingeklebte Lochbleche

Der moderne Ingenieurholzbau entwickelt sich stetig weiter. Durch die Entwicklung von neuen, leistungsfähigen Holzwerkstoffen wächst auch die Nachfrage nach effizienten Anschlussstechnologien. Holz-Stahl-Klebeverbindungen mit eingeklebten Lochblechen stellen eine solche innovative und leistungsstarke Möglichkeit zur Erzeugung eines Holzverbundquerschnittes oder einer Verbindung zwischen Holz- bzw. Holzwerkstoffquerschnitten dar.

Welches Potential Klebeverbindungen im Holzbau haben, ist bereits zu erkennen. Die DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 [1] regelt z.B. das Einkleben von stabförmigen Stahlteilen wie Gewindestangen oder Betonrippenstählen in Holz. Diese Technologie ist mittlerweile Stand der Technik und wird häufig bei Querszugverstärkungen eingesetzt.

In Holz eingeklebte Lochbleche werden bereits seit mehreren Jahren am Institut für Baustoffe und Konstruktion der Hochschule RheinMain untersucht und sollen die Möglichkeiten der Klebtechnologie erweitern. Es wurden dabei Lochbleche mit unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich Materialart, Lochdurchmesser, Lochabstand, Lochanteil und Lochblechdicke eingesetzt. Eine hohe Ästhetik wird dadurch erreicht, dass die Bleche von außen nicht sichtbar sind, da sie im Inneren des Holzes angeordnet und mit Klebstoff umschlossen werden.

Bisherige Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass das Holz-Stahl-Klebeverbindingssystem (HSK-System) sehr hohe Tragfähigkeiten und sehr hohe Steifigkeiten bei gleichzeitiger Duktilität im Versagensfall aufweist. Bei diesem HSK-System werden Lochbleche mit exakt definierten Eigenschaften und ein darauf abgestimmter Klebstoff verwendet. Eingeklebte HSK-Lochbleche als Verbindungsmittel im Holzbau durchlaufen bereits seit 2008 ein bauaufsichtliches Zulassungsverfahren in Deutschland (abZ Z-9.1-770, siehe [2]).

Entsprechend der DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 [1] muss bei Holz-Stahl-Klebeverbindungen ein entsprechender Nachweis für jedes verwendete Material geführt werden. Im entwickelten Bemessungskonzept werden die Nachweise von Holz und Stahl nach den bekannten Bemessungsregeln geführt, während für den Klebstoff ein neues Bemessungskonzept entwickelt wurde.

Der Bemessungsansatz geht davon aus, dass sich innerhalb der Lochungen des Stahlblechs sogenannte Klebstoffdübel ausbilden. Nach dem Aushärten des zweikomponentigen Klebstoffs entsteht eine mechanische Verzahnung zwischen Klebstoff und Blech, während die Verbindung zwischen Klebstoff und Holz über Adhäsion stattfindet. Der Entwurf der Zulassung abZ Z-9.1-770 [2] gibt Werte für die Tragfähigkeiten und die Steifigkeit bezogen auf einen Klebstoffdübel an.

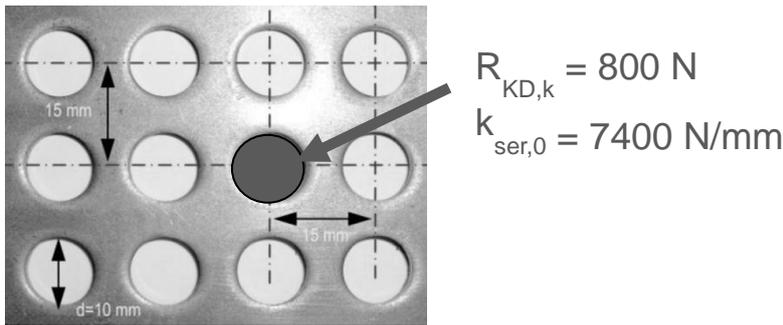
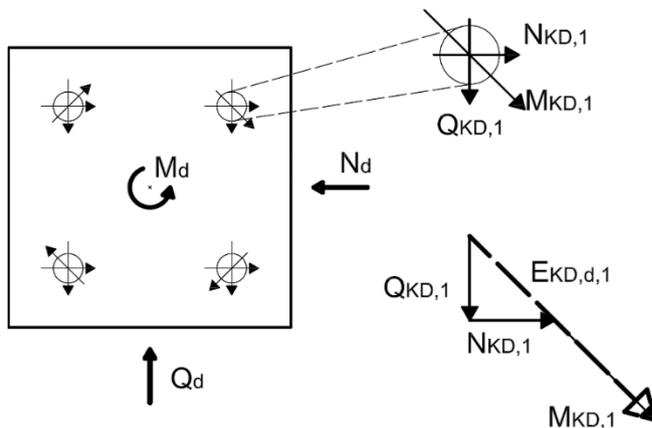


Abbildung 1: Bemessungsmodell mit Angabe der Systemkennwerte für einen Klebstoffdübel [2]

Zum Nachweis der Tragfähigkeit des Klebstoffdübels wird die Belastung je Klebstoffdübel  $E_{KD,d}$  mit dem Widerstand je Klebstoffdübel  $R_{KD,d}$  verglichen. Dabei werden die Bemessungswerte der angreifenden Querkraft  $Q_d$  und Normalkraft  $N_d$  gleichmäßig auf die Anzahl der Klebstoffdübel  $n$  aufgeteilt. Der Bemessungswert des angreifenden Drehmomentes  $M_d$  teilt sich in Abhängigkeit des polaren Trägheitsmomentes  $I_p$  und des maximalen Abstandes zwischen Klebstoffdübel und Anschlusschwerpunkt  $r_{max}$  auf:



$$\begin{aligned} N_{KD,1} &= N_d/n \\ Q_{KD,1} &= Q_d/n \\ M_{KD,1} &= M_d/I_p \cdot r_{max} \\ E_{KD,d,1} &= (N_{KD,1}^2 + Q_{KD,1}^2)^{1/2} + M_{KD,1} \end{aligned}$$

Der Bemessungswert des Widerstandes je Klebstoffdübel berechnet sich wie folgt:

$$R_{KD,d} = k_{mod} \cdot R_{KD,k} / \gamma_M$$

Der Nachweis der Tragfähigkeit des Klebstoffes ist erfüllt, wenn der Ausnutzungsgrad  $\eta \leq 1,0$  ist.

$$\eta = E_{KD,d,1} / R_{KD,d} \leq 1,0$$

Abbildung 2: Theoretische Aufteilung der Belastung auf die Klebstoffdübel

Um eine hohe Sicherheit zu gewährleisten und duktile Verbindungen herzustellen, sollten Verbindungen so ausgelegt werden, dass die Tragfähigkeit des Stahls maßgebend wird. Dies ist dann erreicht, wenn der Ausnutzungsgrad des Stahlbleches größer ist als der von Holz und Klebstoff.

## 2. Montagestoß von Biegeträgern

Immer wieder stellen lange Brettschichtholzträger für große Hallentragwerke eine Herausforderung beim Transport und beim Handling auf der Baustelle dar. Aus diesem Grund gibt es immer wieder das Bestreben Montagestoße herzustellen. Um das Potential von eingeklebten Lochblechen für diese Anwendung zu verifizieren, wurde im Labor für Holzbau an der Hochschule RheinMain ein Versuch an einem Biegeträger durchgeführt.

Bei dem getesteten Prüfkörper handelt es sich um einen Biegeträger aus Brettschichtholz der Festigkeitsklasse GL24h mit einer Spannweite von 6,88 Metern, einer Höhe von 80 cm und einer Breite von 16 cm.

Der Träger wurde aus zwei Trägerhälften von jeweils ca. 4 Metern Länge hergestellt, die mittels eingeklebter Lochbleche in der Mitte miteinander verbunden wurden. Dazu wurden in jede Trägerhälfte vier 4 mm breite Sägeschlitzte über die gesamte Trägerhöhe eingebuchtet. In diese Schlitzte war jeweils ein HSK-Blech eingesteckt worden, bevor die Trägerhälften zusammengeführt wurden. Anschließend konnte der Klebstoff in den Sägeschlitz injiziert werden. Nach dem Aushärten lag nun ein etwa 8 Meter langer Träger vor.

Der Träger wurde aus zwei Trägerhälften von jeweils ca. 4 Metern Länge hergestellt, die mittels eingeklebter Lochbleche in der Mitte miteinander verbunden wurden. Dazu wurden in jede Trägerhälfte vier 4 mm breite Sägeschlitze über die gesamte Trägerhöhe eingebracht. In diese Schlitze war jeweils ein HSK-Blech eingesteckt worden, bevor die Trägerhälften zusammengeführt wurden. Anschließend konnte der Klebstoff in den Sägeschlitz injiziert werden. Nach dem Aushärten lag nun ein etwa 8 Meter langer Träger vor.



Abbildung 3: Biegeträger mit Vollstoß im Versuchsstand

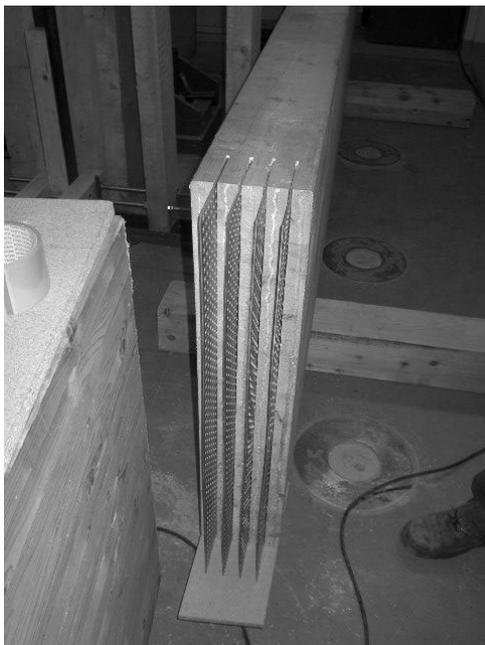


Abbildung 4: Trägerhälfte mit 4 eingesteckten Lochblechen

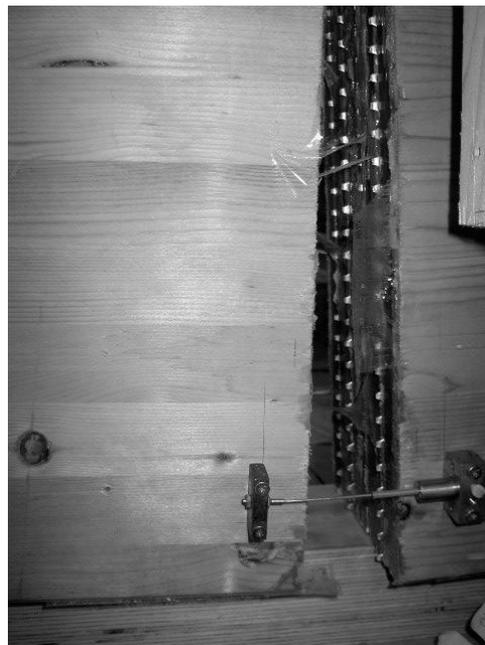


Abbildung 5: Stahlversagen der Verbindung im 4-Punkt-Biegeversuch

Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, kam es bei dem 4-Punkt-Biegeversuch zu einem Stahlversagen. Das Bruchlastniveau lag dabei bei 224,2 kN bei einer Durchbiegung des Trägers in Feldmitte von ca. 22 mm. Durch den Versuch konnte das vorhandene Potential von eingeklebten Lochblechen bei der Anfertigung von Montagestößen dargestellt werden.

### 3. Biegesteife Rahmenecken

Mit Hilfe der neuen Holz-Stahl-Klebertechnologie wurden verschiedene Ansätze entwickelt, bei denen Lochbleche an andere Stahlteile angeschweißt wurden. Solche Stahlformteile wurden beispielsweise in Versuchen an biegesteifen Rahmenecken untersucht. Insgesamt wurden in den letzten Jahren an der Hochschule RheinMain rund 15 Großversuche zu Rahmenecken durchgeführt ([3], [4]).



Holzindustrie GmbH & Co. KG entschloss sich also, diese neuartige Bauweise erstmals in Deutschland einzusetzen. Die Stahlteile wurden durch hölzerne Überdeckungen vor einer direkten Brandbeanspruchung geschützt, sodass für die Dreigelenkrahmen des Hallen-tragwerks die Feuerwiderstandsklasse F30B erreicht werden konnte. Die zuständige Bau-aufsichtsbehörde in Weimar erteilte dazu eine Zustimmung im Einzelfall.



Abbildung 11: Rahmenecke mit einer Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten [5]

#### 4. Leistungsstarke Fachwerkträger

Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet von eingeklebten Lochblechen sind leistungsfähige Fachwerkkonstruktionen. In einem Forschungsvorhaben, das mit Mitteln des Bundes-ministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 17079 X 10 gefördert wurde, wurden solche Konstruktionen eingehend untersucht [6].

Das FuE-Vorhaben wurde in einem Verbund erbracht, bestehend aus der Hochschule RheinMain (Labor für Holzbau mit Einbindung des Fachbereichs Ingenieurwissen-schaften), der Universität Stuttgart, Institut für Leichtbau Entwerfen Konstruktion [7] sowie mehreren Unternehmen (Fa. Holzbau Gröber GmbH [8], Fa. Pollmann & Sohn GmbH & Co. KG [9], Fa. Purbond AG [10], Fa. Ulrich Lübbert Warenhandel GmbH & Co. KG [11], Fa. Ticomtec GmbH [5]).

In dem Projekt wurde eine Vielzahl von kleinformatischen Prüfkörpern getestet, um ver-schiedene Variationen der einzusetzenden Klebetechnologie zu untersuchen und diese zu optimieren. Letztlich flossen die gewonnenen Erkenntnisse in die Entwicklung und Herstellung von ca. 11 m spannenden Fachwerkträgern ein. Es wurden dabei zwei unter-schiedliche Trägertypen entworfen. Während bei Typ 1 Vertikalen und Zugdiagonalen zum Einsatz kamen (Abbildung 15), wurde beim Typ 2 ein System mit Zug- und Druck-diagonalen verwendet (Abbildung 17). Es wurden insgesamt 14 Prüfkörper hergestellt.

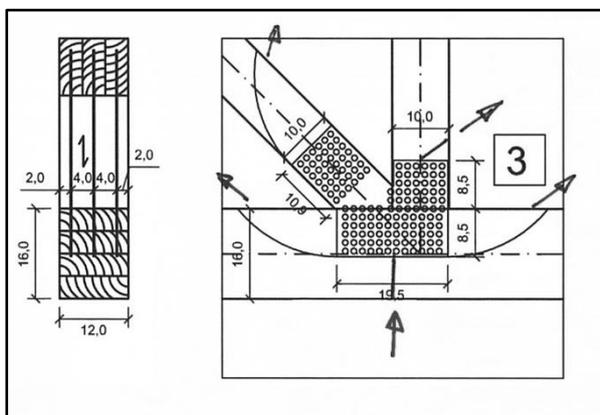


Abbildung 12: Injektionsplan eines Knotenpunktes



Abbildung 13: Injektion des Klebstoffs

Die Fachwerkträger wurden in Bauteilversuchen unter Normalklima in 4-Punkt-Biegeversuchen in Anlehnung an DIN EN 408:2010-12 geprüft. Zur Lasteinleitung wurde ein Stahlträger HE-B 300 verwendet. Die Querschnittsabmessungen betragen bei den

Ober- und Untergurten  $b/h = 12 \text{ cm}/16 \text{ cm}$  und bei den Füllstäben  $b/h = 12 \text{ cm}/10 \text{ cm}$ . Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 14 dargestellt.

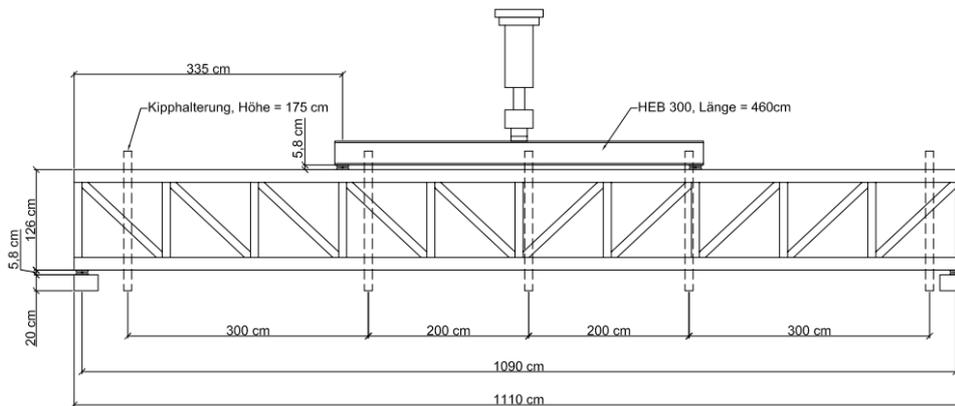


Abbildung 14: Versuchsaufbau der Bauteilversuche

Die Versuchsergebnisse waren insgesamt äußerst vielversprechend. Es konnte ein nahezu „starres“ Systemverhalten im Bereich der Knotenpunkte erreicht werden. Gleichzeitig ergab sich die gewünschte Duktilität im Versagensfall, d.h. die Lochbleche begannen zu fließen, ehe es zum globalen Versagen der Prüfkörper kam. Die Biegesteifigkeit der untersuchten Fachwerkträger lag im linearen Traglastbereich im Mittel bei ca.  $1,3 \times 10^9 \text{ kNcm}^2$  und damit in der Größenordnung eines Stahlprofils HE-A 450 bzw. eines massiven BSH-Querschnitts GL24h mit Querschnittsabmessungen  $b/h = 12 \text{ cm}/104 \text{ cm}$ . Der Vergleich zwischen den errechneten Verformungen aus dem Stabwerksmodellen und den gemessenen Verformungen aus den Versuchen zeigte zudem eine gute Übereinstimmung. Die minimale Bruchlast der Prüfkörper lag bei 226,7 kN, die maximale bei 279,2 kN.



Abbildung 15: Fachwerkträger (Typ1) beim Versuchsaufbau



Abbildung 16: Fachwerkträger (Typ 1) nach dem Versagen

Im Anschluss an die Bauteilversuche erfolgte der Aufbau eines Versuchsstandes auf dem Gelände der Hochschule RheinMain, an welchem ein Monitoring der Holz-Metall-Klebeverbindung durchgeführt wird. Die beiden untersuchten Träger entsprechen dem Trägertyp 2, welcher bereits in den Bauteilversuchen getestet wurde, und haben jeweils eine Gesamtlänge von 11,10 m und eine Höhe von 1,26 m. Die Dachabdichtung erfolgt mittels bituminösen Dachbahnen. Zur Belastung wurden Wassertanks an die Sparren des Versuchsstandes gehängt.



Abbildung 17: Dauerstandsversuch auf dem Gelände der Hochschule RheinMain

Die beiden Fachwerkträger sind über Sparren und vier vertikale Aussteifungsscheiben miteinander verbunden. Zum Wetterschutz und zur räumlichen Aussteifung dient die Dachscheibe, welche auf die Sparren aufgeschraubt wurde. Durch die zehn an die Sparren angehängten Wassertanks, die mit jeweils 1000 Litern Wasser gefüllt wurden, und das Eigengewicht des Versuchsaufbaus wird eine Gleichstreckenlast von umgerechnet 5 kN/m je Träger aufgebracht.

Seit dem Aufstellen des Versuchsstandes im April 2014 werden die Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur kontinuierlich aufgezeichnet. Da sich die Träger seit dieser Zeit in der Trockenphase befinden, sank die Holzfeuchte aller Stäbe. Die maximale Differenz seit dem Aufstellen des Versuchsstandes beträgt 6,7 %. Die Durchbiegung in Feldmitte nahm im betrachteten Zeitraum um 6 mm zu. Aus den bisher aufgenommenen Messwerten ist noch kein abschließender Einfluss der Dauerlast auf die Tragfähigkeit oder Steifigkeit der Träger zu erkennen.

## 5. Freitragende Treppe



Abbildung 18: Rendering der „Flying Stairs“ [12]



Abbildung 19: Foto der fertigen Treppe [12]

Ein ganz besonderer Anwendungsfall für eingeklebte Lochbleche wurde durch die Architekten des Earth System Science Buildings geschaffen. In dem fünfgeschossigen Labor- und Bürogebäude an der University of British Columbia im Vancouver sollte die Vision einer freitragenden Treppe in Holzbauweise umgesetzt werden. Sie planten dieses architektonische Highlight bewusst in einigem Abstand zu den Aufzügen ein, um eine rege Nutzung der Treppe anzutreiben. Die Außentreppe sollte zu einem beliebten Treffpunkt werden.

Die Tragwerksplaner der Equilibrium Consulting Inc. sahen sich nun mit der Herausforderung konfrontiert, eine biegesteife, abgewinkelte Holzplatte herstellen zu müssen. Die freitragenden Treppenelemente werden bei dieser Konstruktion nur an den An- und Austritten der Treppen in die Holz-Beton-Verbunddecken eingespannt und müssen dabei als torsionssteife Kragarme wirken. Die verwendeten Verbindungsmittel mussten in der Lage sein, hohe Scherkräfte aufnehmen zu können und eine hohe Steifigkeit zu gewährleisten, um die Verformungen und Schwingungen angemessen zu begrenzen.

Letztendlich entschieden sich die Verantwortlichen, vorgefertigte, liegende Brettschichtholzelemente einzusetzen, die mit eingeklebten Lochblechen auf der Baustelle zusammengefügt wurden. Die Lochbleche wurden dabei bereits im Werk auf der einen Seite eingeklebt (Abbildung ). Durch ein Höchstmaß an Maß- und Passgenauigkeit, die mit Hilfe von CNC-Technik erreicht werden konnte, war eine reibungslose Montage der massiven Holzelemente auf der Baustelle realisierbar (Abbildung , Abbildung ). So wurde die eindrucksvolle Treppenkonstruktion auch zu einem technischen Highlight.



Abbildung 20: Vorgefertigte Treppenelemente [12]

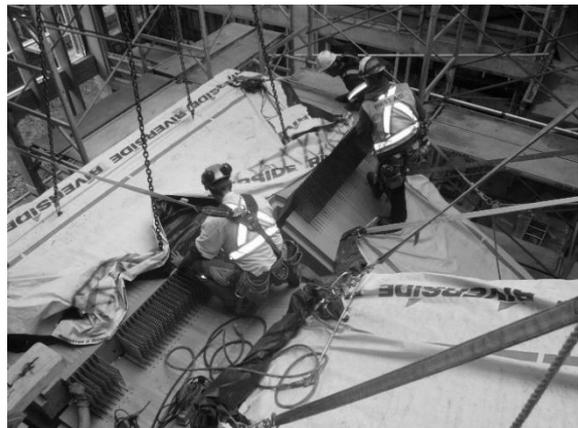


Abbildung 21: Montage des Podests mit den herausstehenden HSK-Lochblechen [12]



Abbildung 22: Verklebevorgang auf der Baustelle [12]



Abbildung 23: Freitragende Treppe ohne seitliche Verbindung zum Gebäude [12]

## 6. Türme von Windenergieanlagen

Moderne Holzbaustoffe und innovative Verbindungsmittelkonzepte ermöglichen auch die Erschließung von neuen Märkten. Dies wurde durch den Bau der ersten Windenergie Anlage mit Holzturm eindrucksvoll bewiesen. Im Wesentlichen konkurrieren vier unterschiedliche Konstruktionskonzepte für Türme von Windkraftanlagen: Stahltürme, Gittertürme, Betontürme und Hybridtürme aus Stahlbeton und Stahl. Da mit zunehmender Höhe von Windenergieanlagen deren Effizienz steigt, wird momentan nach alternativen Turmkonzepten gesucht wird.

Die Ingenieure der Timber Tower GmbH entwickelten den bereits umgesetzten Lösungsansatz, um durch bessere Transportbedingungen, ein geringeres Eigengewicht, eine bessere Ökobilanz und wirtschaftliche Vorteile einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Das Ziel der Entwickler war es, ein Turmkonzept zu gestalten, das den Bau von Windenergieanlagen mit Nabenhöhen von bis zu 160 Metern Höhe aus dem natürlichen und nachwachsenden Rohstoff Holz ermöglicht.



Abbildung 24:  
Modell des Horizontal-Stoßes



Abbildung 19: Montage der  
Plattenelemente mit Fixierung am  
Lehrgerüst [13]



Bild 20: Erste Windenergieanlage  
der Megawatt-Klasse mit Holzturm  
[13]

Der in Hannover-Marienwerder errichtete Turm besteht aus ca. 15 Meter langen Brettsperrholzelementen, die in Containern verpackt und ohne Schwerlasttransporte an ihren Bestimmungsort gebracht werden können. Aus den einzelnen Brettsperrholzplatten entsteht auf der Baustelle ein achteckiger geschlossener Hohlkörper, der die nötige Steifigkeit aufweist, um die ca. 100 Tonnen schwere und 1,5 Megawatt starke Windenergieanlage der Firma Vensys sicher zu tragen. Eine ingenieurtechnische Herausforderung stellt dabei die Verbindungstechnologie dar, die in den horizontalen Stoßfugen zwischen den einzelnen Plattenelementen benötigt wird und den statischen und ermüdungsrelevanten Beanspruchungen gerecht werden muss. Durch die auftretenden Windlasten wird das schwingungsanfällige Bauwerk angeregt, wodurch die Verbindungsmittel zyklisch belastet werden. Um eine geeignete Verbindung realisieren zu können, wurde die MPA Wiesbaden mit der Durchführung von Traglast- und Ermüdungsversuchen beauftragt. Im Zuge dessen wurden Lochbleche mit speziellen Geometrien entwickelt, die auf die verwendeten Brettsperrholzplatten und die auftretenden Beanspruchungen abgestimmt wurden (Bild 24).

Die Anlage mit einer Nabenhöhe von 100 Metern mit ihrem ca. 200 Tonnen leichten Holzturm konnte im Dezember 2012 in Betrieb genommen werden. Die Entwickler gehen dabei von einem Gewichtersparnis von rund 100 Tonnen gegenüber anderen Turmkonzepten aus. Der Durchmesser des achteckigen, prismatischen Querschnittes beträgt am Turmfuß ca. 7 m und verjüngt sich bis auf einen Durchmesser am Turmkopf von rund 2,4 m. ü. M. eine mindestens 20-jährige Nutzungsdauer gewährleisten zu können, wurden das Holz außenseitig mit einer aufgeklebten Oberflächenbeschichtung versehen.

Ein Alleinstellungsmerkmal von hölzernen Windkraftanlagen stellt die Nachhaltigkeit dar. Der Einsatz eines Holzturms spart bei einer Turmhöhe von 100 Metern nach Berechnungen der Turmplaner rund 300 Tonnen Stahlblech ein, für dessen Herstellung enorm viel Energie benötigt und klimaschädliches CO<sub>2</sub> freigesetzt wird. Ein Holzturm mit einer Nabenhöhe von 100 m besteht dagegen aus ca. 500 m<sup>3</sup> Fichtenbrettsperholz und bindet damit ca. 350 Tonnen CO<sub>2</sub>.

## 7. Deckensystem mit eingeklebten Lochblechen

In der Innenstadt von Prince George in British Columbia (CA) befindet sich seit Frühling 2013 das Wood Innovation and Design Centre (WIDC) in der Bauphase. Es umfasst auf einer Höhe von 29,5 Metern sechs Geschosse, ein Zwischengeschoss und eine siebte Ebene für technische Anlagen. Auf einer Geschossfläche von etwa 4800 m<sup>2</sup> bietet das Gebäude Platz für Büroräume, Vorführungen und das wissenschaftliche Programm der University of Northern British Columbia (UNBC).



Abbildung 21: Wood Innovation and Design Centre [14]

Entworfen wurde das Gebäude in Zusammenarbeit von Michael Green Architects mit den Tragwerksplanern der Equilibrium Consulting Inc. Die Bauausführung wurde von PCL Constructors übernommen. Vorwiegend dient der schöne und nachhaltige Baustoff Holz als Material für die Konstruktion des Mehrgeschossers. Das Gebäude zeigt die Vielfältigkeit und das Potential auf, welche durch hochwertige und innovative Holzprodukte ermöglicht werden und auch für hohe Bauwerke anwendbar sind.

British Columbia ist stark von der kanadischen Forstindustrie geprägt, weshalb Gemeinden wie Prince George von dieser abhängig sind. Aus diesem Grund fördert die Politik in British Columbia mit ihrer „Wood First Initiative“ [15] Holzbauten wie das Wood Innovation and Design Centre. Es soll ein Vorzeigeprojekt für die innovative Verwendung von Holz sein.

Auch die zukünftige Nutzung des Gebäudes, für welches 25,1 Mio. Kanadische Dollar investiert wurden, soll die Zukunftsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit der Holzindustrie fördern.

Das geplante Studienprogramm der UNBC beinhaltet einen Master of Engineering für „Ganzheitliches Entwerfen in Holz“. Hier sollen Studenten an die Forschung an zukünftigen Holzprodukten und Holzkonstruktionen herangeführt werden, um den Lebensraum der Zukunft gesund und nachhaltig gestaltet zu können.



Abbildung 22: Das WIDC in der Bauphase [12]

Die Konstruktion des Gebäudes besteht aus Brettsperrholz Decken-Paneeelen, Brett-schichtholzträgern und -stützen und einem aussteifenden Kern aus massiven Wand-elementen (Abbildung 22). Diese leicht reproduzierbare Bauweise soll viele weitere Archi-tekten, Ingenieure und private Bauunternehmer den Wert der Holzmassivbauweise als Alternative zu Stahl und Beton erkennen lassen.



Abbildung 23: Deckensystem mit Hohlräumen für Installationen [12]

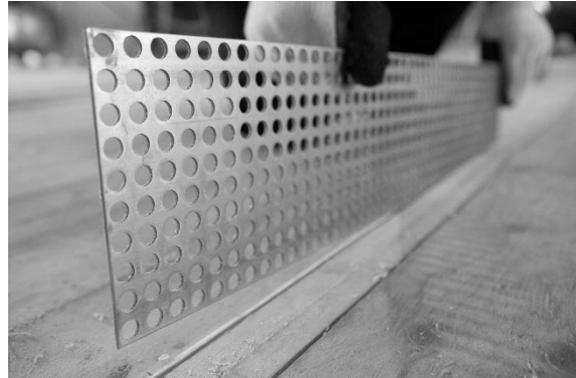


Abbildung 24: Einsatz von eingeklebten Lochblechen als Verbindungsmittel in den Decken [12]

Als Deckensystem wurde eine neue Konstruktionsweise entwickelt, bei der zunächst Brettsperrholz-Elemente in einem definierten Abstand auf das primäre Tragwerk aus Brett-schichtholz aufgelegt und mit diesen verbunden werden. Im Anschluss wird eine zweite Lage aus Brettsperrholz-Elementen so aufgelegt, dass sich eine Überlappung der Elemente ergibt. Innerhalb dieser Überlappung werden die Brettsperrholz-Elemente mit eingeklebten Lochblechen miteinander verbunden. So entstehen Decken mit großer stati-scher Höhe in deren Hohlräumen Leitungen für Strom und die Konditionierung des Ge-bäudes untergebracht werden können.



Abbildung 25: Einschleiben der Verbinders von der Oberseite [12]



Abbildung 26: Brettsperrholz-Decken-Paneele auf einem Ske-lett aus Brett-schichtholz [16]



Abbildung 27: Deckensystem mit installierter Technik und Holzver-blendung [12]

## 8. Literatur

- [1] DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, „Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau“, DIN Deutsches Institut für Normung, 2013
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik: „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-9.1-770, Holz-Stahl-Klebeverbindingssystem (HSK-System) mit eingeklebten HSK-Verbindern“, im Entwurf
- [3] Bathon, L.; Bletz, O.; Schmidt, J.: „Untersuchungsbericht zum Holz-Stahl-Klebeverbindingssystem mit eingeklebten Lochblechen“, Fachhochschule Wiesbaden, HolzbauLabor, 2006
- [4] Diehl, F.: „Tragfähigkeitsuntersuchung von geklebten Rahmenecken“, Bachelorthesis an der Hochschule RheinMain, Institut für Baustoffe und Konstruktion, Labor für Holzbau, 2009
- [5] TiComTec GmbH; [http://www.ticomtec.de/hsk/ref\\_schwerstedt.htm](http://www.ticomtec.de/hsk/ref_schwerstedt.htm)
- [6] Bathon, L.; Bletz, O.; Schmidt, J.; Weil, M.; Diehl, F.; Wagner, A.: „Entwicklung von leistungsstarken Fachwerkstrukturen aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz unter Verwendung innovativer Holz-Metall-Klebeverbindungen“, Schlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben 17079X10, 2014
- [7] Universität Stuttgart, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren; <http://www.uni-stuttgart.de/ilek/>
- [8] Holzbau Gröber GmbH; [www.groeber.de](http://www.groeber.de)
- [9] Pollmann & Sohn GmbH & Co.KG Baubeschläge; <http://www.pollmann.de/>
- [10] Purbond AG; <http://www.purbond.com/>
- [11] Ulrich Lübbert Warenhandel GmbH & Co. KG; <http://www.holzleime.de>
- [12] Equilibrium Consulting Inc.; [www.eqcanada.com](http://www.eqcanada.com)
- [13] Timber Tower GmbH; [www.timbertower.de](http://www.timbertower.de)
- [14] University of Northern British Columbia; <http://www.unbc.ca/engineering/wood-innovation-and-design-centre>
- [15] Wood First Programm; [www.woodfirstbc.ca/projects/wood-innovation-and-design-centre](http://www.woodfirstbc.ca/projects/wood-innovation-and-design-centre)
- [16] Michael Green Architecture; <http://mg-architecture.ca/work/wood-innovation-design-center/>