

zuschnitt 81

Knoten und Verbindungen

Bauen mit Holz heißt Verbindungen schaffen. In diesem Zuschnitt zeigen wir, auf welche vielfältige und teils unerwartete Weise sich Holz fügen lässt und warum Knoten mehr sind als der bloße Zusammenschluss einzelner Teile.



Inhalt

Zuschnitt 81.2021

SEITE 3
Editorial
Text Christina Simmel
SEITE 4
Essay
Knoten
Text Ákos Moravánszky

Themenschwerpunkt
SEITE 6
Eine Art Gitterschale
Macallan Whisky Distillery
in Speyside
Text Oliver Lowenstein
SEITE 7 – 8
**Eine kurze Geschichte der
Verbindungen** Von ersten
Holzverbindungen und
hochfesten Knoten
Text Udo Thönnissen



Zuschnitt 82.2021 Holz macht Stadt erscheint im September 2021

Holz hat in den letzten Jahren einen rasanten Aufschwung als ressourcenschonender und nachhaltiger Baustoff erlebt. Vor allem sein Einsatz in den Städten gewinnt zunehmend an Bedeutung. Holzbauten haben nicht nur den Vorteil, rasch und mit geringer Lärmbelastung errichtet werden zu können, sie wirken auch als Kohlenstoffspeicher und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz. Technische Innovationen, geänderte Baugesetze und Anpassungen in Sachen Brandschutz haben den Weg für mehrgeschossige Bauten komplett aus Holz geebnet. Sogar Hochhäuser aus Holz entstehen. Im nächsten Zuschnitt zeigen wir: Nachhaltige Städte bauen auf Holz!

Titelbild

Fachwerk des Wissens-
pavillons in Frankfurt am
Main, Chris Kister BFF
Zuschnitt
ISSN 1608-9642
Zuschnitt 81
ISBN 978-3-902926-41-8

www.zuschnitt.at

Zuschnitt erscheint viertel-
jährlich, Auflage 11.500 Stk.
Einzelheft EURO 8
Preis inkl. USt., exkl. Versand

Impressum

Medieninhaber und
Herausgeber
proHolz Austria
Arbeitsgemeinschaft der
österreichischen Holzwirt-
schaft zur Förderung der
Anwendung von Holz
Obmann Richard Stralz
Geschäftsführer
Georg Binder
Projektleitung Zuschnitt
Kurt Zweifel
A-1030 Wien
Am Heumarkt 12
T +43 (0)1/712 04 74
info@proholz.at
www.proholz.at

Copyright 2021 bei proHolz
Austria und den AutorInnen
Die Zeitschrift und alle in
ihr enthaltenen Beiträge
und Abbildungen sind
urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwendung außerhalb
der Grenzen des Urheber-
rechts ist ohne Zustimmung
des Herausgebers unzulässig
und strafbar. In Bayern
erscheint der Zuschnitt in
Kooperation mit proHolz
Bayern.

Offenlegung nach § 25
Mediengesetz
Arbeitsgemeinschaft der
österreichischen Holzwirt-
schaft nach Wirtschafts-
kammergesetz (WKG § 16)

Ordentliche Mitglieder
Fachverband der Holz-
industrie Österreichs
Bundesgremium des Holz-
und Baustoffhandels

Fördernde Mitglieder
Präsidentenkonferenz der
Landwirtschaftskammern
Österreichs
Bundesinnung der Zimmer-
meister, der Tischler und
andere Interessenverbände
der Holzwirtschaft

Editorialboard
Reinhard Gassner, Schllins
Konrad Merz, Dornbirn
Sylvia Polleres, Wien
Arno Ritter, Innsbruck
Dietger Wissounig, Graz
Stefan Zöllig, Thun

Redaktionsteam
Christina Simmel (Leitung)
Linda Lackner
(Assistenz)
Kurt Zweifel
redaktion@zuschnitt.at

Lektorat
Esther Pirchner, Innsbruck
Gestaltung
Atelier Andrea Gassner,
Feldkirch; Reinhard Gassner,
Marcel Bachmann

Druck
Print Alliance, Bad Vöslau
gesetzt in Foundry Journal
auf GardaPat 13 Kiara

Bestellung/Aboverwaltung
proHolz Austria
info@proholz.at
T +43 (0)1/712 04 74
shop.proholz.at

Fotografien und Grafiken
Chris Kister BFF s. 1
Stefan Müller s. 2
Ekaterina Nozhova s. 5
Mark Power/Magnum Photos
s. 6 o.
WIEHAG GmbH s. 6 u.
Bildarchiv Rainer Graefe s. 7 li.
Material Hub ETH Zürich s. 7 re., 8
Jong-Oh Kim s. 9 o.
Design-to-Production s. 9 u.
Meili, Peter & Partner Archi-
tekten s. 10, 11 o.
Karin Gauch und Fabien
Schwartz s. 11 u.
Shigeru Ban Architects s. 12, 13 u.
Michael Moran s. 13 o.
Hascher Jehle Architektur s. 16 o.
Svenja Bockhop s. 16 u.
ICD Universität Stuttgart s. 17 o.
Ilka Kramer s. 17 u.
DTC TU Kaiserslautern s. 18
Geometria Architecture Ltd
s. 19 o. li., 19 u.
Katja Efftig s. 19 o. re.
HK Architekten s. 22, 23 u.
Marc Lins s. 23 o.
Erne AG Holzbau s. 24
Pietro Maria Romagnoli s. 25
Daniel Shearing s. 26 – 27
André Morin s. 28



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt
stammt aus
nachhaltig
bewirtschafteten
Wäldern und
kontrollierten Quellen

www.pefc.at

SEITE 9
CNC-Fertigung im Holzbau
Von der Renaissance tradi-
tioneller Holzkonstruktionen
und Verbindungen
Text Simone Jeska
SEITE 10 – 11
**Verknüpfung von Ästhetik,
Technik und Statik** Firmensitz
der Max Felchlin AG
Text Clementine Hegner-van
Rooden

SEITE 12 – 13
**Ein ornamentales Dachtrag-
werk aus Holz** Aspen Art
Museum in Colorado
Text Mecky Reuss
SEITE 14 – 15
Nachgefragt bei Hermann
Blumer, Kurt Pock und
Fabian Scheurer
Text Christina Simmel
SEITE 16
Weit gespannt mit Holz
Messehalle 11 in Frankfurt
Text Khaled Saleh Pascha

SEITE 17 – 18
Forschung und Entwicklung
SEITE 19
**Ein Schwalbenei in Zollinger-
bauweise** Vogelobservatorium
Tij in Süd-Holland
Text Christina Simmel
SEITE 20 – 21
**Moderne Holzverbindungen
und hochbeanspruchte
Verbindungen** Aktuelle Tech-
nologien und Methoden
Text Robert Jockwer
Literatur

SEITE 22 – 23
Verbindungen mit Tragweite
SWG-Produktionshalle in
Waldenburg
Text Susanne Jacob-Freitag
SEITE 24 – 25
Seitenware
Die Grapevine Structure
von Konrad Wachsmann –
ein Konzept im Realitätstest
Text Marianne Burkhalter,
Christian Sumi

SEITE 26 – 27
Wald – Holz – Klima
Die Österreichische Holz-
initiative – mehr Holzbau
für Klima und Wald
Text Christina Simmel
SEITE 28
Holz(an)stoß
Henrique Oliveira
Text Stefan Tasch

Editorial

Christina Simmel

Nicht erst im modernen Holzbau spielen Knoten und Verbindungen eine wichtige Rolle, vielmehr zählt das Fügen einzelner Elemente zu den ältesten und größten Herausforderungen bei der Handhabung dieses natürlich gewachsenen Rohstoffs. Seit je ist auch die Verfügbarkeit von Werkzeugen und Verbindungsmitteln bestimmend für den Einsatz von Holz als Werkstoff, für das Bauen mit Holz. In der Entwicklung der Holzkonstruktionen – vom Verflechten von Stöcken und Zweigen bis zu den leistungsfähigen Verbindungssystemen des Ingenieurholzbaus – halten Knoten Konstruktionen zusammen und an ihrem Platz.

Die Fertigkeit des effizienten und leistungsfähigen Fügens einzelner Elemente zu einem statisch wirksamen Ganzen ist die Voraussetzung, um anspruchsvolle Tragstrukturen aus Holz realisieren zu können. Ob zimmermanns- oder ingenieurmäßig, traditionell oder innovativ: Die Art und Weise der Verbindung ist mitentscheidend für Dauerhaftigkeit, Wirtschaftlichkeit und Ästhetik. In diesem Zuschnitt finden sich Anwendungsbeispiele ebenso wie eine kurze Geschichte der Holzverbindungen oder ein Beitrag dazu, was die CNC-Technologie mit der Renaissance der zimmermannsmäßigen Verbindungen zu schaffen hat. Wir werfen einen Blick auf Meilensteine in der Entwicklung, auf aktuelle Technologien und Methoden und gehen der Frage nach, wo Potenziale für zukünftige Innovationen liegen. Vor allem aber wollen wir zeigen, warum Knoten und Verbindungen mehr sind als das bloße Gefüge einzelner Teile.

pro:Holz student TROPHY 22 Stadt weiterbauen

Mit der proHolz Student Trophy 2022 geht der Wettbewerb für Studierende zum Thema Bauen mit Holz in die nächste Runde. Dabei werden für drei ausgewählte Bauplätze in Wien, Berlin und München Ideen und Lösungen gesucht, die das Verdichtungspotenzial mit Holz im urbanen Raum aufzeigen. Zur Teilnahme eingeladen sind Studierende der Fachrichtungen Architektur und Bauingenieurwesen. Der Wettbewerb wird von proHolz Austria in Kooperation mit proHolz Bayern sowie den drei beteiligten Städten ausgelobt und ist mit einem Preisgeld von insgesamt 15.000,- Euro dotiert.

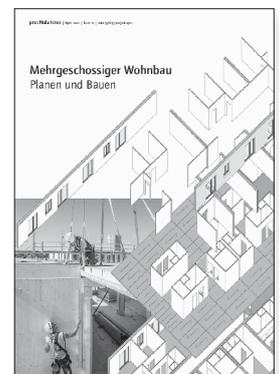
Weitere Infos: www.proholz-student-trophy.at

Kick-off: Mittwoch, 20. Oktober 2021, Technische Universität München
Einreichschluss: Donnerstag, 31. März 2022
Preisverleihung: Donnerstag, 19. Mai 2022, Technische Universität Wien

proHolz Fokus Mehrgeschossiger Wohnbau

Im mehrgeschossigen Wohnbau gewinnt das Bauen mit Holz zunehmend an Bedeutung. Schon seit einigen Jahren bietet proHolz eine neutrale Fachberatung zur Planung mehrgeschossiger Holzbauprojekte an. Mit dem neu erschienenen Leitfaden „Mehrgeschossiger Wohnbau“ liegt nun eine umfassende Informationsgrundlage vor, die Antworten auf typische Fragestellungen aus dem Planungsprozess gibt und Erfahrungswerte bereits ausgeführter Wohnbauten vermittelt. Damit wird eine Auswahl an Lösungswegen zur Umsetzung technisch erfolgreicher Projekte angeboten und gezeigt, wie Wohngebäude aus Holz einfach und wirtschaftlich errichtet werden können.

Erhältlich unter:
www.proholz.at/shop



wienwood 21 Holzbaupreis Wien – Preisverleihung

Am Donnerstag, 23. September 2021, prämiiert proHolz Austria bereits zum dritten Mal herausragende Holzbauten in der Bundeshauptstadt. Die Preisverleihung findet um 19 Uhr im Architekturzentrum Wien statt. Die Preise werden in den Kategorien Wohnbau, öffentliche Bauten, Gewerbebau und Innenausbau/Umbau/Sonstige vergeben. Einreichungen sind noch bis Donnerstag, 24. Juni 2021, möglich. Der Holzbaupreis wird von proHolz Austria in Kooperation mit der Stadt Wien und dem Architekturzentrum Wien vergeben und von der Wiener Städtischen Versicherung gesponsert.

www.wienwood.at

Essay Knoten

Ákos Moravánszky

Knoten ist ein schillernder Begriff. Das Wort weist auf eine spezifische Form, auf eine Verdickung hin, die sowohl organisch, durch eine Anhäufung von Zellen, als auch technisch, etwa durch die Verwicklung von Fäden, entstehen kann. Kinder müssen diese Technik früh lernen, wenn sie ihre Schuhe binden, und das Wissen vom Knoten bleibt in ihren Händen – die Führung durch die Augen wird bald nicht mehr gebraucht. Je leichter, instinktiver die Geste ausfällt, desto fester hält der Knoten. Die spezifische räumliche Gestik des Knotens ist nicht an ein bestimmtes Material gebunden: Feine Seidenfäden, dicke Seile oder Tücher können ebenso geknotet werden wie Stahlbänder oder Plastikschräuche, egal ob Hände oder Maschinen am Werk sind. Italo Calvino spricht vom Knoten als „Ergebnis sehr präziser Handgriffe in einer großen Zahl von Berufen, vom Seemann bis zum Chirurgen, vom Flickschuster bis zum Akrobaten, vom Alpinisten bis zur Schneiderin, vom Fischer bis zum Packer, vom Metzger bis zum Korbflechter, vom Teppichweber bis zum Klavierstimmer, [...] vom Henker bis zum Perlenkettenmacher. Die Kunst des Knotenknüpfens, Gipfel sowohl der geistigen Abstraktion wie der Fingerfertigkeit, könnte geradezu als das Hauptmerkmal des Menschen betrachtet werden, vielleicht noch mehr als die Sprache.“

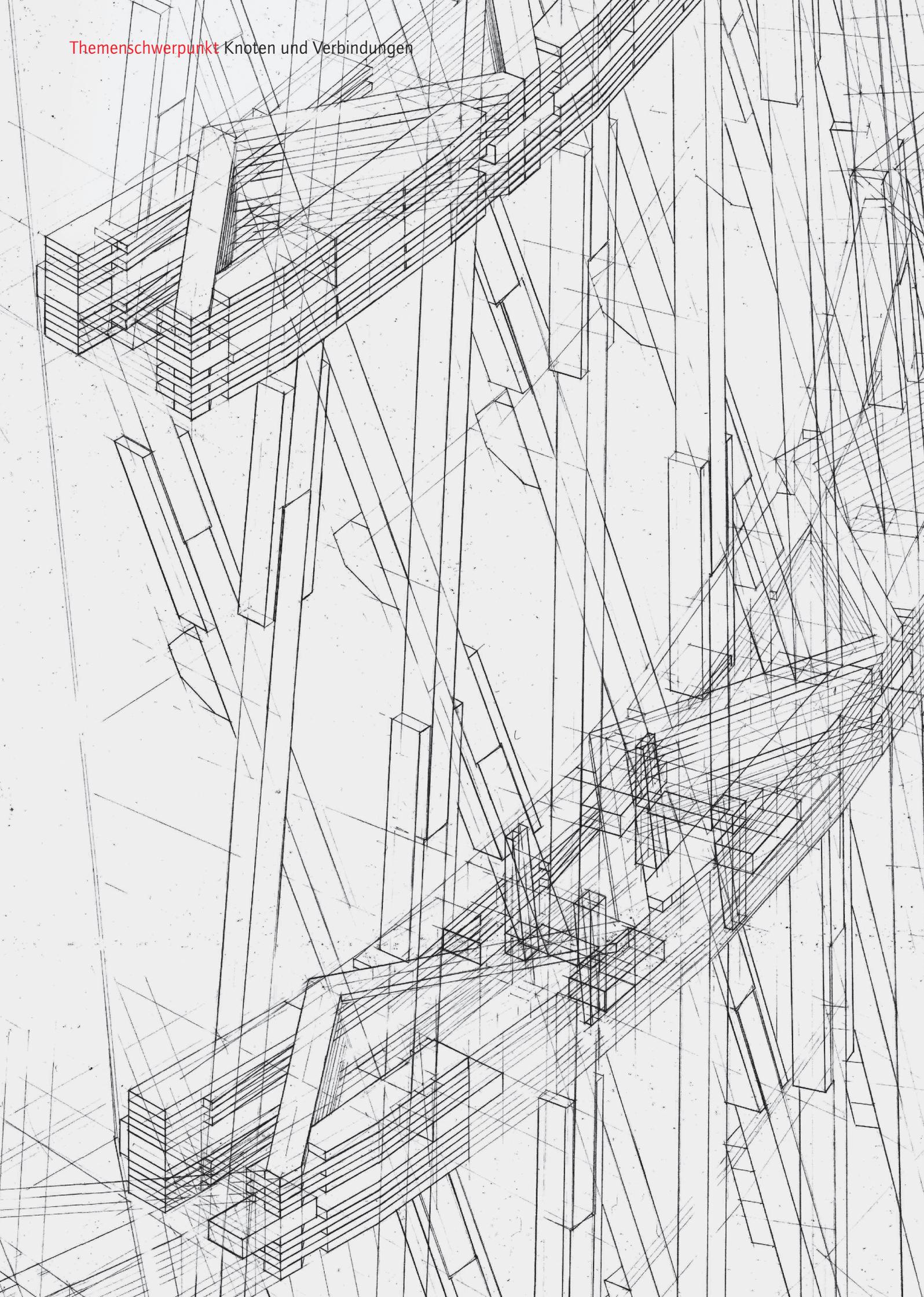
Der Form des Knotens schrieb man in der Antike eine magische Wirkung zu. In der minoischen Kultur war der Knoten Abbild der Macht zu binden und zu trennen. Im griechischen Mythos waren es die drei Schicksalsgöttinnen, die Moiren Klotho, Lachesis und Atropos, die den Lebensfaden des Menschen führen, knüpfen und schneiden. Diese Symbolik ist der Grund dafür, dass die Form des Knotens früh in Stein übertragen wurde. Geknotete Säulenpaare kommen in der byzantinischen und romanischen Architektur oft vor; in der portugiesischen Spätgotik wurde der Knoten zum beliebten Motiv des Manuelinischen Stils. Aber in der Architektur bedeutet Knoten vor allem Verdickung. So bezeichnet man ein Detail der Baukonstruktion, in dem alles oder zumindest vieles zusammentrifft: vertikale und horizontale Tragkonstruktion, Bekleidung, Dämmung und Dichtung. Der Knoten ist der Schlüssel, um die Konstruktionsidee zu begreifen, das kleine Detail soll den Blick aufs Wesentliche eröffnen. Das Interesse im Entwurfsprozess ist auf die Lösung des Knotens fokussiert, und wir erkennen das Besondere des Details (an), die Handschrift seiner Autoren – des Entwerfers und des Handwerkers, wie in Calvinos Essay, in dem der Knoten auf die ihn knüpfende Person hinweist, nicht nur als Individuum, sondern als Vertreterin eines Berufs. Knoten zeigen die Subjektivität des Objekts, sie können grob und präpotent wirken oder elegant und dekorativ, wie in der Architektur Carlo Scarpas, wo die Bindung zwischen Alt und Neu verspielt, mit vergoldeten oder mit Mosaiksteinen belegten, durch Schattenfugen artikulierten Knoten inszeniert wird.

Die englische Bezeichnung für den Knoten als Konstruktionsdetail ist allerdings nicht *knot* sondern *joint*. Man betont damit eine andere Geste als die des Bindens: das Fügen, dessen Voraussetzung das Schneiden – oder Vor-Schneiden, also die Prä-Zision – ist. Das tektonische Werk im Tischlerberuf wird als *joinery* bezeichnet. Knoten als *joints* können im Konstruktionsganzen gelenkartig oder starr funktionieren. Antoni Gaudís Versuch, die Tragkonstruktion der Kirche der Colònia Güell mit Hilfe eines Hängemodells aus mit Schrotsäckchen belasteten Seilen zu bestimmen, bedeutete, die Knoten des Fadenpolygons als Stellen der Gelenke in der festen Konstruktion zu betrachten. Was im Hängemodell als *knot* funktioniert, wird im fest gefügten Gebäude zum *joint*. Solche Transformationen hat Gottfried Semper mit seiner Stoffwechseltheorie begründet.

Es war Semper, der in seinem Hauptwerk „Der Stil“ den Knoten nicht nur zur Urform der menschlichen Technik, sondern zum ältesten technischen Symbol und zum „Ausdruck für die frühesten kosmogonischen Ideen“ erklärte. Der Knoten ist ein „Verbindungsmitel zweier Fadenenden und seine Festigkeit begründet sich hauptsächlich auf den Widerstand der Reibung“. Durch seine rhythmische Wiederholung entsteht ein Gewebe: der textile Stoff zur Bekleidung des menschlichen und des Baukörpers. Die Begriffe Not, Naht und Knoten seien etymologisch verwandt, behauptet Semper.

So würde das Sprichwort „aus der Not eine Tugend machen“ auf die Performanz des Knotens hinweisen, aus einzelnen Fäden ein zusammenhängendes, raumbildendes Gewebe herzustellen. Textilknüpfen und tektonisches Fügen sind zwei verschiedene Herstellungstechniken, die eine hat ursprünglich mit biegsamen und zähen Fasern, die andere mit starren Stäben zu tun. Diese Affinitäten bestimmen aber keinesfalls die Form: Holz kann nicht nur gefügt, sondern auch geflochten oder geschichtet werden. Die hyperbolischen Holztürme des russischen Ingenieurs Wladimir G. Schuchow sind wohl die spektakulärsten Beispiele solcher „geflochtener“ Gitterkonstruktionen, deren Knoten mit Hilfe von Metallschablonen relativ einfach ausführbar waren.

Die Idee des Standardknotens scheint dem Gesagten zur Subjektivität des Objekts zu widersprechen. Konrad Wachsmanns Suche nach dem Universalknoten führt allerdings eine Paradoxie spektakulär vor Augen. Der hölzerne Knoten, ursprünglich für die Massenfertigung eines modularen Trennwandsystems entwickelt, wurde als Wachsmann-Würfel bekannt. Nie in Produktion gegangen, demonstriert Wachsmanns Universalknoten, dass die Suche nach „universaler“ technischer Rationalität zu einer Form führt, die vor allem die unverkennbare Handschrift seines Gestalters zeigt. Gottfried Semper's Knoten-Zeichnungen haben bereits angedeutet: Der Knoten als Urform der menschlichen Technik verbindet die Regelmäßigkeit der Geste mit dem ornamentalen Bild des Labyrinths, des Rätsels, das es zu lösen gilt.



Eine Art Gitterschale

Macallan Whisky Distillery in Speyside

Oliver Lowenstein

Großbritanniens vielleicht ambitioniertestes Holzbau-Großprojekt aus jüngerer Zeit liegt nicht in einem der pulsierenden Zentren des Vereinigten Königreichs, sondern in einer eher abgeschiedenen, bewaldeten Gegend. Betont horizontal und buchstäblich eine Weltreise entfernt von den sogenannten Tall Timber Buildings in den Städten liegt die 2018 eröffnete Macallan Distillery – eingebettet in Schottlands wilde und offene Landschaft – fast 900 Kilometer von London entfernt. Im Zuge eines Wettbewerbs für einen Erweiterungsbau der Brennerei mit angeschlossenem Besucherzentrum wurde der Beitrag des Architekturbüros Rogers Stirk Harbour + Partners ausgewählt, unter anderem wegen der markanten doppelt gekrümmten Dachlandschaft aus Holz. Eingelassen in eine Hügelkette, scheinen die fünf sanft emporragenden Kuppeln des modularen Gründachs mit der Umgebung nahezu zu verschmelzen. Umso spektakulärer wirkt die zweigeschossige Glasfront des langen flachen Gebäudes. Sie gibt den Blick auf die Whiskyproduktion frei.

Das Dach besteht aus zwei Schichten, die über die gesamte Fläche (207 mal 63 Meter) eines rechteckigen Rasterbandes verlaufen. Die obere Schicht trägt das Gründach und dient der Isolierung. Das darunterliegende Holzraster, aufgeteilt in Abschnitte von 3 mal 3 Metern, erhebt sich rhythmisch mit den vier Schalenkuppeln über den Brennhäusern und der fünften Kuppel über dem Besucherzentrum. Diese facettierte Tragstruktur mit geraden statt gebogenen Trägern wurde sichtbar ausgeführt – ein Umstand, der besonders dem Partner und ausführenden Architekten Graham Stirk wichtig war, um die planerische Leistung der Ingenieurinnen und Ingenieure explizit hervorzuheben. Jede der Kuppeln wird von Stahlringankern getragen, die auf einem Momentrahmen aus vier v-förmigen Stahlstützen lagern. Diese leiten die Dachlast auf starre Betonstützen ab. Trotz der enormen Dachlasten wurde bei der Berechnung jedes einzelnen Elements versucht, die facettierte Gestaltung mit möglichst wenigen einfachen und voneinander unabhängigen Verbindungen umzusetzen. Dies ermöglichte auch die Separierung der äußeren Lage der Dachkonstruktion vom fließenden, gekrümmten Raster. Sie ist in die Konstruktion eingelassen und vorrangig mit dreieckigen Furnierschichtholz-Platten verkleidet. Mit den Worten von Paul Edwards, Projektingenieur beim verantwortlichen Statikbüro Arup: „Wir haben die ursprünglich sehr komplexe Konstruktion so vereinfacht, dass die Struktur aus einem einzigen Grundprinzip entwickelt werden konnte.“



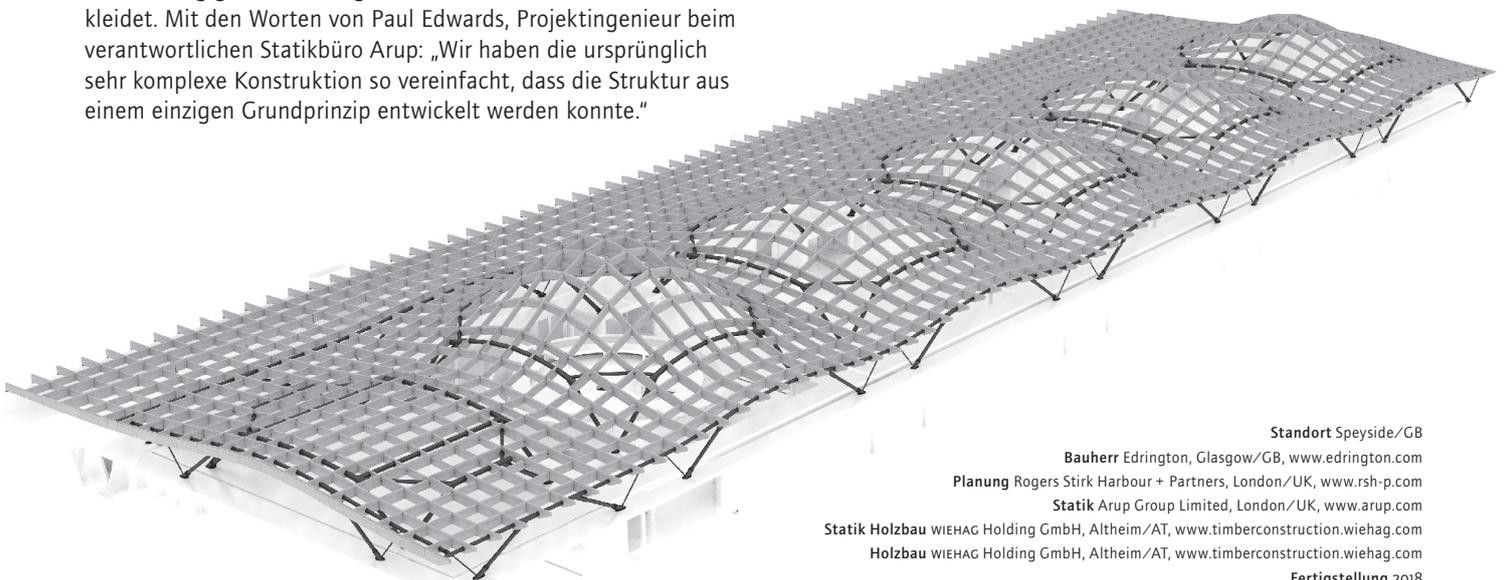
Im Allgemeinen wird die Tragstruktur als Gitterschale beschrieben, doch diese Bezeichnung ist angesichts der Holz-Stahl-Hybridkonstruktion und der Stahlringanker nicht ganz korrekt. Arup arbeitete im Zuge der Vorentwurfsplanung schrittweise am hybriden System, um die geeignetsten Anschlusspunkte zwischen Stahlrohrauflager und Holzkonstruktion zu ermitteln. Die mit Statik und Ausführung des Holzbaus beauftragte WIEHAG ermöglichte es, durch das Wechselspiel von starren und gelenkigen Anschlüssen, kurzen und langen Trägern und verschiedensten Trägeraufbauten, diese herausfordernde Geometrieaufgabe zu lösen.

Für das Dach wurden 1.798 individuell geformte Einzelträger, 2.447 Dachelemente und 380.000 Einzelkomponenten verbaut, was dem Gebäude den Ruf als aktuell komplexester Holzbau einbrachte. Die Planerinnen und Planer bevorzugten den Begriff „raffiniert“, denn obwohl die Zahl der Bauteile hoch ist, wurde nur eine geringe Anzahl von Holzsystemen verwendet, beispielsweise fünf dreieckige Plattensysteme aus Furnierschichtholz. In jedem Fall war für alle Beteiligten die Arbeit an einem derart anspruchsvollen Projekt eine gern angenommene Herausforderung. Auch wenn es sich nicht um eine „echte Gitterschale“ handelt – Paul Edwards sagt „eine Art Gitterschale“ – schürt die Macallan Distillery die Faszination für den Holzbau und lockt neben Whisky-Connaissseuren ebenso auch Holzbaufachleute in den hohen Norden Schottlands.

Oliver Lowenstein

ist Chefredakteur von Fourth Door Review, einem britischen Kultur- und Ökologiemagazin.

www.fourthdoor.co.uk



Standort Speyside/GB

Bauherr Edrington, Glasgow/GB, www.edrington.com

Planung Rogers Stirk Harbour + Partners, London/UK, www.rsh-p.com

Statik Arup Group Limited, London/UK, www.arup.com

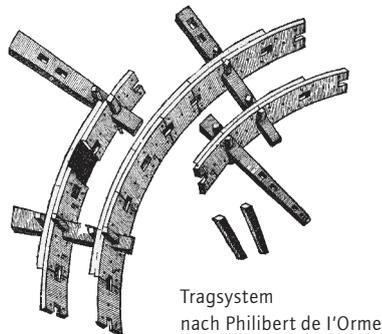
Statik Holzbau WIEHAG Holding GmbH, Altheim/AT, www.timberconstruction.wiehag.com

Holzbau WIEHAG Holding GmbH, Altheim/AT, www.timberconstruction.wiehag.com

Fertigstellung 2018

Eine kurze Geschichte der Verbindungen

Von ersten Holzverbindungen und
hochfesten Knoten



Udo Thönnissen

Die Entwicklung der Holzkonstruktionen ist seit je mit dem Schaffen von Verbindungen, der Erfindung und dem Einsatz von Werkzeugen und der Entwicklung des Materials Holz als Werkstoff eng verknüpft. Da Holz naturgemäß geringe Abmessungen und vor allem quer zur Holzfaser eine geringe Festigkeit aufweist, sind die Verbindungen zwischen Bauteilen im Holzbau besonders wichtig. Eine reine Holzverbindung fügt mindestens zwei Hölzer, wobei durch entsprechende Bearbeitung der Kontaktflächen ein Verbund erzielt wird. Die Lage im Bauwerk und die Art der Beanspruchung beeinflussen Geometrie und Zahl der Kontaktflächen.

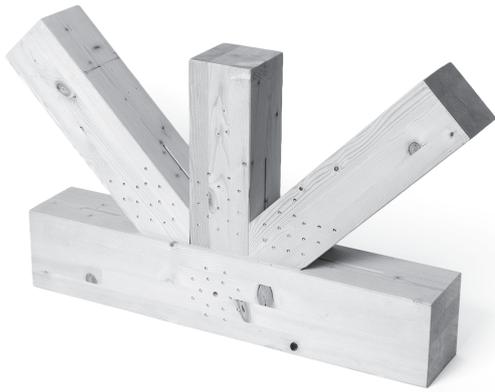
Von Beginn an machte sich der Mensch bestimmte Wuchsformen von Bäumen wie Astgabeln zunutze und sicherte sie mit Därmen, Sehnen und Seilen. Mit Faustkeilen war er später in der Lage, ein hölzernes Bauteil an der Oberfläche abzuschaben und ein weiteres in diese Kerbe zu legen – ein Vorläufer der Blattverbindung. Es handelt sich aber noch nicht um eigentliche Holzverbindungen. Diese sind erst mit der Ablösung des Faustkeils durch die Steinaxt in der mittleren Steinzeit auszumachen – erste Spuren einer Holzverbindung finden sich ca. 5090 v. Chr. in einer Brunnenanlage in der heutigen Stadt Erkelenz in Deutschland. Mit dem Aufkommen von Bronzebeilen und -sägen kam es zu einem weiteren Entwicklungssprung in der Werkzeugtechnik, der auch auf die Holzverbindungen einen großen Einfluss hatte. Es entstanden vielfältige und komplexe Verbindungen zur Fügung der Hölzer in Längs-, Quer- und Schrägrichtung. Die heute im Handwerk üblichen Fügungsarten wie Stoß, Blatt, Zapfen, Hals oder Versatz waren in Europa vermutlich schon vor 3.000 Jahren im Bauwesen bekannt.

Bis ins 12. Jahrhundert waren Pfahl- und Blockbau die dominierenden Holzbauweisen Mitteleuropas. Ersterer hatte den Nachteil, dass tragende Bauteile der Bodenfeuchte ausgesetzt und dadurch sehr vergänglich waren. Der Blockbau wiederum erforderte eine große Menge geradwüchsigen Holzes. Die wenig holzsparende Fertigung durch das Beil, der enorme Holzbedarf der Köhlereien, Glashütten und Schiffswerften sowie das starke Bevölkerungswachstum führten zu einem eklatanten Mangel an Bauholz, der sich vom Mittelalter bis in die Neuzeit erstreckte und die Baumeister zwang, die überkommenen Bauweisen zu modifizieren und das Holz effizienter einzusetzen.

Das aufkommende Fachwerk war langlebiger und gegenüber den bisherigen Bauweisen geradezu holzsparend. Für die frühen Fachwerkbauten benutzte man durchgehende Ständer, durch welche die Geschossbalken hindurchgeschossen wurden, was den Begriff Geschossbauweise geprägt hat. Die Zimmerleute verwendeten meist Blattverbindungen, die in den schrägen Hölzern auch eine gestalterische Aufgabe übernahmen. Ab Mitte des 15. Jahrhunderts setzte sich im Fachwerk der Stockwerkbau durch, der vor allem auf Verkämmungen und Verzapfungen beruht und bis ins 19. Jahrhundert den Hausbau in Mitteleuropa dominierte. Die nur noch stockwerk hohen Pfosten konnten weitaus schlanker ausgebildet werden. Auch das nun trocken verbaute Holz war härter und tragfähiger. Die Zapfenverbindung erforderte im Vergleich zum Blatt eine geringere Passgenauigkeit, jedoch waren im Stockwerkbau mehr Hölzer nötig. Die Kunst der einzelnen Verbindung verschob sich damit hin zur Kunst der Konstruktion.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts zeichneten sich zwei Entwicklungsrichtungen ab, die auf die Holzverbindung einen entscheidenden Einfluss hatten. Die Kolonien in Übersee benötigten zahlreiche Behausungen, die in kürzester Zeit von meist ungelerten Kräften errichtet werden mussten. In der Folge entstand der Holzrahmenbau, der die Fachwerkbauweise stark vereinfacht. Er setzt sich aus schlanken Bohlen zusammen, die über genagelte, stumpfe Holzanschlüsse verbunden werden. Die ortsunabhängigen Dampfsägemühlen und die maschinelle Massenherstellung von Nägeln aus gezogenem Draht waren hierfür die Voraussetzung.

Auf der anderen Seite wurde das Baumaterial Holz in den bis dahin üblichen Fach- und Hängewerken zunehmend vom Eisen verdrängt. Die neuen Bauten des Industriezeitalters in den Städten erforderten große Spannweiten, jedoch war Holz allein den enormen Zugkräften in den Knoten nicht mehr gewachsen. Erste Metallverbinder wie geschmiedete Zuganker ersetzten die aufwendigen Zapfenschlösser. Der britische Ingenieur Thomas Tredgold (1788–1829) behandelte beispielsweise Holz erstmals als Werkstoff und entwarf Tragwerke mit getrennten Druckelementen aus Holz und Zugelementen aus Eisen. Die wachsenden Spannweiten erforderten den Einsatz von immer mehr geschmiedeten und später gegossenen Stahlteilen, sodass am Übergang zum 20. Jahrhundert in großen Tragwerken die kombinierten Holz-Stahl-Konstruktionen zur Regel wurden.



Beispiel eines Blumer System Binders (BSB)



Nachbau eines Eckknotens im Tragwerk der Max Felchlin AG im Maßstab 1:2

Schon weit früher versuchte man große Spannweiten mit Holz zu erreichen. Der französische Baumeister Philibert de l'Orme (um 1510–1570) erfand 1556 ein System, das gewölbte Dach- und Deckentragwerke mit kurzen Holzbauteilen erlaubte. In Form gesägte Bohlen wurden versetzt zu einem gekrümmten Binder gefügt und mit Quertraversen und einer Vielzahl von Zapfenverbindungen verbunden. Das Prinzip der geschichteten Holzbohlen setzte sich jedoch nicht durch und wurde erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts wiederentdeckt. Amand-Rose Émy (1771–1851) übersetzte den Bogenbohlenbinder de l'Ormes in ein gekrümmtes Tragwerk, in dem dünne geschichtete Bretter mit Bolzen gegen Schub gesichert wurden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen Émys entwickelte Otto Hetzer (1846–1911) den Brettschichtholz binder. Das Patent dafür wurde 1920 angemeldet. Eine Verklebung bewirkte die Schubfestigkeit der Lamellen und die bis dahin üblichen Sägezähne in zusammengesetzten Balken wurden auf Mikroebene reduziert. Die kraft- und formschlüssige Verlängerung der Hölzer im Balken wurde um 1940 durch die geklebte Keilzinkung erreicht, die auf der Schäftung beruht und den verbundenen Hölzern nahezu die Festigkeit eines gewachsenen Holzes verleiht. Die Balken konnten somit beliebige Längen, Querschnitte und Krümmungen annehmen, darüber hinaus machte die homogene Holzzusammensetzung die Binder präzise berechenbar. Damit waren die Grundlagen für den modernen Ingenieurholzbau geschaffen.

Je weiter die Holzverbindung vereinfacht wurde, desto mehr Bedeutung kam den Hilfsmitteln zu. Wurden geschmiedete Klammern und Nägel erst sparsam verwendet und dienten nur der Lagesicherung, entwickelte man Nagelverbindungen vor allem in den USA für eine Vielzahl von Anwendungen. Aber erst ab 1933 kam es zu einer breiten Akzeptanz der Nagelverbindungen für tragende Bauten. Der intensiven Forschung nach neuen stiftförmigen Verbindungsmitteln, ausgelöst vom Rohstoffmangel der Zwischenkriegszeit, entsprangen Einpressdübel und Bulldogdübel. Nach dem Zweiten Weltkrieg setzten sich Stahlformteile und Nagelplatten im Holzbau zunehmend durch, weil sie eine einfache Montage ohne fortgeschrittenes handwerkliches Wissen erlauben. Sie sind keine eigentlichen Verbindungsmittel, vielmehr übertragen sie über Nägel die Lasten, ohne die Hölzer in ihrem Querschnitt zu schwächen.

Heute jedoch reichen vor allem bei der Verwendung von plattenförmigen Elementen im mehrgeschossigen Holzbau altbekannte Nägel, Schrauben und Bolzen nicht mehr aus. Neu entwickelte Verbindungsmittel wie selbstbohrende Vollgewindeschrauben und eingeleimte profilierte Stahlstäbe übertragen die Kräfte axial ins Materialinnere, ermöglichen biegesteife Verbindungen und bieten Vorteile beim Brand- und Korrosionsschutz.

Die Einführung der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine erfolgte im Bauwesen relativ spät und führte zu einem Entwicklungssprung, der mit der Ablösung der handwerklich gefertigten Holzverbindungen durch die maschinelle Fertigung im 19. Jahrhundert vergleichbar ist. Ende der 1970er-Jahre entwickelte der Schweizer Ingenieur Hermann Blumer den Blumer System Binder, in dem erstmals digitale Planung, Fertigung und Bemessung im Holzbau gekoppelt sind und der noch heute in vielen Bauwerken eingesetzt wird. Die Entwicklung von kompakten Bearbeitungszentren mit Werkzeugwechsel in Verbindung mit parametrischer Planung nähert die maschinelle Fertigung wieder den Qualitäten des Handwerks an. Sie ist zugleich wirtschaftlich, sodass Holz-Holz-Verbindungen wieder zum Standard in Dachkonstruktionen und Balkenanschlüssen geworden sind. Nicht nur stabförmige, sondern auch plattenförmige Holzwerkstoffe werden vermehrt mit digitaler Fertigungstechnologie bearbeitet, um traditionelle Breitenverbindungen wie Fingerzinken neu zu denken und so auf Metallverbinder und Leim zu verzichten.

In den letzten Jahren wird Laubholz im Holzbau zunehmend wichtiger, was sich auch auf die Technik der Verbindungen auswirkt. Neue Details werden entwickelt oder alte übersetzt: So griffen die Zürcher Meili, Peter & Partner Architekten beim Dachtragwerk des Hauptsitzes der Max Felchlin AG auf einen 1942 von Wilhelm Stoy entwickelten Dreigelenkbinder mit Hartholzknotten zurück. In weitspannenden Tragwerken ersetzen Formstücke aus Buchenfurniersperrholz die bisherigen Stahlteile und ergeben hochfeste Knoten, die verschiedene Verbindungstechnologien in sich aufnehmen können. Diese kompakten, mit der Präzision digitaler Fertigungstechnik bearbeiteten Knoten verbinden Stäbe aus vielen Richtungen und geben dem Stabwerk so die architektonische Stringenz zurück, die lange von Knotenblechen verunklärt wurde.

Udo Thönnissen
ist Architekt in Locarno und Zürich und verantwortet das Gebiet Holzbau am Material Hub der ETH Zürich. Er ist Kurator der Ausstellung „Holzverbindungen – Ausdruck tektonischer Kultur“, die am Material Hub konzipiert wurde und in mehreren Schweizer Institutionen zu sehen war.

Simone Jeska

Die Digitalisierung der Fertigungsprozesse im Holzbau und damit verbunden die kontinuierliche, digitale Prozesskette vom Entwurf bis zur Fertigung veränderten nicht nur die handwerkliche Arbeit grundlegend, sondern beeinflussen auch die Architektur, die Tragwerkskonstruktionen und die Abläufe im Bauprozess nachhaltig. Moderne fünfachsig, CNC-gesteuerte Bearbeitungszentren verarbeiten nicht nur Informationen zu den Abmessungen der Bauteile, sondern verknüpfen diese Informationen zusätzlich mit Angaben zur Position im Gesamttragwerk und setzen sie in Relation zu den jeweils benachbarten Bauteilen. Jedes Bauteil kann nun, wie bei der handwerklichen Bearbeitung im 19. Jahrhundert, als Unikat hergestellt werden, ohne höhere Kosten zu verursachen.

Die Maschine hobelt, fräst, bohrt, nutet, sägt, kehl, falzt und schleift, wobei den Formen und der Ausrichtung der Anschnitte, Aussparungen, Zapfen und Löcher sowie des Werkstücks selbst fast keine Grenzen gesetzt sind. Dadurch lassen sich einerseits frei geformte Tragwerksgeometrien mit einer Vielzahl unterschiedlich geformter Träger bewältigen, andererseits gewinnen die komplexen, ehemals handwerklich hergestellten Verbindungen wieder an Bedeutung.

Sichtbar wird dies an den weitspannenden Hallentragwerken aus Holz, die seit Mitte der 1990er Jahre die Architektur erobern, sowie an den räumlich komplexen und individuellen Geometrien der Träger, Stäbe und Verbindungen. Besonders Tragwerke, die sich aus einer großen Anzahl individueller Einzelstäbe zusammensetzen, können nun wirtschaftlich aus Brettschichtholzstäben vorgefertigt werden. Die Holzkuppeln der sogenannten Saldomes, der Salzlagerhallen der Schweizer Rheinsalinen, mit Spannweiten von bis zu 120 Metern oder die Wiederentdeckung der Zollingerbauweise machen dies deutlich. Tonnendächer oder Gitternetzschalen, deren Tragwerke sich an die Zollingerbauweise anlehnen, überspannen heute Messe- und Produktionshallen bis zu 70 Meter weit, während historische Tragwerke dieser Art nur Spannweiten von bis zu 40 Metern erreichten. Während der Wiederholungsfaktor der Rippengeometrien bei den symmetrischen Tonnendächern relativ hoch ist, bestehen die Gitternetzschalen frei geformter, zweifach gekrümmter Dächer wie jene der Macallan Distillery in Schottland oder des Vogelobservatoriums Tij in den Niederlanden ausschließlich aus individuell geformten Rippen mit unterschiedlichen Krümmungsradien.

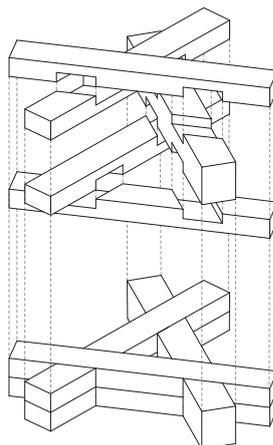
Analog zur Wiederentdeckung und Weiterentwicklung traditioneller Tragwerke erleben auch traditionelle Holzverbindungen wie Schwalbenschwänze, Schäftungen, Zapfen, Versätze und Verblattungen durch die Digitalisierung und Automatisierung der Fertigung eine Renaissance. Ihre Etablierung im Ingenieurholzbau ist ein Novum. Ein frühes Beispiel hierfür ist das frei geformte Dachtragwerk des Clubhauses im Nine Bridges Golf Resort im südkoreanischen Yeosu nach einem Entwurf von Shigeru Ban Architects und KACI International. Es wird von einem Gitternetz aus drei Trägerachsen gebildet, bei dem sich jeweils zwei Achsen kreuzen.

Aufgrund der Brandschutzanforderungen wurden die Knotenpunkte mit doppelten Überblattungen ausgeführt, wobei sich für die Schnittflächengeometrie der gebogenen und gleichzeitig tordierten Träger sogenannte HP-Flächen ergaben, die, den Trägerkrümmungen entsprechend, unterschiedliche Geometrien aufweisen. Da sich die üblichen Planungsinstrumente für derartige Konstruktionen nicht eigneten, wurde ein parametrisches Modell mit allgemeingültigen Regeln für alle Kreuzungspunkte entwickelt, das die Blattverbindungen im 3D-Modell automatisch konstruiert. Das komplette Tragwerk existierte bereits bis ins Detail als virtuelles Modell, bevor es gebaut wurde, und musste als physisches Modell nur noch wie ein Puzzle zusammengesetzt werden.

Heute, etwa zehn Jahre nach dem Bau einiger Pionierprojekte wie jenem in Yeosu, haben sich die neuen „alten“ Verbindungen und Tragwerke im Holzbau durchgesetzt und werden an die jeweilige Aufgabe und Situation angepasst und weiterentwickelt.

Simone Jeska

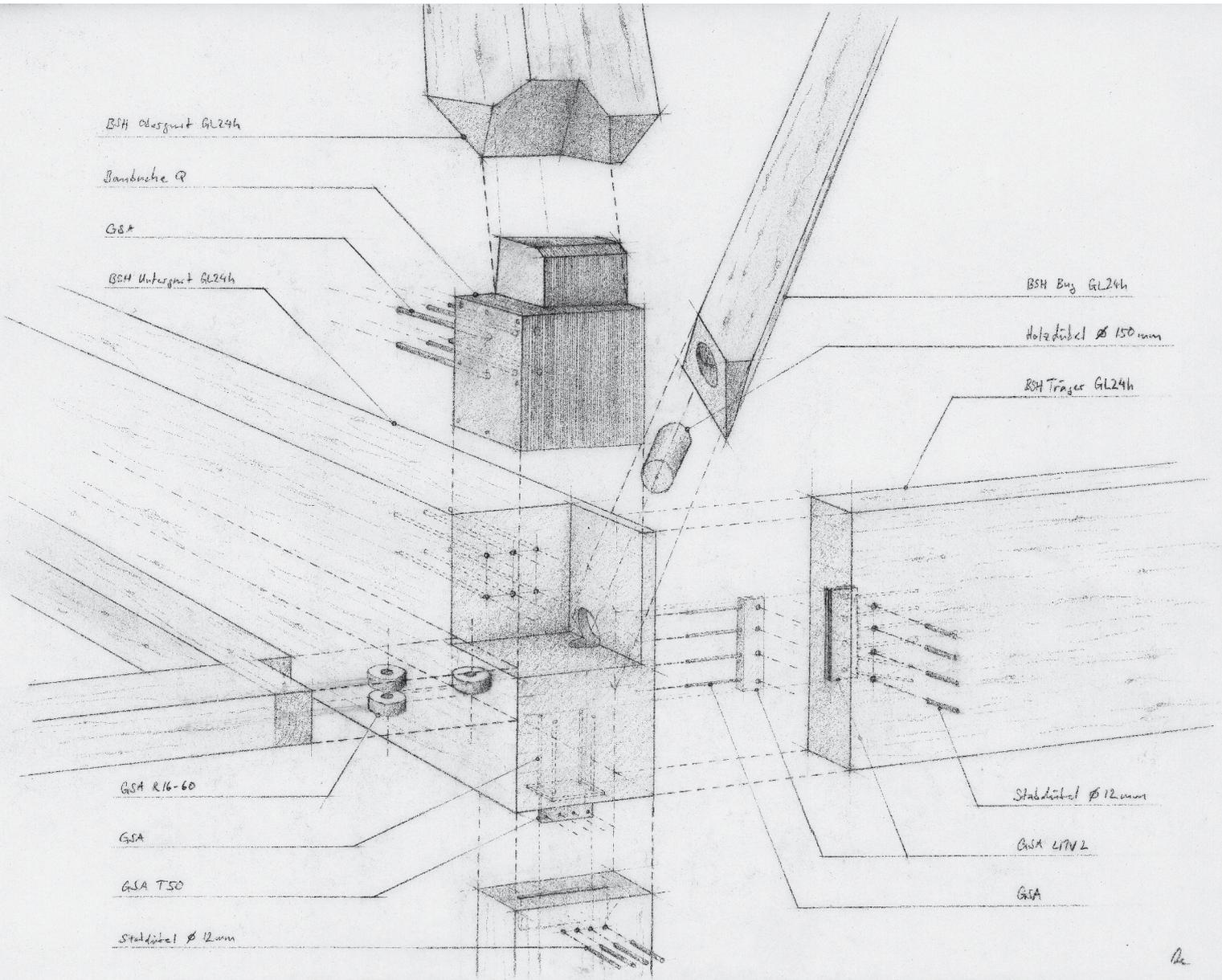
studierte Architektur an der TH Nürnberg und Architekturtheorie und -geschichte an der ETH Zürich. Sie lebt und arbeitet in Berlin.



Es gibt im Holzbau seit langem CAD-Programme, die Verbindungsdetails parametrisch darstellen. Da diese das Arbeiten mit Freiformgeometrien zum damaligen Zeitpunkt noch nicht beherrschten, wurde für das Dachtragwerk des Golfclubhauses in Yeosu ein parametrisches Modell mit branchenfremder Software entwickelt, das die Verbindungen im 3D-Modell automatisch konstruiert. Die Daten aller Bauteile wurden dann auf die übliche CAD-Software übertragen. Nur so war das hochpräzise Abbilden derart komplex geformter Teile möglich.

Verknüpfung von Ästhetik, Technik und Statik

Firmensitz der Max Felchlin AG

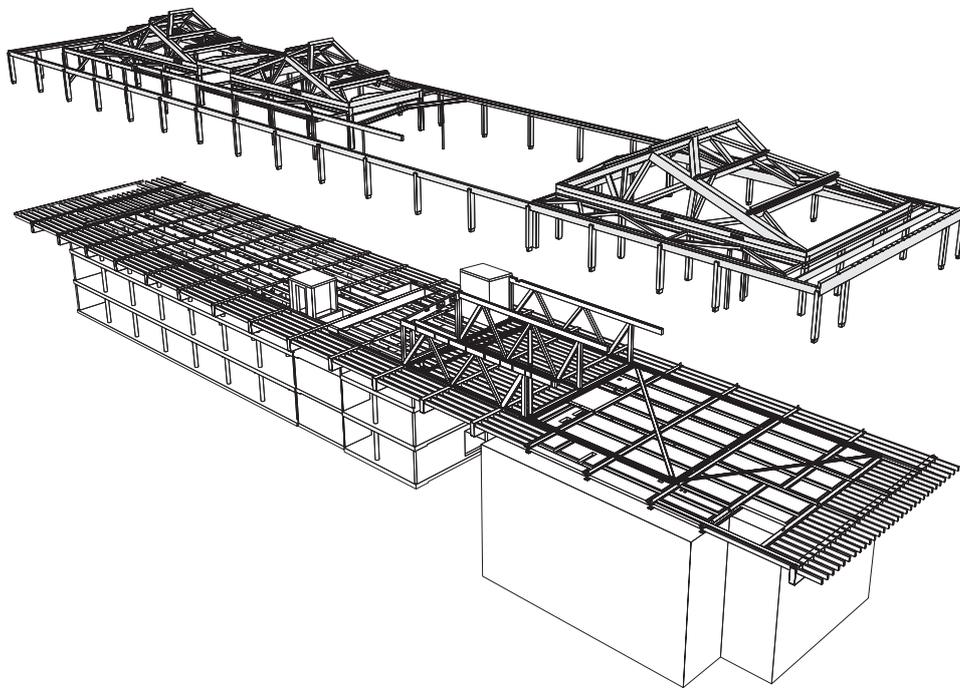


Clementine Hegner-van Rooden

Im neuen Firmensitz der Schokoladenmanufaktur Max Felchlin treffen Bestand auf Neubau, klassischer Holzbau auf moderne Verbundkonstruktionen und Zimmermannstradition auf zeitgenössische Präzision. Meili, Peter & Partner Architekten und das Ingenieurbüro Pirmin Jung Schweiz entwickelten einen fünfgeschossigen Hybridbau, in dem Holz- und Betonbau nebeneinander bestehen und die stabförmige Holzkonstruktion zur Schau gestellt wird. Außergewöhnlich ist, dass die Knoten und Verbindungen kaum sichtbar sind – zumindest nicht so, wie es das geschulte Auge sonst zu sehen bekommt.

Das Gebäude im schweizerischen Ibach im Kanton Schwyz ist durch die Kombination von drei Volumen definiert: Ein neuer fünfgeschossiger Betonskelettbau für die Administration steht in 12 Metern Abstand quer zur bestehenden Produktionshalle von 2014. Ein Attikriegel aus einer Holzkonstruktion verbindet die beiden Gebäude miteinander, sodass die drei Geschäftsbereiche Produktion, Verwaltung sowie Kunden- und Schulungszentrum an einem Ort gebündelt werden. Zwei betonierte Kerne ziehen

sich im 13 mal 55 Meter großen Grundriss des Neubaus durch alle Geschosse bis in die Attika. Zusammen mit einem Querschott am westlichen Ende steifen sie das gesamte Gebäude horizontal aus. Zwischen dem dritten und vierten Obergeschoss wechselt die Tragkonstruktion von Massiv- zu Holzbauweise. Sind die Stützen im dritten Obergeschoss noch Betonfertigteile mit rundem Querschnitt, so lagert auf ihnen eine Holz-Beton-Verbundkonstruktionsdecke. Darauf aufgeständert ist ein Holzbau mit charakteristischer Stabkonstruktion. Sichtbar wird dieser Materialwechsel auch an der Fassade. Unter dem Attikageschoss ist sie mit selbsttragenden, vorgehängten Holzelementen eingefasst, die Attika selbst ist hingegen geschosshoch verglast. Dazwischen lugen Brettschichtholzträger hervor, die im Abstand von 5,4 Metern quer zum Gebäudegrundriss angeordnet sind. Südseitig kragen diese Träger um etwa 3,3 Meter und nordseitig um etwa 2 Meter über die Fassadenebene aus. Der erweiterte Grundriss schafft Zusatzflächen für die Schulungs- und Gastronomie Räume im obersten Geschoss.



Weil an das Tragwerk im Dachgeschoss gemäß Brandschutznorm keine baulichen Brandschutzanforderungen gestellt werden müssen, konnte der Holzbau im Kunden- und Schulungszentrum sichtbar bleiben und musste nicht mit Gipsplatten verkleidet werden. Das Stabtragwerk kommt so voll zur Geltung. Die drei Hauben der sinusförmig geschwungenen Dachhülle reichen bis zu einer Firsthöhe von 24,8 Metern. In ihre nördlichen Flächen sind Oberlichter eingebracht. Die große Haube überspannt den Aufenthaltsraum, die beiden kleineren befinden sich über den Schulungsräumen. Alle drei besitzen das gleiche Tragsystem – eine achssymmetrische Überlagerung von Fach- und Sprengwerken. Es ist statisch darauf ausgelegt, möglichst über Druck-, wenig über Biege- und kaum über Zugbeanspruchungen der einzelnen Holzstabtragwerke zu funktionieren. Dieser Lastabtrag ermöglicht es, dass das Dachtragwerk trotz der großen Kräfte (Schneelast = $1,46 \text{ kN/m}^2$) und des bei der großen Haube $19,5 \text{ mal } 12,5 \text{ Meter}$ weit gespannten Dachstuhls filigran und leicht wirkt. Die Lasten werden über flächige Dachelemente (gedämmte Holzrahmenelemente) zu den Dachpfetten geführt. Jeweils eine Pfette bildet zusammen mit vier Bugstäben ein Sprengwerk. Die reduzierte Pfettenspannweite ermöglichte es den Ingenieurinnen und Ingenieuren, den Pfettenquerschnitt schlanker zu dimensionieren. Die an den vier Bugfüßen und den beiden Pfettenenden anfallenden vertikalen und wenigen horizontalen Lasten werden auf die beiden flankierenden dreieckförmigen Strebenfachwerke abgegeben. Da diese schräggestellt sind, entstehen horizontale, nach außen gerichtete Kräfte. Diese werden wiederum auf beiden Seiten des Dachstuhls in ein horizontales, jeweils auf Niveau Untergurt angeordnetes, parallelgurtiges Fachwerk abgegeben. Diese beiden liegenden Fachwerke sind schließlich über Längsträger am oberen und unteren Rand des Haubengrundrisses miteinander verbunden. Dieser Kräftezusammenschluss stabilisiert die gesamte Konstruktion in sich, sodass sie einzig auf vier Eckstützen gelagert werden muss und insbesondere auch als stabiles Ganzes mit einem Kran eingehoben und montiert werden konnte. Bis zu sieben Stäbe mit teils rhombischem Holzquerschnitt fügen sich in komplexen dreidimensionalen Knoten zusammen. Die Kunst war, die Knoten und deren Verbindungselemente vornehmlich in Holz auszubilden und nur dort Stahl einzusetzen, wo es notwendig ist. Dabei wurde auf Verbindungsmittel gesetzt, die verdeckt im Knoteninneren stecken und spezifisch auf die Kräfte in den rechnerisch als Gelenke funktionierenden Knoten abgestimmt sind: geklebte Gewindestangen bei Zugbeanspruchung,

Schlitzbleche, wo sinnvoll und notwendig, Stab- und Holzdübel oder Bolzen für formschlüssige Verbindungen, Zapfen für die Sicherung der gegenseitigen Lage zweier Hölzer, Buchenwürfel bei höherer Querdruckfestigkeit und Kontaktstöße an vornehmlich von Druckspannungen geprägten Stellen. Man setzte schwindfreien Vergussmörtel ein, der präzise und formschlüssig in Aussparungen eingebracht werden konnte, und ließ die zusammenzuführenden Trag- und Verbindungselemente maschinell mit gewinkelten Bohrungen exakt bearbeiten, was das Verflechten und Fügen sowie die Montagevorgänge wesentlich vereinfachte. Es entstand ein bemerkenswertes Tragwerk, das nicht nur statisch effizient und einfach montierbar ist, sondern auch wie aus einem Guss erscheint. Es wird in den Knoten nicht von sichtbaren Verbindungselementen verunklärt – eine in diesem Fall gestalterisch wertvolle und mit Sorgfalt angestrebte Verknüpfung von Ästhetik, Technik und Statik.

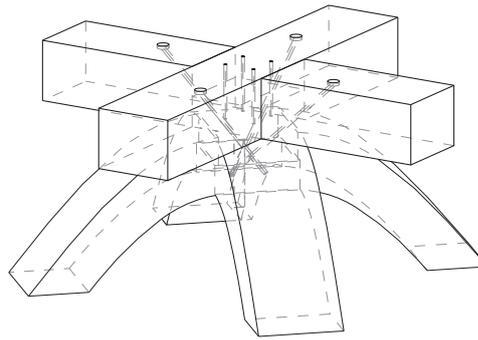
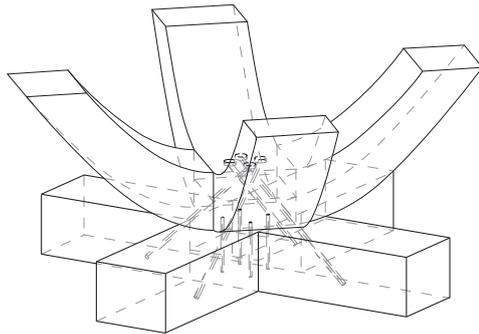
Clementine Hegner-van Rooden
ist diplomierte Bauingenieurin (ETH), freie Publizistin und Fachjournalistin.



Standort Ibach/CH
Bauherr Max Felchlin AG, Ibach/CH, www.felchlin.com
Planung Meili, Peter & Partner Architekten AG, Zürich/CH, www.meilipeterpartner.ch
Statik Pirmin Jung Schweiz AG, Rain/CH, www.pirminjung.ch
Holzbau ARGE Hecht Holzbau AG, Sursee/CH, www.hecht-holzbau.ch, und Bisang Holzbau AG, Küssnacht/CH, www.bisangag.ch; neue Holzbau AG, Lungern/CH, www.neueholzbau.ch
Fertigstellung 2019

Ein ornamentales Dachtragwerk aus Holz

Aspen Art Museum in Colorado



Mecky Reuss

2014 folgte das inmitten der Rocky Mountains gelegene Aspen Art Museum dem generellen Trend der Museumsexpansionen und übersiedelte von seinem ursprünglichen Sitz in einem ehemaligen Kraftwerk in einen neuen, von Shigeru Ban Architects entworfenen Bau. Schon auf den ersten Blick beeindruckt das Gebäude durch seine äußerste Hülle aus verwebten rostfarbenen Holzpaneelen. Beim Betreten erschließt sich den Besucherinnen und Besuchern Schicht für Schicht der nicht minder wirkungsvolle Innenraum. Von seinem östlichen Eingang strebt die breite Haupttreppe empor, teils direkt innerhalb der äußersten Hülle, teils im klimatisierten Innenraum. Eine zweite Hülle aus Glas durchtrennt oder vielmehr verbindet die Treppe: Ihr „innerer“ Teil erschließt über zwei Geschosse die Galerien und das im dritten und obersten Geschoss liegende Café, der „äußere“ Teil führt direkt zur vor dem Café liegenden Terrasse. Dazwischen liegen gläserne Schiebetüren, die sich über die gesamte Länge öffnen lassen. Drinnen, draußen – Ban ist Meister der Schwelle und Transparenz. Der quadratische Bau wird teilweise von einem robusten Raumfachwerk aus Brettschichtholz überspannt, das nur von wenigen mageren Säulen getragen wird. Ein Gitterrost aus Feldern von 1,2 mal 1,2 Metern bildet den Untergurt. Der Obergurt hat die gleichen Dimensionen, ist jedoch um ein halbes Feld versetzt.

Standort Aspen/US

Bauherr Aspen Art Museum, Aspen/US

Planung Shigeru Ban Architects, Tokio/JP, www.shigerubanarchitects.com

Statik KL&A Engineers & Builders, Golden/US, www.klaa.com; Création Holz AG, Herisau/CH, www.creation-holz.ch; SJB Kempter Fitze AG, Herisau/CH, www.sjb.ch

Holzbau Spearhead Inc., Nelson/CA, www.spearhead.ca

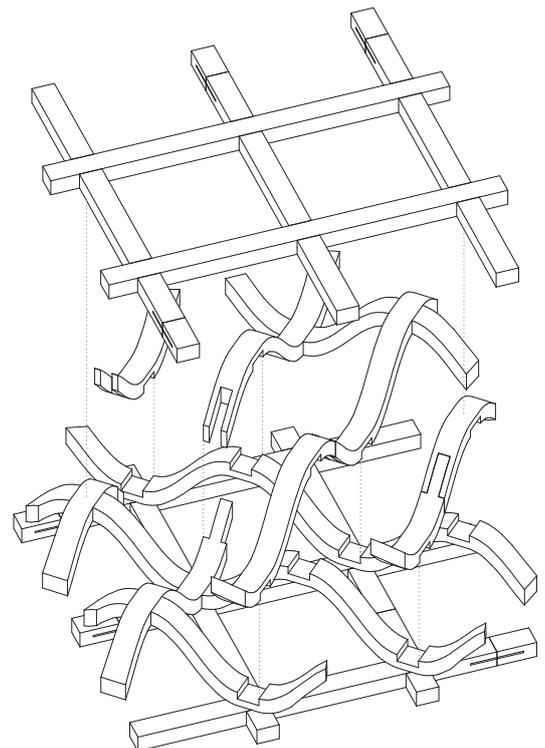
Fertigstellung 2014

Die dazwischen liegenden Streben sind als sinuswellenförmige Träger ausgeführt, die jeweils diagonal über den Kreuzungspunkten des Gitters liegen und durch Überblattungen miteinander verbunden sind. Die daraus resultierenden Einschnitte schwächen die strukturelle Integrität des Holzes – angesichts der enormen Kräfte, die an den Knoten wirken, macht es Shigeru Ban mit seinem Entwurf den Ingenieurinnen und Ingenieuren nicht einfach. An der Umsetzung arbeitete ein Schweizer Team unter Hermann Blumer gemeinsam mit KL&A Engineers unter Greg Kingsley. Ein erster Ansatz, die Holzverbindungen mit Kohlefasereinsätzen zu verstärken, um die Einschnitte der Überblattungen auszugleichen, scheiterte an den in den USA waltenden „standards, systems, and codes“. Es gab für die Verstärkungen aus Dehonit weder genug Daten noch gebaute Vorbilder, mit denen die örtliche Baubehörde zu überzeugen gewesen wäre. Die Alternative, eine Verbindung aus den lokal üblicheren „knife plates“ und „pressure pins“, stellte sich als unmögliches Unterfangen heraus. Die in einer Simulation ermittelten Kräfte an den Säulenauflagern hätten zur Kraftübertragung einen außergewöhnlich hohen Stahlanteil erfordert. Die gesamte Konstruktion hätte dadurch eher wie eine mit Holz verkleidete Stahlstruktur gewirkt.



Bei der letztlich umgesetzten Variante kehrten Blumer und Kingsley wieder zu ihrem ersten Ansatz zurück. Sie umgingen jedoch die Kohlefaserverstärkung, indem sie strukturell nur die untere Hälfte der eingeschnittenen Gurte benutzten und diese in einem hoch formstabilen Furnierschichtholz ausführten. Die 18 cm breiten wellenförmigen Streben wurden per CNC in vier Lagen aus speziell gefertigtem Birkenperrholz ausgeschnitten und in einer maßgefertigten Presse in bis zu 18 Meter lange transportgerechte Teile verklebt. Um die Kräfte an den Säulen zu absorbieren, wurde das Profil der Streben, wo notwendig, verdickt. Auf der Baustelle wurden dann alle Teile im rechten Winkel zusammengesteckt. Die Verbindungen zwischen Gurten und Knoten lösten Blumer und Kingsley mit Holzschrauben. Die Elemente wurden vertikal mit vier Teilgewindeschrauben verbunden und dann je nach Scherkraft im Knoten mit vier bis 15 Vollgewindeschrauben diagonal verschraubt. Die Dachkonstruktion ist das Resultat einer prozessgeleiteten Zusammenarbeit aller Beteiligten – ein Werk, das die komplexe Relationalität von Material, Werkzeug, Gestaltung und geltenden Normen und Verordnungen in scheinbarer Einfachheit widerspiegelt.

Mecky Reuss studierte Architektur an der TU Delft und sci-Arc in L.A. und ist in den Bereichen Kunst und Architektur tätig. 2012 gründete er gemeinsam mit Ana Paula Ruiz Galindo das Büro Pedro & Juana. Er lebt und arbeitet in Mexiko-Stadt.



Christina Simmel

Die Bedeutung des Holzbaus und der Einsatz von Holz als ressourcenschonendem und nachhaltigem Baustoff nehmen stetig zu. Dieser Aufschwung ist wesentlich mit den Möglichkeiten und Methoden des Fügens von Holz verknüpft. Welche Rolle spielt die Entwicklung von Knoten, Verbindungsmitteln und -techniken konkret und worin liegt das Potenzial für den Holzbau der Zukunft? Dazu haben wir beim Holzbauingenieur Hermann Blumer, dem Tragwerksplaner Kurt Pock und dem Informatiker Fabian Scheurer, Mitinhaber der Firma Design-to-Production, nachgefragt.

Worin lagen die größten Innovationen in den letzten Jahren und was würden Sie als Meilenstein in der Entwicklung der Knoten und Verbindungen bezeichnen?

Hermann Blumer

Die Holzverbindungen waren bis zu Beginn der 1980er Jahre die Schwachstelle in puncto Leistungsfähigkeit und Sicherheit im Holzbau. Obwohl auf hohem handwerklichen Niveau ausgeführt, wiesen die Verbindungen durch streuende Festigkeiten der anzuschließenden Holzstäbe Schwächen auf. Dazu kam der große zeitliche Aufwand für ihre Herstellung.

Der erste entscheidende Impuls war die Entwicklung des BSB-Systems, das von Anfang an als parametrisiertes System gedacht war. Gleiche Dübelstärken, gleiche Dübelabstände und vom Computer generierbare Dübelbilder waren das Ziel. Verbindungen konnten rascher geplant werden, teure Handarbeit wurde durch den Einsatz CNC-gesteuerter Maschinen rationalisiert. Der Effekt: Stabdübelverbindungen, beim BSB auch Stiftverbindungen genannt, wurden markant effizienter und zuverlässiger.

Die nächste wichtige Etappe auf dem Weg zu leistungsfähigen Verbindungen wurde Anfang der 1990er Jahre mit dem Einleimen von Stahlstangen bzw. Gewindestangen eingeleitet. Bis dahin galt diese Technik als unzuverlässig und war in den Normierungen nicht erwähnt. Hier galt es vor allem, baustoffadaptierte Kleber zu finden, wobei sich die Entwicklung vor allem auf Kleber auf Epoxidbasis fokussierte. Ein erster Erfolg in der Praxis konnte beim Bau der Säule des Heliotrops von Rolf Disch in Freiburg erzielt werden. Damit war der Grundstein für die – heute so effiziente – Verbindungstechnologie gelegt. Bis diese in die europäischen Normen aufgenommen wurde, dauerte es trotzdem noch fast zwei Jahrzehnte.

Die dritte, entscheidende Innovation wurde durch „bessere“ Schrauben wie Vollgewindeschrauben ausgelöst. In der Schraubherstellung wurden immer neue und besser auf das Holz abgestimmte Gewinde und Vorschneider entwickelt, was für den Erfolg von Schraubverbindungen maßgebend verantwortlich war.

Bei all diesen höherwertigen Verbindungstechniken ist es evident, dass die zu verbindenden Bauteile eine zuverlässige und in den Normen festgeschriebene Eigenfestigkeit haben. Aus diesem Grund planen Ingenieurinnen und Ingenieure heute kaum mehr mit visuell sortiertem Schnittholz, sondern beziehen Holzwerkstoffe wie BSH, Furnierschichtholz, BSP und Sperrholz in die Planung ihrer Konstruktionen ein.

Kurt Pock

Für mich liegt die größte Innovation in der Entwicklung der selbstbohrenden Holzbauschrauben, sie sind definitiv ein Meilenstein. Sie sind heute in Dimensionen und Längen verfügbar, die man sich vor einigen Jahren noch nicht einmal vorstellen konnte: von schräg angeordneten Zugschrauben hin zu „dreidimensionalen Stabsystemen“, die im Holzquerschnitt die Lasten tief in den Querschnitt einleiten und entsprechend verteilen. Diese axial und lateral belastbaren Stäbe eröffnen ganz neue Möglichkeiten der Füge-technik. Schräge Schrauben werden sowohl eingesetzt, um Holzquerschnitt an Holzquerschnitt zu fügen, als auch um Stahlteile anzuschließen. Auch beim Verbund von Holz und Beton kommen sie zum Einsatz.

Fabian Scheurer

Im Bereich von Knoten und Verbindungen hat die fortschreitende Digitalisierung interessanterweise eine Rückkehr der Holz-Holz-Verbindungen ausgelöst. Auf CNC-Maschinen lassen sich auch komplexe Verbindungsgeometrien schnell und präzise fertigen. Dadurch fallen die Teile bei

der Montage automatisch wie Puzzlestücke in die korrekte Position, was die Zeit fürs Einmessen spart und für zusätzliche Präzision und Qualität sorgt – vorausgesetzt, man denkt bei der Planung die Montage gleich mit. Traditionelle Verbindungen müssen dabei an die Besonderheiten der CNC-Fertigung angepasst werden – ein rotierender Fräser kann z. B. keine scharfkantigen Löcher erzeugen, stattdessen wird dann halt der Zapfen rund gefräst. Besonders interessant sind solche digital gefertigten Verbindungen bei Freiformprojekten. Die Holzgitterschale des Hauptsitzes von Swatch in Biel hat rund 2.600 Knotenpunkte mit individuellen Winkeln. Für jeden davon einen individuellen Stahlverbinder zu schweißen, wäre nicht wirtschaftlich gewesen – aber der computer-gesteuerten Fräse ist es letztlich egal, ob sie lauter gleiche oder lauter unterschiedliche Ausblattungen ins Holz fräst, und sie ist dabei auf ein paar Zehntelmillimeter genau. Die Entwicklung des Knotens für das Swatch-Gebäude basiert im Grunde auf simplen Kreuzblatt-Verbindungen, von denen jeweils zwei übereinandergestapelt werden. Dadurch entsteht ein dreilagiges Trägersystem aus einem hohen Träger in der einen Richtung, der am Knoten von zwei „halben“ Trägern umgriffen wird und so in beide Trägerrichtungen Kraft übertragen kann. Um die Anzahl der Längsstöße zu reduzieren, mussten auch die Träger der zweiten und dritten Lage so lang wie möglich sein. Sie laufen daher über bis zu fünf Knoten. Deren Ausblattungen müssen bei der Montage alle gleichzeitig eingefahren werden, ohne dass sie verkanten. Das wäre schon bei einem 10 Meter langen geraden Träger mit einem Querschnitt von 220 mal 800 mm schwierig. Hier aber sind alle Träger gekrümmt und tordiert und die Ausblattungen zeigen in unterschiedliche Richtungen. Wir haben also einen Kreuzungsknoten entwickelt, bei dem sich die Ausblattungen nach außen öffnen und sich dadurch leicht schräg einfahren lassen. Am Ende sitzen sie sauber auf Kontakt und können Kraft übertragen. Da die weggeschnittenen Ecken am Schluss sichtbar sind, musste das Ganze nicht nur statisch funktionieren und technisch produzierbar sein, sondern auch den strengen Design-Ansprüchen von Shigeru Ban genügen.

Welche der aktuellen Verbindungstechniken werden sich durchsetzen? In welchen Entwicklungen sehen Sie das Potenzial für weitere Meilensteine?

Hermann Blumer

Schraubverbindungen setzen sich durch. Verkleben könnte neue Meilensteine bringen. Das Potenzial im Holzbau liegt auch darin, dass er sich gerade beim Verbinden einen Vorteil gegenüber anderen Materialien verschaffen kann. Dazu müssen wir möglichst alles, was es zu verbinden gilt, in die Werkstatt holen und mit Robotern ausführen. Auf der Baustelle sollten wir dann nicht mehr verbinden, sondern koppeln. Vorbilder dafür sind Modulankoppelungen an eine Weltraumstation oder vollautomatische Kupplungen bei Eisenbahnwagen. Bei diesen werden neben der Kraft auch das Elektrische, die Druckluft, die Datenleitung und bald sogar das Wasser angekoppelt.

Kurt Pock

Es gibt für mich zwei wesentliche Arten von Verbindungen. Einmal die Knoten, die Stäbe miteinander verbinden, und einmal die linear angeordneten Verbindungsmittel, die Platten und Scheiben aneinanderfügen. Bei beiden ist eine optimale Nutzung des Werkstoffs hinsichtlich der Kraftübertragung und ein hoher Vorfertigungsgrad im Werk wesentlich. Entscheidend ist die einfache Möglichkeit, die Bauteile auszurichten und kleine Ungenauigkeiten bei der Montage ausgleichen zu können. Nach dem Einrichten soll das volle Kraftübertragungspotenzial ohne viel zusätzlichen Arbeitsaufwand aktiviert werden. Wenn ergänzende Arbeitsschritte vor Ort erforderlich sind, dann sollten diese möglichst unabhängig vom Kran im Nachgang möglich sein.

Bei linearen Verbindungen sehe ich ein hohes Potenzial in Verbindern, die die Reibung zwischen den Querschnitten aktivieren und erhöhen. Eine weitere interessante Entwicklung sind intelligente Verbindungen, die hinsichtlich Fugen, Zwischenräumen und geringen Abweichungen tolerant sind, die vielleicht ein- oder ausgegossen werden und nach dem Abbinden vollen Formschluss mit gleichzeitigem Kraftschluss erreichen.

Fabian Scheurer

Mit steigendem Vorfertigungsgrad werden auch Verbindungen im Bau wichtiger. Sowohl bei der Vormontage von Elementen und Modulen im Werk als auch bei der Installation auf der Baustelle kommt es auf die richtige Mischung aus Passgenauigkeit und Toleranz an, damit Fügen effizient und sicher mit hoher Qualität ausgeführt werden kann. Holz ist vor allem bei komplexen Geometrien unschlagbar, weil die Verbindungsdetails zusammen mit der Bauteilgeometrie hochpräzise und computergesteuert hergestellt werden können. Bei anderen Materialien gelingt das aufgrund ihrer Eigenschaften nur sehr schwer. Spannend sind digital gefertigte Holz-Holz-Verbindungen, vor allem bei einem gemischten Einsatz von Nadel- und Laubhölzern. Mit Projekten wie dem Headquarter der Tamedia AG in Zürich, dem Hauptsitz von Swatch in Biel oder dem Kulturzentrum La Seine Musicale in Paris leisteten Hermann Blumer und sein Team Pionierarbeit für den gezielten Einsatz von Buchenholz in hochbeanspruchten Teilen der Verbindung und kombinierten die präzise digitale Bearbeitung mit hochfesten Laubholzprodukten ganz gezielt an den Knotenpunkten.

Mit welchen Forschungsthemen sollten wir uns in Zukunft auseinandersetzen?

Hermann Blumer

Heute verbinden wir nicht mehr nur Stäbe, sondern auch Platten. Immer öfter sind auch effiziente Verbindungen zwischen Holz und Beton gefragt. Der Arbeitsaufwand und damit die Kosten sind im Holzbau leider immer noch zu hoch. Die Herstellungsprozesse sind aber im Wandel, möglichst vieles wird in die Werkstatt verschoben. Auf der Baustelle wird zunehmend nur noch gekoppelt. Ich denke, dass wir in Zukunft vor allem Anwendungsforschung benötigen und uns weiter mit den Möglichkeiten der Digitalisierung auseinandersetzen. Wünschenswert wäre, wenn wir selbstheilende Verbindungen hätten. In der Natur funktioniert das schon seit Jahrmilliarden.

Kurt Pock

Der Werkstoff Holz ist mittlerweile sehr gut erforscht, hier gibt es auch entsprechende Mittel der Holzindustrie. Bei der Fügetechnik sehe ich jedoch noch sehr viel Luft nach oben. Diese zwei Bereiche sind aus meiner Sicht auf unterschiedlichem Niveau. Einer tieferen Auseinandersetzung bedarf es auch, was die Verbindung von Holz mit anderen Werkstoffen betrifft, zum Beispiel mit Stahlbeton. Hier brauchen wir hochleistende Verbindungen, die die unterschiedlichen Vorstellungen von Genauigkeit (im Holzbau Millimeter, im Massivbau Zentimeter) mit geringem Arbeitsaufwand und hoher Leistungsfähigkeit überbrücken, die also beiden Gesinnungen entsprechen. Gerade an dieser Schnittstelle orte ich großen Forschungsbedarf.

Fabian Scheurer

Ich sehe Potenzial in der Auseinandersetzung mit Design for Manufacturing and Assembly, also mit der fertigungs- und montagegerechten Konstruktion. Im Produktdesign ist das schon seit den 1980er Jahren ein eigenes Forschungsgebiet. Dabei wird die gesamte Wertschöpfungskette in eine empirische Betrachtung einbezogen, um daraus neue Montageprozesse und Verbindungstechnologien zu entwickeln. Die Entwicklung von vorgefertigten Bauweisen könnte einen großen Schritt vorwärts machen, würde man auch hier verstärkt auf ganzheitliche Methoden in Forschung und Lehre setzen.

Hermann Blumer

Lehre als Zimmermann in Villars; Studium zum Bauingenieur an der ETH Zürich; wissenschaftlicher Assistent am Holzbaulehrstuhl der Universität Karlsruhe; seit 1971 Mitglied der Geschäftsleitung im väterlichen Betrieb der Blumer AG in Waldstatt; seit 2003 Geschäftsführungsmitglied von Creation Holz in Herisau

Kurt Pock

ist Tragwerksplaner mit Büro in Kärnten und zudem in der Lehre an der FH Kärnten sowie bei überholz (Masterlehrgang für Holzbaukultur) tätig.

Fabian Scheurer

ist Informatiker, Mitinhaber und Mitgründer der Firma Design-to-Production.
www.designtoproduction.com

Weit gespannt mit Holz

Messehalle 11 in Frankfurt

Khaled Saleh Pascha

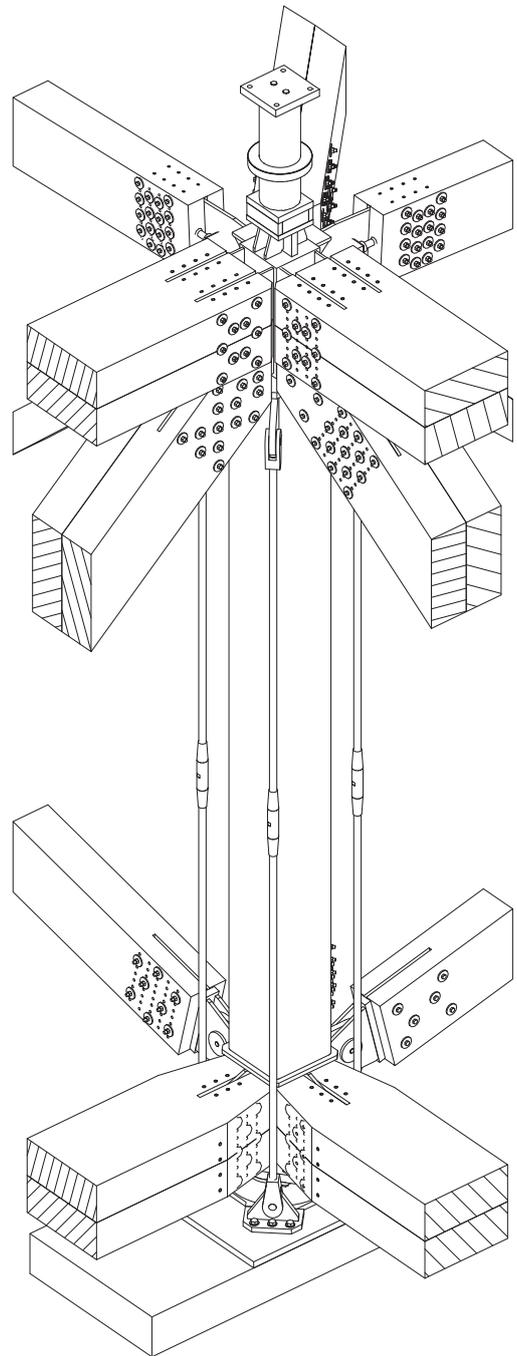
Die 2009 fertiggestellte zweigeschossige Messehalle 11 des Planungsbüros Hascher Jehle Architektur fasst zusammen mit dem dazugehörigen Portalhaus den westlichen Bereich der Frankfurter Messe städtebaulich neu ein. Der Gebäudekomplex mit Außenmaßen von 196,7 mal 114,8 Metern und einer Höhe von über 27 Metern gehört zu den größeren am Gelände der Messe Frankfurt. Das Dach der Messehalle zeigt eindrucksvoll den Einsatz von Holz für weit gespannte Tragwerke. Es ist eine Einfeldträgerkonstruktion mit einer Stützweite von 79 Metern und beidseitiger Dachauskragung von 17,4 Metern. Enorm sind bereits die Abmessungen der Fachwerkgurte: Der Ober- und Untergurt haben eine Breite von 73 cm, der Obergurt eine Höhe von 68 cm und der Untergurt von 64 cm. Die enorme statische Höhe der Träger – sie schwankt zwischen 5,2 Metern in den Auflagerpunkten und 6 Metern in Feldmitte – machte eine komplette Vorfertigung der Fachwerkträger unmöglich. Die abschließende Montage fand auf der Baustelle statt. Der Obergurt wurde in zwei Segmenten mit je 39 Metern Länge vorgefertigt und auf der Baustelle zusammengefügt. Im Falle des Untergurts waren drei Segmente nötig, wobei der mittlere eine Länge von 50 Metern hatte.

Die bis zu 6,6 Meter hohen Fachwerkträger aus Fichten-Brettschichtholz werden diagonal durch metallische Zugseile ausgefacht, deren Anzahl und Querschnitt an die auftretende Belastung angepasst wurden – eine im Gegensatz zu reinen Druck- bzw. Zugdiagonalen aus Holz sehr filigrane Konstruktion. Die in Gegenrichtung angebrachten Diagonalen sind nur im Fall von Sogkräften, die im Vordach oder im Feld auftreten können, notwendig. Der Anschluss zur Übertragung der Zugkräfte besteht in Stahllaschenverbindungen und schräg eingedrehten Schrauben. Die enormen Kräfte, die in den Schnittpunkten der Fachwerkkonstruktion auftreten, erforderten – ebenso wie einige geometrische Besonderheiten der ausgeführten Konstruktion – Neuentwicklungen in der Verbindungstechnik. Bei den maßgeblichen Details der Knotenpunkte kam man daher mit nur zwei prinzipiell unterschiedlichen Knotenverbindungen aus.

An den Knotenpunkten der spitz zulaufenden Fachwerkauskragungen sind drei bis fünf Holzbalken miteinander verbunden, deren statische Achsen sich in einem Punkt schneiden. Hier garantieren Schlitzbleche und Stabdübel die geforderte Stabilität. Um die Tragsicherheit zusätzlich zu sichern, wurden Vollgewindeschrauben beidseitig des Stahlschwerers eingelassen. Sie liegen in einem Winkel kleiner als 90 Grad zu den Stabdübeln und quer zur Faserrichtung des Holzes. Für die Knotenpunkte im Feldbereich lagen andere Bedingungen vor. Hier wurde bewusst kein gemeinsamer Schnittpunkt der Stabachsen gesucht. Stattdessen wurde der Schnittpunkt der Diagonale mit dem Gurt nahe an die Gurtoberfläche gelegt, um direkt vom aufgehenden Pfosten aufgenommen werden zu können. Der Vorteil dieser Ausführung ist, dass die Vollgewindeschrauben nur die Horizontalkomponente der Diagonalen aufnehmen müssen. Durch die in einem Winkel von 45 Grad eingedrehten Schrauben entsteht ein Kräftedreieck zwischen Horizontalkomponente und Schraubenrichtung, wodurch eine zusätzliche Anpresskraft der Stahlplatte an das Holz entsteht. Ein statischer Nachweis mit zwei Versuchskörpern ergab eine Bruchlast von 13.000 kN und damit eine Sicherheitsreserve gegenüber der Gebrauchslast von 300 Prozent, wozu die Reibung zwischen Holz und Stahl maßgeblich beiträgt. Versagensursache war schließlich der Zugbruch der Schrauben. Die Messehalle 11 ist ein Beispiel für die Dimensionen und Leistungsfähigkeiten moderner weitspannender Holzkonstruktionen und weist im Vergleich zu einem konventionellen Stahltragwerk auch noch eine um fast 4.000 t bessere CO₂-Bilanz auf.

Khaled Saleh Pascha

ist promovierter Architekt. Nach Lehrtätigkeiten an der TU Berlin und TU Wien sowie an der Universidad Católica de Santiago de Chile arbeitet er seit 2016 als Professor für Gebäudetechnik und Konstruktives Entwerfen an der FH-oö in Wels.



Standort Frankfurt am Main/DE

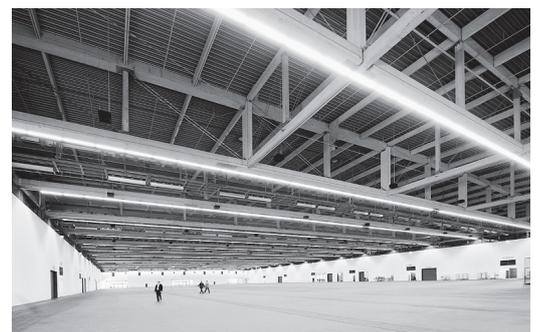
Bauherr Messe Frankfurt Venue GmbH, Frankfurt am Main/DE,
www.messefrankfurt.com

Planung Hascher Jehle Architektur, Berlin/DE, www.hascherjehle.de

Statik rsp Rimmel + Sattler Ingenieurgesellschaft mbH, Frankfurt am Main/DE,
www.rsp-ingenieure.com

Holzbau WIEHAG Holding GmbH, Altheim/AT, www.timberconstruction.wiehag.com

Fertigstellung 2009



Die Möglichkeiten des Fügens im Holzbau sind vielfältig. Wir zeigen aktuelle Beispiele aus Forschung und Entwicklung, bei denen das Verbinden mit und von Holz weitergedacht wurde. Sie bereiten den Weg für Materialwirtschaft und Werkstoffoptimierung und treiben Innovation an.



Achim Menges

ICD – Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung
Universität Stuttgart
Keplerstraße 11, 70174 Stuttgart/DE
www.icd.uni-stuttgart.de

ICD – Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung, Universität Stuttgart/DE

Faserförmige Verbindungen für den faserbasierten Werkstoff Holz

Ineinandergreifende und dem Spannungsverlauf folgende Faseranordnungen in Bäumen sind das Resultat evolutionärer Entwicklungen. Die daraus folgende biologische Variabilität des Werkstoffs Holz wird in der Verarbeitung allerdings als Problem wahrgenommen und ist hinlänglich in Holzfehlerkategorien beschrieben. Die der Holzverarbeitung innenwohnende Auftrennung des Rundholzes und damit die anteilige Zerstörung der Integrität der Faserstruktur wurde zum Beispiel im antiken Schiffsbau in der Fügung von geschnittenen Brettern zum Teil wiederhergestellt, indem Sekundärfaserbündel in vorgearbeitete Nuten und Bohrlöcher eingearbeitet wurden. Mit der erschwinglichen Herstellung von Nägeln und Schrauben gerieten solch originär „genähte“ Verbindungen allerdings in Vergessenheit.

Mit Hilfe von digitalen Fertigungsprozessen können faserförmige Verbindungen heute auf neue Arten hergestellt werden und bieten vor allem im Bau von leistungsfähigen leichten Tragwerken aus Holz interessante Potenziale. Hierbei können Faseranordnungen adaptiv – dem Spannungsverlauf entsprechend – am Computer generiert und in der Vorfertigung durch minimal-invasive Nuten und Bohrlöcher physisch definiert werden. Indem Endlosfasern (z. B. Carbon) eingebracht werden, lassen sich vorgefertigte Holzbauteile effektiv und ohne Verkleben miteinander verbinden.

An der Universität Stuttgart konnte dies an Knoten für leichte Segment- und Gitterschalen demonstriert werden. Weiters wurde ein mobiler faser-legender Klein-Roboter entwickelt, der vorgefertigte Nuten für seine Fortbewegung nutzt, während er die Holzbauteile automatisiert verbindet. Achim Menges, Tim Stark, Hans Jakob Wagner

IBOIS – Labor für Holzbau, EPFL Lausanne/CH

Holz-Holz-Verbindungen und parametrische Modellierung

Das interdisziplinäre Team des Lehrstuhls für Holzkonstruktionen (IBOIS) der École polytechnique fédérale de Lausanne, kurz EPFL genannt, lehrt und forscht unter der Leitung von Yves Weinand mit dem Anspruch, die Nachhaltigkeit im Holzbau mittels fortschrittlicher Berechnungsmethoden und digitaler Technologien zu fördern.

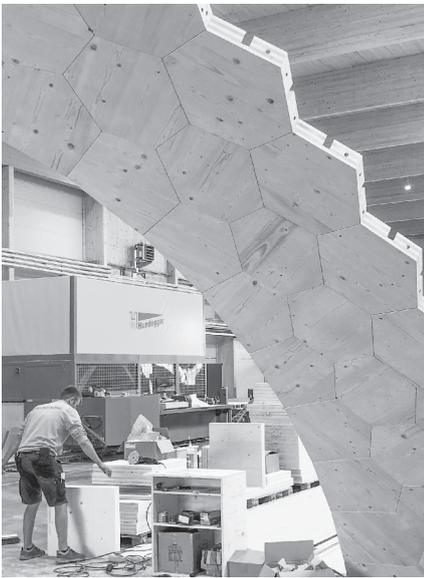
Ein Fokus der Forschungsarbeit lag anfangs auf digital und parametrisch modellierten Holz-Holz-Verbindungen, inspiriert von den Verbindungsarten des traditionellen Tischlerhandwerks – im Speziellen auf origami-basierten Faltkonstruktionen mit integrierten Verbindungen. Der Holzpavillon des Théâtre de Vidy-Lausanne, der 2017 eingeweiht wurde, ist ein anschauliches Beispiel der Umsetzung dieser Forschung. Die dafür entwickelte doppellagige Montagetechnik verwendet zueinander gefaltete Platten, die zugleich Tragstruktur und Außenhülle darstellen und vollständig mittels Holz-Holz-Verbindungen zusammengefügt sind.

Ein weiterer Schwerpunkt konzentriert sich auf einen möglichst materialwirtschaftlichen Einsatz des Werkstoffs Holz. Mit Hilfe von 3D-Laserscannern sammelt das Forschungsteam Informationen über die Arten und die Beschaffenheit von Bäumen in einem bestimmten Waldgebiet. Dieses Scannen ermöglicht es, den lokalen Waldbestand in eine virtuelle Bibliothek einzupflegen, um die Verwendung sowohl hinsichtlich der Auswahl der Bäume als auch der Nutzung des gesamten Baums (gegabelte, krumme oder konische Stämme) zu optimieren und so der Materialvergeudung entgegenzuwirken. Violaine Prévost



Yves Weinand

IBOIS – Labor für Holzbau
École polytechnique fédérale de Lausanne
Route Cantonale, 1015 Lausanne/CH
www.epfl.ch/labs/ibois/



DTC – Digital Timber Construction, Technische Universität Kaiserslautern/DE Recycleshell

Können wir mit Hilfe digitaler Technologie aus Abfallstoffen Hightech-Konstruktionen schaffen? Die Herstellung moderner Brettsperrholzwände (BSP) ist sehr effizient, aber es fällt auch eine große Anzahl Reststücke an, beispielsweise wenn Öffnungen für Fenster und Türen ausgeschnitten werden. Diese Ausschnitte sind aus Baumaterial von hoher, zertifizierter Qualität, doch für normale Bauanwendungen sind sie zu klein.

Das Projekt Recycleshell verwendet digitale Technologie, um diese kleinen, wertvollen Elemente in leichte Flächentragwerke umzuwandeln, die dank eines innovativen Schnellmontagekonzepts mit Hartholzverbindern anstelle von Metall rasch und präzise vor Ort montiert werden können.

Der Demonstrator ist die erste Holz-Segmentschalenkonstruktion, die ausschließlich mit Holz-Holz-Verbindern konstruiert wurde. Der Prototyp besteht aus 230 planaren BSP-Elementen, seine optimierte Schalenform ist für das Konstruktionssystem entscheidend, weil er die Fugen zwischen den Elementen überwiegend unter Druck belastet. Die Elementgeometrien und die direkte Ausgabe der CNC-Produktionsdaten wurden mit einem selbstentwickelten CAD-Plug-in entworfen und generiert. Die über tausend individuell berechneten, schrägen Ausfräsungen für die X-fix-Verbinders können nur durch Algorithmen automatisiert werden. Das Konzept „Recycleshell“ ist inspiriert von der Art und Weise, wie die Natur Strukturen entwirft: Material ist teuer, Geometrie ist billig.

Christopher Robeller

Christopher Robeller

DTC – Digital Timber Construction
Technische Universität Kaiserslautern
Pfaffenbergstraße 95, 67663 Kaiserslautern/DE
www.digitalerholzbau.de

Ein nachhaltiges Voll-Holz-Bausystem

mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen

Für und mit der studentischen Projektgruppe Collegium Academicum baut das Frankfurter Büro DGJ Architektur derzeit Wohnungen für Studentinnen und Studenten auf einer Konversionsfläche in Heidelberg. Dabei kommen erstmals die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Holz: Form- und kraftschlüssig“ zur praktischen Anwendung. Wegen des hohen Innovationsgehalts ist das Bauvorhaben Teil der Internationalen Bauausstellung IBA Heidelberg und Modellvorhaben im Förderprogramm Variowohnungen der Forschungsinitiative Zukunft Bau, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

Schon seit einigen Jahren arbeitet DGJ Architektur an der Entwicklung von Open Architecture, einem Holzbausystem, das auf traditionellen Zimmermannsverbindungen basiert und bei dem im ganzen Tragwerk der Verbund ohne metallische Verbindungsmittel nur durch form- und kraftschlüssige Elemente hergestellt wird. Entsprechend wurden das Bausystem und das Modellvorhaben so entwickelt, dass sie möglichst zerstörungsfrei zu ändern, rückzubauen und wieder zu verwenden sind. Hier bieten die geometrischen Holz-Holz-Verbindungen einen idealen Ansatzpunkt: Es müssen keine Schraub- oder Klebeverbindungen gelöst werden; die Bauteile lassen sich stattdessen wie Puzzesteine zusammensetzen und wieder auseinandernehmen. Die Anwendung von Open Architecture ermöglicht somit sowohl die Erhaltung von Bauteilen und Materialien in geschlossenen Stoffkreisläufen als auch die dynamische Anpassung des Gebäudes an sich fortlaufend ändernde Nutzungsanforderungen. Hans Drexler

Hans Drexler

DGJ Architektur GmbH
Walter-Kolb-Straße 22, 60594 Frankfurt am Main/DE
www.dgj.eu/forschung/

Stütze, Platte, fertig!

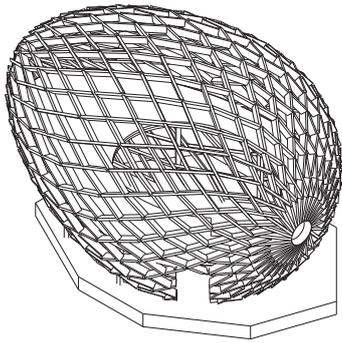
Neue Möglichkeiten durch stirnseitig verklebte Holzbauteile

Bauen mit Holz ist in aller Munde und gewinnt deutlich an Marktanteilen. Der Holzbau hatte bislang aber einen Nachteil: die einachsige Tragrichtung des Holzes und die damit notwendigen Unterzüge. Das ist heute anders. Die Technologie Timber Structures 3.0, kurz ts3, ist ein Verfahren, das aus Holz große Flächen generieren kann – ohne die bisher üblichen Querbalken. ts3 verbindet Holzbauteile stirnseitig. Das galt über Jahrzehnte als unmöglich. Zehn Jahre Forschung zusammen mit der Berner Fachhochschule und der ETH Zürich waren nötig, um die Lösung zu finden, ein Verfahren mit einem Zwei-Komponenten-Polyurethan-Gießharz. Dieses Harz verbindet die Holzelemente biegesteif miteinander. Lizenzierte CLT-Hersteller veredeln die Brettsperrholzplatten zu ts3-Platten. Dazu werden die Stirnflächen mit einem Primer vorbehandelt und mit Dicht- und Segmentbändern versehen. Für die Montage und für das Einfüllen des Gießharzes werden verschiedene Bearbeitungen vorgenommen. Nach der Montage der CLT-Platten dichtet ein ts3-Anwendungstechniker die Fugen mit einem Klebeband ab und bringt das Gießharz in die Fugen ein. Mit der ts3-Technologie können Stützen-Platten-Konstruktionen erstellt werden, wie sie bisher nur in Stahlbeton möglich waren. Die Planung von ts3-Projekten ist jedoch vergleichbar mit der konventioneller Bauten – ein wichtiger Vorteil dieser Technologie. Denn während der Überzeugungsphase müssen Bauprojekte in verschiedenen Materialvarianten weitergeplant werden. Diese Möglichkeit des direkten Vergleichs leistet Überzeugungsarbeit und fördert damit ein Umdenken in der Baubranche – für einen breiteren Einsatz von Holz als Baustoff. Simon Meier

Stefan Zöllig

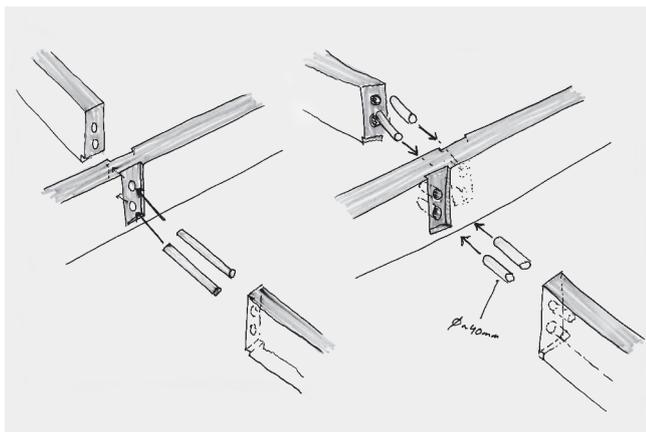
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG/ts3 AG
Niesenstrasse 1, 3600 Thun/CH
www.ts3.biz

Ein Schwalbenei in Zollingerbauweise Vogelobservatorium Tij in Süd-Holland



Christina Simmel

Das niederländische Naturschutzgebiet Scheelhoek bei Stellen-
dam, gelegen am Haringvliet, ist ein bedeutender Lebensraum
und Brutplatz für zahlreiche Wat- und Möwenvögel. Doch die
einzigartige Flora und Fauna lockt nicht nur Schwalbe und Co.,
auch SpaziergängerInnen erfreuen sich an der Natur und Orni-
thologInnen beobachten das Schauspiel der Vogelwelt.
Um das Habitat der Tiere möglichst störungsfrei auch interes-
sierten und naturliebenden Menschen zugänglich zu machen,
wurde – in Abstimmung mit dem niederländischen Vogelschutz-
verband – ein Landschaftsplan entwickelt. Eine behutsame
Wegeführung mit vereinzelt Aussichtspunkten war das Ergeb-
nis. Eine der ersten und die zweifelsohne markanteste unter den
Beobachtungsstationen trägt den Namen „Tij“, niederländisch für
Tide, und schnell ausgesprochen mit der Bedeutung Ei. Diese
Doppeldeutigkeit umschreibt bereits zwei wesentliche Grundzüge
des Bauwerks. Das Vogelobservatorium – ein Entwurf von RAU
architects in Zusammenarbeit mit RO&AD Architekten – ist eine
Holzkonstruktion in Form eines überdimensionierten Schwalbeneis,
auf eine durch die Gezeiten geprägte Sandbank gelegt.
Die tragende Struktur wurde parametrisch entworfen und ist eine
File-to-Factory-Produktion in Zollingerbauweise. Beim Prinzip nach
Zollinger werden gleichartige Einzelelemente zu einem schalen-
artigen stützenfreien Stabnetztragwerk zusammengefügt, das trotz
kurzer Stäbe große Spannweiten ermöglicht.
In jedem Knotenpunkt werden zwei Stabenden außermittig –
in Form eines schiefen Kreuzes angeordnet – an einen durchlau-
fenden Stab angeschlossen. Alle Stäbe laufen jeweils über zwei
Felder durch. Aneinandergefügt bilden diese Kreuze die für diese
Bauweise typischen Rauten aus.



Insgesamt besteht das Observatorium aus 402 Teilen, in Finnland
CNC-gesteuert gefertigt und vor Ort zusammengefügt. Dabei
kamen zwei leicht unterschiedliche Knotenanschlüsse zur Anwen-
dung. Entweder wurden einzelne Holzdübel von beiden Seiten
gesetzt, in manchen Fällen war jedoch die Verwendung durch-
laufender Holzdübel von Vorteil – beispielsweise dann, wenn in
einzelnen Feldern der Winkel der Stäbe zueinander nicht die er-
forderliche Einbohrtiefe von zwei Seiten zuließ oder die Montage
aufgrund der Lage nur von einer Seite möglich war.
Um eine exakte Montage zu gewährleisten, wurden die jeweils
ersten drei Reihen an den Enden des Holz-Eis vormontiert. Der
untere, fallweise der Flut ausgesetzte Teil, ist aus Accoyaholz,
das durch zusätzliche Acetylierung eine höhere Resistenz gegen
Wasser, holzzerstörende Pilze und Insekten aufweist. Der darüber-
liegende, trockene Teil ist aus Kiefer. Knapp über dem möglichen
Hochwasserstand setzt ein landschaftlich passend gestaltetes
Dach aus lokal gewonnenem Reet an. Im Inneren bildet ein Holz-
Beton-Hybrid den Boden einer umlaufenden Galerie in Form
einer Rampe aus. Sie wird von sieben Holzstützen getragen und
wirkt ihrerseits wiederum statisch stabilisierend auf die Trag-
struktur.
Von hier aus bietet sich den Besucherinnen und Besuchern ein
Rundumblick auf die Natur und die sich hier tummelnden Vögel.
Das Tij Observatorium ist ein Erlebnis für sich. Das changierende
Lichtspiel, erzeugt durch die ovale Öffnung am Hochpunkt der
Schale und die rautenförmigen Öffnungen der Hülle, ist einen
Besuch allemal wert. Auch die Route zum Aussichtspunkt bietet
einiges an Spannung. Sie führt im letzten Abschnitt durch einen
Tunnel, dessen Sandbedeckung sich den Vögeln als Nistplatz und
Nahrungsreservoir anbietet. Man nähert sich gut getarnt und
quasi unsichtbar für die Tiere.
Nachhaltig gedacht ist nicht nur der Einstieg in die sogenannte
Vogelskieke. Das ganze Objekt ist aufgrund seines Konstruktions-
prinzips holzsparend, hat ein geringes Eigengewicht und erlaubt
einen Aufbau ohne schweres Hebezeug, mit wenig Aufwand und
in kürzester Zeit. Es lässt sich auch wieder vollständig zerlegen
und recyceln.

Standort Stellendam/NL
Bauherr Vogelbescherming Nederland (Netherlands Bird Protection), Zeist/NL,
www.vogelbescherming.nl
Planung Rau architects, Amsterdam/NL, www.rau.eu; RO&AD Architekten, Bergen op Zoom/NL,
www.ro-ad.org
Statik Geometria Architecture Ltd, Helsinki/FI, www.geometria.fi
Holzbau Van Hese Infra b.v., Middelburg/NL, www.vanhese-infra.nl
Fertigstellung 2019

Moderne Holzverbindungen und hochbeanspruchte Verbindungen

Aktuelle Technologien und Methoden

Robert Jockwer

Eine Typologie der Verbindungen kann hinsichtlich des Tragmechanismus der Verbindungen unterschieden werden, der durch Kraftübertragung entweder über einen Kontakt der Holzelemente oder über Befestigungselemente erfolgen kann. Bei Druckbeanspruchung erfolgt die einfachste und wirksamste Art der Kraftübertragung zwischen zwei Bauteilen über Kontakt. Nicht nur klassische zimmermannsmäßige Verbindungen folgen diesem Prinzip, sondern auch moderne hochbeanspruchte Verbindungen, wie etwa Stützenstöße in Holzhochhäusern. Der Einsatz von steifen Zwischenlagen z. B. aus Hartholz- oder Stahlteilen bietet sich an, um ein gegenseitiges Eindringen der Holzfasern im Stirnholz zu vermeiden, somit die Verformungen zu verringern und den vollen Tragwiderstand zu erreichen.

Moderner Einsatz klassischer Verbindungen

Mit dem verstärkten Einsatz von computergestützten Abbundanlagen können klassische Verbindungen weiterentwickelt und komplexere moderne Holzverbindungen realisiert werden. Durch passgenaue Fertigung und Optimierung der Geometrie, wie etwa einen fein abgestuften Treppenversatz, können Spannungsspitzen vermieden und eine gleichmäßigere Krafteinleitung erreicht werden. Dabei sollten die Kräfte idealerweise über Druck und Schub übertragen werden, wodurch im Vergleich zum reinen Schub ein leicht höherer Tragwiderstand erreicht wird.

Eine große Herausforderung stellt dagegen traditionell die Übertragung von Zugkräften zwischen Bauteilen dar. In reinen Holzverbindungen erfüllen Keilelemente oder Verzahnungen diesen Zweck, wie einige historische Tragwerke eindrucksvoll zeigen. Die unvermeidlichen Querschnittsschwächungen und die an den Querschnittsübergängen auftretenden Spannungskonzentrationen aus Querzug und Schub können zu Rissbildungen und in weiterer Folge zum Versagen führen. Im Holzbau strebt man daher stets danach, getrennte Holzfasern und ganze Bauteile direkt miteinander zu verbinden, und das ohne Querschnittsschwächungen und Spannungskonzentration.

Arten von Verbindungen

Als Mittel der Wahl bieten sich zum einen Verklebungen und zum anderen Verbindungsmittel an, die durch Lochleibung und Scherbeanspruchung oder durch Verzahnung oder Verklebung im Holz verankert werden. Obwohl es Entwicklungen hinsichtlich des Schweißens von Holz gibt, steht dieses für größere Verbindungen in der Praxis noch nicht zur Verfügung.

Die klassischen Stabdübel und andere stiftförmige Verbindungsmittel, die quer zur Schaftichtung beansprucht werden und die Kräfte infolge von Lochleibung im Holz und Biegung im Verbindungsmittel übertragen, sind auch für moderne und hochbeanspruchte Verbindungen bestens geeignet. Optimiert werden Tragwiderstand, Tragverhalten und Effizienz durch die geschickte Wahl der Durchmesser und Stahlfestigkeiten der Verbindungsmittel sowie der Anordnungen der Scherfugen mit eingeschlizten Blechen und erforderlichen Holzstärken. Dabei sollten Toleranzen vermieden werden und die Verbindungsmittel im Holz und in den Stahlblechen passgenau sitzen.

Mit Schrauben können Zugkräfte in Schaftichtung übertragen werden. Als Tragmechanismen fungieren der Kontakt und die Verzahnung des im Holz eingeschnittenen Schraubengewindes. Die Kraft wird über Schub ins Holzbauteil eingeleitet. Wird die Schraube unter einem ausreichend großen Winkel (typischerweise größer als 30 Grad) zu den Holzfasern eingebracht, verzahnen sich diese mit dem Schraubengewinde und die Beanspruchung verteilt sich auf eine Vielzahl von Fasern. Das führt zu einer gewissen Duktilität im Ausziehverhalten der Schrauben und zu größerer Dauerhaftigkeit auch bei feuchteinduzierten Spannungen infolge von Quellen und Schwinden des Holzes. Parallel zur Faserrichtung des Holzes eingebrachte Schrauben können ausreißen, wenn es zu einem Schubversagen entlang der Holzfasern kommt. Begünstigt wird dies durch das Einschneiden des Schraubengewindes im Holz. Durch besondere Maßnahmen können ein hoher Tragwiderstand und eine gute Dauerhaftigkeit erzielt werden. Wird die Kraft in ausreichendem Abstand vom Hirnholzende eingeleitet, verringert dies die Spannungskonzentration im Hirnholz und das Risiko einer Aufspaltung. Durch eine Verklebung von Bauteilen können Kräfte nicht durch Kontakt, aber durch Adhäsion übertragen werden. Dabei wird vor allem die hohe Schubfestigkeit der Klebverbindungen etwa in Keilzinkenverbindungen, Flächenverklebungen oder bei eingeklebten Stahlstäben oder Lochblechen ausgenutzt. Anders als Schrauben schneiden faserparallel eingeklebte Stahlstäbe nicht in die Holzfasern ein. Neue Klebstofftechnologien ermöglichen darüber hinaus die stirnseitige Verklebung von Holzbauteilen und die direkte Übertragung von Zugkräften. Es ist dabei besonders herausfordernd, das vollständige Aushärten des Klebstoffs und die Qualität des Klebprozesses zu gewährleisten.

Zum Tragverhalten von Verbindungen

Das Tragverhalten einer Verbindung kann vereinfacht durch den Tragwiderstand, die Steifigkeit und das Verformungsvermögen beschrieben werden. Holz zeigt unter Zug- und Schubbeanspruchung ein linear elastisches Verhalten bis zum spröden Versagen. Allein unter Druckbeanspruchung zeigt sich ein duktileres Versagen. In auf Zug oder Abscheren beanspruchten Verbindungen kann nur mit metallischen Verbindungsmitteln eine ausreichende Duktilität erzielt werden. Durch sie können die Kräfte zwischen einzelnen Verbindungsmitteln umgelagert werden – innerhalb einer Verbindung und zwischen Verbindungen untereinander. Die Duktilität ist vor allem bei hochbeanspruchten Verbindungen notwendig und ein wichtiger Baustein auf dem Weg zu robusten Tragwerken. Darüber hinaus kann sie zur Energiedissipation, zum Beispiel im Fall von seismischen Belastungen, genutzt werden. Bei Beanspruchungen im Rahmen der Gebrauchstauglichkeit verhalten sich die meisten Verbindungen annähernd linear elastisch und verformen sich daher bei zunehmender Belastung stärker. Oft sind eine hohe Anfangssteifigkeit und ein ausgeprägtes Verformungsvermögen der Verbindung erwünscht, die Zuordnung eines eindeutigen Fließpunktes und Fließplateaus ist hilfreich. Bei stiftförmigen Verbindungsmitteln kann Reibung in der Scherfuge ein ausgeprägt nichtlineares Tragverhalten bewirken, was

die Bemessung deutlich erschwert. Verbindungen können sich unter Belastung ganz unterschiedlich verformen, abhängig von den verwendeten Materialien, der Konfiguration aus Bauteilen und Verbindungsmitteln, aber auch der Art und Dauer der Beanspruchung. Verbindungen mit geeigneten Schrauben können deren Zugtragfähigkeit und die damit zusammenhängende hohe Steifigkeit aktivieren. Zugleich verringern sich aber die Duktilität und das Verformungsvermögen der Schrauben. Verbindungen müssen daher sorgfältig geplant und ausgeführt werden, um die notwendige Lastumlagerung und das vorhandene Verformungsvermögen miteinander in Einklang zu bringen.

Geklebte Verbindungen weisen eine sehr hohe Steifigkeit auf, verhalten sich aber als reine Klebverbindungen linear elastisch bis zum Sprödbbruch. Da sie kaum Potenzial zur Lastumlagerung haben, kann eine ausreichende Duktilität nur durch die Fließverformung metallischer Verbindungsmittel erreicht werden. Nur eine ausreichende Überfestigkeit des Klebverbundes im Verhältnis zum Fließpunkt der Verbindungsmittel und ein ausreichendes plastisches Verformungsvermögen derselben gewährleisten die gewünschte Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit.

Herausforderungen bei der Konzeption von Verbindungen

Bei der Konzeption von Verbindungen in effizienten Tragwerken gilt es, einen hohen Ausnutzungsgrad des Holzquerschnitts bei gleichzeitig bestmöglichem Tragverhalten zu erreichen. Hohe Kräfte können auf den ersten Blick durch die Wahl großer Verbindungsmitteldurchmesser z. B. in klassischen Stabdübelverbindungen erreicht werden. Große Verbindungsmittel weisen jedoch oft eine geringe Duktilität auf, das Risiko von Sprödbrüchen im Holz muss genau abgewogen werden. Der Holzquerschnitt, der ein Aufspalten oder Ausscheren des gesamten Verbindungsbereichs verhindert, wächst dabei überproportional zum Tragwiderstand des Verbindungsmittels. Die Verbindung wird weniger effizient, weshalb kleinere Verbindungsmitteldurchmesser zu bevorzugen sind.

Robert Jockwer

ist seit 2019 Assistenzprofessor für Holzbau an der Chalmers Universität in Göteborg. Er hat an der ETH Zürich zu Querzugverstärkungen von Brettschichtholz promoviert, ist Cofounder von Timber Hub AB und beschäftigt sich mit Verbindungen im Holzbau u. a. im Rahmen der Revision des Eurocode 5.

Architektur fertigen. Konstruktiver Holzelementbau

Mario Rinke, Martin Krammer (Hg.), Zürich 2020

Neue Holzbautechnologien. Materialien Konstruktionen Bautechnik Projekte

Simone Jeska, Khaled Saleh Pascha
Rainer Hascher (Hg.), Basel 2015

Das Holz und seine Verbindungen. Traditionelle Bautechniken in Europa, Japan und China

Klaus Zwerger (Hg.), Basel 2012

Bauteile und Verbindungen. Prinzipien der Konstruktion

Ulrich Knaack, Maarten Meijs (Hg.), Basel 2009

Holz als konstruktiver Baustoff

Informationsdienst Holz (Hg.), holzbau handbuch, Reihe 4, Teil 1, Folge 1, Bonn 2008

Holzbau Atlas

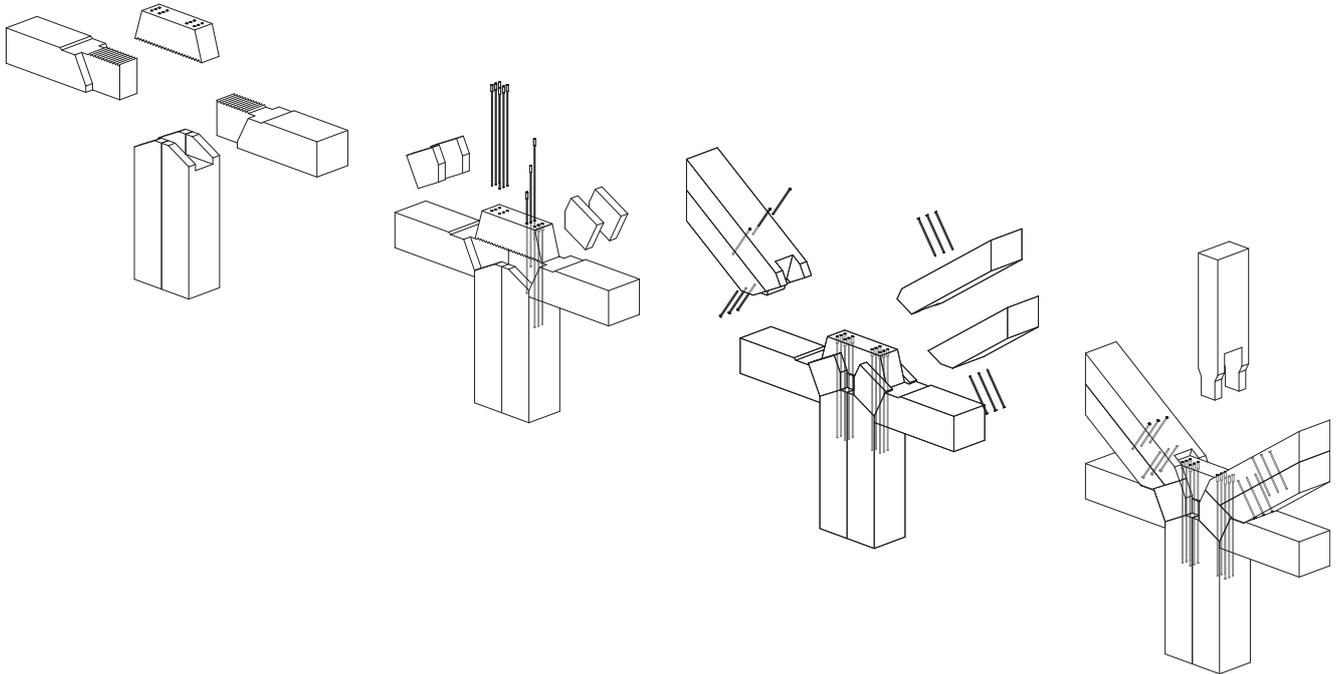
Thomas Herzog et al. (Hg.)
Edition Detail, München 2003

Entwicklung der Holzverbindungen

Manfred Gerner (Hg.), Stuttgart 2000

Verbindungen mit Tragweite

SWG-Produktionshalle in Waldenburg



Susanne Jacob-Freitag

Mit dem Ensemble aus Produktionshalle und Bürohaus samt integriertem Ausstellungsbereich schuf die SWG Schraubenwerk Gaisbach GmbH – Geschäftsbereich Produktion – an ihrem Firmensitz im hohenlohischen Waldenburg nicht nur neue Kapazitäten, sondern vor allem einzigartige Gebäude. Im Frühjahr 2020 war das vor Jahren beschlossene Projekt endlich fertig. Das Tragwerk ist bisher einzigartig in dieser Größe und Ausführung und überbrückt trotz filigraner Konstruktion enorme Spannweiten. Einen entscheidenden Beitrag dazu leisten die zimmermannsmäßigen Verbindungen sowie ein puzzleähnlich verschränkter Bauteilknoten.

Entworfen und geplant wurde das Gebäudeensemble vom Team rund um Hermann Kaufmann und seine Partner Christoph Dünser, Roland Wehinger und Stefan Hiebeler, die seit Anfang 2018 zusammen unter dem Namen HK Architekten firmieren. Mit beachtlichen Abmessungen von knapp 96,5 Metern Breite und 114 Metern Länge nimmt der rund 12 Meter hohe Hallenneubau eine Fläche von 11.000 m² ein. Die Halle ist fünfschiffig angelegt und wird von einem kammartig geformten Dach überspannt. Die Hallenschiffe sind knapp 20 Meter breit. Ihre Dachflächen verspringen in regelmäßigen Abständen nach unten, wo sie etwa 5 Meter auf dieser Höhe weitergeführt werden, um dann wieder in die ursprüngliche Höhe überzugehen. Diese regelmäßigen Versprünge gliedern die großflächige Halle und sorgen wie Sheddächer – nur in umgekehrter Ausführung – für viel Tageslicht im Halleninneren.

Die Fachwerkträger der Dachkonstruktion sind aus hochtragfähigem Buchen-Furnierschichtholz, auch BauBuche genannt, gefertigt. Sie überbrücken zum Teil enorme Spannweiten, wie etwa die 82 Meter langen und 3,8 Meter hohen Haupt-Fachwerke in Längsrichtung der Hallenschiffe. Lediglich auf einer BauBuche-Stütze gelagert, überspannen sie als Zweifeldträger 40 Meter bzw. 42 Meter. Die 1,5 Meter hohen Neben-Fachwerkträger spannen quer dazu über 18,3 Meter und stützen sich auf den Haupt-Fachwerken ab.

Dabei konzipierte das hauseigene Ingenieurbüro SWG Engineering die überwiegende Zahl der Anschlüsse und Knotenpunkte als zimmermannsmäßige Verbindungen, passte sie aber im Hinblick auf die Verwendung von BauBuche entsprechend ans Material an, variierte und optimierte sie. Das ergab sich auch vor dem Hintergrund, dass sich die einfachen Geometrien dieser bewährten Holzverbindungen gut abbinden und die Bauteile zwängungsfrei fügen lassen – und das bei zugleich optimaler Kraftübertragung in den Knoten.

Als Druckverbindung, also zur Übertragung der Druckkräfte, nutzten die Ingenieure besonders oft den „verlängerten“ Treppenersatz, eine optimierte Version des seit Jahrhunderten bekannten Fersenversatzes. Bei den Zugverbindungen dagegen setzten sie hauptsächlich Schraubverbindungen ein. Damit die Konstruktion so filigran und materialeffizient wie möglich ist, nutzten sie die Tragfähigkeit der BauBuche außerdem maximal aus. Die besondere Herausforderung dabei lag darin, große Kräfte über kleine Querschnitte zu übertragen. Diese im Grunde widersprüchliche Anforderung war auch für die Tragwerksplaner Neuland. Denn die Größenordnung der Kräfte lag beim Zehn-, zum Teil sogar Hundertfachen der Kräfte, die üblicherweise bei Projekten dieser Art auftreten.

Bei den Fachwerkbindern des Dachtragwerks kommt eine Vielzahl ausgetüftelter Anschlussknoten zum Einsatz, darunter der sogenannte Puzzle-Anschluss über der Mittelstütze im Haupt-Fachwerkbinder. Es ist ein reiner Kontaktanschlussknoten, in ihm treffen fünf durch Druckkraft beanspruchte Stäbe aufeinander. Dieser hochbelastete Knotenpunkt ermöglicht es, gigantische Kräfte aufzunehmen und zu übertragen – bei Ausnutzung von 99,9 Prozent der Tragfähigkeit des Materials.

Ziel der Knotenkonstruktion war einerseits, die Kräfte der vertikal und der beiden diagonal einwirkenden Stäbe direkt in die Stütze nach unten abzuleiten, andererseits den Querdruck im Knotenpunkt zu reduzieren, weil die Querdruckfestigkeit von BauBuche in den Gurten für die Lastdurchleitung nicht ausreichend war.



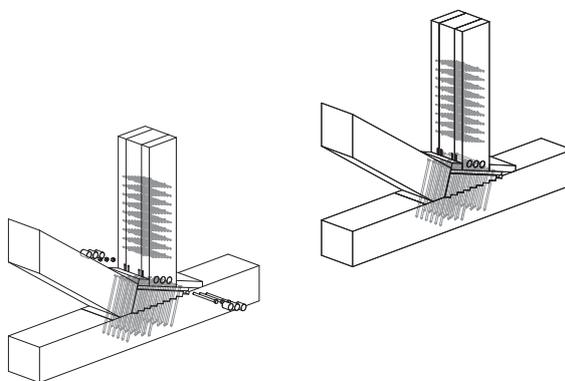
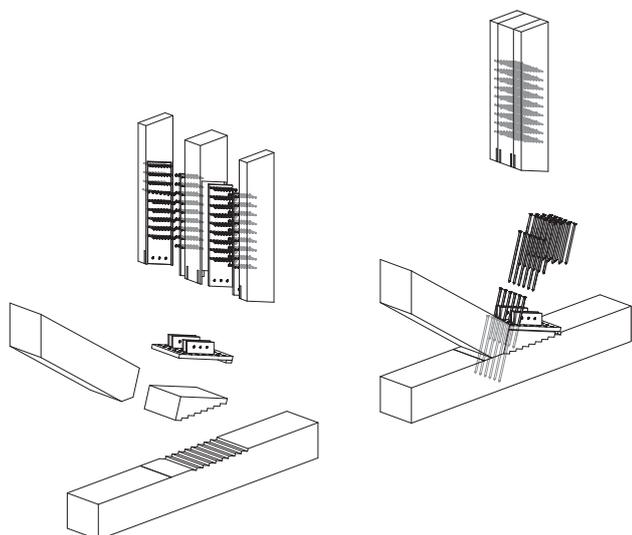
Das erreichten die Ingenieurinnen und Ingenieure unter anderem, indem sie die horizontal wirkenden Lastanteile der Druckkräfte der Diagonalen über ein Zwischenstück (mittiger Block über der Stütze, seitlich angeschrägt mit unterseitiger Verzahnung) direkt koppelten.

Die aus den Diagonalen resultierende Auflagerkraft leiteten sie nicht erst auf den Untergurt, sondern direkt in die Stütze ein. Das Gleiche gilt für die Vertikalkräfte des Druckpfostens. Betrachtet man die Querschnittsabmessungen im Verhältnis zur aufzunehmenden Kraft, wird der Widerspruch bei der Übertragung große Kräfte über kleine Querschnitte deutlich: Bei Pfosten- sowie Unter- und Obergurtabmessungen von 28 cm Höhe und 32 cm Breite bzw. Diagonalen mit einem Verhältnis von 24 cm Höhe zu 32 cm Breite erhält der Druckpfosten zwar „nur“ 197 kN an Normalkräften, dafür kommen bei den Untergurten auf beiden Seiten bereits plus minus 1,2 MN Druckkraft an.

Die Diagonalkräfte erreichen dann schon eine gigantische Größe von fast 2 MN. Das hat zur Folge, dass die zweiteilige Mittelstütze eine Last von 2,8 MN aufnehmen muss. Um eine Idee von dieser Größenordnung zu bekommen, stelle man sich einen leeren Airbus A380 mit einem Gewicht von 275 Tonnen auf jeder dieser Stützen vor. Letztere wurden ebenfalls aus BauBuche ausgeführt und haben Querschnitte von lediglich 2 mal 28 cm Breite und 32 cm Tiefe. Das entspricht der Größe eines DIN-A3-Blattes.

Susanne Jacob-Freitag

ist diplomierte Bauingenieurin (Hochschule Karlsruhe), war 1997 – 2007 Redakteurin bei einer Holzbau-Fachzeitschrift und ist seit 2007 freie Fachjournalistin mit Schwerpunkt Ingenieur-Holzbau und Architektur sowie Inhaberin des Redaktionsbüros manuScriptur in Karlsruhe.



Standort Waldenburg/DE

Bauherr swg Schraubenwerk Gaisbach GmbH, Waldenburg/DE, www.swg.de

Planung Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH, Schwarzach/AT, www.hkarchitekten.at

Statik Holzbau swg Engineering, Rülzheim/DE, www.swg-engineering.de

Statik Massivbau bhm-Ingenieure Engineering & Consulting GmbH, Feldkirch/AT, www.bhm-ing.com

Holzbau Schlosser Holzbau GmbH, Jagstzell/DE, www.schlosser-projekt.de

Fertigstellung 2020

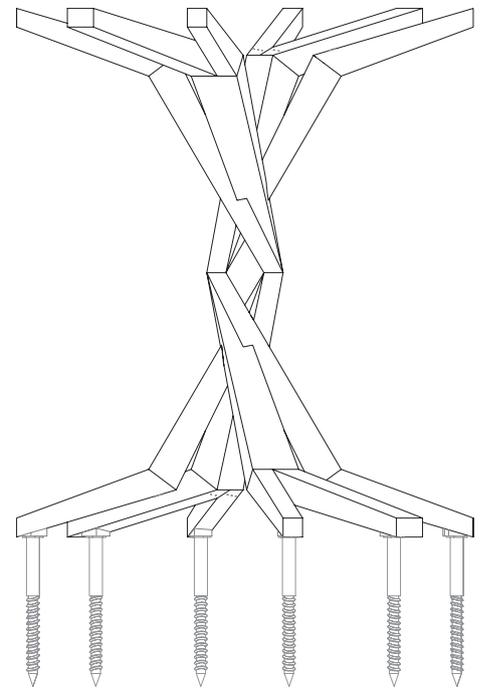
Seitenware

Die Grapevine Structure von Konrad Wachsmann – ein Konzept im Realitätstest

Marianne Burkhalter, Christian Sumi

Der deutsch-amerikanische Architekt Konrad Wachsmann setzte sich zeit seines Berufslebens mit den Möglichkeiten der Vorfabrikation und Prä-Robotik, dem Einsatz modularer Strukturen und computerunterstützter Prozessentwürfe auseinander. Sein Fokus galt auch der Suche nach dem universellen Knoten. Legendär sind die Sommerakademien in Salzburg von 1956 bis 1960, eine grundlegende Erfahrung für die damalige junge Architektengeneration wie Friedrich Kurrent, Johannes Spalt und Clemens Holzmeister. In seinem Konzept „Grapevine Structure: Studie einer dynamischen Struktur“ von 1953 schrieb Wachsmann über die Entwicklung eines universellen Bauelements mit Studenten des Chicago Institutes of Design: „Diese Vorstudie befasste sich mit dem Problem, Anschlusspunkte von vertikal und horizontal sich berührenden Konstruktionsteilen durch steife Ecken zu ersetzen, die Stützen als Begriff aufzulösen in gebündelte, sich räumlich ausdehnende Elemente, deren Auflagepunkte in der Mitte zwischen zwei gedachten horizontalen Flächen liegen, die aus Konstruktionsstäben gebildet werden, deren Anschlüsse statisch proportional sich von der Achse der tragenden, gebündelten Konstruktionsteile entfernen.“¹

Mit dem Grapevine-Projekt „verräumlicht“ sich der Knoten und wird Teil einer netzartigen Struktur, vergleichbar mit einem Weinstock. Kernstück des Grapevine ist ein 4 mal 4 mal 4 Meter großer virtueller Kubus. Darin eingeschrieben liegen zwei identische pilzförmige Strukturen, punktsymmetrisch gespiegelt, übereinander. In der Mitte des Raums treffen sich die vier „Füße“, die Auflagepunkte der Pilze, und bilden den Schaft. Die beiden Pilze bestehen jeweils aus vier rotationsartig angeordneten, geknickten Balken, die sich im Boden und in der Decke „gabeln“. Konrad Wachsmann nannte es ein „dreischenkliges, schlüsselbeinartiges Gebilde“ mit „steifen Ecken“ und führte weiter aus: „Da jeder Teil [die vier Auflagepunkte] die Tendenz hat, sich von den anderen Teilen wegzubewegen, müssen sie mit kleinen Zuggliedern an jedem Verbindungspunkt zusammengehalten werden und bilden auf diese Weise eine Zugkonstruktion.“² Ein einziges Konstruktionsteil – bestehend aus 24 Balken, die zu acht Teilen zusammengesetzt sind – generiert die ganze netzartige Struktur. Das Grapevine-Projekt ist „Basis weiterer Forschungen“, ein Konzept, das von Fall zu Fall in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien (Beton, Stahl, Holz, Kunststoff usw.) und der Fügungstechnik (Schrauben, Nieten, Schneiden, Gießen usw.) zu entwickeln ist. Es ist vielleicht auch nicht ganz zu Ende gedacht und damit ein offenes Projekt.



Zur Biennale in Venedig 2018 wurden die Grapevine-Träger erstmals gebaut. Die Realisierung des Konzepts von Wachsmann wirft grundsätzliche Fragen auf. Es geht um die Überführung, Transformation, Umsetzung einer allgemeinen in eine spezifische, konkrete Lösung mit „gewagten Umstellungen“ wie der Umkehrung, Umwandlung, Uminterpretation von einem auf Zug belasteten Knoten auf einen mittels Verkeilung bzw. Reibung auf Druck belasteten Knoten. In Venedig kam die Rücksichtnahme auf lokale Gegebenheiten wie die Dimension und Tragkraft der Ausladung der Kräne der Vaporetti hinzu, welche schlussendlich die Dimension und damit die Anzahl der Balken bestimmten. Sowohl traditionelle Zimmermannstechniken als auch Robotertechnologien kamen zur Anwendung. Ziel war es, dem Konzept bzw. der Konstruktion die nötige tektonische Kraft, Gestalt und letztendlich einen besonderen Charakter zu verleihen.

Bezugnehmend auf Gottfried Sempers Definition der Tektonik als der „Kunst des Zusammenfügens starrer, stabförmig gestalteter Teile zu einem in sich unverrückbaren System“³ versuchten wir, das abstrakte Konzept von Wachsmann in gebaute Realität umzusetzen. Unsere ersten Versuche der Rekonstruktion direkt aus den Plänen erschienen wie Gummibäume oder Spaghetti, schlaff und lustlos. Erst die Umsetzung als moderne Holzkonstruktion verlieh der Konstruktion die nötige Prägnanz. Die einzelnen Elemente bestehen aus stabförmigen Teilen. Das geneigte, Richtung Mitte gebogene, in sich um 45 Grad verdrehte Element von Wachsmanns Projekt wird durch einen geraden, in sich um 45 Grad verdrehten Stab (mit vier Regelflächen) ersetzt. Dadurch tangieren sich bzw. verkeilen sich die vier rotationsartig angelegten Stäbe im oberen und unteren Drittel zu einem unverrückbaren System. An die Stelle der Zugglieder für die Verbindung der vier Stränge, die Wachsmann zwar skizzierte, aber nicht weiter umschrieb, tritt eine klassische Zimmermannslösung – hoffentlich im Sinne von Konrad Wachsmann.

¹ Konrad Wachsmann: Wendepunkt im Bauen, Wiesbaden 1959, S. 194.

² Manuskript Konrad Wachsmann, AdK Berlin, o.J.

³ Gottfried Semper: Der Stil in den technischen und tektonischen Künsten oder praktische Ästhetik, München 1860–63, S. 248.



Marianne Burkhalter und Christian Sumi gründeten 1984 gemeinsam ihr Atelier Burkhalter Sumi Architekten, das seit einem Generationenwechsel im Jahr 2020 von den einstmaligen Partnern Yves Schihin und Urs Rinklef unter dem Namen Oxid Architektur geführt wird. Sie sind weiterhin im Bereich Architektur, Theorie und Ausstellungen tätig.

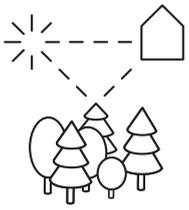
Links

www.atelierburkhaltersumi.ch
www.youtube.com/watch?v=BLAW0b8elcc

Ihre langjährige Auseinandersetzung mit der Arbeit von Konrad Wachsmann haben sie für ihren Beitrag zur Biennale 2018 in Venedig herangezogen. Die Umsetzung erfolgte zusammen mit Marco Pogacnik von der Universität IUAV in Venedig und mit digitaler Unterstützung durch Gramazio Kohler Research, ETH Zürich. Die Skulptur wurde in der Schweiz produziert (Erne AG Holzbau), farbig gestrichen (kt.Color), zerlegt, in zwei Kisten nach Venedig transportiert (Planzer Transport AG) und dort wieder zusammengebaut.

Literatur

Konrad Wachsmann and the Grapevine Structure
 Marianne Burkhalter, Christian Sumi (Hg.),
 Zürich 2018



Wald – Holz – Klima Die Österreichische Holzinitiative – mehr Holzbau für Klima und Wald

Mit dem Waldfondsgesetz wurde im Juli 2020 im österreichischen Nationalrat eines der größten Zukunftspakete für die heimischen Wälder geschnürt. Die Investitionen umfassen zehn Maßnahmenbereiche und ein Gesamtvolumen von 350 Millionen Euro – davon sind 60 Millionen für die Holzinitiative reserviert.

Christina Simmel

Österreichs Wälder entwickeln sich positiv. Jedes Jahr nimmt die Waldfläche um 3.400 Hektar zu – das entspricht etwa 4.762 Fußballfeldern. Doch der Klimawandel und dessen Auswirkungen machen sich deutlich bemerkbar und gefährden die Bestände zunehmend in ihrer Struktur. Extremwetterverhältnisse, Trockenheit und Schädlingsbefall führen zu hohen Schadholzmengen: 2020 waren es rund 53 Prozent der gesamten österreichischen Holzernte. Die enormen Ausfälle der letzten Jahre haben die Notwendigkeit unterstützender Maßnahmen zur aktiven Gestaltung eines zukunftsträchtigen Waldes drastisch verdeutlicht. Mit dem Waldfonds wurde damit die konkrete Umsetzung auf den Weg gebracht. Das Paket umfasst zehn aufeinander abgestimmte Maßnahmen (für die Forst- und Holzwirtschaft) zur Entwicklung klimafitter Wälder, der Förderung von Biodiversität im Wald und einer verstärkten Verwendung des Rohstoffs Holz als Beitrag zum Klimaschutz. Als Teil der Holzinitiative setzt die neunte der zehn Maßnahmen dazu Impulse auf mehreren Ebenen: Rund 60 Millionen Euro stehen zur Forcierung des Holzeinsatzes, für Projekte durch die öffentliche Hand im Bereich ihrer eigenen Bauvorhaben, für Forschungsförderung und die gezielte Wissensvermittlung an Universitäten zur Verfügung. Ziel ist, wesentliche Voraussetzungen für mehr Holzbau im Sinne einer langfristigen CO₂-Bindung und zur Substitution CO₂-intensiver Baustoffe zu schaffen.

Holz macht Bauen klimafreundlich

Jeder verbaute Kubikmeter Holz hält eine Tonne CO₂ unter Verschluss und senkt damit die CO₂-Belastung für lange Zeit. Ein möglichst langfristiger Einsatz von Holz – allem voran das Bauen mit Holz – ergibt daher Sinn. Während die Kohlenstoffspeicherung in Holzbauten aufrechterhalten wird, wächst der Wald wieder nach und bindet dort das Treibhausgas erneut.

Neben der CO₂-Senkenleistung ist vor allem die Einsparung durch den Substitutionseffekt von Bedeutung. Dieser Effekt tritt ein, wenn Holzprodukte andere Materialien ersetzen. Dadurch werden in Österreich jährlich acht Millionen Tonnen CO₂-Ausstoß vermieden, das entspricht den jährlichen CO₂-Emissionen aller zugelassenen Personenkraftwagen oder 10 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen in Österreich. Dieser Effekt lässt sich durch verstärkte Holzverwendung noch deutlich steigern.

Große Potenziale dafür liegen insbesondere im mehrgeschossigen Wohnbau und im öffentlichen Bau. Durch neue Technologien und Bauweisen konnte der Holzbau in den letzten Jahren schon erhebliche Zuwächse erzielen. Der Baustoff Holz hält vielfältige Lösungen bereit, um als einer der größten Hebel für den Klimaschutz zu wirken.

Eine aktive und nachhaltige Waldbewirtschaftung und ein nachhaltiger Einsatz von Holz sind im Sinne des Klimaschutzes unerlässlich, denn der immer schneller voranschreitende menschenverursachte Klimawandel setzt den Wald und seine Anpassungsfähigkeit zunehmend unter Druck. Der Waldfonds ist eine Investition, um den komplexen Herausforderungen an den Wald entgegenzuwirken – eine Investition in den Wald als Lebens- und Erholungsraum, in die Wertschöpfungskette, die Allgemeinheit und die nächsten Generationen – für einen gesunden und klimafitten Wald.





350 Millionen Euro – zehn Maßnahmen – vier Jahre

Zehn Maßnahmen

- 1 Wiederaufforstung nach Schadensereignissen
- 2 Errichtung klimafitter Wälder
- 3 Abgeltung von durch den Klimawandel verursachten Borkenkäferschäden
- 4 Errichtung von Lagerstätten für Schadholz
- 5 Mechanische Entrindung als Forstschutzmaßnahme
- 6 Sicherstellung der Waldbrandprävention und -bekämpfung
- 7 Forschungsanlage zur Herstellung von Holzgas und Biotreibstoffen
- 8 Forschungsschwerpunkt „klimafitte Wälder“
- 9 Verstärkte Verwendung des Rohstoffs Holz – Holzinitiative
- 10 Stärkung, Erhalt und Förderung der Biodiversität im Wald

Laufzeit und Einreichung

Förderungen können binnen zwei Jahren ab Inkrafttreten der jeweiligen Maßnahme bzw. ab Öffnung zur Antragstellung genehmigt und binnen vier Jahren ausbezahlt werden. Anträge für die Maßnahmen 1 bis 6 sowie 8 können seit 1. Februar 2021 eingebracht werden – die Förderabwicklung für die Maßnahmen 7 und 9 startet mit einem ersten Call im Sommer 2021, weitere Calls werden bis 2022 folgen. Die Abwicklung der Maßnahme 10 ist derzeit noch in Umsetzung.

Maßnahme 9: Holzinitiative

Die Maßnahme 9 hält rund 60 Millionen Euro an Mitteln bereit. Die Ausschreibungen dazu erfolgen über themenspezifische Calls und werden projektbezogen durch das BMLRT, die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) oder die Kommunalkredit Public Consulting (KPC) abgewickelt. Fördergegenstände dieser Maßnahme sind:

die Wissensvermittlung zur Forcierung des Holzeinsatzes

Sie dient der Bewusstseinsbildung zum Thema Bauen mit Holz und Maßnahmen zur Forcierung der Verwendung von Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft. Gefördert werden bis zu 100 Prozent der Kosten.
Forschungsabwicklung: BMLRT

die Forschungsförderung

Sie umfasst Forschungsmaßnahmen zur Verwendung von Holz im Bauwesen: Hier werden 100 Prozent der Kosten bei Grundlagenforschung, 50 Prozent bei angewandter Forschung und 25 Prozent bei experimentellen Entwicklungen gefördert.
Forschungsabwicklung: FFG

der CO₂-Bonus

Diese Maßnahme dient der Förderung zur vermehrten Verwendung von Holz als Grund-, Werk- und Baustoff. Für den CO₂-Bonus stehen insgesamt 20 Millionen Euro zur Verfügung. Gefördert wird die Errichtung von Neubauten, Zu- und Ausbauten im mehrgeschossigen Wohnbau und von Gebäuden für öffentliche Zwecke in Holzbauweise mit einem hohen Anteil an nachwachsenden Rohstoffen aus nachhaltiger Bewirtschaftung. Für Unternehmen sind Förderungen bis maximal 200.000 Euro möglich, Antragstellungen ohne unternehmerische Eigenschaft können mit bis zu 500.000 Euro gefördert werden. In jedem Fall umfasst die mögliche Förderung maximal 50 Prozent der anrechenbaren Gesamtbaukosten.
Förderabwicklung: KPC

Die Gewinnung des Rohstoffs Holz (Hölzer mit PEFC- oder FSC-Zertifizierung) für in dieser Kategorie geförderte Projekte darf maximal 500 km im Umkreis des Errichtungsstandorts erfolgen. Die Höhe der Förderung wird anhand der Menge des verbauten Holzes mit 1,- Euro je kg berechnet. Werden neben Holz auch noch andere nachwachsende Rohstoffe zur Dämmung verwendet, ist sogar eine Förderung von 1,10 Euro je kg verbautem Holz möglich. Die Förderung erfolgt in Form nicht rückzahlbarer Zuschüsse zu den anrechenbaren Investitionskosten. Es können natürliche und juristische Personen einschließlich Gebietskörperschaften wie Bund, Länder und Gemeinden ihre beabsichtigten Projekte einreichen.

Weiterführende Informationen, Aktuelles zu Calls sowie Antragstellungen:

www.waldfonds.at
www.bmlrt.gv.at/wald/waldfonds/massnahme_9
www.ffg.at

Quellen:

www.waldfonds.at
Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT),
Sonderrichtlinie Waldfonds: www.bmlrt.gv.at/wald/waldfonds.html

Holz(an)stoß

Henrique Oliveira

Henrique Oliveira, geboren 1973 in Ourinhos, Brasilien. Lebt und arbeitet in London und São Paulo.

Einzelausstellungen (Auswahl)

- 2018 Programa de Exposições (invited artist), Centro Cultural São Paulo, São Paulo
IX Enku Grand Award, Gifu
Museum of Fine Arts, Gifu/JP
- 2017 Van de Weghe, New York
- 2016 Galeria Millan, São Paulo
- 2015 McClain Gallery, Houston
Fissure, Galerie Vallois, Paris
- 2014/15 Adenocarcinoma Poliresidual, Arthur Ross Gallery, University of Pennsylvania, Philadelphia
Transarquitectonica, Museu de Arte Contemporânea, São Paulo
- 2014 Projective Eye Gallery, University of North Carolina, Charlotte/US
- 2013 Baitogogo, Palais de Tokyo, SAM Art Projects, Paris

Gruppenausstellungen (Auswahl)

- 2020 Triennale Brügge. Trauma, Brügge/BE
Above Us Only Sky!, Nitja Centre for Contemporary Art, Lillistrøm/NO
- 2019 Arte Sella, Borgo Valsugana/IT
Un Été au Havre, Jardins Suspendus, Le Havre/FR
- 2018 Dialética. BGA Collection, Studio OM.art, Rio de Janeiro
- 2017 Stage of Being, Voorlinden Museum, Wassenaar/NL
Troposphere. Chinese and Brazilian Contemporary Art, Minsheng Art Museum, Peking
- 2016 XIII Bienal de Cuenca. Impermanence, Cuenca/ES
Bizarre Spaces. Attacks, Transformations, Explosions, Marta Herford Museum, Herford/DE



Die Arbeit „Baitogogo“ war 2013 im Palais de Tokyo in Paris zu sehen.

Stefan Tasch

Der brasilianische Künstler Henrique Oliveira ist vor allem für Installationen bekannt, die auf die Architektur des jeweiligen Ausstellungsortes reagieren. Es sind meist raumgreifende Gebilde, die eine Symbiose zwischen organischen und strukturellen Formen bilden. Oliveira beschäftigte sich ursprünglich mit Malerei zwischen abstraktem Expressionismus und Pop-Art, entwickelte diese Arbeiten aber sukzessive in den dreidimensionalen Raum. Der Wechsel von Leinwand zu Holz, genauer zu „tapumes“ als Bildträgern, eröffnete dem Künstler neue Möglichkeiten, Malerei und Skulptur miteinander zu verbinden. Tapumes sind billige Holzplatten, die in São Paulo an jeder Baustelle zu finden sind, dazu genutzt, den Baubereich abzuschirmen. Anfangs schichtete Oliveira diese Platten noch linear übereinander, bemalte sie und montierte sie ähnlich einer Collage an die Wand. 2006 fügte der Künstler im Rahmen einer Ausstellung im Centro Cultural São Paulo erstmals Volumen zu seiner Wandarbeit hinzu. Er bog die elastischen Bretter und erzeugte damit riesige, pinselstrichartige Kurven – ein Werk im Ausmaß von 3,5 mal 12 mal 1,5 Metern. Diese Arbeit, „Tapumes“ von 2006, war der Beginn einer immer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Raum und einer Art Emanzipation von der Fläche bzw. der Wand als Ausgangspunkt seiner künstlerischen Intervention. Es folgten höhlenartige Installationen wie „Parada dos Quasolitos“ 2013 in der Schirn Kunsthalle in Frankfurt. Mit dieser Arbeit

konzipierte Oliveira einen Raum im Raum, den man begehen konnte und der vor allem die sensorischen Reize der Besucherinnen und Besucher ansprechen sollte – sie konnten das Holz riechen und fühlen, außerdem über einen längeren Zeitraum in eine Parallelwelt eintauchen, die getrennt war von der Sterilität des White Cube. Mit der hier abgebildeten Arbeit „Baitogogo“, die ebenfalls 2013 entstand, ging der Künstler noch einen Schritt weiter. Für die zeitgenössische Institution des Palais de Tokyo in Paris (ein neoklassizistischer Bau aus den späten 1930er Jahren) verdoppelte und verfremdete er einzelne Architekturelemente des Ausstellungsraums. Die strenge, minimalistische Rasterform der Säulen und Querverbindungen wurde im Zentrum durch eine amorphe, organische Knotenform gleichermaßen aufgebrochen und miteinander verbunden. Es wirkt, als würde sich das Baumaterial Holz aus den Zwängen der Architektur befreien und zu seinem ursprünglichen Wuchs zurückkehren. Das Knotengebilde entwickelt eine eigene Kraft, die allerdings nicht destruktiv agiert, sondern verbindend – man könnte es als eine versöhnliche Metapher sehen, die zeigt, dass Respekt vor der Natur und technischer Fortschritt nicht im Widerspruch zueinander stehen müssen.

Stefan Tasch
Studium der Kunstgeschichte in Wien und Edinburgh,
arbeitet als freier Kurator