



Mario Rinke, Martin Krammer (Hrsg.)
**Architektur fertigen.
Konstruktiver Holzelementbau**

Buchgestaltung: Robert Müller, Berlin

Deutsch, 208 Seiten, ca. 320 Abbildungen
23 × 33 cm, Klappenbroschur

Euro (D) 60.–, Euro (A) 61.70, CHF 68.–
ISBN 978-3-03863-056-2

Mit Beiträgen von Marianne Burkhalter und Christian Sumi, Mathias Heinz, Richard Jussel, Hermann Kaufmann, Frank Lattke, Katharina Lehmann, Peter Makiol, Mario Rinke, Sandra Schuster, Manfred Stieglmeier, Julia Selberherr, Kai Strehlke, Thomas Wehrle, Agnes Weilandt, Yves Weinand, Jan Willmann, Mark Aurel Wyss **und einem kuratierten Beispielteil von** Claudia Escudero, Judith Gessler, Sandra König, Anja Meyer und Nikolas Wälli.

Mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
im Rahmen des Aktionsplans Holz und in Kooperation mit
Blumer Lehmann, Gossau.

Neuerscheinung Dezember 2020

Entwurfsmethoden für den zeitgemässen, industriellen Holzbau

→ Praxisorientierte Aufbereitung der Inhalte

→ Ideale Ergänzung zu Holzbauatlanten und allen technischen Handbüchern für den zeitgenössischen Holzbau

Wie wird die Holzarchitektur von morgen entworfen? Um ausdrucksstark, wirtschaftlich und zukunftsfähig zu sein, muss sie auf aktuellen Fertigungsmethoden aufbauen. Nur so können Entwurf und Konstruktion aufeinander Bezug nehmen, Regeln neu interpretiert und Grenzen verschoben werden. Mit einem architektonischen Blick für das Gesamte entstehen ein ganzheitlicher Entwurf, eine durchdachte Konstruktion und wirklich nachhaltige Bauwerke.

Dazu müssen Architektinnen und Architekten in die Lage versetzt werden, anhand der technischen, logistischen und fachplanerischen Zusammenhänge grundsätzliche, den Entwurf prägende Entscheidungen zu treffen und die entscheidenden Fragen im Sinne des architektonischen Entwurfs zum richtigen Zeitpunkt zu stellen.

Hierfür Kenntnisse und Anregungen zur Verfügung zu stellen und damit das Verständnis bei den Planenden zu fördern, ist das Anliegen dieses Buches.

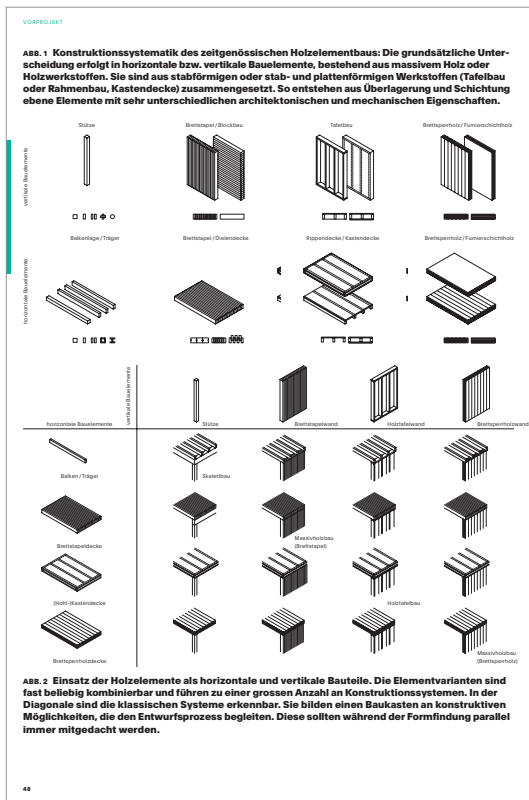
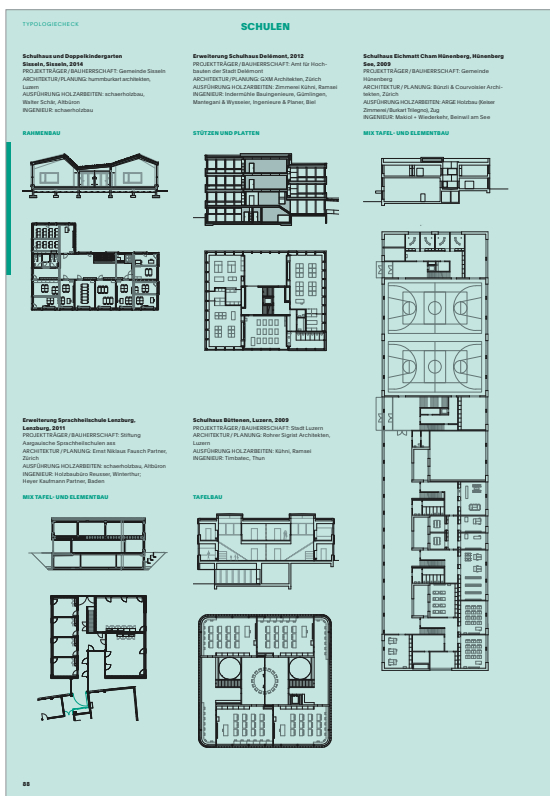
Der Fokus liegt auf einer anwendungsorientierten Vermittlung von Grundlagen für die Planungspraxis. Zentral ist die Frage: Unter welchen Bedingungen und nach welchen Regeln entsteht idealerweise der moderne Holzbau?

Herausgeber und Autorinnen – Experten aus dem Ausführungsbereich und der Forschung – erläutern Entwurfs- und Planungsstrategien vor dem Hintergrund ihrer beruflichen Praxis. Die zahlreichen Anwendungsbezüge können deshalb direkt für eigene Projekte und Planungen nutzbar gemacht werden.

Über die Herausgeber

Mario Rinke ist Tragwerksplaner und Konstruktionshistoriker, spezialisiert auf den frühen Stahlbeton- und Holzbau und Professor für Building Technology and Integrated Design an der Fakultät für Design Sciences der Universität Antwerpen. Er war Dozent am Departement Architektur der ETH Zürich und an der HSLU Luzern. Mario Rinke erhielt sein Diplom in Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar und promovierte an der ETH Zürich. Er arbeitete als Bauingenieur in London und Zürich und führt sein eigenes Büro in Brüssel.

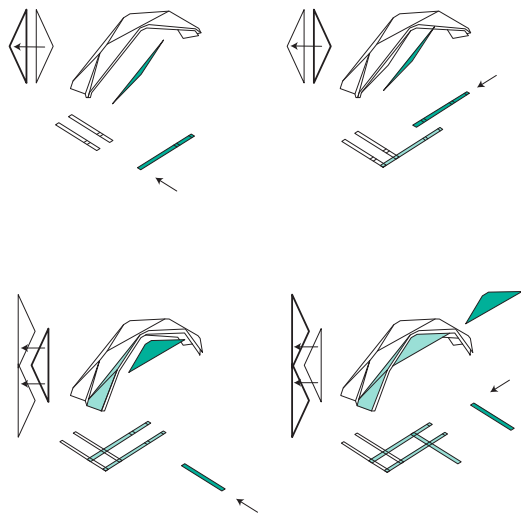
Martin Krammer ist Architekt und Mitglied der Geschäftsleitung bei der Offconsult AG, Zürich. Er war u. a. Leiter des österreichischen Büros von Morphosis Architects, Los Angeles, und Partner von INNOCAD Architektur, Graz. Er leitete die strategische Marktentwicklung der ERNE AG Holzbau, Laufenburg (CH). Sein Interesse am zeitgenössischen Holzbau und die Auseinandersetzung mit den daraus für die architektonische Produktion resultierenden Fragen begleiten ihn bis heute.



- Referenzgebäude / -konstruktionen suchen
- Anforderungen Brandschutz klären
- Anforderungen Schallschutz klären
- Holzbauteile früh einbinden
- Planungsschnittstellen und Honorarvereinbarungen prüfen gemäss früher Detaillierung
- System entsprechend Entwurf klären
- Tafeln oder Raumzellen?
- Klärung mit Ingenieurin: vertikale Lastabtragung? Aussteifungskonzept?
- Welcher Vorfertigungsgrad ist möglich?
- Abklärung: Beschränkung der Bauteilgrößen aufgrund des Transports oder Platzmangel auf Baustelle?

VORPROJEKT

Abb. 3 Der vierstufige integrale Aufbau von doppelschichtigen Holzfaltwerken erfordert eine genaue Reihenfolge. Die einzelnen Platten werden jeweils präzise in die Nachbarlemente eingeschoben, wodurch sie selbst und auch die anderen fixiert sind. So sind keine zusätzlichen Anschlüsse erforderlich, um die Platten zu befestigen. Dies bringt nicht nur ästhetische Vorteile, eine schnelle Montage und Kosteneinsparungen mit sich, sondern ermöglicht auch die Verwendung von sehr schlanken Elementen.



70

YVES WEINAND



Abb. 4 Sperrholz-Prototyp einer gefalteten Plattenstruktur.



Abb. 5 Kapelle St. Loup, Pampisles 2006, Yves Weinand, Basil Bon, Lucien Boller, David Boller, Ausseensicht (oben). Stahlplatten-Verbinder für Ausseensicht (unten).

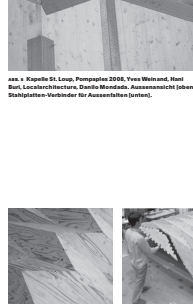
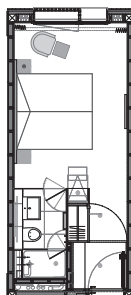
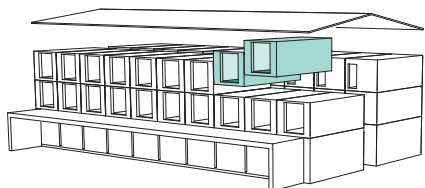


Abb. 6 Verbindungen von Faltenwerkstrukturen eines Tonnengewölbes. (a) Querschnitt durch das Tonnengewölbe. (b) Draufsicht auf die Verbindung von drei nicht parallel geschwenkten Feldern.

PETER MAKOL

VORPROJEKT

Abb. 8 Hotel in Modulbauweise, Bever 2015, FH Architektur, Uffer (Modulbau), Makol Wiederkehr (Holzbau und Brandschutz). Neben der Logistik sind im Modulbau die Erschliessungen der Haustechnik und das Zusammenführen der Zellen zu einem Gebäude entscheidend. Beim Hotel in Bever wurden die Hotelzimmermodule im Betrieb des Holzbauers gefertigt. Sämtliche Gewerke, von den Installationen bis zum Innenausbau, konnten ihre Arbeiten im Betrieb des Holzbauers ausführen. Einzig das Dach und die Korridore wurden als Elemente gefertigt. Im Korridorbereich sind auch die Installationen koordiniert und verbunden. Die Stabilisierung des Gebäudes erfolgt über die Modulwände und -decken.



82

HOLZ-HOLZ-VERBINDUNGEN FÜR EINEN NACHHALTIGEN MODERNEN HOLZBAU

3.1 EINSCHICHTIGES TRAGWERK MIT ZUSÄTZLICHEN STAHLVERBINDERN

Gefaltete Plattenstrukturen sind aufgrund ihrer strukturellen, räumlichen und plastischen Eigenschaften attraktiv. Das Falten von Papier ermöglicht ein sehr direktes und intuitives Wahrnehmen und Erleben ihrer Geometrie und Stabilität. Hier entwickeln im Dialog ein unwillkürliches Verständnis für das Potenzial solcher Formen. Die Entwurfsmethode für Faltstrukturen kann so die Grundlage für eine produktive Zusammenarbeit zwischen Architekten und Ingenieuren bilden.

Dünne Oberflächen können durch eine Reihe von Falten verstärkt werden und somit als tragende Elemente dem Raum überlassen. Die Variablen von Licht und Schatten (s. 33) entlang der gefalteten Oberfläche betonen die Plastizität von Raum und Hülle. Falten erhöhen nicht nur die Steifigkeit, sondern auch die Wahrnehmungsebene. Sie geben dem Raum Rhythmus. Variationen können eine räumliche Abfolge gestalten oder Tragkapazitäten anpassen.

2006 entstand am IBOS eine konkrete architektonische Anwendung des Origami. **Abb. 4** Eine gefaltete Plattenstruktur mit einem regelmäßigen Fischgrätenmuster bildete ein komplettes Tonnengewölbe mit einer Spannweite von 6,5 Metern bei einer Höhe von 2,4 Metern und einer Breite von 2,8 Metern. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine CNC-Fräsmaschine am IBOS verfügbar war, wurde die Bearbeitung von Hand unter Verwendung von Fertigungs- und Montagevorrichtungen durchgeführt. Das Gewölbe bestand aus 144 Flächen, die in zwölf Bögen mit zwölf Trapezplatten angeordnet waren. Das verwendete Material war ein 21-Millimeter dickes Fichtensperholz.

Die Kapelle von St. Loup (**Abb. 5**) in Pampisles war 2008 die erste Konstruktion in Originalgrösse, deren Entwurf und Konstruktion auf dieser Vorarbeit beruhte. Als temporäre Struktur war die zufällig gefaltete Plattenstruktur ideal für die Erprobung der Faltechnik. Sie überspannt neun Meter und besteht aus Brettsperrplatten (CLT) mit einer Dicke von 40 Millimetern für die 28 Wandelemente und 60 Millimetern für die 14 Dachelemente. Die von Origami inspirierte Form verwendet eine umgekehrte Faltechnik, die es den geraden Falten ermöglicht, ihre Richtung im Raum zu ändern – in diesem Fall entlang der Spannweite der Struktur. Die ungewöhnliche Form ist mit unterschiedlichen Flächenwinkeln zwischen den Platten (104 bis 130 Grad) gestaltet. Die variablen Winkel wurden hergestellt, indem einfache Gehrungsverbindungen mit zwei Millimeter dicken Stahlplattenverbindern kombiniert wurden. Die Stahlplatten wurden an der Aussenseite des Gebäudes mit selbstklebenden Schrauben aufgebracht.

Das verwendete Formelndeswerkzeug ermöglichte es, sowohl den Entwurf der Struktur als auch das Produktionsdesign von Anfang an in den **Planungsprozess** (s. 9) zu integrieren. Die Kapelle wurde vollständig in einem 3D-CAD-Programm entworfen und die Geometrie der Platten konnte ohne Änderungen in die Fertigung übertragen werden. Die bis zu 9,5 Meter langen Brettsperrholzplatten (CLT) der Kapelle konnten durch computergestützte Planung und Maschinentechnologie (CNC) präzise und schnell gefertigt und platziert werden. Während die gesamte Kapelle von Anfang bis Ende weniger als sechs Monate und die Kapelle wurde in weniger als zwei Monaten errichtet.

3.2 EINSCHICHTIGES TRAGWERK MIT HOLZ-HOLZ-VERBINDUNGEN

Um die IMA ohne Klebung zu erweitern und zu testen, wurde in einem weiteren Projekt 2014 auf die Schwalbenschwanzverbindung und die japanische Neguri-Verbindung verzichtet (**Abb. 6**). Das damastartige Sechseckmuster, abgeleitet von Yoshimura-Faltmuster (Origami), wurde für ein Tonnengewölbe mit drei Metern Spannweite, 1,32 Meter Höhe und 2,8 Meter Breite eingesetzt. Hier blockierten die Montagefolge und die Geometrie der Platten durch ein vielfaches Ineinander greifen ihre Relativbewegung. Die Fugegeometrie ermöglichte die gleichzeitige Montage zwischen Platten, die aus mehreren nicht parallelen Kanten bestehen. Diese Anordnung ist nur möglich, wenn alle Montageverbindungen der einzelnen Kanten einer Platte parallel sind. Auf eine Verklebung zu verzichten, bedeutet eine schnell- und einfache Montage (s. 9) von Ort. Die Verbindung ist steifischer und nicht teuer als kalteformte Stahlplatten und mechanische Verbindungselemente. Die Dicke der Platten kann auf ein Minimum reduziert werden (21 Millimeter).¹



Abb. 7 Ausbildungszentrum Holzbau, Buchs 2017, Peter Moor, Makol Wiederkehr (Holzbau und Brandschutz). Ein Stiegehaus mit schlanker Struktur. Die grosse allseitige Verdrück sowie alle sorgfältig detaillierte Ausführung stehen für den konstruktiven Holzbau.

GRUNDSÄTZLICHE FRAGEN DES ENTWURFS AUS SICHT DES HOLZBAUINGENIEURS

Buche, Eiche, Esche) zurückgegriffen. Die stabförmigen Querschnitte bestehen in der Regel aus verklebten Holzlamellen (Brettstichholz). Als flächige Bauteile kommen mehrschichtige Massholzplatten zum Einsatz, welche aus mehreren kreuzweise verklebten Brettlingen bestehen (Brettstapel). Holzverleimte Bretter (Brettstapel) ergeben flächige Bauteile und können ohne Klebstoff aus Holz alter in der Regel schon und ist grundsätzlich ein robustes Material. Es gibt primär zwei Dinge, die beim Konstruieren mit Holz zu beachten sind: Das natürliche Schwind- und Quellverhalten des Holzes sowie die Empfindlichkeit gegen anhaltende Feuchte. Die meisten für Bauwerke gängigen einheimischen Holzarten (Fichte, Tanne, Lärche, Douglasie, Buche, Esche) sind nicht pilzresistent – mit dem unvermeidlichen Einsetzen eines Pilzbefalls wird das Holz organisch abgebaut, das heisst zerstört.

Ist Holz also von Witterung (insbesondere Regen) beansprucht, muss es gut und zeitnah wieder abtrocknen können. Das heisst, die Querschnitte der Bauteile sollten klein (Brett oder Latta) und luftumspült sein, das Wasser muss ablaufen können. Diese Grundsätze entsprechen den Regeln des konstruktiven Holzschutzes, bei dessen Einhaltung ein unterhaltbares, langlebiges Bauwerk entsteht. **Abb. 7** Es stehen eine Vielzahl von verschiedenen Holzarten mit verschiedenen Eigenschaften und unterschiedlichem optischen Ausdruck zur Verfügung. Ob der Einsatz im Innen- oder Außenbereich erfolgt, muss aus den oben beschriebenen Gründen unterschieden werden.

Robuste einheimische Holzarten wie Eiche, Robinie oder Edelkastanie zeichnen sich durch einen hohen Gelehaltsgehalt aus und sind deshalb wesentlich pilzresistenter. Ihre Verfügbarkeit, ihr hoher Materialpreis, das starke Verformen bei Feuchteintrag und die starken Verfärbungen und Ausblühungen durch die Gelehaltsgehalt müssen in der Planung mitgedacht werden. Dabei stellt sich die Frage, ob Holzwerkstoffe grundsätzlich robuster sind als Holz. Dies muss verneint werden. Alle Holzwerkstoffe mit einem bedeutenden Anteil an Holz sind bezüglich der klimatischen Einflüsse wie Sonne und Regen empfindlich auf Risikobildung und Aufleuchtung mit anschliessendem Pilzbefall, somit also ungeeignet im ungeschützten Außenbereich.

2.5 BRANDSCHUTZ

Ein gutes Brandschutzkonzept ist der Schlüssel für ein funktionierendes, effizientes und wirtschaftliches Gebäude. Nicht umsonst werden daher Brandschutzspezialisten oftmals bereits in der Entwurfsphase miteinbezogen. Dabei ist das Ziel der Massnahmen in erster Linie der Personenschutz, also die Entlastung aus einem Gebäude, und in zweiter Linie die Begrenzung des Sachschadens bei einem Brandereignis. Holz ist in einem Brandereignis gegenüber anorganischen Baumaterialien im Vorteil, da es im Brandfall nicht seine Festigkeit verliert, sondern durch das Verkohlen «zu Masse». Eine Brandfallbemessung der statischen Querschnitte ist beispielsweise bei der Anforderung von 30 Minuten Feuerwiderstand einfach und wesentlich wirtschaftlicher als bei brandschutzbekleideten Bauteilen. Die Gebäudehöhe wie auch die Grösse der Grundrissfläche haben, neben der Nutzung, einen direkten und wesentlichen Einfluss auf die Auflagen der Brandschutzbehörden (gemäss den Brandschutzvorschriften).¹

Entscheidende, den Holzbau beeinflussende Fragen sind:

- Wird eine Löschanlage eingebaut oder nicht? Dies hat einen grossen Einfluss auf die Sichtbarkeit der Holzoberflächen und auf die Feuerwiderstandsanforderungen der tragenden Bauteile (etwa bei der Kategorie Beherbergungsbetrieb ²).
- Werden die Fluchtstiegenhäuser in massiver Bauweise oder in Holzweise hergestellt? Dies hat einen wesentlichen Einfluss auf die Ausstrahlungslast. Welche Anforderungen werden an die brandschutztechnische Isolierung (Trennwände und Geschossdecken) gestellt?
- Werden die tragenden Bauteile mit Feuerwiderstandsanforderungen auf Abbrand bemessen oder mit nicht brennbaren Materialien bekleidet?

2.6 BAUPHYSIK

Holz hat gute Eigenschaften, wenn es um die Wärmeleitfähigkeit und die Behaglichkeit geht. Es ist jedoch empfindlich für Feuchtigkeit, die zum Beispiel bei Kondensation entsteht. Zwar vermag das Holz einiges an Feuchte aufzunehmen, muss diese aber wieder abgeben können. Dies erfordert eine sorgfältige Kon-

GASTRONOMIEGEBÄUDE EKXARTHOFF, LENZBURG • 168

MUSEUMSDOPPEL SCHWARZENBURG, SCHWARZENBURG • 168

83