

## Die Tektonik der Holzarchitektur im digitalen Zeitalter

Gute, auf den ersten Blick überzeugende Bauten, in denen man sich wohl fühlt, die überraschen und einen zum Staunen bringen, haben einen gemeinsamen Nenner – die gelungene Synthese von Technik und räumlicher Gestaltung. Die Kunst, Konstruktionstechnik so einzusetzen, dass sie einen Bestandteil der Gestaltung bildet und diese aktiv mitbestimmt, definierte Kenneth Frampton als Tektonik.<sup>1</sup> Sie ist das poetische Ausdruckspotenzial der Konstruktionstechnik. Technik wird nicht nur eingesetzt, um eine konstruktiv optimale Lösung zu finden, sie beeinflusst auch die sinnliche Raumerfahrung.<sup>2</sup> Die Tektonik ist im Holzbau verwurzelt, das griechische Wort »tekton« bedeutet Zimmermann oder allgemeiner Baumeister. Die Kunst des Zimmermanns prägt also die Architektur.

Drei Hauptfaktoren bestimmen die Tektonik eines Baus: der Werkstoff, die Werkzeuge, das heißt die technischen Möglichkeiten, den Werkstoff zu verarbeiten, und der Entwurf. Der Einsatz von Computern hat vor allem in der Verarbeitung der Werkstoffe und im Entwurfsprozess zu großen Veränderungen geführt. Gleichzeitig entwickelt sich auch der Werkstoff Holz kontinuierlich weiter, wodurch sich neue technische und gestalterische Möglichkeiten eröffnen. Um das tektonische Potenzial im digitalen Zeitalter verständlicher zu machen, stellen wir kurz dar, wie sich das Zusammenspiel von Material, Fertigungstechnik und Entwurf im Lauf der Zeit verändert hat, und wie sich diese Veränderungen auf die Tektonik des Holzbaus auswirken. Anschließend zeigen wir auf, wie digitale Entwurfswerkzeuge die tektonische Qualität im Holzbau unterstützen können und illustrieren dies an einigen Beispielen.

## Die Tektonik der Holzarchitektur im Spiegel ihrer Produktionsbedingungen

»Le progrès humain est marqué par une extériorisation progressive des fonctions, depuis les couteaux et les haches en pierre qui permettaient d'étendre les capacités de la main humaine jusqu'à l'extériorisation des fonctions mentales au moyen de l'ordinateur.«<sup>3</sup>

Um die Entwicklung des Zusammenspiels von Material, Fertigungstechnik und Entwurf zu beschreiben, folgen wir weitgehend dem architektonischen Periodisierungsmodell von Christoph Schindler.<sup>4</sup> Die Fertigungstechnik gilt dabei als ein System, das Information mithilfe von Energie auf ein Werkstück überträgt, wobei die Information die Form und Formgebung des Werkstücks beschreibt. In der Fertigungstechnik werden zwei Zäsuren definiert, an denen immer mehr menschliche Fähigkeiten auf die Maschine übergehen. Im ersten Schritt übernimmt anstatt der menschlichen Hand (Hand-Werkzeug-Technik) die Maschine das Führen von Werkstück und Werkzeug (Maschinen-Werkzeug-Technik) und im weiteren Übergang ist die Maschine auch für die variable Steuerung der Information verantwortlich (Information-Werkzeug-Technik). Diesen Wandel begleitet eine zunehmende Spezialisierung: Der universelle Zimmermann wird von einem Team hochspezialisierter Experten abgelöst. Parallel dazu verändern sich auch die Entwurfstechniken: vom Aufriss, den Zimmermann und Baumeister vor Ort erstellen, zum eigenständigen Regelsatz der darstellenden Geometrie und schließlich zur parametrisierten Geometrie, die nicht mehr die Form definiert, sondern deren Gerüst. Die Geschichte des Holzbaus kann in drei Phasen aufgeteilt werden, von denen jede ein eigenständiges tektonisches Potenzial aufweist: das hölzerne (Hand-Werkzeug-Technik), das industrielle (Maschinen-Werkzeug-Technik) und das digitale Zeitalter (Informations-Werkzeug-Technik).

### **Das hölzerne Zeitalter**

Im hölzernen Zeitalter war die Tektonik allgegenwärtig. Es zeichnete sich durch die Einheit von Entwurf, Ausführung und Material aus. Der Zimmermann übernahm sowohl die Ausführung als auch die Planung. Er war der ›archi tekton‹, der ›oberste Baumeister‹, der das Werkstück konzipierte, aufriß und bearbeitete, wobei er holzspezifische Eigenschaften in Planung und Ausführung berücksichtigte, und durch die manuelle Bearbeitung mit Axt und Säge das Werkstück individuell prägte. Die Planung von Holzbauten war sehr einfach und enthielt nur allgemeine Angaben. Für Fachwerkbauten beispielsweise sind Projektpläne erst ab dem 18. Jahrhundert bekannt. In der Regel vereinbarte der Bauherr mit dem Zimmermeister einige grundlegende Aspekte des Baus wie Gebäudegröße, Anzahl der Stockwerke, Inneneinteilung, Anzahl der Türen und Fenster.<sup>5</sup> War die Typologie des Baus einmal festgelegt, folgte alles Weitere den tradierten Regeln, die das Material und seine natürlichen Abmessungen, die Konstruktionsart, typische Detaillösungen und geometrische Proportionen bestimmten. Die Bauteile wurden vom Zimmermann direkt auf dem Reißboden im Maßstab 1:1 aufgetragen. Während der Bearbeitung ging er auf den natürlichen Wuchs des Holzes ein und glich den Entwurf diesem an. Jedes Bauteil wurde individuell durch die Verbindung an seine Nachbarbauteile angepasst. Absolute Maße spielten keine Rolle, das konstruktive Denken verlief in Proportionen. Die überlieferten Details variierten je nach Zimmermannstradition und Region. Obwohl Entwurf und Konstruktion festen Regeln folgten, ließen sie relativ große Spielräume offen, was zu einer Vielzahl von individuellen Lösungen führte, die jedoch alle von denselben Grundregeln geprägt waren. Somit beeinflussten die Konstruktionsart (Strickbau und Fachwerk) sowie die individuellen Variationen tradierter handwerklicher Ausführung – die Handschrift des Zimmermanns – die

Tektonik des hölzernen Zeitalters, räumliche Aspekte blieben im Hintergrund.

### **Das industrielle Zeitalter**

Kennzeichnend für das industrielle Zeitalter sind die Standardisierung und Spezialisierung. Um die Produktionsabläufe zu rationalisieren und dadurch die Umsätze zu steigern, wurde die Führung von Werkstück und Werkzeug auf Maschinen übertragen, die jedoch weiterhin der Mensch steuerte. Die Voraussetzung für diese Entwicklung war die Produktion hoher Stückzahlen, da jede Neueinstellung der Maschine den Produktionsprozess verlangsamt. Die Bauteile wurden standardisiert und damit nicht mehr individuell angepasst, sondern untereinander austauschbar. Die Standardisierung bedingte auch eine Homogenisierung der Werkstoffe: Natürlich gewachsenes Holz wurde zerlegt, zerkleinert und wieder zusammengeleimt, um die Anisotropie des Holzes und seine wachstumsbedingte Inhomogenität aufzuheben. Die Entwicklung plattenförmiger Holzwerkstoffe eröffnete neue Wege im Holzbau. Gleichzeitig kam es im Zuge der Industrialisierung zu einer Spezialisierung der Baufachleute: Der Zimmermann war oft nur noch mit der Ausführung betraut, während die Gestaltung und technische Planung der Architekt und der Ingenieur übernahmen. Damit eine Verständigung und Koordination unter den Spezialisten möglich war, brauchte es eine gemeinsame Sprache – die darstellende Geometrie – und genaue Maßeinheiten – der Ende des 18. Jahrhunderts als verbindliches Maß festgelegte Meter. Damit gab es neue Voraussetzungen für den Holzbau. Zunächst einmal entstand aus den Standardprofilen ›two by four‹ (2 x 4 inches) die Balloon-Frame-Bauart, bei der die prägenden Holzverbindungen durch Nägel ersetzt wurden und durch die beidseitige Beplankung des engmaschigen Rahmens die vormals durch die Konstruktion geprägte Tektonik weitgehend verloren ging.

Auch in der Entwicklung von modularen Bausystemen spielte Holz eine wichtige Rolle. Diese basieren auf einem einheitlichen Raster, in das die Module eingepasst werden. Auch im Rahmenbau sind die Rastermaße sehr präsent. Hier sind es nicht mehr explizit Konstruktion und Verbindung, die die Tektonik prägen, sondern vielmehr die Präsenz des Konstruktionsrasters, sei es im Fugenbild der Module oder im Rhythmus der Öffnungen und ihrer Unterteilung.

Die Entwicklung der Holzwerkstoffplatten führte zu immer größeren Formaten, sodass die Fläche eine zunehmend wichtigere Rolle spielte. Kamen in den Anfängen der Entwicklung kleinformatige Holzwerkstoffplatten vor allem zur Beplankung und Aussteifung zum Einsatz, so drehten sich mit der Möglichkeit, großformatige Platten zu produzieren, die Rolle von Stab und Platte um: Die Platte wird zur Lastabtragung eingesetzt, der Stab dient als Aussteifung. Dies eröffnet neue Freiheiten bei der Gestaltung von Raum und Fassade, stellt den Architekten aber auch vor neue Herausforderungen.<sup>6</sup> Es sind nicht mehr das Konstruktionsraster oder das kunstvolle Fügen von Stäben, die die Tektonik bestimmen. Wie sieht eine Holzplattentektonik aus? Was unterscheidet sie von anderen plattenförmigen Werkstoffen?

### Das digitale Zeitalter

Das digitale Zeitalter ist – im Gegensatz zum industriellen Zeitalter, das sich durch standardisierte Produktion auszeichnet – von einer starken Tendenz zur Individualisierung geprägt, hervorgerufen einerseits durch die elektronische Steuerung von Produktionsmaschinen, andererseits durch neue, parametrisierbare Entwurfswerkzeuge.

Die Steuerung einer Maschine mithilfe eines Computercodes befreit vom Zwang zur seriellen Produktion. Die Information zur Form des Werkstücks, die der Mensch bislang durch das Ein-

stellen der Maschine lieferte, ist nun direkt in die Maschine integriert. Der Informationsfluss des Steuerungsprogramms ist variabel, dadurch können Bauteile mit unterschiedlichen Formen hergestellt werden, ohne dass ein Zeitverlust in der Produktion entsteht. Die ersten Maschinen, die durch einen digitalen Informationsfluss gesteuert wurden, waren die von Jacquard entwickelten Webstühle, bei denen das digitale Signal allerdings nicht elektronisch, sondern von einer Lochkarte produziert wurde. Erste digital gesteuerte Abbundmaschinen für den Holzbau kamen in den 1980er-Jahren zum Einsatz, zunächst nur zum Abbund von stabförmigen Elementen, doch schon bald wurden große Portalanlagen entwickelt, mit denen es möglich war, die Werkstücke in fast allen Form zu bearbeiten. Sie zeichnen sich nicht nur durch ihre elektronisch variable Steuerung aus, sondern auch durch ihre Universalität. Dank einem automatischen Werkzeugwechsler lassen sie sich mit quasi beliebigen Werkzeugen bestücken und können fräsen, bohren und sägen. Ganz uneingeschränkt funktionieren die Portalbearbeitungszentren allerdings nicht, denn die Verarbeitungsmöglichkeiten hängen von den Bewegungsfreiheiten des Werkzeugkopfs, der Größe der Arbeitsfläche und den Werkzeugen, mit denen die Anlage bestückt ist, ab. Maschinen mit drei Bewegungsfreiheiten können sich nur entlang der drei Raumachsen XYZ bewegen. Ein zur horizontalen Ebene XY schief stehender Schnitt ist nur mit hohem Zeitaufwand oder gar nicht möglich. Dazu ist eine Maschine mit fünf Bewegungsfreiheiten erforderlich, in der sich der Werkzeugkopf ähnlich einem Handgelenk um zwei Achsen drehen lässt. Die Bedienung der Maschine erfolgt über einen maschineninternen Code, den ein spezielles Programm generiert. Das heißt, dass die Maschine nicht einfach mit einem Datensatz gefüttert werden kann, der die Form des Werkstücks geometrisch beschreibt, sondern die Form des Werkstücks muss erst einmal in Bewegungen von geeigneten Werk-



Hermann Kaufmann, Olpererhütte, Zillertal, 2006



Hundegger Maschinenbau GmbH, Hawangen



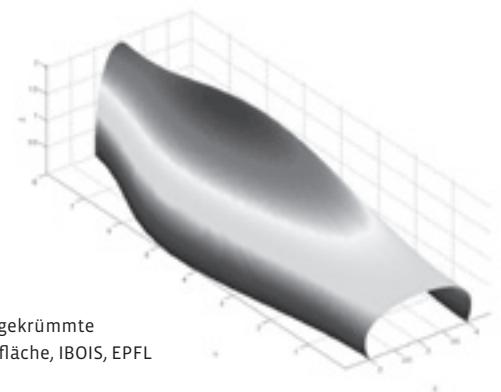
Geodätische Linie, IBOIS, EPFL

zeugen übersetzt werden. Zur Bedienung und Programmierung der Maschine ist ein entsprechendes Wissen nötig, was erneut zu einer Spezialisierung innerhalb des Zimmermannsberufs führt. Die leicht spanende Bearbeitbarkeit macht Holz zu einem bevorzugten Werkstoff für digital gesteuerte Bearbeitungsportale. Dementsprechend ist die Holzindustrie maschinell gut ausgerüstet, und Holz avanciert zu einem Hightech-Werkstoff. In den Anfängen des CAD (Computer-Aided Design) diente der Computer vor allem als digitales Reißbrett, auf dem weiterhin in Grundriss und Schnitt entworfen wurde. Doch fast unbemerkt schlichen sich neue Werkzeuge in die Palette ein, zum Beispiel das digitale Kurvenlineal, die Bézier-Kurve. Diese wurde von den französischen Mathematikern Pierre Bézier und Paul de Casteljau entwickelt, um Karosserien in der Automobilindustrie zu entwerfen. Während die darstellende Geometrie klar aus den Handwerks-techniken der Zimmermänner und Steinmetze entstanden ist,<sup>7</sup> liegt der Ursprung von Bézier- und Spline-Kurven nicht im Bauwesen. Da Entwurfswerkzeuge immer auch die Form der Architektur prägen, stellt sich die Frage, wie der Architekt mit den neuen Werkzeugen umgeht,<sup>8</sup> und wie sich die daraus entstehenden Formen konstruktiv umsetzen lassen. Bei der zweidimensionalen Bézier-Kurve scheint dies noch relativ einfach, im Gegensatz dazu sind der Umgang und die konstruktive Umsetzung der dreidimensionalen NURBS-Flächen (NURBS = Non-Uniform Rational B-Spline) wesentlich komplexer. Auch dieses Werkzeug stammt ursprünglich aus dem Automobilbau, findet heute aber sehr weit verbreitet Anwendung, zum Beispiel in der Computergrafik und im Produktdesign. NURBS-Flächen sind mathematisch exakt definierte Gebilde, allerdings unterliegen die Formen keiner konstruktiven Logik. Die Frage, wie sich eine solche Form in einzelne Bauteile zerlegen lässt, und welches Tragwerk für die Form geeignet ist, stellt den Architekten oder Ingenieur oft vor unüber-

windbare Hürden, da er nicht über das nötige mathematische Wissen verfügt. Die Lösung zur Unterteilung der Form fällt deshalb oft pragmatisch, aber auch etwas banal aus: Die Form wird in parallele Scheiben zerschnitten,<sup>9</sup> was aber aus tektonischer Sicht nicht immer optimal ist. Eine andere Möglichkeit bietet die Zusammenarbeit mit einem Spezialisten, der hilft, die geometrischen und konstruktiven Probleme zu meistern. Es stellt sich auch hier die Frage, inwieweit der Architekt die Tektonik des Baus noch aktiv mitgestaltet, und ob konstruktive Überlegungen die Form hinterfragen und verändern können.

Einen wichtigen Schritt in diese Richtung stellen parametrische Modelle dar. Sie ermöglichen es, Form und Bauteile zu verändern, ohne dass es notwendig ist, alles neu zu zeichnen. Wird die Gesamtform verändert, so passen sich auch alle Komponenten der neuen Form an. In einem parametrischen Modell wird nicht mehr die Form per se gezeichnet, sondern ein Prozess definiert, der die Form und die einzelnen Bauteile generiert. Die Form lässt sich durch die Steuerung festgelegter Parameter erzeugen und verändern. Entscheidend ist nicht die gewählte Form, sondern wie der Prozess zur Formgenerierung angelegt ist, und welche Parameter den Prozess steuern. Anknüpfend an die Idee des genetischen Codes wird der Formgenerierungsprozess auch Genotyp genannt. Wie in der Natur legt der Genotyp eine bestimmte Bandbreite fest, innerhalb welcher es möglich ist, eine Vielzahl individueller Formen, die Phänotypen, zu definieren.<sup>10</sup> Solche Entwurfsprozesse bieten die Möglichkeit, Material- und Tragwerkeigenschaften sowie Konstruktions- und Fertigungstechniken als Parameter in den Prozess einfließen zu lassen. Dadurch erhält die Tektonik eine neue Aktualität: Das parametrische Modell kann zwischen Raum und Technik vermitteln.<sup>11</sup>

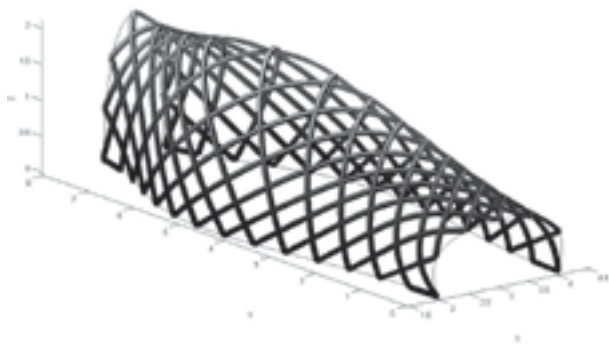
Angeregt durch Effizienzsteigerung und Standardisierung entwickelt sich das gewachsene Holz immer mehr zum homogeni-



Doppelt gekrümmte  
Freiformfläche, IBOIS, EPFL

sierten Holzwerkstoff, plattenförmige Holzwerkstoffe gewinnen stark an Bedeutung. Viele natürliche Eigenschaften des Materials, wie zum Beispiel die leicht spanende Bearbeitbarkeit, das geringe Gewicht und die ansprechende Oberflächenstruktur, bleiben im Holzwerkstoff erhalten. Dadurch ist Holz sehr attraktiv und vielseitig einsetzbar, sowohl für die digital gesteuerte Fertigung als auch in der Raumgestaltung. Die digital gesteuerte Fertigung ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung von individuellen Bauteilen. Wie im Handwerk werden einzelne Teile aufeinander abgestimmt und bilden ein Beziehungsnetz. Auch parametrische Entwurfswerkzeuge folgen einer Logik von Beziehungen, die das genetische Gerüst der Form bilden. Dadurch entsteht eine Verknüpfung von Entwurf und Fertigung.

Lagen Wissen und Können im beschriebenen ›hölzernen Zeitalter‹ in der Hand des Zimmermanns, so sind sie im digitalen Zeitalter unter einer Vielzahl von Spezialisten aufgeteilt, was einen hohen Aufwand an Planung und Koordination erforderlich macht. Die Planung lässt sich durch die Integration von materialspezifischen, konstruktiven und fertigungsspezifischen Parametern im Entwurfswerkzeug rationalisieren. Eine intelligente Konzeption von derartigen Entwurfswerkzeugen ist sehr zeitaufwendig und lohnt sich für ein Einzelprojekt kaum. Da aber parametrische Entwurfswerkzeuge mehrere Lösungen generieren können, die auf jeweils spezifische Anforderungen eingehen, scheint es gerechtfertigt, Entwurfsprozesse zu entwickeln, die in diversen Projekten zur Anwendung kommen können. Darin ähneln parametrische Entwurfsprozesse modularen Bausystemen, der Unterschied liegt darin, dass sie, wenn sie gut angelegt sind, eine viel höhere Flexibilität aufweisen. Wie auch beim modularen Bausystem ist die Identität der Projektautoren verwischt: Sind es die Entwickler des digitalen Werkzeugs oder diejenigen, die es anwenden?<sup>12</sup>



Holzrippenschale entlang der geodätischen Linien der Freiformfläche, IBOIS, EPFL

### Die Tektonik des Holzbaus im digitalen Entwurf – Biegen, Weben, Falten

Anhand ausgewählter Arbeiten des Lehrstuhls für Holzkonstruktionen IBOIS der EPFL Lausanne lässt sich aufzeigen, wie spezifisch auf Holz und seine Materialeigenschaften zugeschnittene parametrische Entwurfswerkzeuge gestaltet werden können. Die Tektonik – das Zusammenspiel von architektonischem Ausdruck, der Effizienz und der konstruktiven Ausführung von Tragwerken – steht im Zentrum von Forschung und Lehre des IBOIS.<sup>13</sup> Dabei spielen sowohl neue Holzwerkstoffe und Verarbeitungstechniken als auch neue Möglichkeiten zur Darstellung und Berechnung von Tragwerken eine wichtige Rolle. Das Ziel ist eine effiziente Verkettung von Entwurf und Konstruktion, die architektonische, tragwerksplanerische und produktionsbedingte Auflagen integriert und so zu nachhaltigen und qualitativ hochwertigen Lösungen führt.

### Biegen und Weben

Holz ist dank seines natürlichen Faseraufbaus ein sehr elastisches Material und leicht biegsam. Diese Eigenschaft lässt sich für Konstruktion und Formgenerierung nutzen. Holzrippenschalen gründen auf den elastischen Eigenschaften von Holz. Sie bauen auf einem Raster von sich im Raum kreuzenden Rippen auf, wobei sich die einzelnen Rippen aus verschraubten Brettlamellen zusammensetzen.



Bogenkonstruktion aus verflochtenen Holzstreifen, IBOIS, EPFL

Ein Brett mit rechteckigem Querschnitt kann nur entlang seiner schwachen Achse gebogen und verdreht werden und deshalb nur gewisse Formen im Raum annehmen. Versucht man, ein Brett möglichst nahe an eine gegebene Form anzuschmiegen, so sucht sich das Brett seinen Weg auf der Oberfläche der Form. Bei einem Zylinder verdreht sich die Mittelachse des Bretts zu einer Helix. Mathematisch betrachtet entspricht die Mittelachse der kürzesten Verbindung von zwei Punkten auf einer Fläche, die sogenannte geodätische Linie. Für Körper wie Zylinder und Kugeln lassen sich geodätische Linien relativ einfach analytisch bestimmen, nicht so für Freiformflächen wie die NURBS-Flächen. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Geometrie entwickelte IBOIS ein Modell, das die geodätischen Linien auf einer Freiformfläche berechnen kann.<sup>14</sup> Der Ingenieur und der Architekt können dabei Parameter wie Anzahl der Rippen und Ausgangs- und Endpunkt der Linien steuern und so die Tragfähigkeit und Form der Rippenschale gemeinsam gestalten. Gemäß dem vom Ingenieur gewünschten Querschnitt und der daraus folgenden Anzahl an Lamellen kann das Programm die nötigen Brettlängen und die Geometrie der Schnittpunkte berechnen und die Daten direkt an den Produzenten weiterleiten.

Das Biegen von Holz spielt auch in einer anderen vom IBOIS entwickelten Art von Holzkonstruktionen eine wichtige Rolle, die auf der Logik und den Prinzipien textiler Techniken basiert.<sup>15</sup> Textilien gelten als eine der ersten handwerklichen Errungenschaften der Menschheit und kamen seit Urzeiten auch beim Bau von Behausungen zum Einsatz. In diesem Projekt wird das Grundprinzip aller textilen Techniken, die Verkreuzung zweier Elemente, auf zwei Streifen aus Sperrholz übertragen. Durch die Verschränkung der beiden doppelt gekrümmten Flächen entsteht ein räumliches Gebilde zwischen Bogen und Schale. Das Grundmodul lässt sich als Träger einsetzen oder auf vielfältige

Weise zu größeren Strukturen kombinieren. Die Verflechtung einer Vielzahl von Elementen hat den Vorteil, dass dadurch ein Systemeffekt erreicht wird: Das Versagen einzelner Elemente führt nicht zum Versagen des Gesamtsystems, was das Tragwerk robuster macht. Die präzise geometrische Beschreibung des Grundmoduls ist sehr komplex und bisher noch nicht zufriedenstellend gelungen. Gegenwärtig wird versucht, den Fügungsprozess über mechanische Simulationen zu erfassen. Das interessante an diesem Beispiel ist, dass das Material und dessen Verformung den Formgenerierungsprozess bestimmen. Dieses Vorgehen ist einerseits Garant für eine tektonische Qualität der Form, stellt andererseits aber eine Herausforderung für die Mathematiker und Ingenieure dar, die die Form digital erzeugen und berechnen müssen. Das Beispiel zeigt auch, dass solche Form- und Konstruktionstechniken nur in Forschungslabors und in interdisziplinärer Arbeit entwickelt werden können.

### Falten

Ein weiterer Impuls für die Forschungsarbeiten am IBOIS sind Holzwerkstoffplatten, insbesondere Brettsperrholz. Brettsperrholzplatten haben gute Festigkeitswerte und werden in Dimensionen hergestellt, die interessante Anwendungen im Tragwerksbereich, unter anderem für faltwerke, ermöglichen. Wegen ihrer tragenden und räumlich-plastischen Wirkung sind faltwerke für Ingenieure und Architekten gleichermaßen interessant.<sup>16</sup> Die Falten erhöhen die Steifigkeit einer dünnen Fläche, die dadurch nicht nur raumüberdeckend, sondern auch tragend wirkt. Der Rhythmus der Falten sowie das Wechselspiel von Licht und Schatten entlang der gefalteten Fläche können gezielt zur räumlichen Gestaltung eingesetzt werden. Gleichzeitig lässt sich die Tragfähigkeit des faltwerks durch die Tiefe und die Neigung der Falten beeinflussen. Wir setzten uns deshalb zum Ziel, eine



Textiles Grundmodul, IBOIS, EPFL

Methode zu entwickeln, die solche faltwerke rasch räumlich darstellen und verändern kann. Ausgangspunkt der Arbeit war das Origami, die japanische Kunst des Papierfaltens. Origami arbeitet mit einfachen Grundtechniken, die durch geometrische Variationen zu einer erstaunlichen Formvielfalt führen, und rationell und mit einfachen Mitteln komplexe Formen erzeugen. Diese Eigenschaften wollten wir auf die Konstruktion von faltwerken mit Brettsperrholz übertragen. Durch intuitives Papierfalten wurden geeignete faltmuster ermittelt und anschließend deren Geometrie analysiert, um sie in einem 3-D-Zeichenprogramm darstellen zu können. Das führte zur Generierung der faltstrukturen mit einem computerunterstützten Zeichenprogramm. Wichtig war dabei, Werkzeuge zu schaffen, die sich in den Entwurfsprozess integrieren lassen, und die der Architekten kennt: Die Form der faltwerke wird durch je ein Linie im Grundriss (Riffelungsprofil) und im Schnitt (Querschnittprofil) definiert. Mit dieser Methode lassen sich in kurzer Zeit eine Vielzahl von verschiedenen Formen erstellen und sowohl architektonischen als auch tragwerksplanerischen Anforderungen anpassen. Zum Beispiel kann die Tragfähigkeit über die Form des Riffelungsprofils, das die Höhe und Neigung der Falten definiert, beeinflusst werden. Die entwickelte Methode ermöglicht es, komplexe faltwerke rasch zu modellieren, deren Geometrie direkt in ein Statikprogramm oder in eine computergesteuerte Abbundmaschine zu exportieren und so den Entwurfs- und Produktionsprozess zu rationalisieren.

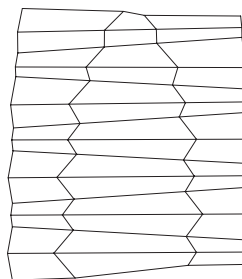
Die Kapelle für die Diakonissen von Saint-Loup in Pompaples (Abb. S. 66f.) ist das erste Gebäude, das mit der vom IBOIS entwickelten Methode zur Modellierung von faltwerken entworfen wurde.<sup>17</sup> Die Geometrie der Kapelle integriert Raumbühle, Tragwerk, Konstruktion, Akustik und Lichtführung in einer einheitlichen Form und ist wesentlich von dem verwendeten

Entwurfswerkzeug geprägt.<sup>18</sup> Die Kapelle sollte eine gewisse Selbstverständlichkeit und Einfachheit ausdrücken sowie wirtschaftlich und schnell montierbar sein. Dies führte zur Wahl eines trapezförmigen Querschnittsprofils aus drei Segmenten – zwei Wände und ein Dach. Dadurch ließ sich die Anzahl der Platten und Stöße gering halten.

Der Raum soll an ein einfaches Kirchenschiff mit runder Apsis erinnern, deshalb ist das Riffelungsprofil, das die Form im Grundriss bestimmt, leicht gekrümmt. Dadurch wird der Raum zum Altar hin komprimiert und die Faltung, da sie aus einer kontinuierlichen, abwickelbaren Fläche besteht, vertikal aufgestoßen. Der schrittweise Übergang von horizontalem zu vertikalem Raum gibt der Kapelle eine klare Ausrichtung und Bedeutung, die die Transzendenz von menschlicher Erdgebundenheit zur Spiritualität symbolisieren soll.

In einer ersten Entwurfsphase bildete eine Reihe von parallelen Falten das faltwerk, wodurch die Raumbühle die nötige Tragfähigkeit erreichte. Die Falten gliedern den Raum wie die Säulen eines traditionellen Kirchenschiffs. Im definitiven Entwurf wurde jede zweite Falte schräg gestellt. Dadurch entsteht ein Zusammenspiel von jeweils gegenläufigen, großen und kleinen Falten, das die Fassade und den Innenraum belebt. Dies hat den Vorteil, dass die Dachfalten geneigt sind und das Regenwasser ablaufen kann. Die unregelmäßige Faltung verbessert auch die Akustik und die Lichtführung im Raum. Die verschieden geneigten Holzplatten reflektieren das durch die Giebelfassaden einfallende Licht und zeichnen eine subtile Folge von Schattierungen.

Bei der Kapelle von Saint-Loup gelang es, dank einer präzisen Regulierung der Geometrie des faltwerks die architektonischen, statischen und produktionsbedingten Vorgaben erfolgreich in den Entwurfsprozess zu integrieren. Die so entstandene neue und eigenständige architektonische Form wäre ohne die digitale



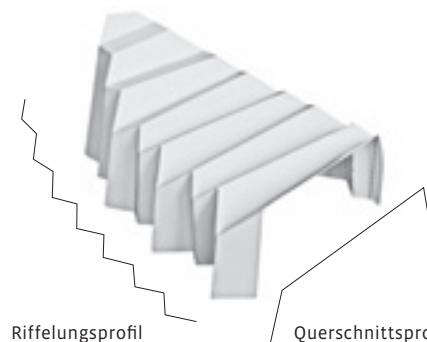
SHEL, Kapelle von Saint-Loup, Pompaples, 2008, Abwicklung der Außenhülle

Modellierung nur schwer umsetzbar gewesen. Die Ausführung mit Brettsperrholzplatten machte es möglich, Raumhülle, Tragwerk und Innenausbau mit einer einzigen Schicht zu bauen. Dadurch, dass die digitalen Dateien für den Zuschnitt der Brettsperrholzplatten direkt im parametrischen Entwurfswerkzeug gezeichnet und dann an den Produzenten geliefert wurden, konnte der Produktionsprozess rationalisiert werden. Das Projekt ist das Resultat einer gelungenen Zusammenarbeit zwischen Architekten, Forschern und Ingenieuren. Es zeigt, dass eine erfolgreiche Integration von material- und tragwerkspezifischen Vorgaben in ein parametrisches Entwurfswerkzeug zu einem konstruktiven Dialog zwischen Raumgestaltung und Technik führen kann – die Voraussetzung für tektonische Qualität.

■ Hani Buri, Yves Weinand



Formgenerierung



Riffelungsprofil

Querschnittsprofil



## Anmerkungen

---

### Gerd Wegener – Der Wald und seine Bedeutung

S. 10–17

- 1 Klaus Töpfer, Erneuerbare Baustoffe in Planungen einbinden. Vorwort, in: Holzabsatzfonds (Hg.), Nachhaltig bauen und modernisieren – Praxisbeispiele für öffentliche Entscheider, Bonn 2006, S. 2
- 2 Gerd Wegener, Bernhard Zimmer, Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher und Energieträger. Chancen und Wege für die Forst- und Holzwirtschaft, in: Andreas Schulte, Klaus Böswald, Rainer Joosten (Hg.), Weltforstwirtschaft nach Kyoto. Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher und regenerativer Energieträger, Aachen 2001
- 3 Wegener/Zimmer (wie Anm. 2)
- 4 Gerd Wegener, Bernhard Zimmer, Holz als Rohstoff, in: Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg (Hg.), Der Bürger im Staat. Der deutsche Wald, Stuttgart 2001, S. 67–72
- 5 Ulrich Ammer u.a., Naturschutz und Naturnutzung: Vergleichende walddökologische Forschung in Mittelschwaben. Ein Vergleich zwischen bewirtschafteten und unbewirtschafteten Wäldern, in: LWF-aktuell, 2003, H. 41, S. 9
- 6 PEFC (Hg.), Zeichen setzen. Jahresbericht 2010, Stuttgart 2010, S. 5; Roland Schreiber, Waldzertifizierung in Bayern, LWF-Waldforschung aktuell, 2011, H. 82, S. 44ff.
- 7 Gerd Wegener, Forst- und Holzwirtschaft – eine innovative Branche mit Zukunft, in: bauen mit holz, 2007, H. 1, S. 45–48
- 8 Gerd Wegener, Holger Wallbaum, Kora Kristof, Herausforderungen für die Forst- und Holzwirtschaft und das nachhaltige Bauen und Sanieren, in: Kora Kristof, Justus von Geibler (Hg.), Zukunftsmärkte für das Bauen mit Holz, Stuttgart 2008, S. 12–23
- 9 Dietrich Fengel, Gerd Wegener, WOOD. Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Remagen 2003
- 10 Michael Volz, Grundlagen, in: Thomas Herzog u.a. (Hg.), Holzbau Atlas, München 2003, S. 31–46
- 11 Fengel/Wegener (wie Anm. 9)
- 12 Fengel/Wegener (wie Anm. 9)

- 13 Schnellwachsende Baumarten wie Pappeln oder Weiden werden auf ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen nach ein bis fünf Jahren mit hohen Masseleistungen (Tonnen Holz pro Hektar) ausschließlich zur energetischen Verwertung geerntet (Energieplantagen) und beispielsweise in Form von Hackschnitzeln (Energieholz) in Heizwerken oder Heizkraftwerken eingesetzt.
- 14 Arno Frühwald, Cevin Marc Pohlmann, Gerd Wegener, Holz – Rohstoff der Zukunft. Nachhaltig verfügbar und umweltgerecht, München 2001; Bernhard Zimmer, Gerd Wegener, Ökobilanzierung: Methode zur Quantifizierung der Kohlenstoff-Speicherpotenziale von Holzprodukten über deren Lebensweg, in: Andreas Schulte, Klaus Böswald, Rainer Joosten (Hg.), Weltforstwirtschaft nach Kyoto. Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher und regenerativer Energieträger, Aachen 2001; Gerd Wegener, Holz – Multitalent zwischen Natur und Technik, in: Mamoun Fansa, Dirk Vorlauf (Hg.), HOLZ-KULTUR. Von der Urzeit bis in die Zukunft. Ökologie und Ökonomie eines Naturstoffs im Spiegel der Experimentellen Archäologie, Ethnologie, Technikgeschichte und modernen Holzforschung, Oldenburg 2007
- 15 Fengel/Wegener (wie Anm. 9)
- 16 FAO (Hg.), State of the World's Forests 2011, Rom 2011, S. 151ff.
- 17 Cluster-Initiative Forst und Holz in Bayern (Hg.), Clusterstudie Forst und Holz in Bayern 2008, Freising 2008, S. 4ff.
- 18 Wegener/Zimmer (wie Anm. 4)
- 19 Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Zentrum Wald-Forst-Holz Weihenstephan (Hg.), Cluster Forst und Holz. Bedeutung und Chancen für Bayern, München 2006
- 20 Wegener (wie Anm. 7)
- 21 Frühwald (wie Anm. 14)
- 22 Wegener (wie Anm. 7)
- 23 Beim Ausscheiden aus der ersten/zweiten Nutzungsphase (Ende des Lebenszyklus) kann im Wald gespeicherte Energie effizient energetisch genutzt werden und ersetzt dann aktuelle fossile Energieträger wie Öl oder Gas.

- 24 Bernhard Zimmer, Gerd Wegener, Holz – Trumpfkarte im Klimaschutz, in: NOEO Wissenschaftsmagazin, 2004, H. 2, S. 46–50; Gerd Wegener, Bernhard Zimmer, Zur Ökobilanz des Expodaches, in: Thomas Herzog (Hg.), Expodach, Symbolbauwerk zur Weltausstellung Hannover 2000, München u.a. 2000; Gerd Wegener, Bernhard Zimmer, Bauen mit Holz ist zukunftsfähiges Bauen, in: Thomas Herzog u.a. (Hg.), Holzbau Atlas, München 2003, S. 47ff.
- 25 Gerd Wegener, Andreas Pähler, Michael Tratzmiller, Bauen mit Holz = aktiver Klimaschutz. Ein Leitfaden, Holzforschung München und Technische Universität München, München 2010

---

### Holger König – Bauen mit Holz als aktiver Klimaschutz S. 18–27

- 1 Holger König, Wege zum gesunden Bauen. Wohnphysiologie, Baustoffe, Baukonstruktionen, Normen und Preise, Staufen bei Freiburg 1998
- 2 Holger König u.a., Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge, München 2009
- 3 Ministerium für Umwelt und Forsten des Landes Schleswig-Holstein (Hg.), Umweltverträglichkeit von Gebäudedämmstoffen, Kiel 2003
- 4 Hermann Fischer, Energie und Entropie, in: Gesundes Bauen und Wohnen, 1991, H. 4, S. 46
- 5 Gerd Wegener, Andreas Pähler, Michael Tratzmiller, Bauen mit Holz = aktiver Klimaschutz. Ein Leitfaden, Holzforschung München und Technische Universität München, München 2010

---

### Hani Buri, Yves Weinand – Die Tektonik der Holzarchitektur im digitalen Zeitalter S. 58–63

- 1 Kenneth Frampton, Studies in Tectonic Culture. The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture, Cambridge, MA 1995
- 2 Anne Marie Due Schmidt, Poul Henning Kirkegaard, Navigating Towards Digital Tectonic Tools, in: Smart Architecture. Integration of Digital and Building Technologies. Proceedings of the 2005 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, 2006, S. 114–127

- 3 Antoine Picon, L'Architecture et le Virtuel. Vers une Nouvelle Matérialité, in: Jean-Pierre Chupin, Cyrille Simonnet (Hg.), Le Projet Tectonique, Gollion 2005, S. 165–182; deutsche Übersetzung: Der menschliche Fortschritt wird durch eine allmähliche Auslagerung der Funktionen geprägt: von Messer und Beil, welche die Fähigkeiten der menschlichen Hand erweitern, bis zur Auslagerung von geistigen Funktionen mithilfe des Computers.
- 4 Christoph Schindler, Ein architektonisches Periodisierungsmodell anhand fertigungstechnischer Kriterien, dargestellt am Beispiel des Holzbaus, Diss. Zürich 2009
- 5 Walter Weiss, Fachwerk in der Schweiz, Basel u.a. 1991
- 6 Andrea Deplazes (Hg.), Architektur konstruieren. Vom Rohmaterial zum Bauwerk. Ein Handbuch, Basel u.a. 2005
- 7 Joël Sakarovitch, Géométrie pratique, géométrie savante. Du trait des tailleurs de pierre à la géométrie descriptive, in: Thierry Paquot, Chris Younès, Géométrie, mesure du monde. Philosophie, architecture, urbain, Paris 2005
- 8 Urs Füssler, Design by Tool Design. Advances in Architectural Geometry, Wien 2009, S. 37–40
- 9 Christoph Schindler, Sabine Kraft, Digitale Schreinerei, in: Arch+, 2009, H. 193, S. 93–97; Roland Rozsnyo, Optimal Control of Geodesics in Riemannian Manifolds, Diss. Lausanne 2006
- 10 Achim Menges, Architektonische Form- und Materialwerdung am Übergang von Computer Aided Design zu Computational Design, in: Detail, 2010, H. 5, S. 420–425
- 11 »La véritable nouveauté n'est pas le fossé grandissant entre conception et matérialité, mais plutôt leur interaction intime qui peut éventuellement remettre en question la traditionnelle identité de l'architecte ou de l'ingénieur.« Picon (wie Anm. 3)
- 12 Füssler (wie Anm. 8)
- 13 Zur Lehre des IBOIS siehe auch: Yves Weinand, Timber project. Nouvelles formes d'architectures en bois, PPUR Lausanne 2010
- 14 Claudio Pirazzi, Yves Weinand, Geodesic Lines on Free-Form Surfaces. Optimized Grids for Timber Rib Shells, World Conference in Timber Engineering (WCTE), Portland 2006
- 15 Yves Weinand, Markus Hudert, Timberfabric. Applying Textile Principles on a Building Scale, in: Architectural Design, 2010, H. 4, 102–107
- 16 Hani Buri, Origami. Folded Plate Structures, Diss. Lausanne 2010
- 17 Projektautore: Groupement d'architectes Localarchitecture – Danilo Mondada und SHEL, Hani Buri, Yves Weinand, Architecture engineering and Production Design
- 18 Hani Buri, Yves Weinand, Kapelle St. Loup in Pompaples, in: Detail, 2010, H. 10, S. 1028–1031
- 
- Frank Lattke – Neues Bauen im Bestand** S. 78–81
- 1 Der nicht mehr gebrauchte Stall. Augenschein in Vorarlberg, Südtirol und Graubünden, Hochparterre, Ausst.-Kat., Zürich 2010
- 2 Anne Isopp, Obenauf. Mit Blick über Wien, in: zuschnitt, 2011, H. 42, S. 14ff.
- 3 Vgl. Sanierung der Fordsiedlung, Köln; Prof. Dietrich Fink, Wachstum nach Innen, Forschung am Lehrstuhl für Integriertes Bauen, TU München, seit 2005; [www.lib.ar.tum.de/index.php?id=1443](http://www.lib.ar.tum.de/index.php?id=1443) (26.6.2011)
- 4 Tobias Loga u.a., Querschnittsbericht Energieeffizienz im Wohngebäudebestand. Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit. Eine Studie im Auftrag des Verbandes der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V., Darmstadt 2007
- 5 Gerd Wegener, Andreas Pahler, Michael Tratzmiller, Bauen mit Holz = aktiver Klimaschutz. Ein Leitfaden, Holzforschung München und Technische Universität München, München 2010
- 6 Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung, Rudolf Müller Verlag, Bauen im Bestand; [www.bauenimbestand24.de](http://www.bauenimbestand24.de) (20.7.2011)
- 7 [www.dietrich.untertrifaller.com/project.php?id=208&type=BUERO&lang=de](http://www.dietrich.untertrifaller.com/project.php?id=208&type=BUERO&lang=de) (12.7.2011)
- 8 Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft (Hg.), Energieeffiziente Bürogebäude, Holzbau Handbuch, Reihe 1, Teil 2, Folge 4, Bonn 2009
- 9 Wachstum nach Innen. Perspektiven für die Kernstadt Münchens, Ausst. Architekturgalerie München mit dem Lehrstuhl für Integriertes Bauen, Prof. Dietrich Fink, TU München, 9.–24.6.2006
- 10 Vgl. Pekka Heikkinen u.a. (Hg.), TES EnergyFaçade. Prefabricated Timber Based Building System for Improving the Energy Efficiency of the Building Envelope, Forschungsprojekt 2008–2010, S. 64ff.
- 11 DIN 68100 Toleranzsysteme für Holzbe- und -verarbeitung – Begriffe, Toleranzreihen, Schwind- und Quellmaße, 2010-07
- 12 Josef Kolb, Holzbau mit System, Basel 2007
- 13 »TES EnergyFaçade. Prefabricated Timber Based Building System for Improving the Energy Efficiency of the Building Envelope« ist ein europäisches Forschungsprojekt, ausgeschrieben von Wood Wisdom-Net, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), unter der Projektleitung des Fachgebiets Holzbau und des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion der TU München, 2008–2010; [www.tesenergyfacade.com](http://www.tesenergyfacade.com) (27.6.2011)
- 14 SP Technical Research Institute of Sweden (Hg.), Fire Safety in Timber Buildings. Technical Guideline for Europe, bearb. von Birgit Östman u.a., Boras 2010; Pekka Heikkinen u.a. (wie Anm. 10)
- 
- Florian Aicher – Bewährt und inspiriert – das neue Handwerk** S. 200–205
- 1 Richard Sennett, Handwerk, Berlin 2008, S. 208f.
- 2 wallpaper, 2000, H. 8
- 3 Christian Norberg-Schulz, Einleitung, in: Makoto Suzuki, Holzhäuser in Europa, Stuttgart u.a. 1979, S. 6
- 4 Tanizaki Jun'ichiro, Lob des Schattens, Zürich 1993, S. 10
- 5 Christian Norberg-Schulz (wie Anm. 3), S. 6
- 6 Gespräch mit Franz J. Winsauer, 10.5.2011, Dornbirn
- 7 Gespräch mit Hubert Diem, 10.5.2011, Dornbirn
- 8 Frank R. Wilson, Die Hand. Geniestreich der Evolution, Hamburg 2002, S. 312
- 9 Franz. Philosoph und Phänomenologe (1908–1961)
- 10 Sennett (wie Anm. 1), S. 282
- 11 Gespräch mit Rolf Peter Sieferle, 11.5.2011, St. Gallen
- 12 Gespräch mit Michael Kaufmann, 11.5.2011, Reute
- 13 Gespräch mit Ulrich Wengenroth, 20.5.2011, München
- 14 Ebd.
- 15 Gespräch mit Hubert Rhomberg, 10.5.2011, Bregenz

Andreas Schulte, Klaus Böswald, Rainer Joosten (Hg.), Weltforstwirtschaft nach Kyoto. Wald und Holz als Kohlenstoffspeicher und regenerativer Energieträger, Aachen 2001

Richard Sennett, Handwerk, Berlin 2008

SP Technical Research Institute of Sweden (Hg.), Fire Safety in Timber Buildings. Technical Guideline for Europe, bearb. von Birgit Östman u.a., Borås 2010

Makato Suzuki, Holzhäuser in Europa, Stuttgart u.a. 1979

Gerd Wegener, Forst- und Holzwirtschaft – eine innovative Branche mit Zukunft, in: bauen mit holz, 2007, H. 1, S. 45–48

Gerd Wegener, Andreas Pahler, Michael Tratzmiller, Bauen mit Holz = aktiver Klimaschutz. Ein Leitfaden, Holzforschung München und Technische Universität München, München 2010

Gerd Wegener, Holger Wallbaum, Kora Kristof, Herausforderungen für die Forst- und Holzwirtschaft und das nachhaltige Bauen und Sanieren, in: Kora Kristof, Justus von Geibler (Hg.), Zukunftsmärkte für das Bauen mit Holz, Stuttgart 2008, S. 12–23

Yves Weinand, Timber project. Nouvelles formes d'architectures en bois, PPUR Lausanne 2010

Yves Weinand, Markus Hudert, Timberfabric. Applying Textile Principles on a Building Scale, in: Architectural Design, 2010, H. 4, S. 102–107

Walter Weiss, Fachwerk in der Schweiz, Basel u.a. 1991

Frank R. Wilson, Die Hand. Geniestreich der Evolution, Hamburg 2002

Bernhard Zimmer, Gerd Wegener, Holz – Trumpfkarte im Klimaschutz, in: NOEO Wissenschaftsmagazin, 2004, H. 2, S. 46–50

---

## Autoren

---

### Florian Aicher

Geb. 1955; seit 30 Jahren freier Architekt mit den Schwerpunkten Hochbau und Raumgestaltung sowie deren Theorie und Geschichte; Gastprofessuren an der Hochschule für Gestaltung Karlsruhe und der Hochschule der Künste Saar; publizistisch tätig

---

### Hermann Blumer

Geb. 1943; 1958–1961 Lehre als Zimmermann; 1964–1969 Studium des Bauingenieurwesens an der ETH Zürich; Eintritt ins elterliche Holzbauunternehmen; Entwicklung des BSB-System, der Lignaturdecken, der Hochfrequenzverleimung, des 5-Achsen-Bearbeitungszentrums Lignamatik; Entwicklungsbegleiter bei der Lucido Solar AG; seit 1997 Leitung von Bois Vision 2001 für die Schweizerische Holzwirtschaft; 2003 Gründung von Création Holz

---

### Hani Buri

Geb. 1963; 1985–1991 Studium der Architektur an der EPFL Lausanne; 1993–2005 selbstständige Tätigkeit mit Olivier Morand und Nicolas Vaucher im Büro BMV architectes; seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Holzkonstruktionen IBOIS an der EPFL; 2007 Gründung der Start-up SHEL, Hani Buri, Yves Weinand, Architecture, Engineering, Production Design; 2010 Promotion zum Thema »Origami – Falterwerke« an der EPFL

---

### Hermann Kaufmann

Geb. 1955; 1975–1978 Studium der Architektur an der TH Innsbruck; 1978–1982 Studium der Architektur an der TU Wien; Mitarbeit im Büro Prof. Ernst Hismayr, Wien; seit 1983 eigenes Architekturbüro mit Christian Lenz in Schwarzach; diverse Gastprofessuren; seit 2002 Professor am Institut für Entwerfen und Bautechnik, Fachgebiet Holzbau an der TU München; zahlreiche internationale Auszeichnungen u.a.: Global Award 2007 for sustainable Architecture, Paris; Spirit of Nature Wood Architecture Award 2010 (internationaler finnischer Preis für Holzarchitektur)

---

**Holger König**

Geb. 1951; 1971–1977 Studium der Architektur an der TU München; Hochschulstudium mit Ingenieursabschluss; bis 1981 städtebauliches Planungsbüro in München; Geschäftsführung der Firma Ascona, Gesellschaft für ökologische Projekte GbR; Geschäftsführung des Architekturbüros König-Voerkelius; Planung und Durchführung humanökologisch orientierter Ein- und Mehrfamilienhäuser, Kindergärten, Schulen und Gewerbebauten; seit 2001 Geschäftsführung der LEGEP Software GmbH; Projektleiter ökologisch orientierter Forschungsprojekte; Akkreditiert durch ECOS für CEN TC 350 ›Sustainability of Construction Works‹

---

**Frank Lattke**

Geb. 1968; 1989–1992 Tischlerlehre; 1993–2000 Studium der Architektur an der TU München und ETSAM Madrid; 2000–2001 Architekt bei Donovan Hill, Brisbane; seit 2001 eigenes Architekturbüro in Augsburg; seit 2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Entwerfen und Bautechnik, Fachgebiet Holzbau an der TU München; Tätigkeit in Forschung und Lehre

---

**Florian Nagler**

Geb. 1967 in München; 1987–1989 Lehre als Zimmermann; 1989–1994 Studium der Architektur an der Universität Kaiserslautern; 1994–1997 freie Mitarbeit im Büro Mahler Günster Fuchs, Stuttgart; 1996 freier Architekt mit Büro in Stuttgart; seit 1999 Büro in München; seit 2001 gemeinsames Büro mit Barbara Nagler in München; seit 2010 Professor für Entwurfsmethodik und Gebäudelehre an der TU München

---

**Winfried Nerdinger**

Geb. 1944; 1965–1971 Studium der Architektur an der TH München; 1979 Promotion in Kunstgeschichte an der TU München; 1980/81 Gastprofessor an der Harvard University; seit 1986 Professor für Architekturgeschichte an der TU München; seit 1989 Direktor des Architekturmuseums der TU München; seit 2004 Direktor der Abteilung Bildende Kunst der Bayerischen Akademie der Schönen Künste; Publikationen zur Kunst- und Architekturgeschichte des 18.–20. Jahrhunderts

---

**Wolfgang Pöschl**

Geb. 1952; 1971–1980 Studium der Architektur an der TU Innsbruck; 1972–1976 Leitung der väterlichen Tischlerei; 1974 Tischlermeister; 1979–1985 Mitarbeit bei Heinz-Mathoi-Streli Architekten, Innsbruck; seit 1985 selbstständiger Architekt; 2001 Gründung der tatanka ideenvertriebsgesmbh gemeinsam mit Joseph Bleser und Thomas Thum

---

**Gerd Wegener**

Geb. 1945; 1964–1970 Studium des Bauingenieurwesens und der Holzwirtschaft an der TH München und der Universität Hamburg; 1975 Promotion in Forstwissenschaften an der LMU München; 1993–2010 Professor für Holzkunde und Holztechnik am Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München sowie Leiter der Holzforschung München; seit 2006 Sprecher von Cluster Forst und Holz in Bayern; zahlreiche Auszeichnungen u.a.: Schweighofer Prize 2009 (höchstdotierte europäische Auszeichnung für Forst- und Holzwirtschaft)

---

**Yves Weinand**

Geb. 1963; 1981–1986 Studium der Architektur am Institut Supérieur d'Architecture Saint-Luc in Liège; 1990–1994 Studium des Bauingenieurwesens an der EPFL Lausanne; 1998 Promotion an der RWTH Aachen; 1996 Gründung des Planungsbüros Bureau d'études Weinand in Liège; 2002–2004 Professor an der Technischen Universität Graz; seit 2004 Professor und Direktor des Lehrstuhls für Holzkonstruktionen IBOIS der EPFL; 2007 Gründung der Start-up SHEL, Hani Buri, Yves Weinand, Architecture, Engineering, Production Design

---

**Autoren Projekttexte**

---

Reinhard Bauer, Reinhard Bauer Architekten, München/D: S. 30

Susanne Gampfer, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 28, 32, 102, 172, 180, 186

Mirjana Grdanjski, Architekturmuseum der TU München/D: S. 110, 146, 158, 166, 174, 188, 196

Wolfgang Huß, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 82, 84, 88, 90, 94, 118, 122, 126, 198

Hermann Kaufmann, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 126, 134, 172

Stefan Krötsch, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 46, 48, 98, 136, 164, 168, 182

Martin Kühfuss, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 28, 36, 38, 52, 64, 66, 138, 156, 160, 192, 194

Arthur Schankula, SCHANKULA Architekten/Diplomingenieure, München/D: S. 124

Christian Schühle, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 68, 72, 76, 100, 104, 108, 140, 144, 148, 152

Jürgen Weiss, Fachgebiet Holzbau, TU München/D: S. 28, 32, 36, 38, 148