Zeitschrift: Werk, Bauen + Wohnen

Herausgeber: Bund Schweizer Architekten

Band: 106 (2019)

Heft: 5: Fügen in Holz : neue Freiheit im Knoten

Artikel: Tendenz zur Konzentration : technische Evolution und architektonische Potenziale

Autor: Peter, Markus

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-869661

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

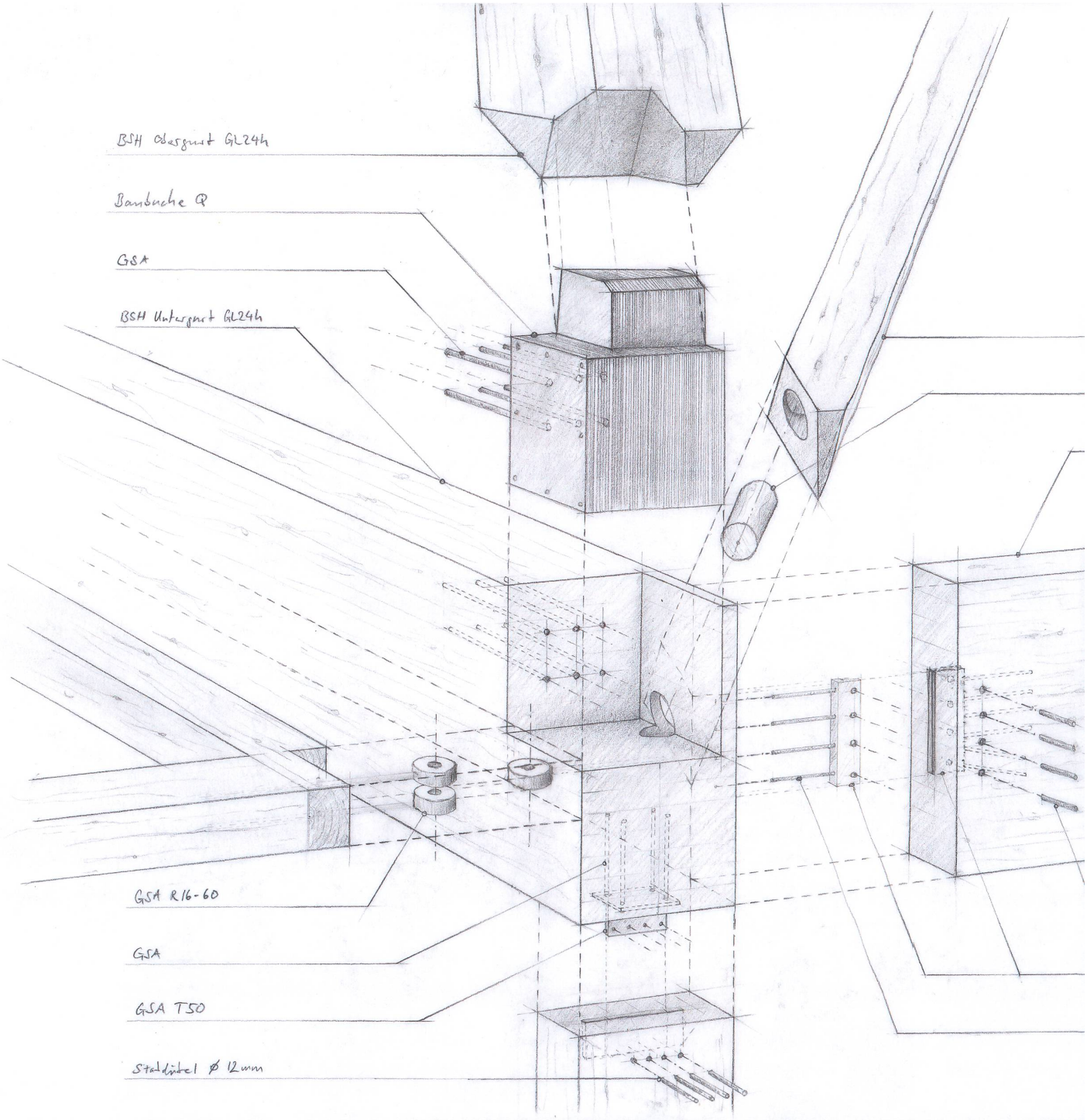
Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Tendenz zur Konzentration



Eckknoten der Dachkonstruktion über dem Verpflegungsraum im «Condirama» des Firmensitzes Max Felchlin, an jener Stelle, wo die Kräfte aus dem Dach und dem Fachwerkausleger in die Stütze eingeleitet werden. Der Kräfteverlauf durch Stäbe und Hartholz-Einsatz ist auf Seite 16 dargestellt. Zeichnung: Lukas Eschmann

Résumé page 17
Summary page 17

Technische Evolution und architektonische Potenziale

Die ab den 1980er Jahren verwendeten Metallverbindungen machen Brettschichtkonstruktionen leistungsfähiger, doch sie verbergen auch die Kräfte, die dem Knoten innewohnen. Ein Blick auf neueste Technologien zeigt, dass die Tendenz wie beim Holz selbst auch hier in die Richtung einer Homogenisierung geht.

Markus Peter

Die These einer generellen «Tendenz» in der Hervorbringung identischer Techniken, formuliert vom brillanten Technik-Anthropologen André Leroi-Gourhan, bildet den Leitfaden der folgenden Gedanken zur Verbindungstechnologie im Holzbau. Eine solche Tendenz hat einen gradlinigen, vorhersehbaren und unumgänglichen Charakter. Sie drängt darauf, dass der in der Hand gehaltene Feuerstein einen Griff bekommt, wir mit elektronischen Informationssystemen gelernt haben zu zeichnen und mit dem Hundegger K2 die Abbindeprozesse zu steuern.

Prozess der Elementierung

Eine Verortung der aktuellen technologischen Tendenz wagte vor einer Dekade Andrea Deplazes,[1] indem er im Materialumwandlungsprozess vom Rohstoff zum Werkstoff den Blick auf die Halbfabrikate konzentrierte und dem Prozess des Sägens und der Zerkleinerung einen gegenläufigen Prozess der Zusammensetzung gegenüberstellte. Ein solcher tendiert zur Elementierung in Form von Platten und Scheiben. Zweifellos haben verklebte Bauteile wie Brettschichtholz und Brettsperrholz gegenüber Bauteilen aus Vollholz Vorteile der geringeren Streuung der mechanischen Eigenschaften, eine höhere Formstabilität und bieten natürlich eine freiere Wahl der Abmessungen. Doch beim Holz, einem ausserordentlich komplexen Faserverbundwerkstoff, geht mit der Zerkleinerung und damit der Beseitigung der Anisotropie und Inhomogenität durch die Auflösung des Faserverbunds auch ein Grossteil der Zugfestigkeit verloren. Mindestens in der Verklebung lässt sich mit Deplazes eine technische Tendenz orten. Exemplarisch zeigt sich diese etwa bei der Verbindungstechnologie der Schiftzinkung mit zugespitzten Hölzern, durch die eine bedeutende Steigerung der Belastbarkeit der Längsverbindung auf Zug oder Biegung erreicht wurde. Die Entwicklung von Kunstharzklebstoffen in Deutschland hatte zuvor eine wesentliche Voraussetzung für die Weiterentwicklung der von Otto Hetzer begründeten Holzleimbauweise geschaffen, waren doch damit geklebte Bauteile mit höheren Festigkeiten, mit gegenüber Feuchteeinwirkung dauerhafteren Klebfugen und Verbindungen möglich.

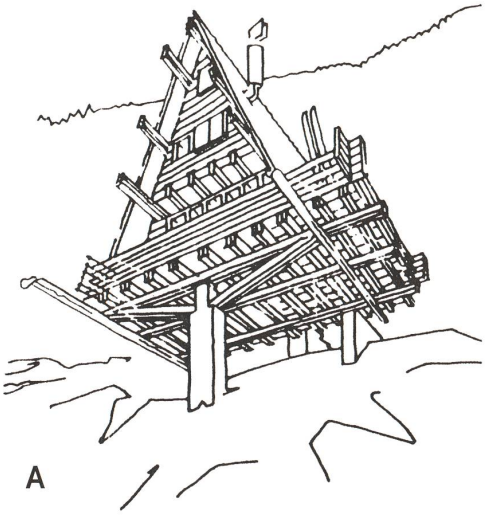
Der Ingenieurholzbau entwickelte neue Verbindungsmittel, welche die klassischen, auf Kontaktpressung basierenden Zimmermannsverbindungen weitgehend verdrängten. Die Schwierigkeit des Einsatzes von Holz im Hallen-, Brücken- und Turmbau besteht, so dekretiert Wilhelm Stoy[2], der Pionier wissenschaftlich getesteter Nagelverbindungen, nicht in der Wahl der Querschnitte, sondern in der konstruktiven Durchbildung der Knotenpunkte.

Verbindungen aus der Materialprüfanstalt

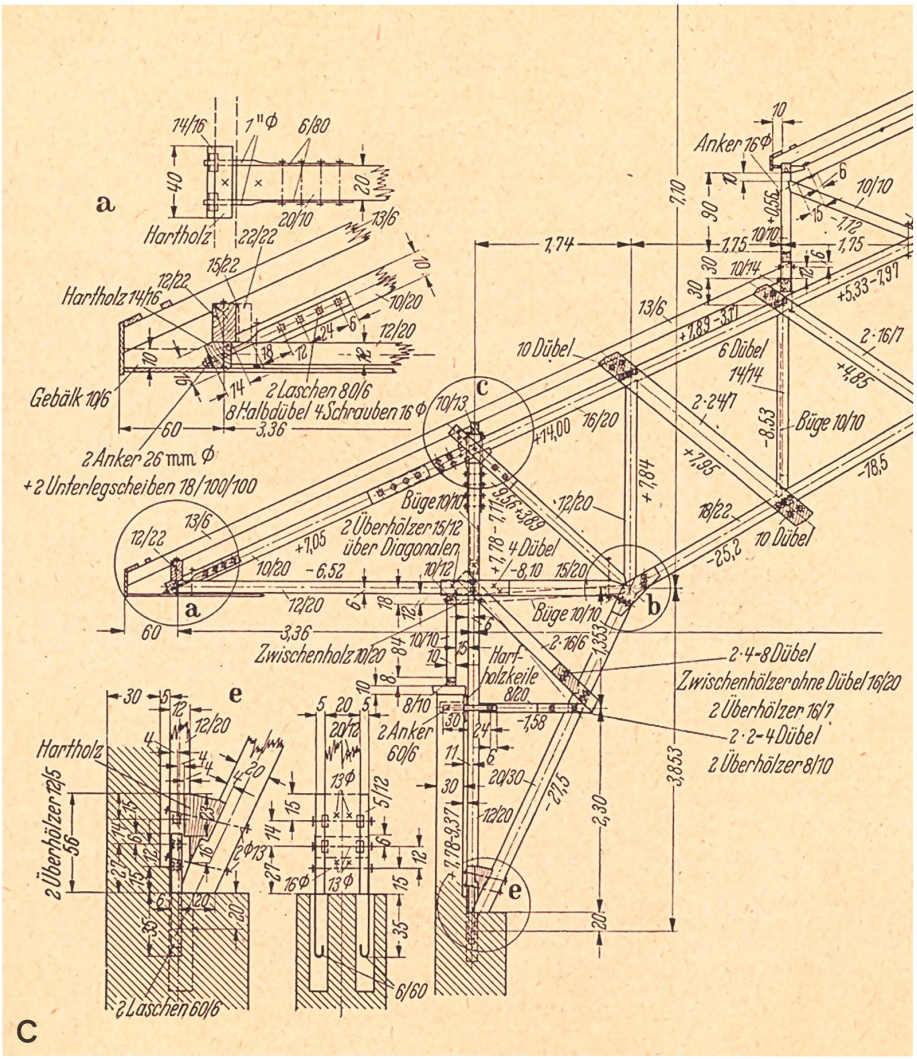
Die Experimentalanordnungen in den Materialprüfungsanstalten konzentrierten sich auf Verbindungen, in denen viele Bauteile zusammengefügt sind; Verbindungen, die mehrachsige Spannungszustände, reduzierte Querschnitte, Anisotropie und mangelnden Scherungswiderstand des Holzes in sich aufnehmen können. In ihren Versuchen demonstrierten die Ingenieure, dass die Brüche an Bauteilen fast immer im Bereich von Verbindungen auftraten, wo Querschnittsverminderung und gestörter Kraftverlauf zu örtlich höheren Beanspruchungen führen. Die Komplexität der Verbindungen ist dabei vor allem eine Folge der geringen Festigkeit und Steifigkeit des Holzes senkrecht zur Faser und bei Belastung auf Schub.

In diesen technischen Milieus, denen technischwissenschaftliche Berufskulturen innewohnen, wurde neben der Verleimung und genagelten Vollwandbindern insbesondere mit stiftförmigen Verbindungen experimentiert. Diese leiten die Kräfte in das Holz ein und werden ergänzt durch Stahllaschen, welche die Kräfte in die anzuschliessenden Teile übertragen. Die Art der Krafteinleitung bei Nägeln, Dübeln, Schrauben und Nagelplatten setzt voraus, dass die Stahlstifte auf Biegung und das Holz auf Lochleibungsdruck beansprucht werden. Trotz des stark unregelmässigen Kraftflusses und der ungünstigen

1 Andrea Deplazes, «Holz: indifferent, synthetisch, abstrakt – Kunststoff», *Arch+* 193, September 2009, S.27
2 Wilhelm Stoy, *Holz-Nagelbau. Nagelverbindungen im Hallen- und Wohnungsbau nach DIN 1052 Schrift 6*, Berlin 1933.



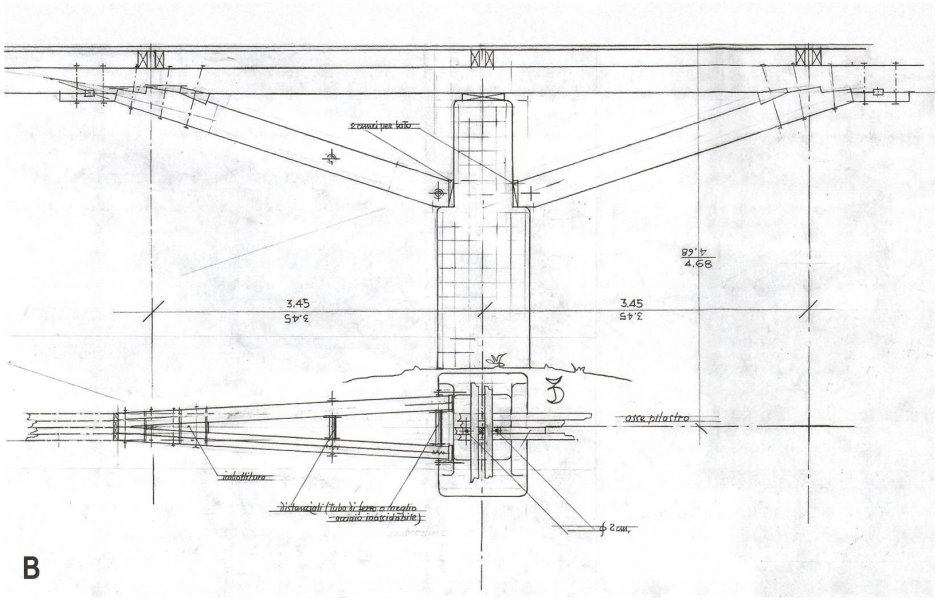
A



A|B Carlo Mollino, Casa Capriata 1952, Perspektive und Konstruktionsplan: Politecnico di Torino, Biblioteca Centrale di Architettura, Sezione Archivi

C Fachwerk-Dreigelenkbinder mit Hartholz-Knoten. Ausschnitt Konstruktionsplan aus: Wilhelm Stoy, *Der Holzbau*, Berlin 1942. Nachdruck mit Genehmigung durch Springer Nature

D Entwurf für eine Atelierhalle der Architekturabteilung der ETH Zürich: Der Pavillon ist auf eine minimale Anzahl von Stützen abgestellt, die zwischen den Ateliers eine hohe Transparenz und Durchlässigkeit herstellen. In den ikonischen Kreuzstützen mit dem abgedrehten Mittelpfosten aus Hartholz konzentriert und bündelt sich die gesamte vertikale und horizontale Kraftabtragung. Bild: Fabien Schwartz



D

3 Ralph Brühwiler, *Holz kann die Welt verändern*, Herisau 2013, S.22.
4 Martin Heidegger, «Die Frage nach der Technik» Aus: *Künste im technischen Zeitalter*, München 1954 S.79.

Beanspruchungen im Holz, die grosse Verformungen nach sich zogen, etablierten sich für Tragstrukturen im Ingenieurholzbau Schrauben, später Ring- und Stabdübelverbindungen.

Eine herstellungstechnische Revolutionierung dieser Verbindungstechnologie bildete der Blumer-System-Binder,[3] ein hochpräzises, leistungsfähiges Verbindungssystem für stabförmige Holztragwerke in der Kombination von Brettschichtholz, Stahlblech und dünnen Stahldübeln, das nach einem langen experimentellen Vorlauf ab 1983 in die industrielle Fertigung mit CNC überging. Bilder von weitgespannten Fachwerk-Dreigelenkbindern oder hohen Funktürmen zeigten deren enorme Leistungsfähigkeit nicht durch ihre spektakulären Spannweiten und Höhen, sondern durch die immense Last- und Spannungskonzentration an hochbeanspruchten Verbindungspunkten.

Mollinos Balanceakt im Dreieckshaus

Architektonisch ins Phantastische getrieben hat diese Konzeption Carlo Mollino mit seinen Projektionen der *Casa Capriata* von 1954. Sie entspringen dem Motiv der Dreiecksform, durch die der Schnee komplett abgleiten kann und die «wohlig warme Schachtel» vom Boden abgehoben wird, um sie auf einer einzigen Gabelstütze zu balancieren und sie durch zwei weitere Auflager in der Hangtopografie im Gleichgewicht zu halten. Alles stellt zugleich eine Gleichgewichtsoperation mit der horizontalen Plattform dar; diese wippt, balanciert förmlich auf den übersteigerten und minimierten Auflagerpunkten. Über dem Pfeiler spreizt sich eine Strebekonstruktion aus flach geneigten Holzbalken, die wie ein umgedrehtes Sprengwerk mit dem darüberliegenden Balken ein Kräftedreieck bilden. Für den durch enorme Lastkonzentrationen beanspruchten Anschluss zum Durchlaufträger des Hauptbalkens bedient sich der Konstrukteur der klassischen Holzverbindung einer doppelten Versatzung. Er überlagert diese mit der Ingenieurtechnologie einer dreifachen metallenen Verbolzung und sichert sie nochmals durch eine innenseitige Verkeilung und ein Beiholz am äusseren Abschluss gegen die auftretenden Spannungen ab.

Umfassend anwendbare Stahlstäbe

Von Mollino sind die Verbindungsmittel konsequent in Holz gedacht, Stahl hätte vieles vereinfacht. Und so werden gegenwärtig auch als Verbindungsprinzip der Kraftübertragung – dem eigentlichen Gradmesser in der Entwicklung des Holzbaus – Stahlstäbe verwendet, die axial eine Kraft im Materialinnern übertragen und die Vorteile des alten Versatzes mit seinen selbstzentrierenden Eigenschaften nachvollziehen. Ihre praktisch uneingeschränkte Anwendbarkeit – parallel oder rechtwinklig zur Faserrichtung in Brettschichtholzstäbe eingeklebt, bei Stützenverankerungen in Fundamenten bis hin zu biegesteifen Verbindungen von Holzbauteilen – sichert ihre technologische Durchsetzbarkeit ab. Ihre Anwendung bei der Verstärkung von Trägern auf Schub- und Querzugbeanspruchung, bei Durchbrüchen und Ausklinkungen sowie die lokale, auf kleine Kontaktflächen begrenzte Einleitung grosser Kräfte rechtwinklig zur Faserrichtung, erhöht fast immer den nutzbaren Querschnitt oder kompensiert die Verschwächungen, die in den Versatz-, Bolzen- und Dübelverbindungen insbesondere bei Zuggliedern entstehen. Die Verbindung muss so ausgelegt werden, dass im Bruchzustand die Stahlstangen sich duktil verhalten und das spröde Versagen des Holzes ausgeschlossen bleibt. Ein in der Patentschrift angepriesener Vorteil dieser Verbindungsart ist, neben den Vorteilen beim Brand- und Korrosionsschutz, die «unsichtbare» Einbettung im Holz.

Es scheint fast, dass mit der neusten technologischen Wende die Junktur des Fügens ihres innewohnenden Ausdrucks der Technik beraubt worden ist, und es lässt sich mit Martin Heidegger fragen: Wohin haben wir uns verirrt? Was hat das Wesen der Technik tatsächlich mit dem Entbergen zu tun? Heideggers Antwort: «Alles. Denn im Entbergen gründet jedes Her-vor-bringen».[4]

Automatisierung schafft Potenziale

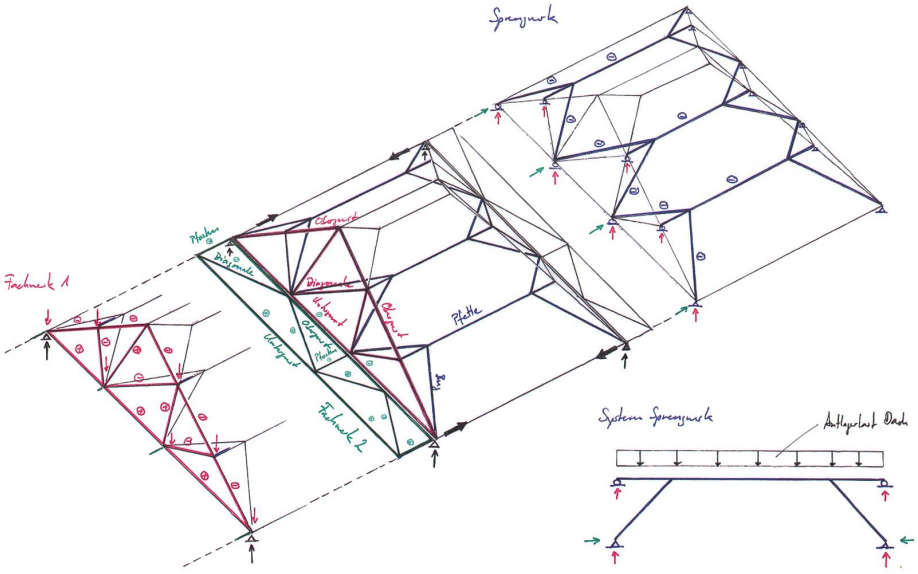
Wenn in der Folge die Hochtechnologie der CNC-Holzbearbeitungsmaschinen die Anwendungsvielfalt sprunghaft gesteigert hat, so unterliegt die Entwicklung der Technik immer noch den Verfahren, die in den Prozessen des Bohrens, Schneidens, Stanzens usw. von den Werkzeugmaschinen ausgeführt werden.

Dieses «Automatische» als ein Sich-Unabhängigmachen der Menschen von der Verausgabung der eigenen Kräfte ist unzweifelhaft die Grundtendenz aller Technikentwicklungen und liegt auch der freien elektronischen Steuerung der Werkzeugmaschinen zugrunde. Die technologische Potenzialität bringt

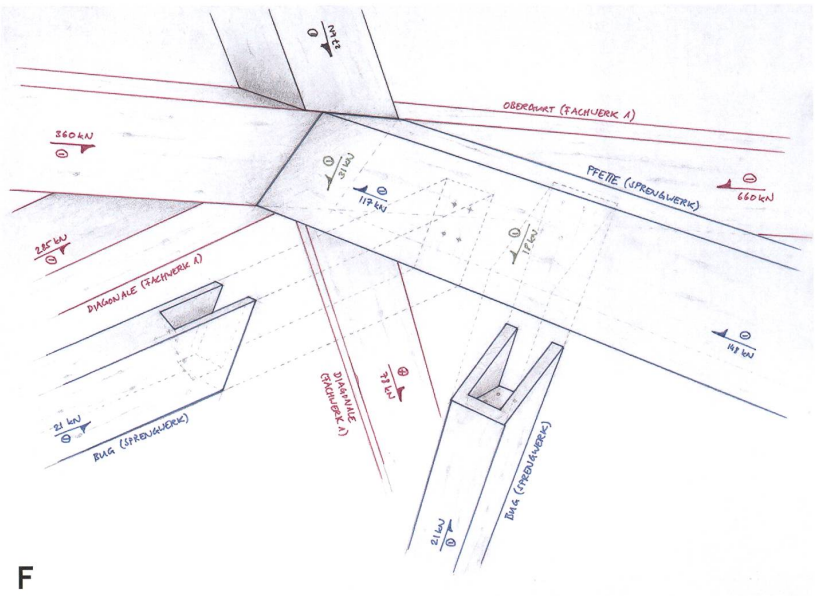
E Schematische Darstellung des Kräftespiels in den drei Dachkonstruktionen über dem «Condirama» des Firmensitzes Max Felchlin. Zeichnung: Oliver Bopp, Pirmin Jung Ingenieure

F Kräfteverlauf im Knotenpunkt zwischen Sprengwerk und Fachwerk. Bug und Pfette des Sprengwerks werden mittels Metallbügeln und Verbundmörtel gefügt. Foto: Pirmin Jung Ingenieure; Zeichnung: Lukas Eschmann

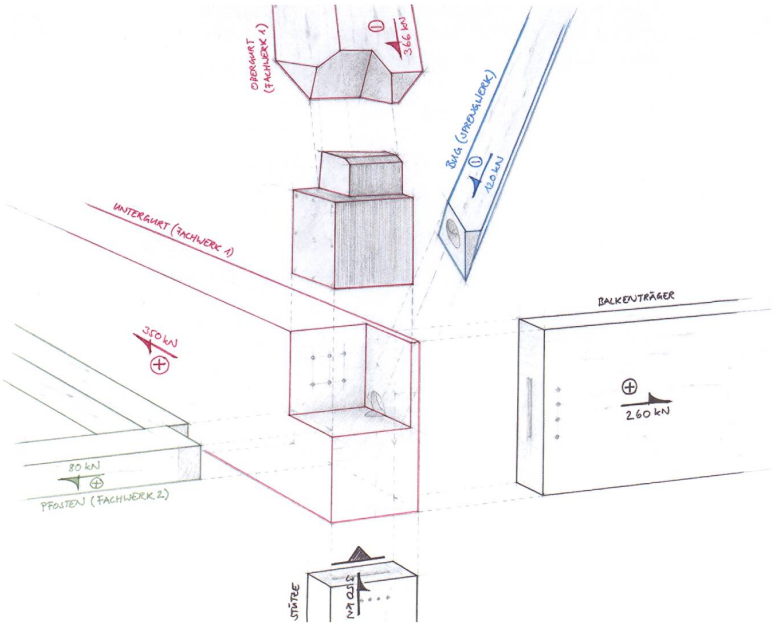
G Ein Brettschicht-Buchenholzformstück überträgt die immensen Normal- und Schubkräfte auf die Balkenkonstruktion aus Fichten- oder Tannenholz. Foto: Fabien Schwartz; Zeichnung: Lukas Eschmann



E



F



G

neue Holzverbindungen, insbesondere die Laubholzverbindungen mit ihren deutlich erhöhten Zug- und Scherkräften hervor. Bereits der Holzbauingenieur Wilhelm Stoy konstatierte in den 1940er Jahren, dass bei voll belastetem Querschnitt die Druckfestigkeit von Nadelholz quer zur Faser etwa ein Siebtel bis ein Zehntel derjenigen längs zur Faser beträgt (bei Laubholz ist es ein Drittel bis ein Fünftel).

Das gesteigerte Vermögen neuer Verbindungen lässt sich architektonisch zunutze machen. Beim neuen Firmensitz der Schokoladenfabrik Max Felchlin in Ibach SZ hat es die Verbindung verschiedener Technologien erst ermöglicht, dass die bewegte, japanisch wirkende Dachstruktur eine elementare Voraussetzung der Form spielen und als Ganzes erfasst werden kann. Der weit über den Verpflegungsraum gespannte Dachstuhl aus überlagerten Fach- und Sprengwerken ist nur an den Ecken abgestützt, um den Ausblick unbehindert auf das allseitige Panorama der Berge freizuhalten.

An seinen Eckknotenpunkten greifen eine Vielzahl von Stäben an. Der Obergurt des geneigten Fachwerks und der Bug des Sprengwerks übertragen ihre gewaltigen Druckkräfte auf den Eckknoten und provozieren immense Kraftumlenkungen. Dabei werden die Zugkräfte in die drei horizontalen Richtungen von Balken, Untergurt und liegendem Fachwerk übertragen. Die Vertikalkräfte werden über die Stützen in die darunterliegende Struktur abgeleitet. Diese komplexe Verbindung nimmt ein Brettschicht-Buchenholzformstück auf, mit dem sowohl Normal- und Schubkräfte als auch Momente mittels einzelner Gewindestangen übertragen werden können. Der Zapfen des Bugstabes des Sprengwerks dient zur Sicherung der gegenseitigen Lage der zwei Hölzer. In den Verbindungen, die nicht in der Werkstatt, sondern als Baumontagen zusammengefügt sind, sind steckbare Metallverbindungen und Dübel verwendet worden, die sich insbesondere für Stösse mit grosser Festigkeit und Steifigkeit eignen. Eine nochmalige Erweiterung dieser Verbindungstechniken finden wir in den Druckknotenpunkten, in denen ein hochpräziser, schwindfreier expandierender Vergussmörtel die Metallbügel und Stirnflächen kraftbündig verschliesst. Alle Energie dieses riesigen polyvalenten Arsenals von Verbindungen erlaubt erst ein Herauslösen des räumlichen Tragwerks, bei dem die Prägnanz durch die Evidenz der Teile zu ihrem fragilen Ganzen hervortritt. —

Markus Peter (1957) ist Architekt in Zürich. Er ist Mitbegründer und Inhaber von Meili, Peter & Partner Architekten sowie Professor für Architektur und Konstruktion an der ETH Zürich.

Résumé

Tendance à la concentration

Évolution technique et potentiels architecturaux

Dans quelle direction se développe la technologie dans le domaine de la construction? Andrea Deplazes observait, il y a une dizaine d'années, une tendance à l'utilisation d'éléments plans – dalles et panneaux – préfabriqués. Dans la construction bois, on assiste incontestablement à l'essor des techniques de collage, ce qui se manifeste notamment dans les assemblages. Au niveau des nœuds, les connecteurs remplacent souvent les assemblages traditionnels. Les laboratoires d'essai des matériaux ont développé des assemblages toujours plus complexes, capables d'assurer la jonction entre de nombreux éléments. On s'est en particulier intéressé aux assemblages composés de tiges – clous, chevilles ou vis – par le biais desquelles les efforts sont transmis aux éléments de structure contigus. Actuellement, on recourt souvent, dans les structures en bois lamellé-collé, à des tiges d'acier encollées parallèles ou perpendiculaires au fil du bois, qui assurent une transmission axiale des efforts à l'intérieur du matériau.

Summary

Tendency towards concentration

Technical evolution and architectural potential

Concerning the question of where construction technology is headed, a decade ago, Andrea Deplazes noted a tendency towards elementalization in the form of slabs and plates. Undoubtedly, there is a technical tendency for bonding in timber construction, which is exemplified in the joints: connecting plates are increasingly replacing classic carpentry connections. Material testing laboratories have produced complex joints in which many components are assembled, experimenting in particular with pin-shaped connectors in the form of nails, dowels or screws, which can transfer forces to the subsequent components. At present, steel pins, glued parallel or perpendicular to the fiber direction into gluelam slats, are widely used to axially transmit forces inside the material.