

# FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

**25. Internationale Holzbau-Forum (IHF)**

**Band II 5. und 6. Dezember 2019**

Aus der Praxis – Für die Praxis

BFH BIEL  
TH ROSENHEIM  
AALTO HELSINKI  
TU MUNCHEN  
PRINCE GEORGE  
TU WIEN

# FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

## **25. Internationale Holzbau-Forum (IHF)**

**5. und 6. Dezember 2019**

**Congress Innsbruck, Österreich**

Aus der Praxis – Für die Praxis

Aalto University Helsinki, Helsinki (FI)

Berner Fachhochschule, Biel/Bienne (CH)

Technische Hochschule Rosenheim, Rosenheim (DE)

Technische Universität Wien, Wien (AT)

Technische Universität München, München (DE)

University of Northern British Columbia, Prince George (CA)

Das 26. IHF findet vom 2.–4. Dezember 2020 statt.

Herausgeber: FORUM HOLZBAU  
Bahnhofplatz 1  
2502 Biel/Bienne  
Schweiz  
T +41 32 327 20 00

Bearbeitung und Satz: FORUM HOLZBAU, Katja Rossel, Simone Burri und Katharina Uebersax

Druck: EBERL PRINT  
Kirchplatz 6  
87509 Immenstad  
Deutschland  
T +49 8323 802 200

Auflage: 2000 Ex.

© 2019 by FORUM HOLZBAU, Biel/Bienne, Schweiz  
ISBN 978-3-906226-29-3

[www.forum-holzbau.com](http://www.forum-holzbau.com) | [www.forum-holzkarriere.com](http://www.forum-holzkarriere.com)

## Inhalt

**Donnerstag, 5. Dezember 2019**

### HOLZTRAGWERKE

#### Grossvolumige Bauten

**Quartier Weissensee: Berlins grösster Holzbau, ein Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes und klimafreundlich Wohnen in der Stadt** 15

*Christoph Deimel, Deimel Oelschläger Architekten, Berlin*

**Haus Krokodil, Lokstadt in Winterthur:  
8 Geschosse in Holz – (fast) ohne Beton und Stahl** 21

*Andreas Burgherr, Timbatec Holzbauingenieure Schweiz, Zürich, Schweiz*

**HoHo Wien – Leuchtturmprojekt für den HolzHybridBau** 29

*Richard Woschitz, Woschitz Group, Wien, Österreich*

**Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå, Schweden –  
Der nächste Schritt in Europa** 43

*Florian Kosche, Dipl.-Ing. Florian Kosche AS, Oslo, Norwegen*

#### Holzbau im Wandel – Kapazitäten schaffen mit neuen Ansätzen

**Der Wandel der europäischen Bauindustrie** 55

*Christoph Weber, Horváth & Partners Management, Consulting, Wien, Österreich*

**Zusammenwirken und Grosses Schaffen aus Holz** 73

*Heiko Seen, HU-Holzunion, Rotenburg (Wümme), Deutschland*

**The Katerra Story** 83

*Robert Malczyk, Equilibrium Consulting/Katerra, Vancouver, Canada*

#### Verwaltungs- und Hotelbauten mit Ausstrahlung

**A building system for duplicable hotel buildings** 87

*Giovanni Spatti, Wood Beton Spa, Iseo (Brescia), Italy*

**Bjergsted Financial Park, an innovative timber framed office building in Stavanger** 99

*Mario Rando, Degree of Freedom, Oslo, Norway*

**Bürogebäude der Nexity Ywood in Nizza** 111

*Jean-Luc Sandoz, CBS-Lifteam, Paris, Frankreich*

**55 Southbank Boulevard Melbourne Challenges of a 10-Storey Mass Timber Vertical Extension** 121

*Nathan Benbow, Vistek Structural Engineers, Melbourne, Australia*

### HOLZBAUENTWICKLUNG

**Ingenieurholzbau: Planung | Statik |  
Ausführung von komplexen freigeformten Tragwerken**

**BUGA Holzpavillon – Freiformfläche aus robotisch gefertigten Nulltoleranz-Segmenten** 129

*Prof. Achim Menges, Prof. Jan Knippers, Hans Jakob Wagner und Daniel Sonntag, Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung, Stuttgart, Deutschland*

<b>Konstruieren an der Grenze des Machbaren – Erfahrungen und Lösungen</b>	139
<i>Franz Tschümperlin, SJB Kempter Fitze, Eschenbach, Schweiz</i>	
<b>Swiss Supermodel – digitale 3D-Modellierung der Swatch-Fassade</b>	153
<i>Fabian Scheurer und Hanno Stehling, Design-to-Production, Erlenbach/Zürich, Schweiz</i>	
<b>Das Modell wird Realität – Herausforderungen in Produktion und Montage</b>	167
<i>Richard Jussel, Blumer-Lehmann, Gossau, Schweiz</i>	
 <b>Rippenplatten und Kastenträger: Hochleistung und Materialeffizientes</b>	
<b>Besucherzentrum Ruhstein: Komplexer Ingenieur-Holzbau trifft auf herausfordernde Geographie</b>	179
<i>Simon Pfeffer und Karl-Heinz Roth, ZÜBLIN Timber, Aichach, Deutschland</i>	
<b>Sportcampus der TUM mit Grossvordach in Holz</b>	185
<i>Gordian Kley, merz kley partner, Dornbirn, Österreich / Altenrhein, Schweiz</i>	
<b>Rulantica – Eine neue Wasserwelt im Europapark Rust</b>	195
<i>Samuel Blumer, sblumer ZT, Graz, Österreich</i>	
 <b>Revitalisierung und Umnutzung bestehender Strukturen</b>	
<b>Rebirth in wood: From an old abandoned production site to a modern technology center</b>	201
<i>Albino Angeli, XLAM Dolomiti, Castel Ivano, Italy</i>	
<b>Von der Kartonfabrik zum Bernapark</b>	209
<i>Nik Stuber, Stuberholz, Schüpfen, Schweiz</i>	
<b>La Canopée, nouveau siège de Nature et Découvertes</b>	217
<i>Bastien Lechevalier, Construire / Du Coeur à l'ouvrage, Paris, France</i>	
<i>Jean Claude Baudin, Charpente Cénomane, Requeil, France</i>	
<b>Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas</b>	225
<i>Heinz Thurik, ZÜBLIN Timber, Aichach, Deutschland</i>	
 <b>Freitag, 6. Dezember 2019</b>	
<b>Block A</b>	
<b>Ingenieurtragwerke: Brücken   Türme   Plattformen</b>	
<b>Kugelturm Steinberg am See – Projektbericht über den Bau einer 40 m hohen, barrierefreien Erlebnisholzku</b>	235
<i>Vahle, Kai, HESS TIMBER, Kleinheubach, Deutschland</i>	
<b>Ingenieurholzbaukunst hoch über den Baumwipfeln – Erkenntnisse aus dem jahrzehntelangen Bauen von Aussichtstürmen aus Holz</b>	245
<i>Johannes Lederbauer, WIEHAG, Altheim, Österreich</i>	
<b>TimberTower: Erfahrungen aus Konstruktion und Betrieb der ersten Windkraftanlage mit Holzturm</b>	259
<i>Mike Sieder, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Deutschland</i>	
<i>Carlo Schröder, Reprojekt, Burgdorf, Schweiz / Otze, Deutschland</i>	
<b>Viehtriebbrücke bei Bernried am Starnberger See</b>	273
<i>Bernhard Sailer, Reiser Tragwerksplanung, München, Deutschland</i>	

<b>Gletschersandbrücke: Brettschichtholz und Ultra-Hochleistungs-Faserbeton</b>	285
<i>Marc-André Berchtold, Armin Hemmi und Dr. Guido Lauber Emch+Berger, Bern, Schweiz</i>	
<b>Die Grünbrücke bei Thyrow – Planung und Ausführung</b>	293
<i>Prof. Volker Schiermeyer, Fachhochschule Bielefeld, Campus Minden, Bielefeld / Minden, Ingenieurbüro HSW-Ingenieure, Bad Oeynhausen, Deutschland</i>	
<b>Block B</b>	
<b>Hallenbau: Neu interpretiert</b>	
<b>Pyramidales Faltwerk für beste Schweizer Edelschokolade</b>	313
<i>Thomas Strahm, neue Holzbau, Lungern, Schweiz</i>	
<b>Long-span Timber Gridshells – The Taiyuan Domes</b>	321
<i>Lucas Epp and Brandon Sullivan, StructureCraft, Abbotsford, B.C. Canada</i>	
<b>SWG Schraubenwerk Gaisbach – Buche LVL an den Grenzen des Möglichen</b>	335
<i>Henning Ernst, SWG/Engineering, Rülzheim, Deutschland, Christoph Dünser, HK Architekten, Schwarzach, Österreich</i>	
<b>Block C</b>	
<b>Zukunftsfähige Konzepte für den mehrgeschossigen Holzbau</b>	
<b>Lateral Force Resisting Systems for 12 Story Timber structures – The Canadian Experience</b>	351
<i>Bernhard Gafner, ASPECT Structural Engineers, Vancouver / Toronto Canada, Unterseen, Schweiz</i>	
<b>Der neue Erweiterungsbau des Steico Hauptsitzes</b>	363
<i>Stefan Rapp, Rapp Architekten, Ulm, Deutschland</i>	
<b>Modulare Holzhochhäuser – ein bewährtes Holz-Hybridsystem mit unterschiedlicher baulicher Umsetzung</b>	371
<i>Thomas Wehrle, ERNE Holzbau, Laufenburg, Schweiz</i>	
<b>Raummodule in Holzleichtbauweise – in 4 Monaten zum Ziel</b>	381
<i>Max Renggli, Renggli, Sursee, Schweiz</i>	
<b>Vergleich der Raummodul-Bauweisen im mehrgeschossigen Holzbau</b>	391
<i>Konrad Merz, merz kley partner, Altenrhein, Schweiz / Dornbirn, Österreich</i>	
<b>Epilog</b>	
<b>Holzbau: Rohstoffspeicher und dessen Kreislauffähigkeit</b>	
<b>Holz – ein zirkulärer Baustoff</b>	403
<i>Andrea Klinge, ZRS Architekten Ingenieure, Berlin, Deutschland Eike Roswag-Klinge, Natural Building Lab, Technische Universität Berlin, ZRS Architekten Ingenieure, Berlin, Deutschland</i>	
<b>Nothing is lost, nothing is created, everything is transformed</b>	417
<i>Jacques Anglade, Anglade Structure Bois &amp; Atelier Nao, Arles, France</i>	
<b>Cradle to Cradle, Entwerfen und Konstruieren mit Holz: Erfahrungen, Erwartungen, Visionen</b>	427
<i>Jörg Finkbeiner, Partner und Partner Architekten, Berlin, Deutschland</i>	

## Moderation und Begrüssung

### **Dr. Aicher Simon**

MPA Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 4  
DE - 70569 Stuttgart

Tel.: +49 711 68562287  
E-Mail: Simon.Aicher@mpa.uni-stuttgart.de

### **Geisler Josef**

Landeshauptmann-Stellvertreter  
des Landes Tirol  
Eduard-Wallnöfer-Platz 3  
AT - 6020 Innsbruck

Tel.: +43 512 5082022

### **Gertiser Christa**

Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau  
Solothurnstrasse 102  
CH - 2504 Biel/Bienne

Tel.: +41 32 344 02 50  
E-Mail: christa.gertiser@bfh.ch

### **Prof. Dr. Illner H. Martin**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
DE - 83024 Rosenheim

Tel.: +49 8031 8052300  
E-Mail: martin.illner@th-rosenheim.de

### **Prof. Müller Andreas**

Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau  
Solothurnstrasse 102  
CH - 2504 Biel/Bienne

Tel.: +41 32 344 03 19  
E-Mail: andreas.mueller@bfh.ch

### **Prof. Schiermeyer Volker**

FH Bielefeld  
Artilleriestrasse 9  
DE - 32427 Minden

Tel.: +49 5731 982700  
E-Mail: volker.schiermeyer@fh-bielefeld.de

### **Prof. Dr. Wimmers Guido**

University of Northern British Columbia  
3333 University Way  
CA - V2N 4Z9 Prince George

Tel.: +1 250 960 6716  
E-Mail: guido.wimmers@unbc.ca

### **Prof. Winter Wolfgang**

Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13  
AT - 1040 Wien

E-Mail: winter@iti.tuwien.ac.at

### **Prof. Flach Michael**

Universität Innsbruck  
Technikerstrasse 13  
AT - 6020 Innsbruck

Tel.: +43 512 50763201  
E-Mail: Michael.Flach@uibk.ac.at

### **Prof. Germerott Uwe**

FORUM HOLZBAU  
Bahnhofplatz 1  
CH - 2502 Biel/Bienne

Tel.: +41 32 327 20 00  
E-Mail: uwe.germerott@bfh.ch

### **Gruber Franz X.**

Vizebürgermeister der Stadt Innsbruck  
Maria-Theresien-Strasse 18  
AT - 6020 Innsbruck

Tel.: +43 512 5360 1336

### **Prof. Dr. h.c. Köster Heinrich**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
DE - 83024 Rosenheim

Tel.: +49 80 318 051 20  
E-Mail: heinrich.koester@th-rosenheim.de

### **Ass. Prof. Dr. Schauerte Tobias**

Linnaeus University  
P G Vejdes väg  
SE - 35195 Växjö

Tel.: +46 47 070 88 24  
E-Mail: tobias.schauerte@lnu.se

### **Walser Christoph**

Präsident der Wirtschaftskammer Tirol  
Wilhelm-Greil-Strasse 7  
AT - 6020 Innsbruck

Tel.: +43 59 0905 1248

### **Prof. Dr. Winter Stefan**

Technische Universität München  
Arcisstrasse 21  
DE - 80333 München

Tel.: +49 89 28922416  
E-Mail: winter@tum.de

## Referenten

### **Anglade Jacques**

Anglade Structure Bois & Atelier Nao  
100 quai Saint Pierre  
FR - 13200 Arles

E-Mail: jacques.anglade@atelier-nao.com

### **Baudin Jean-Claude**

Charpente Cénomane  
La Belle Croix  
FR - 72510 Requeil

Tel.: +33 2 43 46 45 99

E-Mail: info@charpente-cenomane.com

### **Berchtold Marc-André**

Emch+Berger AG Bern  
Schlösslistrasse 23  
CH - 3001 Bern

Tel.: +41 58 451 66 52

E-Mail: marc-andre.berchtold@emchberger.ch

### **Prof. Dr. Burgert Ingo**

ETH Zürich  
Stefano-Franscini-Platz 3  
CH - 8093 Zürich

Tel.: +41 44 633 77 73

E-Mail: iburgert@ethz.ch

### **Clayton Gordon**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
DE - 83024 Rosenheim

E-Mail: kontakt@gordonclayton.com

### **Prof. Dr. Cordt Zollfrank**

Technische Universität München  
Arcisstrasse 21  
DE - 80333 München

Tel.: +49 94 21 187 450

E-Mail: cordt.zollfrank@tum.de

### **Dreifke Paul**

Hochschule Koblenz  
Konrad-Zuse-Strasse 1  
DE - 56075 Koblenz

E-Mail: dreifke@hs-koblenz.de

### **Epp Lucas**

StructureCraft  
1929 Foy  
CA - V2T 6B1 St, Abbotsford

Tel.: +1 604 940 88 89

E-Mail: lepp@structurecraft.com

### **Prof. Auer Thomas**

Technische Universität München  
Arcisstrasse 21  
DE - 80333 München

Tel.: +49 89 289 23849

E-Mail: thomas.auer@tum.de

### **Benbow Nathan**

Vistek Structural Engineers  
Ground Floor, 4-10 Bank Place  
AU - 3000 Melbourne

Tel.: +61 3 9640 0424

E-Mail: nathan@vistek.com.au

### **Blumer Samuel**

sblumer ZT GmbH  
St. Peter Hauptstrasse 54  
DE - 8042 Graz

Tel.: +43 316 680 548

E-Mail: samuel.blumer@sblumer.com

### **Burgherr Andreas**

Timbatec  
Weinbergstrasse 41  
CH - 8006 Zürich

Tel.: +41 58 255 15 20

E-Mail: andreas.burgherr@timbatec.ch

### **Clère Laurent**

Arborescence  
11, Boulevard Eugène Deruelle  
FR - 69003 Lyon

Tel.: +33 4 79 07 96 54

E-Mail: bet.arborescence@orange.fr

### **Deimel Christoph**

Deimel Oelschläger Architektenpartnerschaft  
Wattstrasse 11-13  
DE - 13355 Berlin

Tel.: +49 30 209 676 810

E-Mail: deimel@deo-berlin.de

### **Dünser Christoph**

Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
AT - 6858 Schwarzach

Tel.: +43 5572 5817423

E-Mail: c.duenser@hkarchitekten.at

### **Erlinger Georg**

University of Applied Sciences Upper Austria  
Stelzhammerstrasse 23  
AT - 4600 Wels

Tel.: +43 699 10 32 50 81

E-Mail: georg.erlinger@gmx.at



**Ernst Henning**

SWG Engineering  
Eisenbahnstrasse 20  
DE - 76761 Rülzheim

Tel.: +49 7272 7775327  
E-Mail: henning.ernst@swg-engineering.de

**Gafner Bernhard**

ASPECT Structural Engineers  
101-190 3rd Ave West  
CA - V5Y 1E9 Vancouver

Tel.: +1 604 616 3013  
E-Mail: bernhard@aspectengineers.com

**Jussel Richard**

Blumer-Lehmann AG  
Erlenhof  
CH - 9200 Gossau

Tel.: +41 71 388 58 61  
E-Mail: richard.jussel@blumer-lehmann.ch

**Kley Gordian**

merz kley partner ZT GmbH  
Sägerstrasse 4  
DE - 6850 Dornbirn

Tel.: +43 5572 3603116  
E-Mail: g.kley@mkp-ing.com

**Prof. Dr. Knippers Jan**

Universität Stuttgart  
Keplerstrasse 11  
DE - 70174 Stuttgart

Tel.: +49 711 68583280  
E-Mail: info@itke.uni-stuttgart.de

**Kosche Florian**

DIFK Dipl. Ing. Florian Kosche AS  
Møllergata 12  
NO - 0179 Oslo

Tel.: +47 977 61 614  
E-Mail: florian.kosche@difk.no

**Lederbauer Johannes**

WIEHAG GmbH  
Linzer Strasse 24  
AT - 4950 Altheim

Tel.: +43 7723 4651414  
E-Mail: j.lederbauer@wiegag.com

**Prof. Menges Achim**

Universität Stuttgart  
Keplerstrasse 11  
DE - 70174 Stuttgart

Tel.: +49 711 68581920  
E-Mail: achim.menges@icd.uni-stuttgart.de

**Finkbeiner Jörg**

Partner und Partner Architekten  
Reichenberger Strasse 124 D  
DE - 10999 Berlin

Tel.: +49 30 54494377  
E-Mail: jf@partnerundpartner.com

**Horx Matthias**

Zukunftsinstitut  
Rudolfsplatz 12/6  
AT - 1010 Wien

E-Mail: m.horx@zukunftsinstitut.de

**Kaufmann Christian**

Kaufmann Bausysteme GmbH  
Vorderreuthe 57  
AT - 6870 Reuthe

Tel.: +43 5514 3144025  
E-Mail: c.kaufmann@kaufmannbausysteme.at

**Klinge Andrea**

ZRS Architekten Ingenieure  
Schlesische Strasse 26  
DE - 10997 Berlin

Tel.: +49 30 398 00 95 0  
E-Mail: klinge@zrs.berlin

**Köppel Nico**

Universität Stuttgart  
Keplerstrasse 11  
DE - 70174 Stuttgart

E-Mail: nico.koepfel@web.de

**Vis. Prof. DI. Arch. Krapmeier Helmut**

Bergische Universität Wuppertal  
Gausstrasse 20  
DE - 42119 Wolfurt

Tel.: +43 660 65 50 131  
E-Mail: krapmeier@uni-wuppertal.de

**Malczyk Robert**

Equilibrium Consulting/Katerra  
Suite 300 - 1060 West 8th Avenue  
CA - V6H 1C4 Vancouver

Tel.: +1 604 730 1422  
E-Mail: rmalczyk@eqcanada.com

**Merz Konrad**

merz kley partner ZT GmbH  
Sägerstrasse 4  
AT - 6850 Dornbirn

Tel.: +43 5572 3603111  
E-Mail: k.merz@mkp-ing.com

**Oberbach Urs**

Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau  
Solithurnstrasse 102  
CH - 2504 Biel/Bienne

Tel.: +41 32 344 02 88  
E-Mail: urs.oberbach@bfh.ch

**Dr. Poppe Helmut**

Poppe\*Prehal Architekten  
Direktionsstrasse 15  
AT - 4400 Steyr

Tel.: +43 7252 70 157  
E-Mail: office@poppeprehal.at

**Rapp Stefan**

Rapp Architekten BDA  
Magirus Deutz Strasse 14  
DE - 89077 Ulm

Tel.: +49 731 935480  
E-Mail: rapp@rapp-architekten.de

**Renggli Max**

Renggli AG  
St. Georgstrasse 2  
CH - 6210 Sursee

Tel.: +41 41 925 25 05  
E-Mail: max.renggli@renggli.swiss

**Prof. Roswag-Klinge Eike**

NATURAL BUILDING LAB  
Strasse des 17. Juni 152  
DE - 10623 Berlin

Tel.: +49 30 31421887  
E-Mail: roswag-klinge@tu-berlin.de

**Sailer Bernhard**

Tragwerksplanung Reiser  
Saarstrasse 7  
DE - 80797 München

Tel.: +49 89 38 19 05 71  
E-Mail: sailer@tragwerksplanung-reiser.de

**Scheurer Fabian**

Design-to-Production  
Seestrasse 78  
CH - 8703 Erlenbach

Tel.: +41 44 914 74 91  
E-Mail: scheurer@designtoproduction.com

**Schirén Whokko**

Linnaeus University  
P G Vejdes väg  
SE - 35195 Växjö

Tel.:  
E-Mail: whokko.schiren@lnu.se

**Pfeffer Simon**

ZÜBLIN Timber GmbH  
Industriestrasse 2  
DE - 86551 Aichach

Tel.: +49 8251 908180  
E-Mail: simon.pfeffer@zueblin.de

**Rando Mario**

Degree of Freedom Engineers  
Brenneriveien 5  
NO - 0182 Oslo

Tel.: +47 41 553 422  
E-Mail: m.rando@dofengineers.com

**Rapposch Sebastian**

Graz University of Technology  
Humboldtstrasse 51/38  
AT - 8010 Graz

Tel.: +43 699 180 481 53  
E-Mail: s.rapposch@gmail.com

**Rohlfss Klaus**

ip5 GmbH  
Am Rüppurrer Schloss 5/3127  
DE - 76199 Karlsruhe

Tel.: +49 721 38489090  
E-Mail: kr@ip5.de

**Roth Karl-Heinz**

ZÜBLIN Timber GmbH  
Industriestrasse 2  
DE - 86551 Aichach

Tel.: +49 8251 908131  
E-Mail: karl-heinz.roth@zueblin.de

**Sandoz Jean-Luc**

CBS-Lifteam  
118 Avenue d'Alfortville  
FR - 94600 Choisy-le-Roi

E-Mail: sandoz@cbs-cbt.com

**Prof. Schiermeyer Volker**

HSW Ingenieure  
Kirchstrasse 8  
DE - 32547 Bad Oeynhausen

Tel.: +49 5731 982700  
E-Mail: volker.schiermeyer@hsw-ingenieure.de

**Schröder Carlo**

Technische Universität Braunschweig  
Schleinitzstrasse 21A  
DE - 38106 Braunschweig

Tel.: +49 40 271446823  
E-Mail: carlo.schroeder@gmx.de

**Seen Heiko**

HU-Holzunion GmbH  
Waffensener Dorfstrasse 20  
DE - 27356 Rotenburg  
Tel.: +49 42 689 33 66  
E-Mail: h.seen@holzunion.com

**Spatti Giovanni**

Wood Beton SpA  
Via Roma 1  
IT - 25049 Iseo  
Tel.: +39 030 986 9211  
E-Mail: spattig@woodbeton.it

**Strahm Thomas**

neue Holzbau AG  
Obseestrasse 11  
CH - 6078 Lungern  
Tel.: +41 41 679 70 56  
E-Mail: ts@neueholzbau.ch

**Swahn Trixie**

Linnaeus University  
P G Vejdes väg  
SE - 35195 Växjö  
Tel.:  
E-Mail: trixie.swahn@gmail.com

**Tschümperlin Franz**

SJB Kempter Fitze AG  
Gublenstrasse 2  
CH - 8733 Eschenbach  
Tel.: +41 55 282 61 85  
E-Mail: f.tschuemperlin@sjb.ch

**Weber Christoph**

Horváth & Partners  
Management Consulting GmbH  
Praterstrasse 31  
AT - 1020 Wien  
Tel.: +43 15 127 50 80  
E-Mail: cweber@horvath-partners.com

**Prof. Dr. Weinand Yves**

EPFL ENAC IIC IBOIS  
GC H2 711 (Bâtiment GC), Station 18  
CH - 1015 Lausanne  
Tel.: +41 21 693 23 91  
E-Mail: yves.weinand@epfl.ch

**Zeilhofer Monika**

Technische Universität München  
Arcisstrasse 21  
DE - 80333 München  
E-Mail: moni.zeilhofer@tum.de

**Prof. Dr. Sieder Mike**

Technische Universität Braunschweig  
Schleinitzstrasse 21A  
DE - 38106 Braunschweig  
Tel.: +49 531 3917801  
E-Mail: m.sieder@tu-braunschweig.de

**Steiner Markus**

Stuber & Cie AG  
Sägestrasse 22  
CH - 3054 Schüpfen  
Tel.: +41 31 879 59 69  
E-Mail: m.steiner@stuberholz.ch

**Stuber Nik**

Stuber & Cie AG  
Sägestrasse 22  
CH - 3054 Schüpfen  
Tel.: +41 31 879 59 52  
E-Mail: n.stuber@stuberholz.ch

**Thurik Heinz**

ZÜBLIN Timber GmbH  
Industriestrasse 2  
DE - 86551 Aichach  
Tel.: +49 8251 908135  
E-Mail: heinz.thurik@zueblin.de

**Vahle Kai**

HESS TIMBER GmbH  
Am Hundsrück 2  
DE - 63924 Kleinheubach  
Tel.: +49 9371 4003 188  
E-Mail: kai.vahle@hess-timber.com

**Wehrle Thomas**

ERNE AG Holzbau  
Rüchligstrasse 53  
CH - 5352 Stein  
Tel.: +41 62 866 15 26  
E-Mail: thomas.wehrle@erne.net

**Dr. Woschitz Richard**

Woschitz Group  
Karlsplatz 2/Top 19  
AT - 1010 Wien  
Tel.: +43 1 5049 863  
E-Mail: rw@woschitzgroup.com

## **Holztragwerke**

Grossvolumige Bauten

Holzbau im Wandel – Kapazitäten schaffen  
mit neuen Ansätzen

Verwaltungs- und Hotelbauten mit Ausstrahlung

# **Quartier Weissensee: Berlins grösster Holzbau, ein Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes und klimafreundlich Wohnen in der Stadt**

Christoph Deimel  
Deimel Oelschläger Architekten  
Berlin, Deutschland





# Quartier Weissensee: Berlins grösster Holzbau,

## 1. Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes

Im Berliner Stadtteil Weißensee ist ein Wohnquartier entstanden, das als Modell für künftiges qualitativ hochwertiges Wohnen in der Stadt dienen kann.

Gebaut wird vorwiegend mit Holz: Mit rund 12.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche ist das Stadtquartier derzeit eines der größten Holzbauprojekte Deutschlands und ein wichtiger Beitrag für nachhaltiges Bauen.

Die Häuser werden im KfW-40-Standard für eine gute Gesamtgebäudeenergiebilanz errichtet. Auf der Basis der Idee, ein soziales und nachhaltiges, funktionsgemischtes Stadtquartier im Herzen Berlins zu schaffen, entstand das Konzept von Wohnhäusern für rund 250 Menschen und Räume für genossenschaftliches und nachbarschaftliches Leben, angereichert um öffentliche Angebote für den Kiez.



Abbildung 1: Lageplan der Siedlung

Die kleine Siedlung aus fünf Häusern mit jeweils vier bis fünf Geschossen entsteht auf der ehemaligen Erweiterungsfläche eines angrenzenden jüdischen Friedhofs in Berlin-Weißensee. Ziel war es, das Quartier als Stadtmodell für soziales Miteinander zu entwickeln und einen Beitrag zu leisten zu einer lebendigen und lebenswerten Nachbarschaft mit vielfältigen und auch erschwinglichen Wohnungsangeboten.

Die Architekten Christoph Deimel und Iris Oelschläger betonen: «Wir haben eine architektonische und nachhaltige Antwort für das Anliegen des Bauherren gefunden, ein sozial orientiertes Stadtquartier zu entwickeln».

Ressourcen schonen und Energie sparen – das sind die weiteren Prämissen, die der Planung zu Grunde liegen. Durch die Konstruktion in Massivholz, das Fassadensystem als Holztafelbauweise mit Zellulosefüllung und einer Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung erreichen die Gebäude den KfW-40-Standard – d.h. sie verbrauchen 60 % weniger Energie als ein vergleichbarer Neubau. Dazu die Architekten: «Nachhaltiges Bauen bedeutet für uns die Entwicklung von Konzepten, die sowohl ökologisch als auch sozial auf Dauer tragfähig sind».



Abbildung 2: Rohbau mit Skelett aus Stützen und Trägern.

Auch wirtschaftlich hat die Bauweise mit Holz viele Vorzüge. Durch die Standardisierung von Haustypen, Stützraster und Fassadenelementen wird eine Einsparung von Baukosten wie in der Bauzeit erreicht. Errichtet wird der Holzbau von der im westlichen Münsterland beheimateten Terhalle Unternehmensgruppe. «Aufgrund der eigenen Fertigungsanlagen für den Holzbau und der Fensterproduktion sowie der Durchführung aller Dachdeckerleistungen können wir die geschlossene Gebäudehülle durch den hohen Vorfertigungsgrad am Produktionsstandort Ahaus-Ottenstein optimal vorbereiten und somit effektiv auf der Baustelle in Berlin montieren», erläutert Josef Terhalle für sein Unternehmen.





Abbildung 3: Montage der Deckenelement auf den Unterzügen

Damit stellt die Verwendung des nachwachsenden Baustoffs Holz in einem Mix aus tradierter und hochmoderner Konstruktionsweise den Schlüssel dar für eine nachhaltige Bauweise –und bietet die Chance für die Entwicklung von innerstädtischem, grünem und zukunftsorientierten Wohnraum.



Abbildung 4: Ansicht Garten Haus C



Abbildung 5: Fertiggestellte Wohnung Haus C



Abbildung 6: Blick in die Siedlung

### Aufzählung

- Holzbauquartier mit 12.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche
- Wohnen und öffentliche Einrichtungen; Schwimmbad, Keizküche, Kita
- Holzhybridbau im KfW40 Standard
- Holzskelettbau mit Massivholzdecken und Holztafelbaufassaden
- Wohnungsangebote für soziale Träger in Clusterwohnungen
- Fertigstellung Oktober 2019 – Januar 2020

# **Haus Krokodil, Lokstadt in Winterthur: 8 Geschosse in Holz - (fast) ohne Beton und Stahl**

Andreas Burgherr  
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG  
Zürich, Schweiz





# Haus Krokodil, Lokstadt in Winterthur: 8 Geschosse in Holz - (fast) ohne Beton und Stahl

## 1. Die Geschichte

Einst war das Lokstadt Areal in Winterthur die wichtigste Produktionsstätte für neue Lokomotiven und Züge in der Schweiz. Die Werkhallen der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik (SLM) waren die bedeutendste Lokschieme des Landes und ihre Loks schrieben Eisenbahngeschichte. Einige davon geben den neuen Gebäuden der Lokstadt ihren Namen. Zwischen 2018 und 2025 entsteht auf diesem Areal ein neuer Stadtteil nach den Vorgaben der 2000-Watt-Gesellschaft: Die Lokstadt.

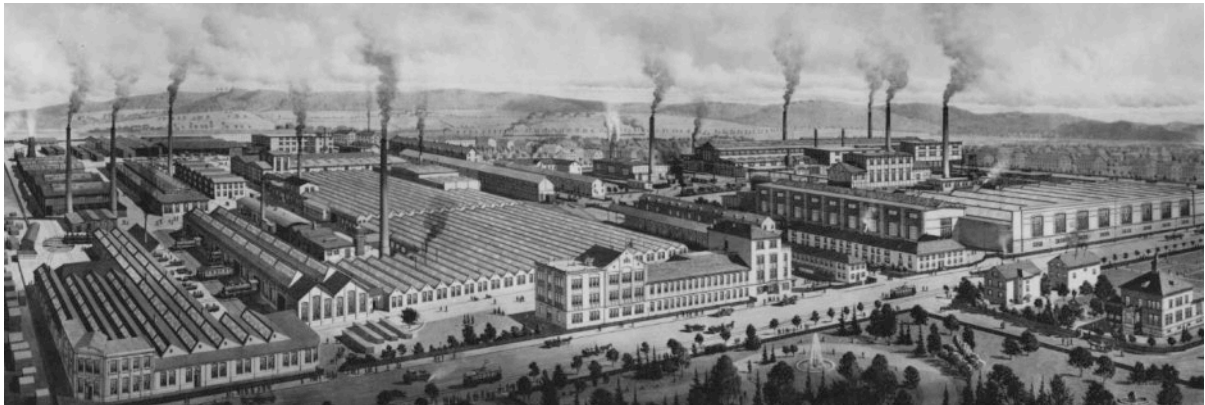


Abbildung 1: Wo früher Lokomotiven gebaut wurden, entsteht heute ein neuer Stadtteil mitten in Winterthur.  
Bild: [www.lokstadt.ch](http://www.lokstadt.ch)

Das Areal besteht zum Teil aus wertvollen und denkmalgeschützten Industriehallen, zum Teil aus Gebäuden, die modernen Ersatzneubauten weichen. Bei den Neubauprojekten legt die Bauherrschaft gleichermaßen Wert auf einen sorgfältigen Umgang mit der städtebaulichen und architektonischen Vergangenheit wie die Planer\*innen.

## 2. Die Architektur

Es gibt wenige gute Beispiele, bei denen bestehende Industrieareale ohne umfassenden Bruch mit der städtebaulichen und architektonischen Vergangenheit umgenutzt werden. Dies soll beim Lokstadt Areal anders sein: Baumerger & Stegmeier AG zusammen mit KilgaPopp Architekten AG gewannen nicht zuletzt wegen ihrem beispielhaften Umgang mit der Geschichte des Areals den Architekturwettbewerb. Die Lokstadt in Winterthur hat dank des langsamen Transformationsprozesses das Potential eines der Areale zu werden, bei dem eine Umnutzung unter Beibehaltung der historischen Identität gelingen könnte.



Abbildung 2: Ehemalige Werkhalle 180 und Visualisierung des neuen Hofhaus Krokodil.  
Bilder: Studienauftrag Sulzerareal Werk 1

Die neue Überbauung soll eine Vorzeigesiedlung werden. Die Bauherrschaft definierte den SIA Effizienzpfad 2040 (Merkblatt des Schweizer Ingenieur- und Architektenverband für die Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft im Gebäudebereich) sowie Minergie-P (Schweizer Label für Niedrigstenergie-Bauten) als Ziel. Ein Holzbau zu planen war dann die logische Konsequenz.

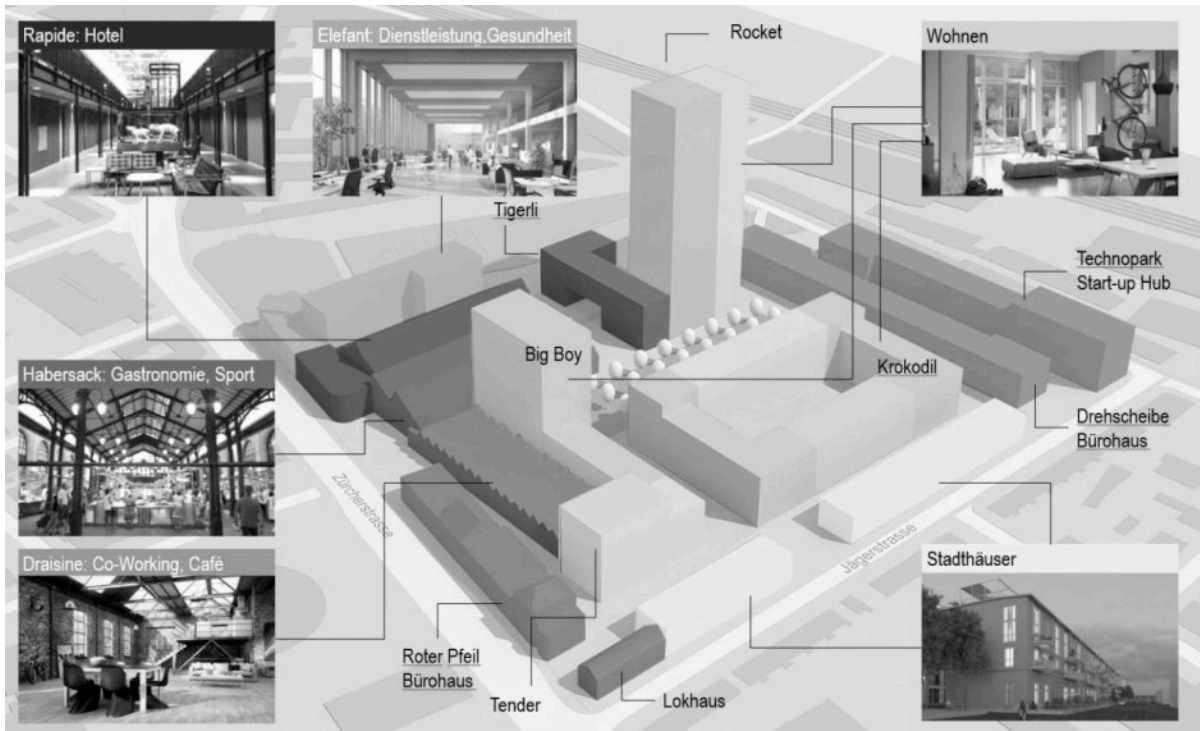


Abbildung 3: Übersicht über die Lokstadt Winterthur: Das Hofgebäude Krokodil ist der erste Baustein der Arealüberbauung gefolgt von den Stadthäusern und dem Elefant. Grafik: Implenia AG

Das Haus «Krokodil», ein 6- bis 8-geschossiges Hofhaus, ist der erste Baustein bei der Arealüberbauung und steht für die Vielfalt des Areals: In dem Holzbau entstehen 254 Eigentums-, Miet- und Genossenschaftswohnungen. Mit rund 30'000 Quadratmeter Nutzfläche gehört er zu den grössten seiner Art. Als Hommage an die erste elektrische Gotthardlokomotive, wird das Bauwerk Haus «Krokodil» getauft. Die gleichnamige Lokomotive wurde ab 1919 auf dem Areal in Winterthur gefertigt.

Die Blockrandbebauung um den 2000 Quadratmeter grossen Innenhof ist in Anlehnung an die ehemaligen Industriehallen als Skelettbau konzipiert. Mit dem architektonische Vokabular und der strukturellen Ordnung des Hauses erinnern die Architekten an die ehemaligen Produktionshallen. So sind Holzstützen und Unterzüge im Innern als raumbildende Elemente erlebbar und ein prägnanter Teil der Architektur. Die Fügung der Holzbauteile referenziert sich räumlich und tektonisch an traditionellen Holzverbindungen. Die sichtbare Holzstruktur verleiht den Wohnräumen eine klare Gliederung und schafft ein natürliches Raumgefühl.

### 3. Die BIM-Planung

#### Der digitale Zwilling

Bauvorhaben dieser Grösse bedingen minutiöse und lückenlose Planung. Bereits im Vorprojekt einigten sich die verschiedenen Planungsteams unter der Leitung von der Implenia das «Krokodil» konsequent nach den Methoden von Building Information Modelling (BIM) zu planen. So erstellten die Architekten zusammen mit Ingenieuren und Technikern ein digitales Ebenbild des Gebäudes samt vielen Zusatzinformationen – noch vor dem Spatenstich. Die Planung wurde dadurch anspruchsvoller und kostenintensiver. Auf den gesamten Bauprozess und die Lebenszykluskosten wirkt sich dies jedoch positiv aus, denn Fehler wurden frühzeitig erkannt.



Abbildung 4: Bei Grossprojekten wie dem «Krokodil» sind sehr viele Interessengruppen involviert. Änderungen während der Planungsphase sind die logische Konsequenz. Dank BIM können sie einfacher umgesetzt werden, denn die Modelle und Bauteile der verschiedenen Fachplaner werden parametrisiert.

### **BIM: Weit mehr als ein 3D Plan**

Die Planer setzen die Software BIMcollab für eine einfachere Zusammenarbeit ein. Damit weisen sie den verschiedenen Bauteilen sogenannte Issues, also Aufgaben und Pendenzen zu. Dies erübrigt langwieriges Suchen in den Plänen: Um Pendenzen abzuarbeiten, führt die Software einen per Knopfdruck an den richtigen Ort im digitalen Zwilling.

Mittel QR-Codes welche auf Plänen aber auch ausgedruckt und beim Gebäude- oder Wohnungseingang angebracht werden, kann eine digitale modellbasierte Pendenzenliste geführt werden. Handwerker und Planer scannen mit ihrem Handy die QR-Codes und sehen sofort eine auf sie massgeschneiderte Pendenzenliste. Hat ein Handwerker die Pendenzen alle erledigt, vermerkt er dies und teilt es so der Bauleitung mit. Das Grossprojekt Krokodil bot eine ideale Basis, diesen integrativen BIM-Prozess mit den Projektbeteiligten umfassend zu testen.

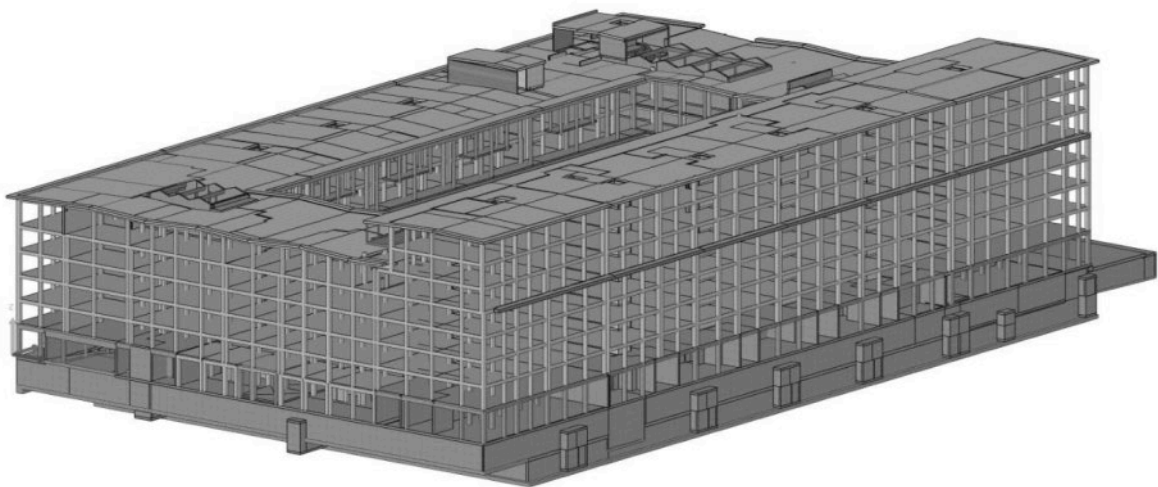


Abbildung 5: Strukturmodell Holz-Skelettbau.

## 4. Der Holzbau

Die Architekten definierten für den Holz-Skelettbau ein eindeutiges Raster für das ganze Gebäude. Die vertikale Lastabtragung erfolgt entlang der Fassaden und in zwei inneren Tragachsen über Stützenreihen und Unterzügen. So sind fast keine tragenden Innenwände nötig. Zukünftige Umbauten und eine hochflexible Grundrissgestaltung sind dadurch einfach möglich.

### 4.1. Fast ohne Beton und Stahl

Aufbauend auf den Grundprinzipien der Architektur eines raumbildenden Holzbaus mit historisch inspirierter Füge-technik plante Timbatec möglichst viele Holz-Holz Verbindungen und minimierte den Einsatz von Stahl und Beton.

Stützen und Unterzüge haben fast immer die gleiche Dimension und sind immer nach dem gleichen Prinzip gefügt: Stützen mit oberen (Stahl-)Zapfen und liegende (nicht hochkantige) Unterzüge mit Lochausschnitt darüber gesteckt. Die Geschossdecken aus Brettsperrholz liegen als mehrfeldige Platten auf den Unterzügen auf. Die Verbindung der Brettsperrholzplatten erfolgt nicht mit Schrauben sondern mit Schwalbenschwanzverbindern aus Buchenfurnierschichtholz.



Abbildung 6: Dort wo die durchzuleitenden Lasten sehr gross sind und somit der Stützenszapfen im Unterzug einen zu grossen Ausschnitt bedingt hätte, erfolgt die Lastdurchleitung mit einem Stahlteil.

Der für den Schallschutz notwendige Bodenaufbau besteht aus einer elastisch gebundenen Splittschüttung sowie einem konventionellen Unterlagsboden auf einer mineralischen Trittschalldämmung. Dadurch kommen praktisch keine Verbundwerkstoffe zum Einsatz und die einzelnen Materialien können später einmal einfach getrennt werden.

Im Hinblick auf das Ziel einer 2000-Watt-Gesellschaft konnte dadurch im Vergleich mit einer gleichwertigen Holzbeton-Verbunddecke (HBV) zusätzlich rund  $100 \text{ kg/m}^2$  Gewicht eingespart werden. In anderen Worten: Das sowieso schon leichte Gebäude ist dadurch nochmals 2000 Tonnen leichter als mit einer HBV-Decke. Stützen und Unterzüge konnten schlanker dimensioniert werden und es waren weniger Massnahmen bei der Lastabtragung in die Tiefgarage im Stahlbeton notwendig. Nebenbei wurden dadurch rund 100 LKW-Fahrten eingespart.

### 4.2. Treppenhäuser: Holz vor Beton

Die Treppenhauskerne dienen der statischen Aussteifung der Gebäude und stellen die Fluchtwege im Brandfall sicher. Bisher wurden diese meist in Beton und vor dem Holzbau erstellt. Erst danach kamen die Zimmerleute mit den vorgefertigten Holzelementen und passten diese den betonierten Treppenhauskernen an. Nicht so beim Haus «Krokodil»: Hier wurde zuerst der Holzbau aufgerichtet und diente später als Schalung für den Beton. Die Umkehrung der Arbeitsschritte folgt der Logik der Materialeigenschaften: Das genaue vorgefertigte Holz gibt die Form für den giessbaren Beton vor.

#### Zeit und Material eingespart

Das innovative Verfahren wurde von Timbatec für das «Krokodil» entwickelt. Es ist effizient und ressourcenschonend zugleich. Stahlprofile und Schrauben können sparsamer eingesetzt werden: Sämtliche Anschlusswinkel an die Betonkerne mit den entsprechenden



Verbindungsmitel entfallen. Beim Bau des «Krokodils» kann so alleine beim Treppenhaus auf 24 Tonnen Stahl, fünftausend Schwerlastanker, über zehntausend Schrauben und 375 Tonnen Beton verzichtet werden.



Abbildung 7: Die Dreischichtplatten sind gleichzeitig die Innenwand auf der Rauminnenseite und die (verlorene) Schalung für den Treppenhauskern aus Beton. Und: Die Treppenhauswand wird nicht dicker als in Massivbauweise. (Aufbau Monolithisch 25 cm, hier nur 20cm Beton 42 mm DSP, 15 mm Gips zum Abdecken der Bindelöcher).

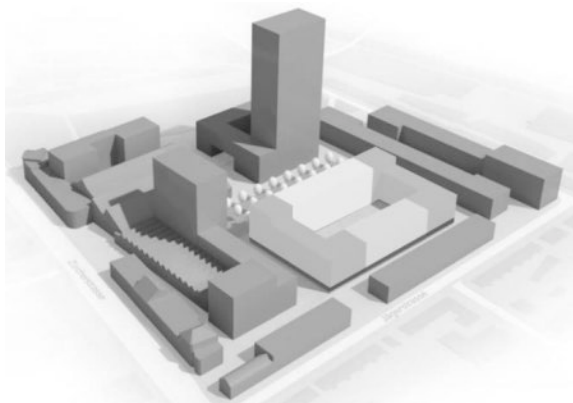
Dieses Verfahren fand bei den Treppenhäusern der beiden Längstrakte Anwendung. Die grossen Treppenhäuser mit Lichthöfen in den Kopfbauten wurden noch in konventioneller Stahlbetonbauweise vor dem Holzbau erstellt.



Abbildung 8 und 9: Luftbild der Holzbaumontage vom 05.07.2019. Gut sichtbar der vormontierte Holzbau um die Treppenhäuser.

### 4.3. Zahlen und Fakten

Mit rund 30'000 Quadratmeter Nutzfläche auf 8 Geschossen gehört das «Krokodil» zu den grössten Holzbauten. Bereits im Herbst 2020 beziehen erste Bewohner ihre neuen Miet- oder Eigentumswohnungen.



Eingesetzte Holzmenge:

- 5'500 m<sup>3</sup> CLT Platten
- 1'500 m<sup>3</sup> Brettschichtholz
- 700 m<sup>3</sup> Rahmenholz
- 3'000 m<sup>2</sup> oder 126 m<sup>3</sup> DSP für TH
- 14'300 m<sup>2</sup> / 385 m<sup>3</sup> DSP sonstiges
- 45'100 m<sup>2</sup> / 676 m<sup>3</sup> GFP / GKP

Nutzflächen überirdisch:

- 1'700 m<sup>2</sup> Gewerbe / Retail
- 21'000m<sup>2</sup> Wohnfläche

Abbildung 10: Das Haus «Krokodil» (hell) in eingeordnet in der ganzen Überbauung Lokstadt und wichtige Zahlen und Fakten.



# HoHo Wien – Leuchtturmprojekt für den HolzHybridBau

Richard Woschitz  
Woschitz Group GmbH  
Wien, Österreich





# HoHo Wien – Leuchtturmprojekt für den HolzHybridBau

## 1. Einleitung

Das Projekt begann bereits im Jahr 2014 mit einer Machbarkeitsstudie für ein Hochhaus aus Holz, initialisiert von Caroline Palfy und Günter Kerbler (Investor). Ein grundlegendes Ziel waren sichtbare Holzoberflächen der tragenden Bauteile ohne Brandschutzverkleidung. Nach Entwicklung der konstruktiven Lösungen und frühzeitigen Einbindung der Baubehörden konnte in der Seestadt Aspern in Wien im Oktober 2016 mit dem Bau eines rund 84 m hohen Holz-Hybrid-Hochhauses begonnen werden. Der Bauplatz befindet sich direkt neben der U-Bahn-Linie und dem künstlich angelegten See des neuen Stadtgebietes (siehe Bild 1). Das Hauptgebäude besteht aus drei gekoppelten Bauteilen mit 9, 15 bzw. 23 Stockwerken und einem kleineren fünfstöckigen Nebengebäude. Das Hochhaus ist zweifach unterkellert und steht auf einer kombinierten Pfahl-Platten-Gründung.



Abbildung 1: Seestadt Aspern – HoHo Wien

## 2. Grundlagen

Als ästhetisches Ziel galt es die lastabtragenden Holzkonstruktionen sichtbar und spürbar zu belassen, sprich diese sollten weder für den Brandschutz noch aus schallschutztechnischen Gründen hinter den Gipskarton versteckt werden.



Abbildung 2: gestalterische Ansprüche

Für eine flexible Nutzung und Vermarktung wurden unterschiedlich genutzte Ebenen geschaffen (Gewerbe, Büro, Hotel, Apartments). Um die Stiegenhausbereiche und Erschließungsgänge wurden offene, flexible, große Räume geplant, welche ohne schubaussteifende Wände funktionieren.

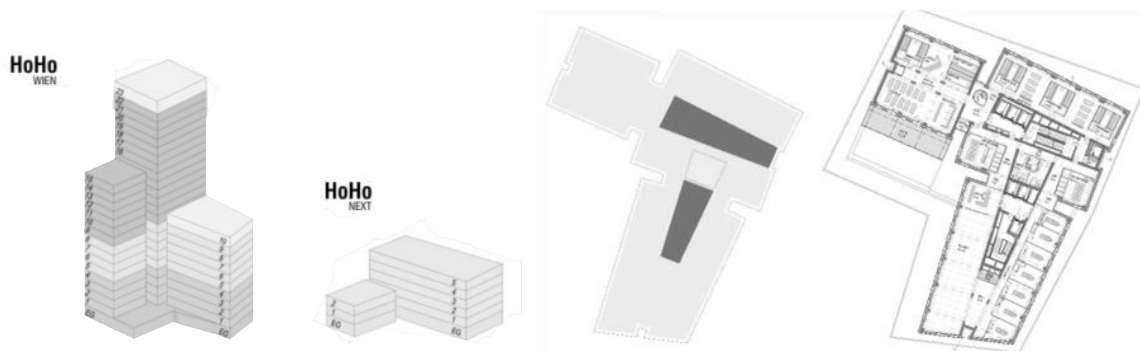


Abbildung 3: Nutzungsflexibilität

## 3. Tragkonzept

Die Primärtragstruktur besteht aus einer Kombination zwischen einem T-förmigen Aussteifungskern in Ortbetonbauweise und einer seitlich angedockten Holzkonstruktion. Der Betonkern wurde mittels Kletterschalung vorseilend hergestellt. Die Holzbauteile wurden im Werk witterungsunabhängig und qualitätsgesichert vorgefertigt und vor Ort versetzt.

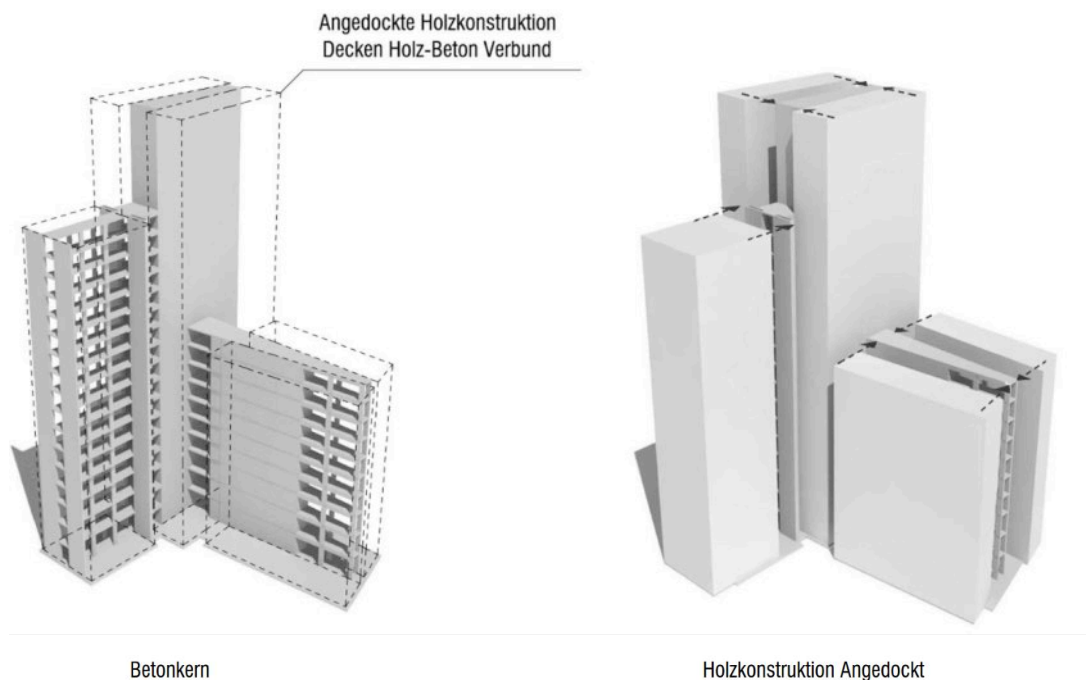


Abbildung 4: Primärtragstruktur

Für den Holzbau wurde eine einfache Tragstruktur bestehend aus drei Grundbausteinen – Deckenelement, Randträger und Stütze – gewählt. Die geschossweise Lastabtragung erfolgt über vorgefertigte **Holz-Beton-Verbund-Deckenelemente** (Brettsperrholzplatten, Schubkernen, Aufbeton), welche auf einem umlaufenden **Betonfertigteilträger** aufgelagert sind. Ein schubsteifes Deckenfeld kann durch das nachträgliche Vergießen von Aussparungen im Aufbeton und durch Bewehrungsanschlüsse realisiert werden. Der als Durchlaufträgersystem ausgebildete Randträger liegt auf **blockverleimten Brett-schichtholzstützen**, welche die Vertikallasten vom obersten Geschoss bis zum Kellergeschoss abtragen. Die Verbindung zwischen Stütze und Träger erfolgt über eingeklebte Bewehrungsseisen. Die außenliegende Wandausfachung besteht aus **Brettsperrholzplatten** mit bereits werkseitig eingebauten Fenstern und ist nicht Teil der Primärtragstruktur. Das gewählte Montageprinzip spiegelt sich im sogenannten Systemknoten, der Verbindung von Stütze-Träger-Decke (siehe Bild 5.b), wider.

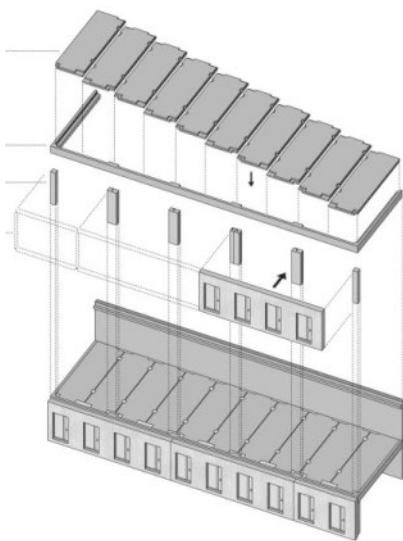


Abbildung 5.a: Montageprinzip

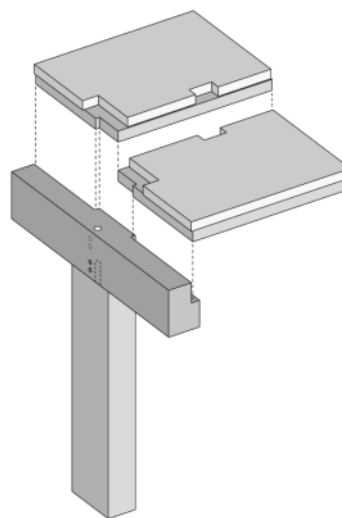


Abbildung 5.b: Systemknoten Stütze-Träger-Decke

Die vorgefertigten Bauteile des angedockten Holzbaus wurden mit Bewehrungsstäben in lokalen Vergussbereichen kraftschlüssig miteinander verbunden und erreichen über diese vertikalen und horizontalen Zugverankerungen die geforderte Steifigkeit im globalen Tragsystem. Ein wesentlicher Unterschied der vorgefertigten Bauweise im Vergleich zum

konventionellen Betonbau liegt jedenfalls in der konstruktiven Umsetzung der Steifigkeitsanforderungen. Die Ortbetonbauweise ermöglicht aufgrund der homogenen Bauweise mit Bewehrungsübergriffen zwischen den einzelnen Betonierabschnitten eine einfache Ausbildung durchgängiger Zugverankerungen wie Deckenroste und durchgehend zugfeste Stützenverbindungen. Aufgrund der vorgefertigten Bauweise waren hierfür jedoch detailliertere Überlegungen hinsichtlich der konstruktiven Knotendetaillausbildung, Bauteilfugen und Toleranzen erforderlich.

## 4. Statisch-konstruktive Details

Für das Erreichen einer ausreichenden Ausfallsicherheit bei Gebäuden mit erhöhtem Risiko bzw. Schadensfolgen (CC3 Bauwerke) wurden vertikale und horizontale Zugverankerungen zwischen den einzelnen Bauteilen geschaffen. Diese ermöglichen zumindest bei lokalen Schäden eine gewisse Redundanz oder Lastumlagerung im Tragsystem. Somit kann das Versagen des Gesamtsystems bei Ausfall einzelner Bauteile vermieden werden.

### 4.1. Vertikale Zugverankerung der Stützen

Bei den Brettschichtholzstützen des Hochhauses wurden vertikale Zuganker mittels eingeklebter Bewehrungsseisen realisiert (Bild 6). Die kraftschlüssige Verbindung der verdornten Stützen untereinander erfolgt über gewellte Aussparungsrohre in den Fertigteil-Randträgern und durch Verguss mit schnell aushärtendem schwindarmen Mörtel. Das Auflagerdetail der Holzstützen wurde so konzipiert, dass über Stahlplatten noch eine Höhenjustierung im Bauzustand erfolgen kann. Die planmäßig vorgesehene Versetzluft wird danach mit sehr fließfähigem Mörtel verfüllt. Um einen lokalen Stützenentfall kompensieren zu können, wird darüber hinaus der Deckenrandträger als Durchlaufträger dimensioniert, sodass er die Belastung einer Stütze im außergewöhnlichen Bedarfsfall auch auf die danebenliegenden Stützen umlagern kann. Bei Entfall einer Einzelstütze kann somit ein progressiver Kollaps des gesamten Gebäudes vermieden werden.

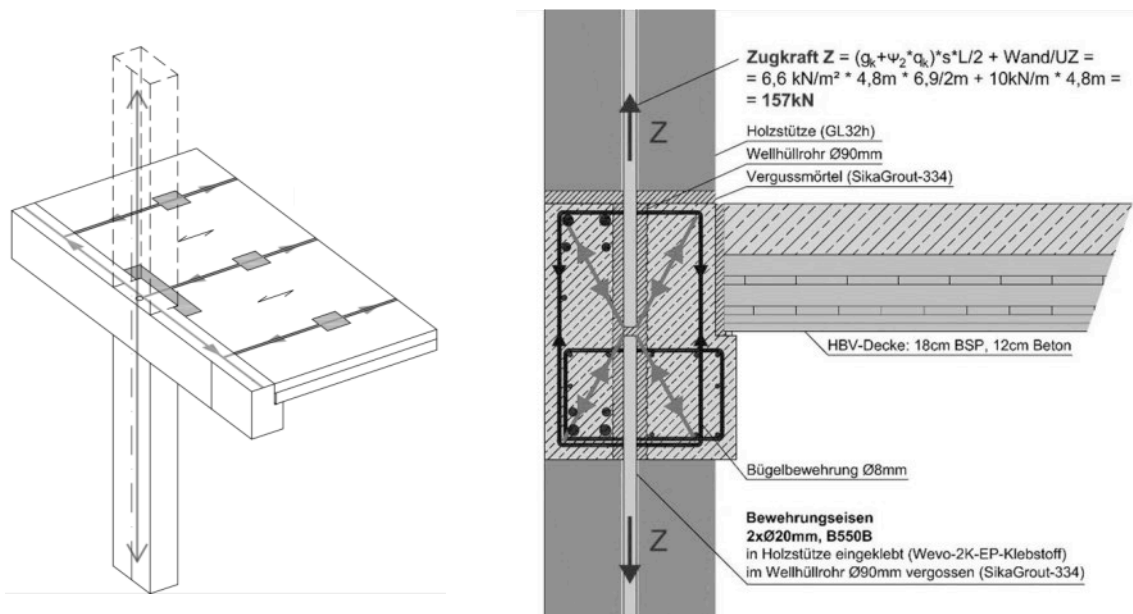


Abbildung 6: Vertikale Zugverankerung der Stützen

Die aufzunehmende Zugkraft ergibt sich aus der quasi ständigen Belastung im Lasteinzugsbereich einer Holzstütze und beträgt  $Z = 157 \text{ kN}$ . Der maßgebliche statische Nachweis für den Tragwiderstand der Zugverankerung aus  $2 \times \text{DN}20\text{mm}$  (B550B) im außergewöhnlichen Zustand lautet:

$$\text{Stahlversagen Bewehrung: } Z_{s,rd} = 2 \times 3,14 \text{ cm}^2 \times 55 \text{ kN/cm}^2 = 345 \text{ kN}$$

$$\text{Verankerung im Vergussmörtel: } Z_{b,rd} = Z_{s,rd} \times l_{b,vor} / l_{b,d} = 345 \text{ kN} \times 26 \text{ cm} / 46 \text{ cm} = 195 \text{ kN}$$

$$l_{b,d} = (d_s/4) \times (f_{yk}/f_b) \times 0,7 = 2/4 \times 55/0,42 \times 0,7 = 46 \text{ cm}$$

$$\text{Nachweis: } Z = 157 \text{ kN} < Z_{rd} = 195 \text{ kN} \text{ (81\% Auslastung)}$$



## 4.2. Horizontale Zugverankerung der Decken

Zusätzlich zu den durchgängigen vertikalen Zugverankerungen vom Fundament bis zum letzten Geschoss werden auch horizontale Zuganker in den HBV-Decken vorgesehen, um aus den einzelnen Deckenelementen eine robuste Deckenscheibe entstehen zu lassen. Diese Deckenzugverankerungen unterteilen sich in einen umlaufenden Randzuganker und interne Zuganker, welche in Deckenspannrichtung verlaufen (siehe Bild 7).

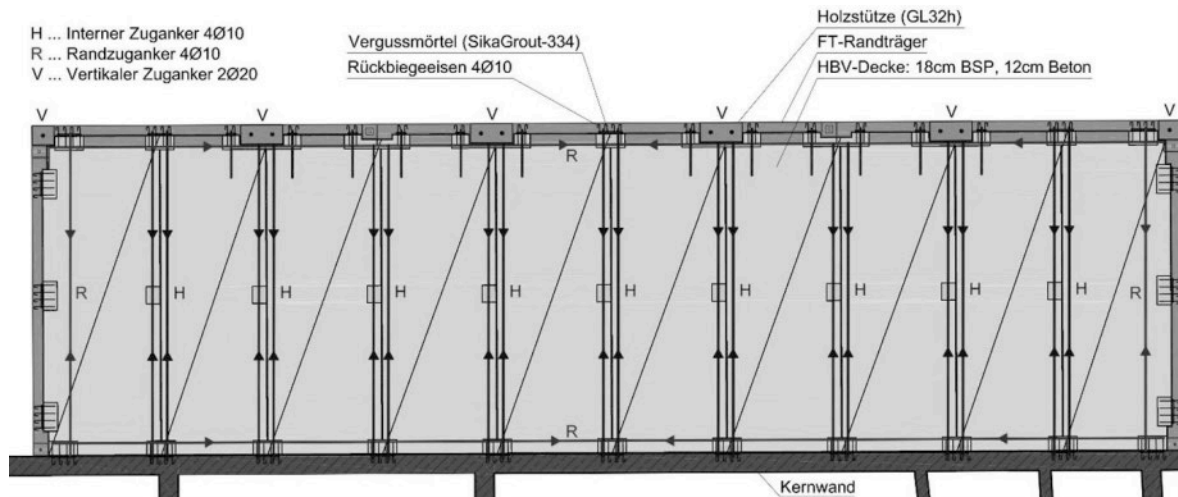


Abbildung 7: horizontale Zugverankerungen

Die somit entstandene Deckenscheibe wird über Rückbiegebewehrung, Vergusstaschen und Stoßfugenbewehrung kraftschlüssig an die erdbebenaussteifende Kernwand und den umlaufenden Fertigteil-Randträger angeschlossen (siehe Bild 8).

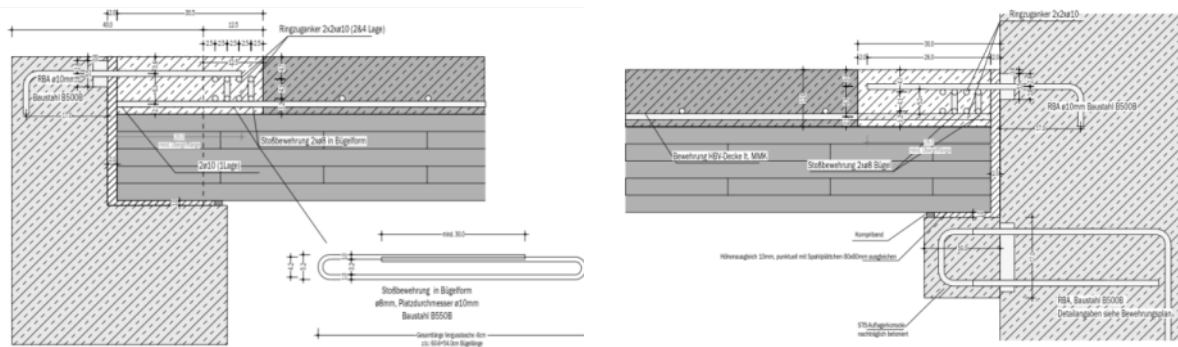


Abbildung 8: Deckenauflegerdetails mit Bewehrungsanschlüssen

Das Herausbiegen der Rückbiegeeisen und Verlegen der Stoßfugenbewehrung erfolgt direkt nach dem Verheben der Deckenelemente. Anschließend werden sämtliche Versetzfugen – inklusive der Aussparungen für die Zuganker – mit Vergussmörtel, welcher in kurzer Zeit hohe Festigkeiten erreicht, verfüllt.

### Interne Zuganker

Die interne Zugkraft errechnet sich nach EN 1991-1-7 (A.5.1, Gl.A.1) mit  $H = 87 \text{ kN}$  (siehe Abb. 7). Der vorhandene Widerstand eines Zugankers, bestehend aus  $4 \times \text{DN}10\text{mm}$  (B500B, kaltverformt), beträgt:

$$\text{Stahlversagen Rückbiegebewehrung: } H_{s,rd} = 4 \times 0,785 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ kN/cm}^2 \times 0,8 / 1,15 = 110 \text{ kN}$$

$$\text{Eisenübergreif im Vergussmörtel: } l_0 = (d_s/4) \times (f_{yd}/f_{bd}) \times 0,7 \times 1,5 = 1/4 \times 34,8/0,42 \times 0,7 \times 1,5 = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Nachweis: } H = 87 \text{ kN} < H_{s,rd} = 110 \text{ kN} \text{ (79\% Auslastung)}$$

Die vorhandene Übergreifungslänge beträgt 26 cm und erlaubt somit noch Toleranzen bei der Ausführung.

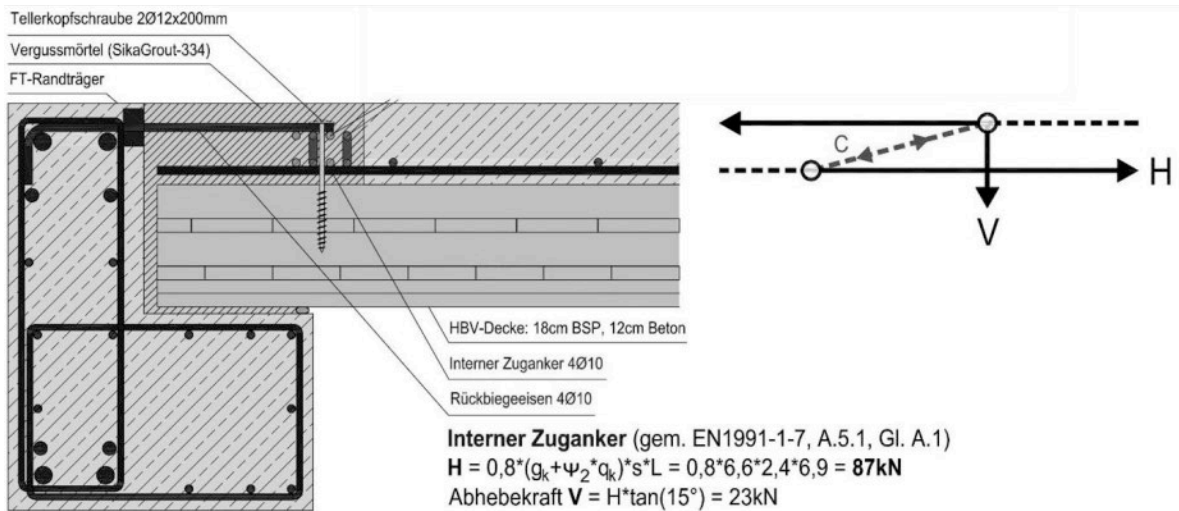


Abbildung 9: Interne Zuganker

Aus konstruktiven Gründen ergibt sich ein Versatz zwischen eingelegter Zugbewehrung im HBV-Deckenelement und dem Rückbiegeeisen des Trägers. Das resultierende Versatzmoment und die entstehende abhebende Kraft von 23kN wird mittels Tellerkopfschrauben gesichert.

### Randzuganker

Die Zuganker am Rand werden nach EN 1991-1-7 auf mindestens  $R = 75 \text{ kN}$  ausgelegt (siehe Abb. 8). Diese Zugkraft wird mit einer Rostbewehrung aus  $4 \times \text{DN}10 \text{ mm}$  aufgenommen. Der maßgebende Nachweis ergibt sich im Bereich des Bewehrungsstoßes, welcher mit 2 Bügel DN8mm ausgeführt wird:

Stahlversagen Bügelzulagen:  $R_{s,rd} = 4 \times 0,5 \text{ cm}^2 \times 55,0 \text{ kN/cm}^2 / 1,15 = 96 \text{ kN}$

Eisenübergriff im Vergussmörtel:  $l_0 = (d_s/4) \times (f_{yd}/f_{bd}) \times 0,7 \times 1,5 = 0,8/4 \times 47,8/0,42 \times 0,7 \times 1,5 = 24 \text{ cm}$

Nachweis:  $R = 75 \text{ kN} < R_{s,rd} = 96 \text{ kN}$  (78% Auslastung)

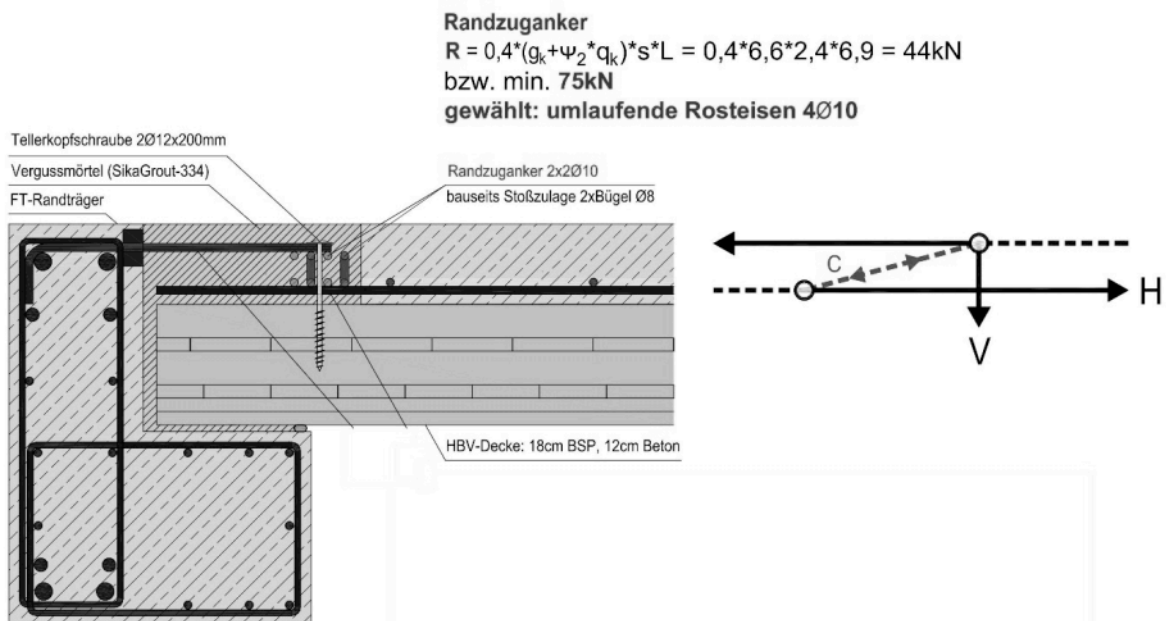


Abbildung 10: Randzuganker

## 4.3. Brettsperrholzwände

Die Bauelemente der Außenwände aus Brettsperrholz sind 4,8 m breit (= Stützenraster) und 3,2 m hoch. Sie werden an der primären Tragstruktur so befestigt, dass sie keine globalen Lasten mitabtragen und mögliche Stauchungen in den Stützen aufgenommen werden können. Dies erfolgt durch einen vertikal verschieblichen Anschluss am Kopfpunkt

der Wandelemente (Z-Winkel und Passstück, siehe Bild 11). Die sekundäre Tragkonstruktion trägt somit nur lokale Windlasten und das Eigengewicht der Wand inklusive des Fassadenaufbaus ab. Sie wird damit nicht für die Gebäudeaussteifung herangezogen.

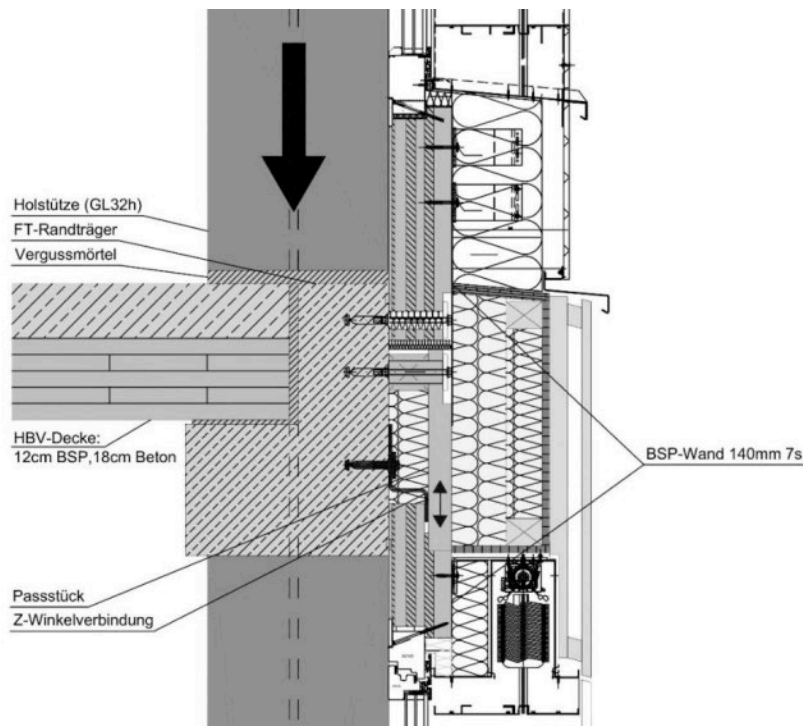


Abbildung 11: Detail Wandbefestigung

Bei der Vorfertigung der Wandelemente im Werk werden bereits die Fenster inklusive der Laibungsbleche in die BSP-Platten eingebaut. Bauseits wurden am Boden die Holzstützen auf die Wandelemente geschraubt und gemeinsam versetzt.



Abbildung 12: Vorfertigung der BSP-Wände

In Abstimmung mit dem Generalunternehmer wurde das Montagekonzept unter Berücksichtigung von Hilfsmaßnahmen im Bauzustand sowie temporärer Witterungsschutz erarbeitet. Hierbei werden die BSP-Wände bereits am Boden mit den Holzstützen verschraubt, mit einem Hub versetzt, höhenmäßig einjustiert und seitlich gegen Windlasten abgestützt, bevor der FT-Träger und danach die Decken versetzt und vergossen werden.

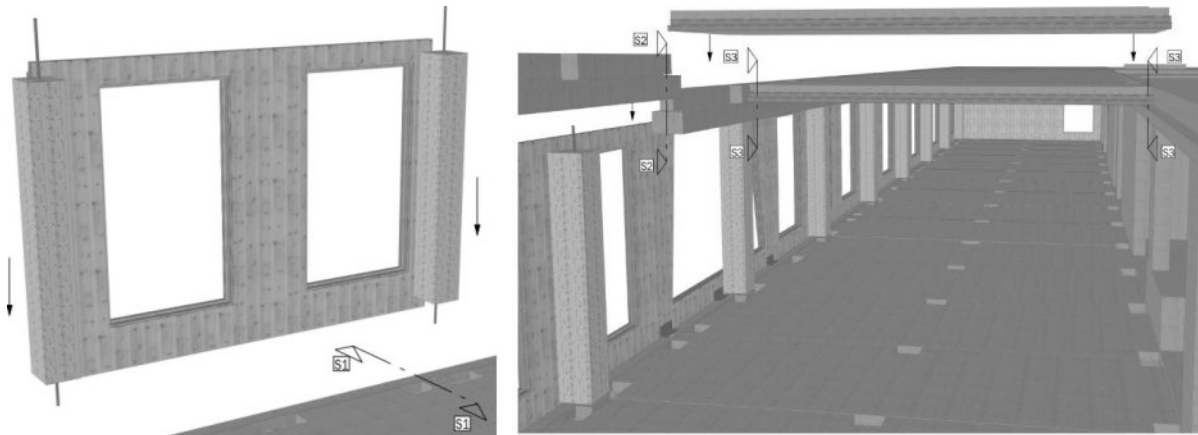


Abbildung 13: Montage (1) Holzwand inkl. Stütze, (2) Träger, (3) Decke

#### 4.4. Schalltechnische Konstruktionsdetails

Nachdem die tragende Holzkonstruktion sichtbar bleiben sollte und nicht mittels abgehängter Decken oder Vorsatzschalen verkleidet wurde, mussten spezielle Lösungen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen gefunden werden. Im Bereich der HBV-Decken, BSH-Stützen und BSP-Wände wurden daher Trennschnitte vorgesehen, welche zur Schallentkoppelung bei Innenwänden zwischen benachbarten Nutzungen dienen (siehe Bild 14+15). Diese Schalltrennfugen verhindern eine ungewollte Flankenschallübertragung. Schließt an den optional definierten Stellen im späteren Ausbau doch keine Trennwand an, wird die Fuge einfach mit einer Deckleiste kaschiert, um eine größtmögliche Flexibilität in der Nutzung zu ermöglichen.

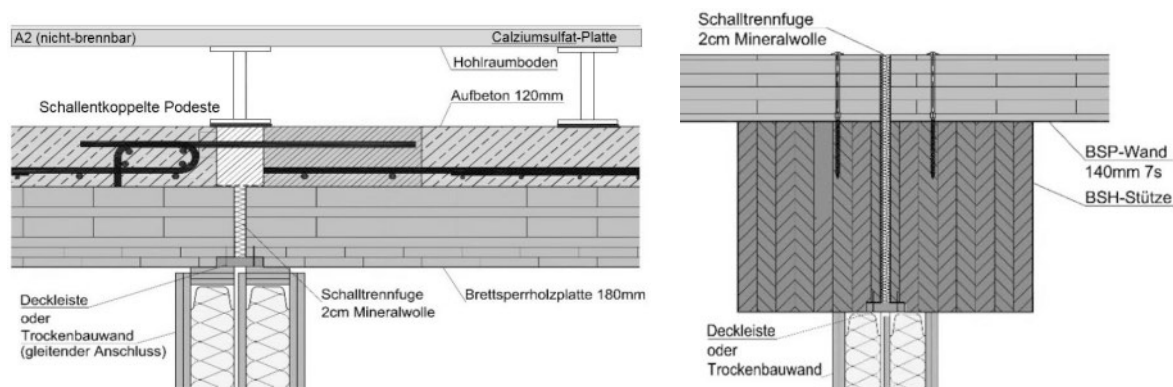


Abbildung 14: Konstruktionsdetails im Schallschutz: Schalltrennfugen in Decke und Wand/Stütze

Um sicher zu gehen, dass die Schallschutzanforderungen erfüllt sind, wurden sowohl im Labor (TU-Graz) als auch bauseitig entsprechende Schallmessungen durchgeführt.



Abbildung 15: Fotos: Ausführung ohne/mit Schalltrennfugen

## 5. Qualitätssicherung

Das Bauvorhaben erforderte aufgrund der angewendeten Sonderbauweise (Holz-Beton-Hybrid) und wegen der vorhandenen Schadensfolgeklasse CC3 (bzw. Zuverlässigkeitsklasse RC3) eine verstärkte Überwachung bei der Planung (DSL3, Prüfstatik) und auch bei der Ausführung (IL3, Fremdüberwachung). Die notwendigen Qualitätssicherungsmaßnahmen wurden im Rahmen der Eigenüberwachung werks- und bauseitig dokumentiert und durch eine unabhängige Drittstelle kontrolliert. Für die Umsetzung der Qualitätssicherung und Ausführungsüberwachung wurde ein spezieller Prüfplan entwickelt, indem alle auf das Montagekonzept abgestimmten und baustoffspezifischen zu überprüfenden sicherheitsrelevanten Materialeigenschaften und die Anzahl der stichprobenartigen Kontrollen definiert sind.

### 5.1. Qualitätssicherung Holzstützen

Für die Sicherstellung der Materialqualitäten wurden in folgenden Bereichen werkseitige Kontrollen durchgeführt: Festigkeitssortierung, Produktion Brettschichtholz (Delaminierung, Keilzinken, Kleber), Blockverleimung (Pressdruck, Kleber, Temperatur, Presszeit) und beim Einkleben der Stahllanker. Für die Qualitätssicherung der Verbundfuge in den Stützen erfolgten Probenentnahmen für die Prüfung mittels Delaminierungsverfahren bei 25% der Bauteile.

Zur Überprüfung der Montagearbeiten für das Einjustieren der Holzstützen und Ausmörteln der Auflagerpunkte wurden geometrische Überprüfungen durch einen Geometer durchgeführt (Stützenschiefstellung, Lage- & Höhenrichtigkeit). Bei der Verarbeitung des Vergussmörtels wurde neben dem Mörtelverbrauch vor allem auf die Einhaltung der Herstellervorgaben geachtet: z.B. Untergrundbeschaffenheit, Mindesttemperaturen und Verarbeitungszeiten. Sämtliche Parameter wurden in eigens entwickelten Protokollen dokumentiert.

Für die Kontrolle der Luftblasenfreiheit der Stützenuntermörtelung wurden zuerst im Werk Versuche gemacht und danach von der bauseitigen Mörtelcharge nach dem Abrühren und der vorgeschriebenen Entlüftungsdauer ein In-Situ-Versuch auf der Baustelle durchgeführt.

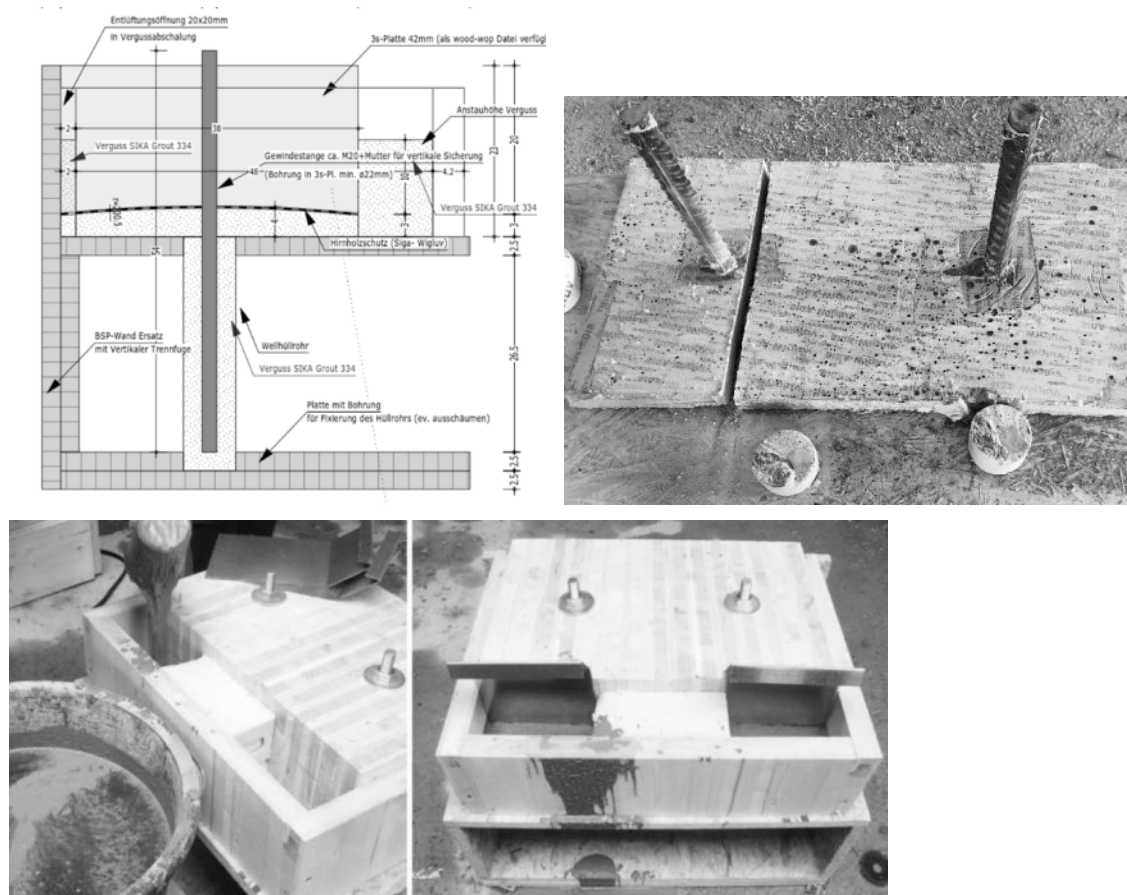


Abbildung 16: Versuche zum Stützenverguss

## 6. Brandschutzkonzept

Der Grundgedanke des Brandschutzkonzeptes basiert auf kleinen Brandabschnitten, kurzen Fluchtwegen, einer automatischen Löschanlage mit erhöhter Ausfallsicherheit sowie besonderer konstruktiver Ausbildung der Fugen im Bereich der Bauteilverbindungen und erhöhte Qualitätskontrollen. Weiters wurden bereits im Bauzustand vorkehrende Maßnahmen getroffen, wie z.B. eine frühzeitige Brandabschnittsbildung sowie die Herstellung nasser Steigleitungen.

Der geplante Systemknoten (Verbindung Decke-Träger-Stütze) wurde vor der Ausführung bei einem 90-minütigen Brandversuch getestet, wobei die Abbrandtiefen der Holzbauteile sowie der Verlauf der Bauteiltemperaturen innerhalb der Verbunddecke gemessen wurden. Gegenüber den rechnerisch ermittelten Abbrandwerten konnte eine relativ gute Übereinstimmung festgestellt werden. Eine wesentliche Fragestellung der Brandschutzbehörde war der Einbrand in die Auflagerfuge unter der BSP-Platte der HBV-Decke, welcher mit 4cm gemessen wurde. Der Abbrand von der Brettsperrholzplatte betrug 6,6cm, was einer Abbrandrate von 0,73mm/min entspricht.

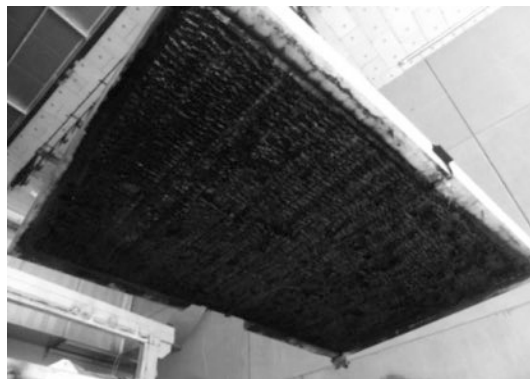
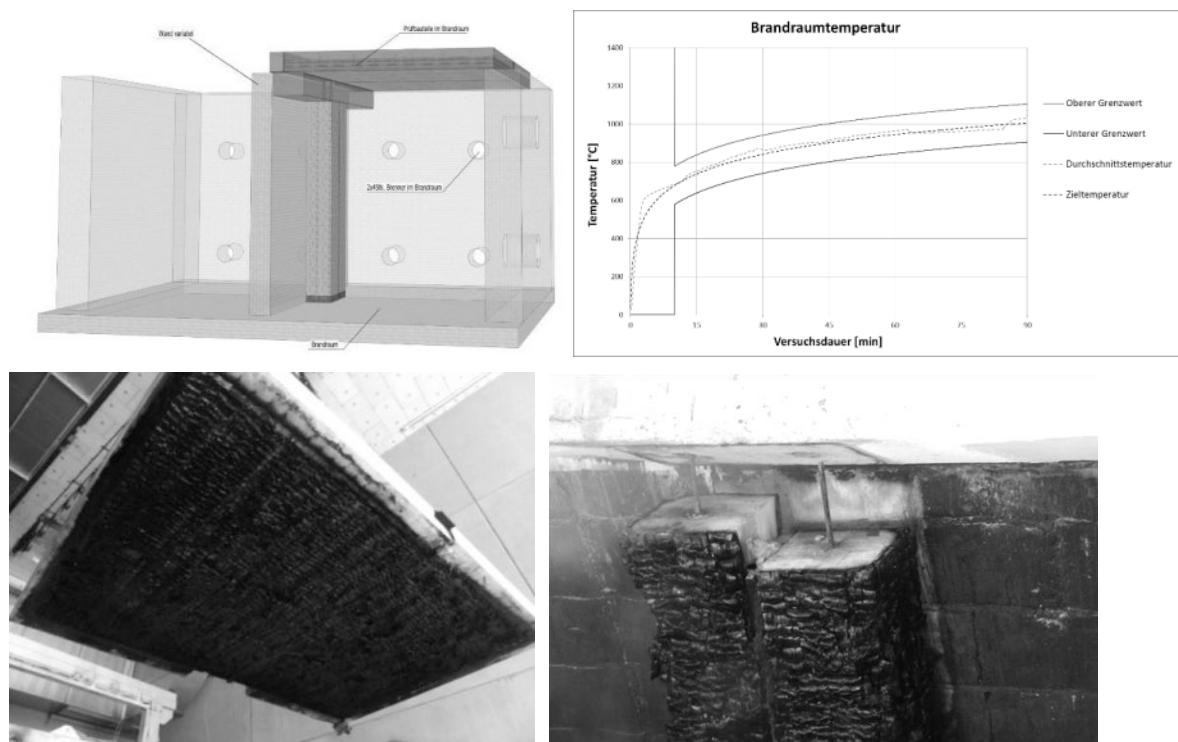


Abbildung 17: Brandversuche Systemknoten

## 7. Baufertigstellung

Innerhalb einer Bauzeit von drei Jahren inklusive der relativ zeitaufwändigen Baugrubensicherungsmaßnahmen für die beiden Tiefgeschoße im Grundwasser konnte das Gebäude fertig gestellt werden.

### Verbaute Holzmassen

1477 HBV-Deckenelemente (2700m<sup>3</sup> Brettsperrholz, 1970m<sup>3</sup> Aufbeton, Fläche 16.400m<sup>2</sup>)

780 Brettschichtholz-Stützen (370m<sup>3</sup>)

12.000 m<sup>2</sup> Brettsperrholzwände (1500m<sup>3</sup>)

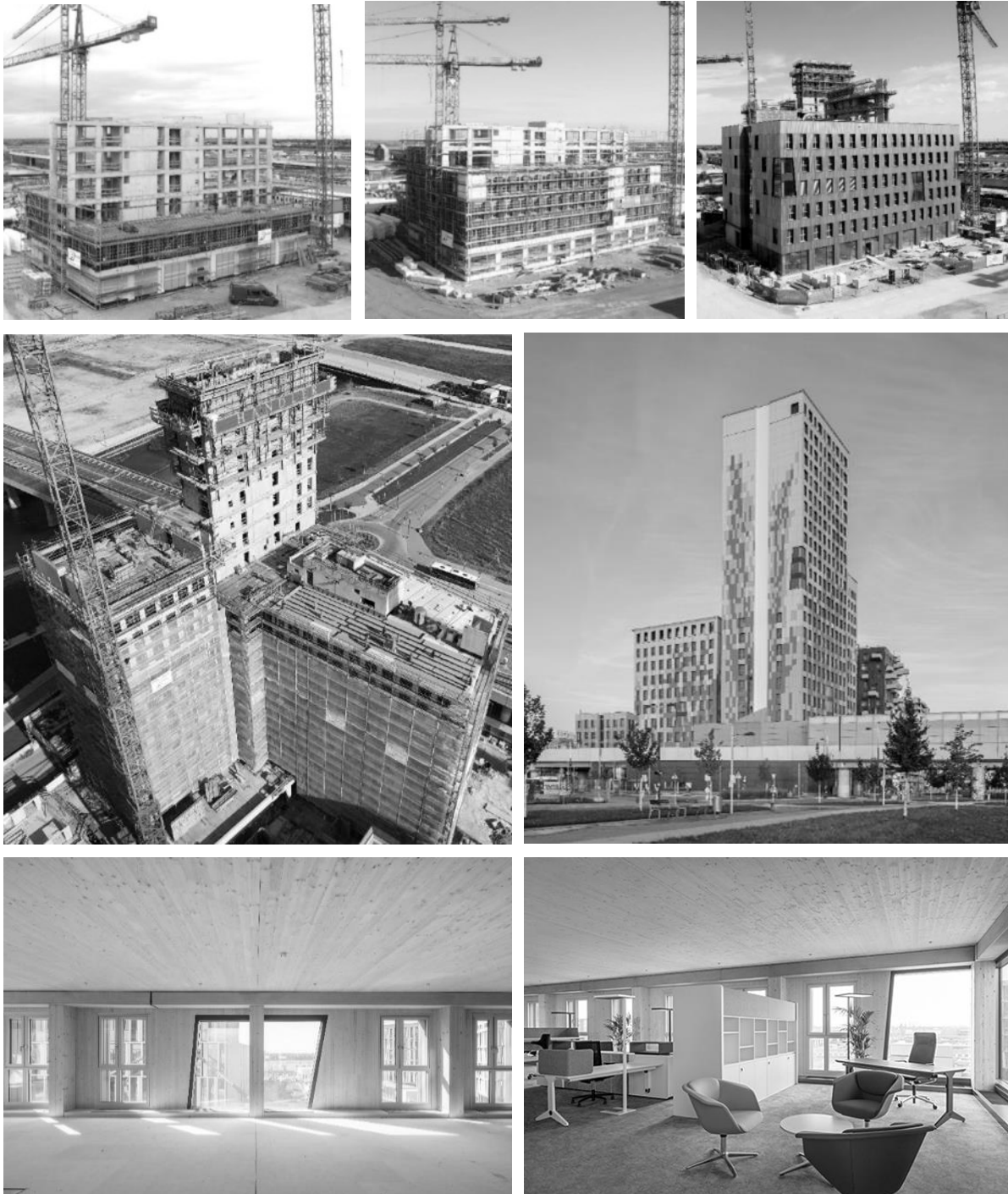


Abbildung 18-24: Rohbau - Baufertigstellung





# **Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå, Schweden – Der nächste Schritt in Europa**

Florian Kosche  
Dipl.-Ing. Florian Kosche AS  
Oslo, Norwegen





# Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå, Schweden – Der nächste Schritt in Europa

## 1. Einleitung

Skellefteå liegt ca. 250 km südlich des Polarkreises am Fluss Skellefte in der Provinz Västerbottens in Nordschweden. Die Stadt ist von Wäldern umgeben und hat einen eignen Hafen am Bottnischen Meerbusen.

Skellefteå ist eine Industriestadt mit ca. 35 000 Einwohnern. Hauptgewerbe in der Region sind Bergbau (Boliden AB), Maschinenbau (Alimak Hek AB) und Energiegewinnung aus Wasserkraft (Skellefteå Kraft). Zukünftig wollen Northvolt AB mit Beteiligung der Volkswagen AG eine Fabrik zur Herstellung von Lithiumionen-Batteriezellen bauen.

Um die Attraktivität der Region auch im Bereich Kultur zu erhöhen hat sich die Gemeinde entschlossen ein Kulturzentrum mit Hotelkomplex zu entwickeln. Für die gestalterische und funktionelle Form wurde 2015 ein internationaler offener Wettbewerb unter dem Motto «Skellefteå – make room for ideas» ausgeschrieben.

White Arkitektur AB, Stockholm Schweden, zusammen mit Dipl.-Ing. Florian Kosche AS (DIFK), Oslo Norwegen, haben am 10. Mai 2016 den offenen Wettbewerb für das neue Kulturzentrum und Hotelkomplex Skellefteå, gewonnen. Insgesamt sind 55 Vorschläge eingereicht worden.

Im Folgen werden die Entwurfsphase im Wettbewerb und die nachfolgende Validierung und Ausarbeitung in den ersten Projektphasen bis zur Ausschreibung beschrieben.

Weiterhin werden die gewonnen Erkenntnisse in übergeordnete Zusammenhänge gesetzt, um die Entwicklung umweltfreundlicher Gebäude weiter voranzutreiben.

## 2. Problem- und Zielstellung

Die Wettbewerbsausschreibung fasst das Umweltprofil so zusammen «Sustainability should permeate the entire complex, in both concept and execution». Weiter ist ausdrücklich eine umweltfreundliche Bauweise in Holz nahegelegt worden.

Die Teilnahme an offenen Wettbewerben ist zeitintensiv und die Gewinnchancen liegen statistisch oft unter 1-2%. Sie sind aber auch eine Möglichkeit neu Ideen und Technologien zu entwickeln und zu präsentieren.

In diesem Fall sollte ein hochkomplexes Programm bestehend aus Übungsscene, Werkstätten, Anlieferung, Eingangsbereiche, zwei Hauptszenen, Bibliothek, Restaurant und Hotelkomplex auf ca. 25 000 m<sup>2</sup> in Form einer Quartalsbebauung mit 120 m Länge und 50 m Breite in einer Holzkonstruktion untergebracht werden.

## 3. Stand der Technik

Die Hauptanwendungen des modernen Holzbaus liegen im Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern und dem Hallenbau.

Vereinzelt werden Hochhäuser geplant und gebaut, die die Grenzen des technisch Machbaren nach verschieben. In Norwegen sind 2015 «Treet» mit 51 m Höhe und 14 Etagen und 2019 der «Mjøstårnet» mit 85,4 m Höhe und 18 Etagen fertiggestellt worden. Konstruktiv gesehen werden zur Horizontalausteiung «Megadiagonalen» aus Brett-schichtholz verwendet, die teilweise hinter der Fassade liegen. Im Falle des «Mjøstårnet» tragen die CLT Wände der Kerne auch zur Aussteifung bei.

Die außen liegenden «Megadiagonalen» begrenzen die Transluzenz der Fassade und erfordern wesentlich kräftigere Ecksäulen als für reine vertikale Lastableitung notwendig

wäre. Weiterhin ist die aussteifende Wirkung dieses Systems nicht ausreichend, um horizontale windinduzierte Schwingen auf akzeptable Werte zu begrenzen. Dazu musste das Gewicht der Decken in den oberen Etagen mit Hilfe von Beton erhöht werden.



Abbildung 1: «Treet» in Bergen 2015 (Bild Marius Valle) und «Mjøstårnet» in Brumunddal 2019 (Bild Moelven).

## 4. Entwurfsansatz

Ressourcenschonendes Entwerfen und umweltfreundliches Bauen kann verschiedene Ansätze verfolgen mit lokal unterschiedlicher Optimierung und Zielen.

Für den Wettbewerb sind keine architektonischen, funktionalen oder technischen Begrenzungen in Bezug auf den Werkstoff Holz angenommen worden. In Bereichen wo Holz offenbar ungeeignet ist, kann mit anderen Werkstoffen ein optimales Gesamtergebnis geschaffen werden. Dieser Ansatz kombiniert materialübergreifendes konstruktives Verständnis optimal mit einem architektonischen Gesamtkonzept. Oft ist das Ergebnis ein hybrides Tragwerk mit einem sehr hohen Holzanteil, um Treibhausgas-Emissionen zu minimieren.

Weiterhin gilt es Materialmengen durch funktionelle und konstruktive Optimierung zu reduzieren. Zum Beispiel kann der Verzicht auf eine Kellerkonstruktion den Treibhausgas-Emissionen per m<sup>2</sup> deutlich reduzieren.

Architektonische Nachhaltigkeit, zum Beispiel ein Gebäude, das über viele Jahrzehnte leicht an geänderte Bedürfnisse angepasst werden kann, reduzieren künftige Treibhausgas-Emissionen. Die Wahl des Tragwerks kann Möglichkeiten für Umnutzung begrenzen oder ermöglichen.

Im üblichen Hochbau haben Decken mit 60 – 80% den größten Materialanteil am Bauwerk und auch das größte Einsparpotenzial für Treibhausgas-Emissionen, siehe auch /1/.

Lokale zugängliche Werkstoffe und lokale Verarbeitung reduzieren Transportwege und Treibhausgas-Emissionen. Dies gilt speziell für Skellefteå, siehe Abbildung 2.

Grundlage für die Reduktion lokaler Treibhausgas-Emissionen ist ein Verständnis für globale Zusammenhänge, um die Effektivität der Vorschläge verstehen zu können. Hierzu wird auf relevante Literatur verwiesen.



Abbildung 2: Skellefteå und typische Transportabstände für Baumaterialien und Ausrüstung in Europa. Die Hauptkomponenten des Gebäudes werden innerhalb eines Radius von 200 km hergestellt.

## 5. Entwurf

Die Entwicklung des Tragwerksentwurfs fand in enger Koordination mit der Entwicklung des architektonischen Konzeptes statt. Ganz gezielt wurden nach Synergien zwischen Architektur und Tragwerk gesucht und Begrenzungen durch das Tragwerk umgangen.

Die Gründung besteht aus einer Kombination von Pfählen unter den aussteifenden Kernen und im übrigen Flachgründung der Bodenplatte. Holzpfähle konnten wegen zu niedrigem Grundwasserstand nicht vorgeschlagen werden.

Das Gebäuderaster basiert auf einem Modul von 3,6 m und erlaubt effektive Trägerabstände und Plattenabmessungen ohne viel Verschnitt. Dies erlaubt lange Träger mit schmaler Lastzugsfläche, die auf kurzen hochbelasteten Trägern aufliegen mit akzeptablen Kräften in Stützen und Verbindungen. Das Stützenraster erlaubt die gewünschte Zirkulation im Gebäude mit langen Spannweiten quer zum Gebäude in Ost-West Richtung und kurzen Spannweiten in Gebäudelängsrichtung.



Abbildung 3: Visualisierung der Südseite mit Haupteingang und Hotelkomplex, White Arkitekter AB.

Aussteifende Wände sind um die Szenenhäuser, den nördlichen Kern und die Kerne des Hotelkomplexes angeordnet. Alle aussteifenden Schächte bestehen aus CLT mit einer Höhe bis zu 64,7 m.

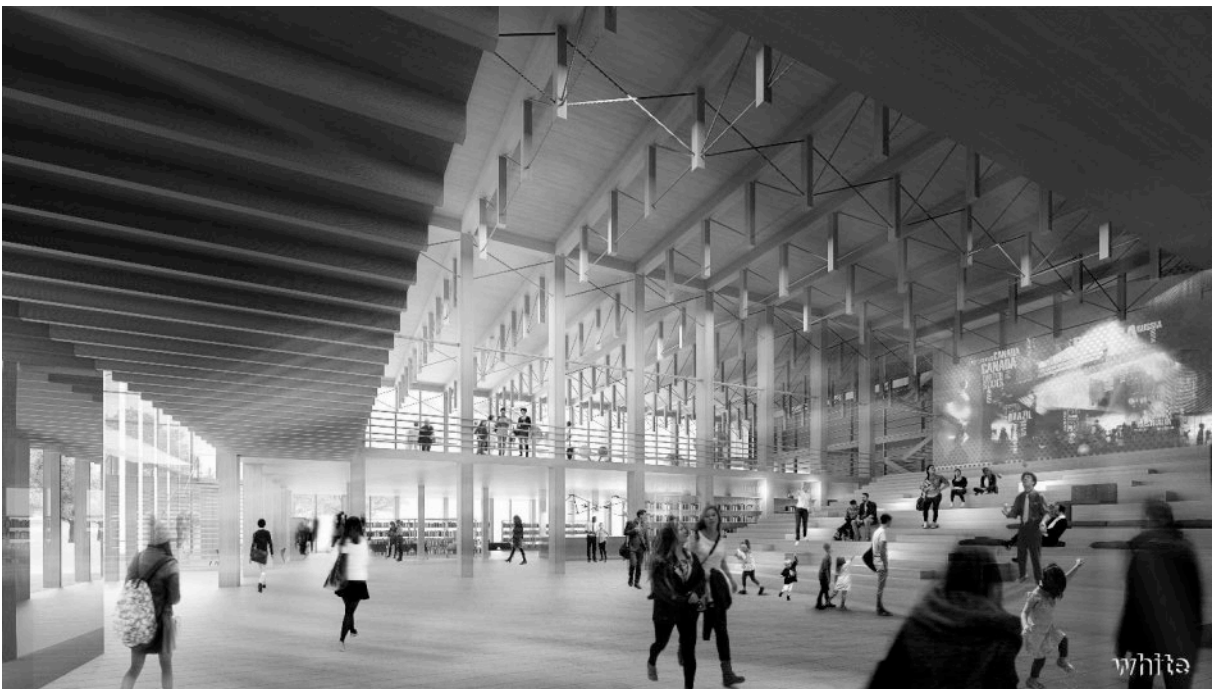


Abbildung 4: Visualisierung des Foyer dem zur Stadtmitte gewendeten Haupteingangsbereich, White Arkitekter AB.

Wände um die Szenenhäuser müssen zusätzlich hohe akustische Anforderungen erfüllen. Dies ist mit doppelschaligen Wänden mit einer Höhe von 25,2 m gelöst. Die Stützen dieser Wände nehmen auch die Lasten der auskragenden Balkone im Zuschauerraum auf. Über die Szenenhäuser spannen Holzfachwerke mit 23,4 m Spannweite.

Die Decken im Sockelbereich sind als Holz-Beton Verbunddecken konzipiert. Diese Bauweise ermöglicht unter anderem lange Spannweiten und sehr gute Horizontalaussteifung. Der gesamte Gebäudekomplex ist fugenlos geplant und alle aussteifenden Bauteile sind durch die Horizontalaussteifung der Decken gekoppelt.

Decken im Bereich des Foyers sind von weit spannenden kombinierten Holz-Stahl Fachwerken überspannt. Wegen der großen Raumhöhe konnten die Brandschutzanforderungen an die Stahlbauteile wesentlich reduziert werden, siehe Abbildung 4.



Abbildung 5: Perspektive der Nordseite mit Übungsszenen und Eingangsbereich, White Arkitekter AB.

Der Hotelkomplex besteht aus einem nördlichen und südlichen Kern, die wegen der notwendigen Schächte und Aufzugschächte über die gesamte Breite beanspruchen. Diese Anordnung erlaubt eine hohe Steifigkeit gegen horizontale Kräfte in Querrichtung. Zwischen den Kernen sind Hotelmodule angeordnet.

Die Hotelmodule sind komplett vorgefertigte Einheiten aus CLT für jeweils ein Zimmer. Verstärkungen für den Abtrag vertikaler Lasten sind in die CLT Wände integriert, so dass 13 Etagen gestapelt werden können.

Zur Auswechslung der Lasten über dem Foyer wird ein Stahlfachwerk in der Techniketage angewendet, das auf Brettschichtholzstützen BH595x810 steht, die das Foyer visuell abgrenzen, siehe Abbildung 4.



Abbildung 6: Vogelperspektive in der die unterschiedlichen Volumina für Übungsszene, Werkstätten, Anlieferung, Eingangsbereiche, zwei Hauptszenen, Bibliothek, Restaurant und Hotelkomplex gut erkennbar sind. White Arkitekter AB.

## 6. Planung und Ausschreibung

Die Vorstellung das gesamte Quartal mit einer Tragkonstruktion aus Holz zu bebauen, war 2016 bei Beginn der Planung aus technologischer und logistischer Sicht unbekannt und unsicher.

Projekte dieser Größenordnung müssen auf alternative Lösungen zurückfallen können, um Kosten, Qualität und Zeitplan nicht zu stark zu gefährden. Dazu wurde eine konventionelle Tragwerkslösung aus in Skandinavien üblichem Stahl- und Betonfertigteilen alternativ beibehalten. Auch die Möglichkeit nur Kerne betonieren zu können, wurde beibehalten. Der Bauherr hat die Holzbauweise immer kompromisslos favorisiert und damit diese Entwicklung ermöglicht und aktiv vorangetrieben.

Vor der Planung wurde der Stand der Technik untersucht und die lokalen meteorologischen Bedingungen studiert. Im Winter kann die Luftfeuchtigkeit auf unter 10% fallen und Risse im Holz verursachen. Mögliche Feuchteschäden während des Bauvorganges wurden früh untersucht und Abhilfen entwickelt.

Die konstruktive Machbarkeit des Konzeptes wurde anhand von umfangreichen Untersuchungen an Teilmodellen und am Gesamtmodell statisch und dynamisch untersucht und von unabhängigen Tragwerksplanern verifiziert.

Die Bemessung erfolgte nach Eurocode mit Schwedischem nationalem Anwendungsdokument. Eine Bemessung für den Lastfall Erdbeben war nicht notwendig.

Der Holzbau ist mit den Zuschlägen für Verkohlungen nach Standard für den Brandlastfall bemessen worden. Auf den baulichen Brandschutz soll nicht weiter eingegangen werden.



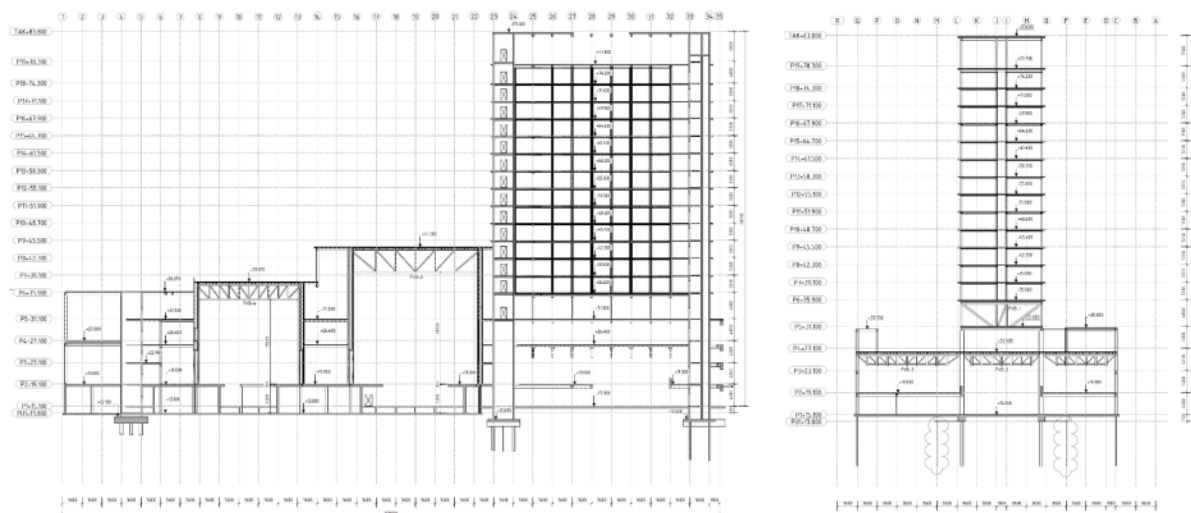


Abbildung 7: Längsschnitt in Nord-Süd Richtung und Schnitt in Querrichtung durch den Hotelkomplex. Klar ersichtlich sind die Abfangung der inneren Stützen in der Techniketage über dem Foyer in der Mitte, DIFK.

Die Untersuchung der aussteifenden Schächte in CLT in der gewünschten Gebäudehöhe war umfangreich, speziell weil kaum Erfahrungen vorliegen. Ausreichende Steifigkeit gegen statische Windlasten war mit der gewählten Schachtanordnung leicht nachweisbar. Auch die Bemessung im Bruchzustand und für den Brandfall waren weniger problematisch. Dazu wurde die hauseigene Bemessungssoftware für die Bemessungssoftware von CLT Scheiben basierend auf [2] weiterentwickelt. Dies hat viel zum Verständnis beigetragen und erlaubte eine flexible Aufbereitung der Ergebnisse materialunabhängig für alle Konstruktionsteile.

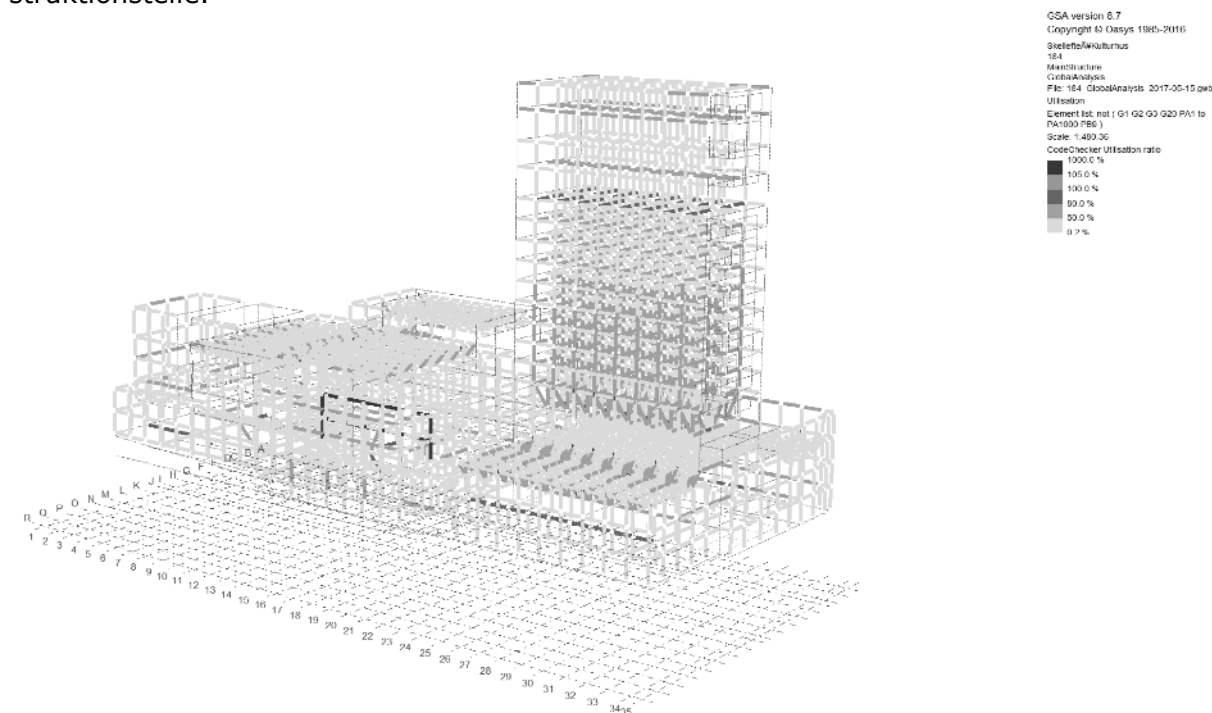


Abbildung 8: Ausnutzungsgrad der Brettschichtholzstützen im Lastfall Brand für Brandschutzwiderstand R90, IFK.

Für Brettschichtholz sind die Festigkeitsklasse GL30c und für CLT die Festigkeitsklasse C24 zugrunde gelegt worden. Die Schachtwände des Hotelkomplexes bestehen aus 410 mm dicken Wandaufbauten bestehend aus 2 CLT Platten mit mittig ein geleimter Brettschichtholzplatte. Die Orientierung der CLT Platten wurde auf die Belastung abgestimmt.

Es sind spezielle Details entwickelt worden, um hohe Zugkräfte im Übergang zu den Fundamenten in den Schachtwänden zu verankern. Gleichzeitig muss eine Feuchtesperre

im Übergang ausgebildet werden und es müssen mögliche Toleranzen zum Massivbau aufgenommen werden.

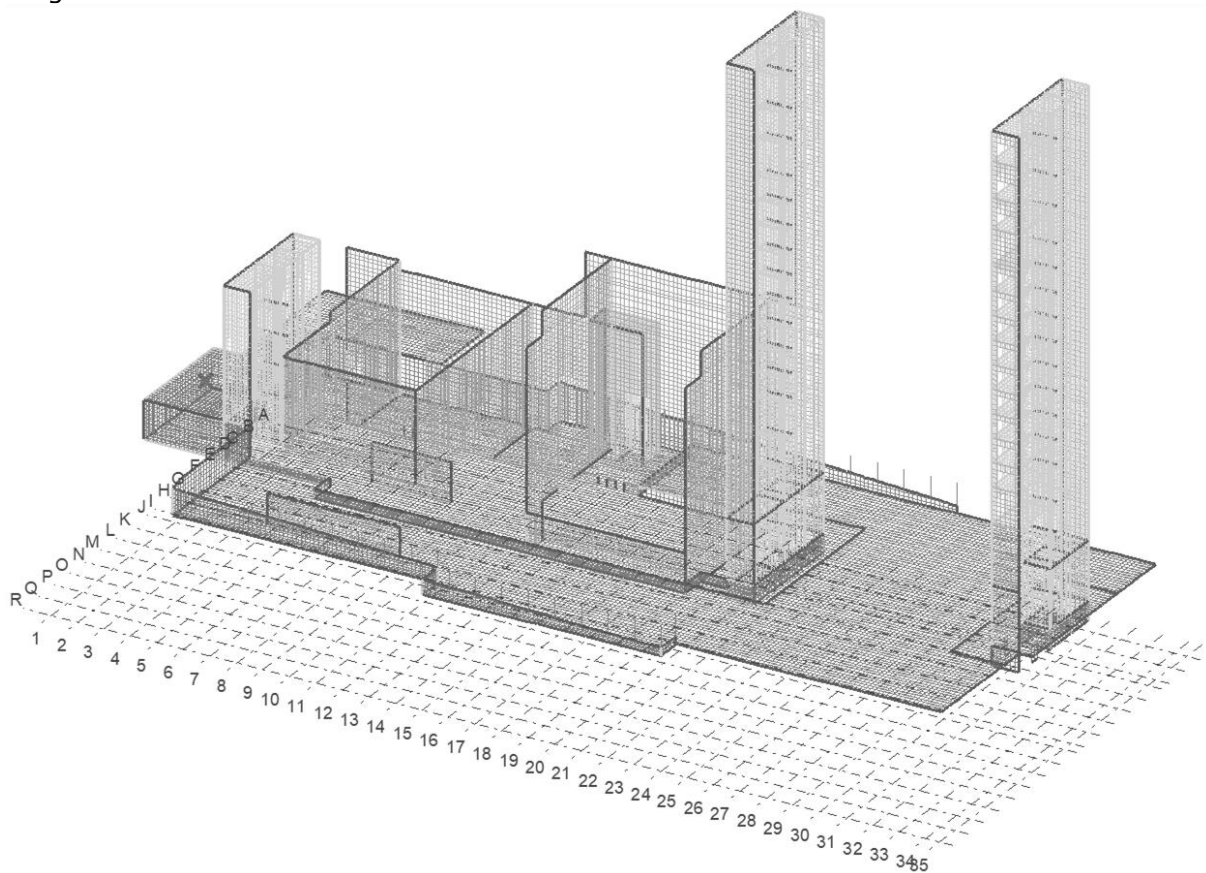


Abbildung 9: Berechnungsmodell der Bodenplatte und der aussteifenden Kerne in CLT, DIFK.

Das Tragwerk ist mit einer Basiswindgeschwindigkeit von 22 m/s im internationalen Vergleich nicht hoch beansprucht. Windkanaluntersuchungen sind nicht durchgeführt worden.

Wegen des ungewöhnlichen Aussteifungssystems und der leichten Konstruktion, sind windinduzierte Schwingungen umfangreich untersucht worden. Die Hauptschwingungsmodi des Hotelkomplexes liegen mit 0,38 Hz in Längsrichtung und 0,67 Hz in Querrichtung relativ hoch für eine wesentliche Exzitation aus dynamischen Windlasten. Für die Modellbildung wurden die Steifigkeitsbeiträge der Hotelmodule und eine vermutete Verbesserung der Dämpfung nicht angesetzt.

Grundsätzlich fehlen gemessene Erfahrungswerte zur Bestimmung des Dämpfungsmaßes, siehe /3/. Das logarithmische Dämpfungsmaß ist basierend auf EN 1991-1-1 Tabelle F.2 zwischen 0,06 und 0,12 variiert worden. Für die Bemessung ist der niedrigere Wert zugrunde gelegt worden. Dieser resultiert in einem Dämpfungsgrad von 1,15% inklusive eines geringen Anteiles aerodynamischer Dämpfung. Im Vergleich zu konventionellen Hochhäusern über 150 m sind diese Werte höher. Mit den oben genannten Annahmen konnte eine Einhaltung der Grenzwerte nach ISO 10137 Figur D.1 für Wohnraum nachgewiesen werden. Auf Grund der Gebäudeform sind die Beschleunigung in Querrichtung maßgebend. Um die bestehenden Unsicherheiten zu reduzieren sind der nachträgliche Einbau von Massendämpfern vorgeschlagen worden.

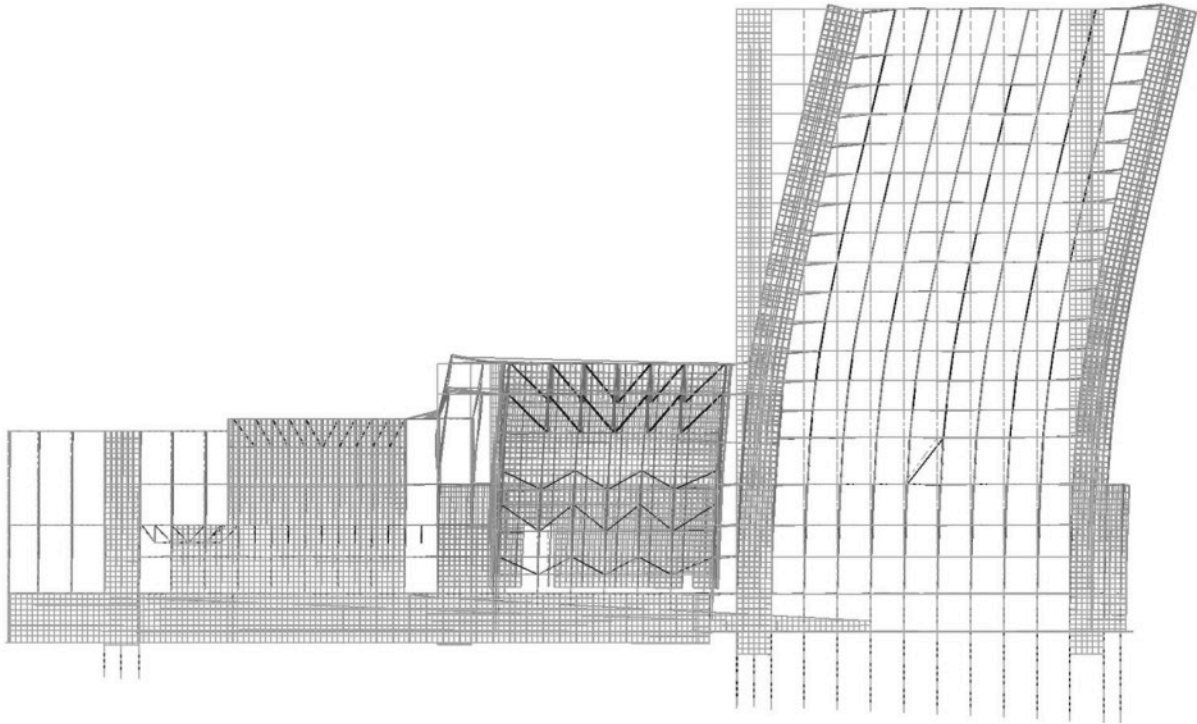


Abbildung 10: Eigenform der niedrigsten rechnerischen Eigenfrequenz des Hotelkomplexes in nord-süd Richtung liegt bei ca. 0,38 Hz. Die konstruktive Verbindung in den Deckenebenen sind erkennbar.

Die Koordinierung mit den anderen beteiligten Fachplanern erfolgte auf der Basis von BIM mit wöchentlichen Updates, eigenen Geometriedurchgängen und Kollisionskontrollen, siehe Abbildung 11. Verbindliche Angebotszeichnungen sind auf Basis des BIM Modelles erstellt worden.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Konstruktion des Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå hat neue Möglichkeiten im Holzhochbau in Bezug auf programmatischer Komplexität und Aussteifungssystemen aufgezeigt. Wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen werden mit dem Bau gewonnen werden und zweifelsohne in zukünftige Projekte einfließen.

Wichtiger ist der mühelose Umgang mit dem Werkstoff Holz, der den Entwurf unterstützt, aber gleichzeitig dem architektonischen Ausdruck und der Funktionalität nicht im Weg steht oder sie zu vereinnahmen versucht.

Die Tragwerke der Zukunft müssen ein Maximum an Ästhetik und Funktionalität mit einem Minimum an Treibhausgas-Emissionen kombinieren. Dazu sind ganzheitliche Ideenfindung und werkstoffübergreifendes Denken in der Planung, Ausführung und dem Betrieb notwendig. Dies muss auch für material- oder systembezogene Verbände und Baufirmen gelten.

Das Projekt ist in einer Reportage von CNN über modernen Holzbau beschrieben worden /4/ und hat den Architectural Review/MIPIM Future Project Award 2018 in der Kategorie Civic & Community gewonnen.

Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå soll im Sommer 2021 eröffnet werden.

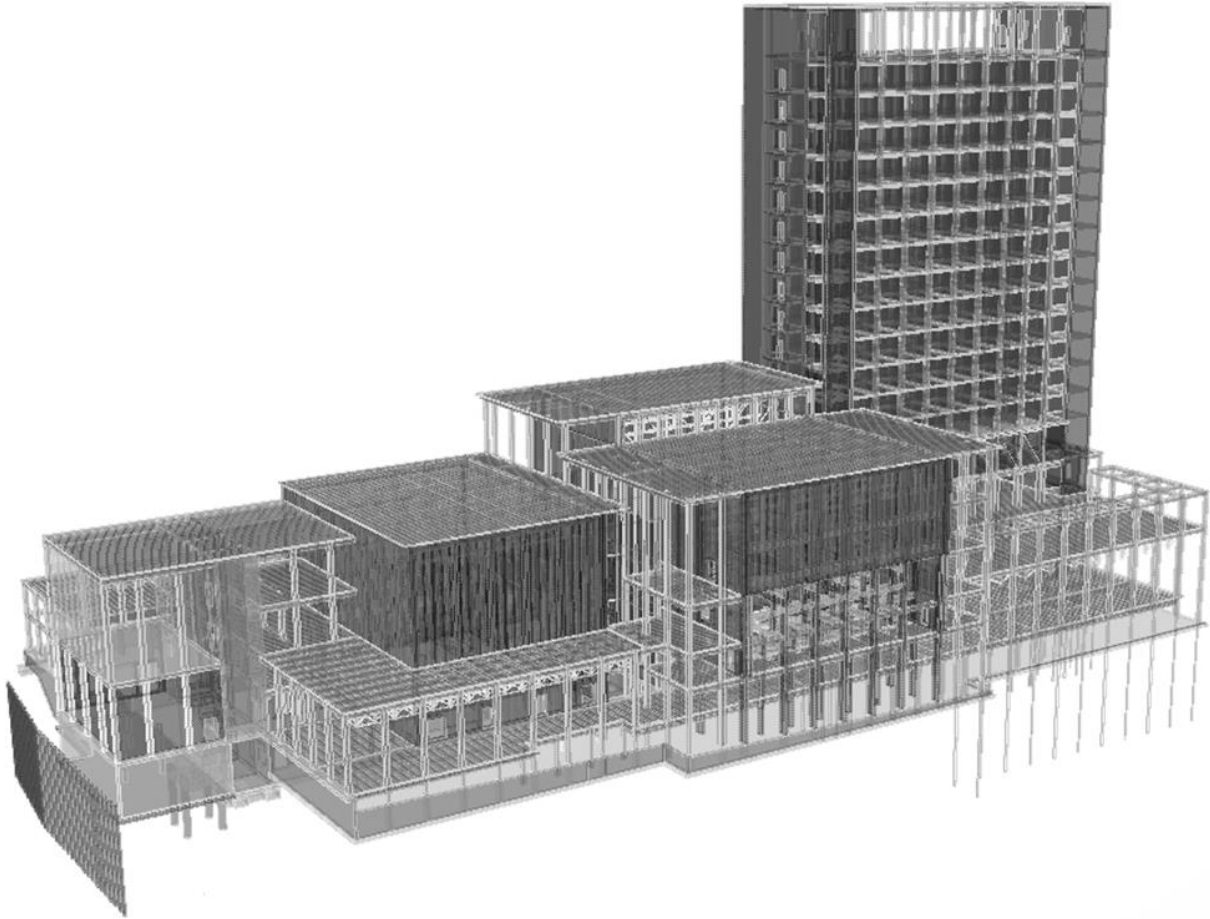


Abbildung 11: BIM Konstruktionsmodell in Tekla, DIFK.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] Norsk Prisbok 2019, Norconsult Informasjonssystemer AS und Bygganalyse AS, Sandvika, 2019
- [2] Brettsperrholz Bemessung, Grundlagen für Statik und Konstruktion nach Eurocode, DI Dr. Markus Wallner-Novak, DI Josef Koppelhuber, DI Kurt Pock, proHolz Austria, Juli 2013
- [3] Building higher with light-weight timber structures –the effect of wind induced vibrations, Marie Johansson, Andreas Linderholt, Åsa Bolmsvik, Kirsi Jarnerö, Jörgen Olsson, Thomas Reynolds, inter.noise 2015 San Francisco
- [4] Spreading like wildfire: Why wooden skyscrapers are springing up across the world, Jenni Marsh, CNN, 9th August 2016

# **Der Wandel der europäischen Bauindustrie**

Christoph Weber  
Horváth & Partners Management Consulting  
Wien, Österreich

Marktanalyse

# Der Wandel der europäischen Bauindustrie

Die erfolgreiche Neuausrichtung in einem dynamischen Umfeld

2018

Business Unit Austria

## Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Bauindustrie steht vor dem größten Umbruch seit der Einführung der motorisierten Baugeräte. Der marktseitige Aufschwung, verursacht durch eine veraltete europäische Infrastruktur, konjunkturell gesteigerte Investitionswilligkeit, anhaltend hohe Verkehrsströme und die Urbanisierung, füllt die Auftragsbücher der Bauunternehmen. Trotzdem bleiben bei vielen Unternehmen die Margen niedrig und verhindern eine nachhaltige Ergebnisverbesserung. Dabei ist das Potenzial zur Steigerung der Produktivität in keiner Branche so hoch wie in der Bauindustrie.

Neue Innovationen drängen auf den Markt, um Arbeitsweisen effizienter zu gestalten. Baumaschinen werden laufend smarter und sammeln Daten zur Geräteoptimierung. Die Digitalisierung ermöglicht eine lückenlose Transparenz über Baustellenabläufe, -kosten und -risiken. Trotzdem werden automatisierte Baugeräte stark verzögert auf den Baustellen ausgerollt. Maschinendaten liegen meistens ungenutzt brach und Bauprojekte leiden weiterhin aufgrund einer intransparenten Planung und Steuerung unter enormen Zeit- und Kostenüberschreitungen. Viele Digitalisierungsinitiativen scheitern häufig an den zu hohen Erwartungen, an fehlenden IT-System-Standards und an einer stark dezentralen Organisation. Dabei wird erst der Transparenzgewinn eine nachhaltige Produktivitätssteigerung ermöglichen.

Besonders jene Unternehmen, denen es gelingt, sich zwischen den marktseitigen Trends und den technischen Innovationen neu auszurichten, werden einen klaren Wettbewerbsvorteil erarbeiten und im dynamischen Umfeld der Bauindustrie als Gewinner hervorgehen.

Horváth & Partners hat aus diesen Gründen sowohl im strategischen als auch im operativen Bereich Schwerpunkte definiert, die Bauunternehmen dabei unterstützen, ihr Geschäft effizienter, transparenter und gewinnbringender zu gestalten. Kurz: Eine Hilfestellung, die Potenziale des Wandels effektiv zu nutzen.

Wir bedanken uns für Ihr Interesse und freuen uns, wenn unsere Analyseimpulse Anregungen für Ihre Entscheidungsfindung bieten!

## Management Summary

Schon lange nicht waren die Aussichten für die Bauindustrie so positiv wie heute, und dennoch ist der Anpassungsdruck größer denn je zuvor. Die Branche befindet sich im Aufschwung: Eine zunehmend veraltete, europäische Infrastruktur und die weiterhin anhaltende Urbanisierung verhelfen der Bauindustrie in den nächsten Jahren zu einem beachtlichen Wachstum. Dennoch haben Baukonzerne Probleme das volle Potenzial dieser Entwicklung zu nutzen. Die Produktivität stagniert seit Jahrzehnten, immense Wertschöpfungspotenziale bleiben ungenutzt, Fachkräftemangel und laufend strengere Dokumentationspflichten lasten schwer auf der zentralen Konjunkturbranche. Was müssen Europas Baukonzerne tun, um wettbewerbsfähiger zu werden und die Potenziale der Digitalisierung und neuer Technologien bestmöglich zu nutzen?

### Wohin der Trend geht

Die großen Baustellen von morgen sind automatisiert und digitalisiert. Selbstfahrende Baumaschinen, 3D-Drucker und Drohnen kommen zum Einsatz. Wearables und Smart Sensors werden Geräte und Bauteile vernetzen. Ebenso werden Frühwarnsysteme für Wetterrisiko, Gerätebruch und Lieferengpässe den Tagesablauf effizienter gestalten und Stehzeiten reduzieren. Der Informationsaustausch wird über Building-Information-Modeling-Plattformen (BIM) protokolliert, sodass – in Echtzeit – Bauleiter, Finanzierungsgeber, Kunden und Lieferanten lückenlos und nachvollziehbar miteinander kommunizieren können. Die Steuerung der Baustelle wandelt sich so von täglichen «Feuerwehraktionen» zur proaktiven Planung.

Die großen europäischen Konzerne haben das Potenzial der technologischen und digitalen Innovationen längst erkannt. Immer wieder liest man von Pilotprojekten, bei denen neue Technologien getestet und die Digitalisierung durch BIM-Plattformen vorangetrieben werden. Trotzdem sind diese Themen nur ein erster Schritt für den Wandel der Baubranche.

### Erfolgreicher Wandel durch Transparenz

Horváth & Partners empfiehlt sechs relevante Themenbereiche zur erfolgreichen Neuausrichtung. Im strategischen Bereich wird eine stärkere vertikale Integration zur Sicherung der Fachkräfte und zur Steigerung der Wertschöpfungstiefe Einzug halten. Da viele neue Branchenlösungen erst entwickelt werden, können Beteiligungen an diesen Unternehmen die Investitionskosten reduzieren und die Kapitalrentabilität erhöhen. Für die Standardisierung und übergreifende Optimierung werden Partnerschaften stärker in den Fokus rücken, Hand in Hand gehend mit der Intensivierung von Forschung an und dem Einsatz von neuen Technologien.

Operativ steht und fällt die Zukunft im Bauwesen mit der Datentransparenz und der damit besseren Planbarkeit. Dazu benötigt es in vielen Fällen eine Neuausrichtung der IT-Organisation. Die steigenden Anforderungen an das Personal entwickeln sich gegenläufig zu den verfügbaren Fachkräften, wodurch der Wettbewerb um engagierte Mitarbeiter weiter zunehmen wird. Zudem gestaltet sich die Optimierung der wertschöpfenden Prozesse zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Die so gewonnene Effizienz wird auch dringend benötigt, um den digitalen Wandel zu finanzieren.

### Bauindustrie agiert verhalten

Aktuell agiert die Bauindustrie noch recht verhalten. Die Unternehmen konzentrieren sich meist auf Bereiche wie BIM, die Digitalisierung der administrativen Prozesse sowie den Einsatz neuer Technologien. Partnerschaften, die Optimierung der wertschöpfenden Prozesse oder auch strategische Venture Capital Investments werden jedoch noch kaum in Betracht gezogen. Doch ist es gerade der ganzheitliche Blick, der erforderlich ist, um sich im dynamischen Umfeld der Bauindustrie neu auszurichten.

## Analyseergebnisse

### 1. Produktivität der Bauwirtschaft

Vergleicht man die Produktivität der Bauindustrie in den vergangenen 50 Jahren mit der produzierenden Industrie, kann man rasch feststellen, woran es krankt. Während die Arbeitsproduktivität in anderen Sektoren seit den 1960er Jahren um über 150 Prozent gesteigert wurde, musste die Bauindustrie ein Minus hinnehmen, wie die Zahlen der US-Baubranche exemplarisch zeigen.

Die Produktivität der Bauindustrie stagniert seit Jahrzehnten

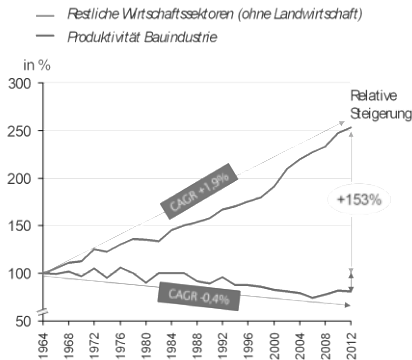


Abbildung 1: US-Arbeitsproduktivität; Quelle: World Economic Forum 2016

Die Gründe, die die Baubranche daran hindern, ihr Potenzial auszunutzen, sind vielfältig und lassen sich unter anderem auf die dezentrale Organisation, eine wenig ausgeprägte Fehlerkultur und geringen Veränderungswillen zurückführen. Im Vergleich dazu weist die produzierende Industrie eine stärkere Auseinandersetzung mit den wertschöpfenden Tätigkeiten auf. Dieser Fokus spiegelt sich in einer Vielzahl an Produktivitätssteigerungsprogrammen wider, die bis zur Perfektion implementiert wurden:

- Standardisierung der Produktionsprozesse
- Kontinuierliche Verbesserungsprozesse
- Lean-Management
- Lückenlose Transparenz entlang der Wertschöpfungskette
- Automatisierung der Fertigungsprozesse
- Integration der Zulieferindustrie
- Wissensmanagement bei allen Fachkräften

Doch auch innerhalb der Branche besteht eine hohe Diversität, wie ein Blick auf Europas umsatzstärkste Baukonzerne zeigt (vgl. Abb. 2). Horváth & Partners geht von einem Wertschöpfungssteigerungspotenzial von 20 bis 30 Prozent aus. Dies ist in den meisten Fällen durch Einkaufsoptimierung, Kostenreduktion im Bereich Operational Excellence und eine stärkere vertikale Integration von Subunternehmern und auch Immobilienentwicklung realisierbar.

Die Wertschöpfung je Mitarbeiter unterscheidet sich aufgrund der operativen Tätigkeit und der länderabhängigen Mitarbeiterkosten

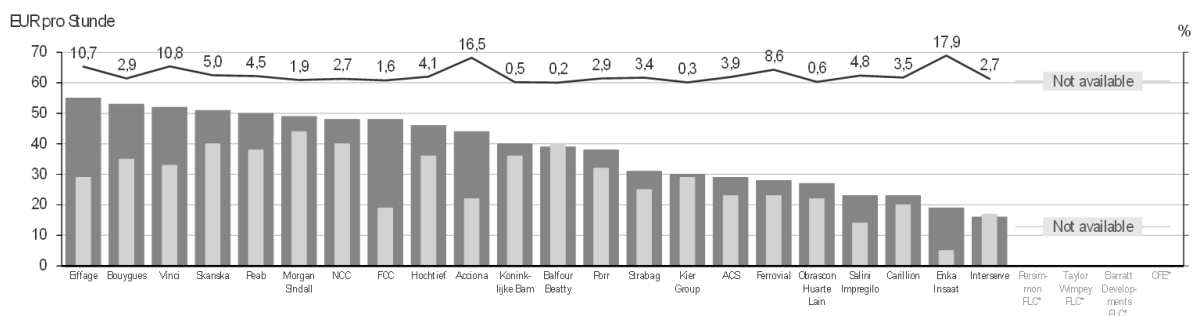


Abbildung 2: Wertschöpfung 2016 je Mitarbeiter/h; Quelle: Jahresberichte der jeweiligen Unternehmen 2016



## 2. Trends und Entwicklungen der Bauindustrie

Die großen Baustellen von morgen sind automatisiert und digitalisiert. Zum Einsatz kommen selbstfahrende Baumaschinen, teilautomatisierte Betonverteiler ebenso wie 3D-Drucker. Die Vermessung schwer zugänglicher oder weitläufiger Bauten wird über Drohnen und Klein-Satelliten erfolgen. Wearables, Smart Sensors und das «Internet of Things» kommen bei der Vernetzung von Geräten und Bauteilen zum Einsatz. Ebenso werden Frühwarnsysteme für Wetterrisiko, Gerätebruch und Lieferengpässe den Tagesablauf effizienter gestalten und Stehzeiten reduzieren.

Besonders im urbanen, dichtverbauten Gebiet werden Lieferungen «just in time» koordiniert. Der Informationsaustausch wird über BIM-Plattformen protokolliert, sodass – in Echtzeit – Bauleiter, Finanzierungsgeber, Kunden und Lieferanten lückenlos und nachvollziehbar miteinander kommunizieren können.

Dies ist nur ein kleiner Auszug der sich ständig wandelnden Faktoren, die die Bauindustrie kontinuierlich fordern und verändern.

Horváth & Partners teilt diese Faktoren in die Themenfelder Markt, Ressourcen und Regularien auf.

Entwicklungen und Trends von Markt, Ressourcen und Regularien fordern die Bauindustrie

Markt	Starke Urbanisierung 	Veraltete Infrastruktur in der EU 	Größere, komplexere Projekte 
Ressourcen	Technologisch neue Geräte 	Technologisch neue Baustoffe 	Fachkräftemangel 
Regularien	Steigende Dokumentationspflicht 	Rezyklierung, Umweltstandards 	Health & Safety 

Abbildung 3: Trends und Entwicklungen der Bauindustrie

### 2.1. Marktseitige Trends und Entwicklungen

Wirft man einen Blick auf die marktseitige Entwicklung des Hoch- und Tiefbaus, sind drei markante Trends ersichtlich. Die Rede ist von der steigenden Urbanisierung, der Erneuerung der veraltenden Infrastruktur Europas und der Entwicklung hin zu immer größeren und komplexeren Bauprojekten.

#### Urbanisierung

Die steigende Verstädterung bringt zusätzliche Herausforderungen für Bauunternehmen mit sich. Platzmangel und höhere Nachfrage nach leistbarem Wohnraum führen zu verdichteten Wohnungsbau und modularen Baukonzepten.

Zusätzlich wird die Baustellenkoordination – um genau zu sein – die Logistik und Supply Chain aufwändiger. Denn aufgrund der Platzbeschränkungen müssen Zwischenlager verkleinert, Abfälle schnell abtransportiert und Material- wie auch Gerätetransporte viel genauer geplant werden als noch vor fünf Jahren.

#### Veraltete Infrastruktur Europas

Die Infrastrukturen der europäischen Städte wurden vor Jahrzehnten und teilweise Jahrhunderten errichtet und seitdem nur wenig modernisiert. Große Teile davon benötigen zwingend Erneuerungen, um den steigenden Bevölkerungszahlen und deren gewachsenen Bedürfnissen gerecht zu werden. Besonders im Energie- und Transportinfrastrukturbereich gehen wir von einem hohen Wachstum aus.

Infrastruktur-Investitionen werden in den kommenden Jahren weiter steigen, besonders im Bereich Transport und Energie

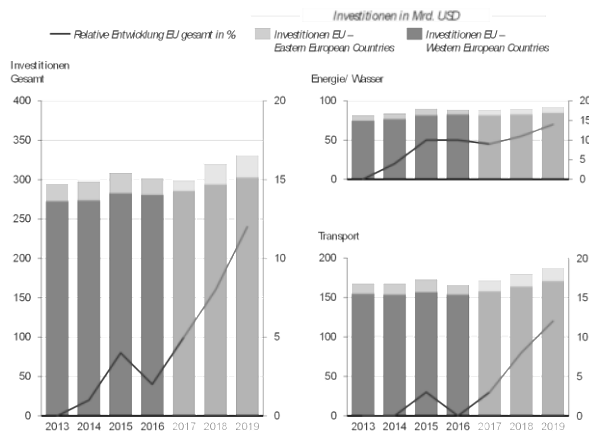


Abbildung 4: Infrastruktur Investitionen; Quelle: EUROCONSTRUCT, June 2017

- Stromnetze müssen ausgebaut werden, um die Spitzenlastabdeckungen der erneuerbaren Energien aufzufangen.
- Steigender Logistikverkehr erfordert Erneuerungen der Autobahnen.
- Die Verlagerung des Personenverkehrs auf die Schiene nimmt zu (z. B. 30-prozentige Steigerung des Passagiervolumens der Deutschen Bahn in den letzten zehn Jahren).

### Größere, komplexere Projekte

Während Investitionen in die Infrastruktur stetig wachsen, bleibt die Zahl der Projekte konstant. Dies ist auf immer größer werdende Infrastrukturprojekte zurückzuführen. Beispiele dieser Megaprojekte mit einem Volumen von > 1 Mrd. EUR sind u. a.

- London Crossrail (~15 Mrd. GBP)
- Koralmtunnel in Österreich (~ 5 Mrd. EUR)
- Flughafen Berlin (~ 5,3 Mrd. EUR)
- Stuttgart 21 (~ 7,6 Mrd. EUR)

Investitionsvolumen für Großprojekte steigen

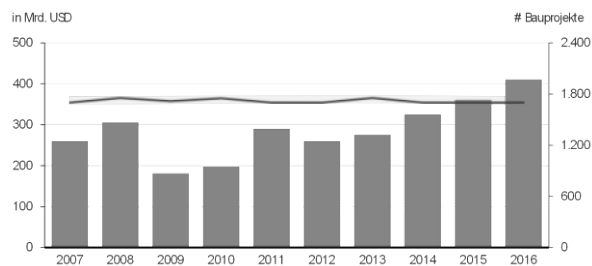


Abbildung 5: Investitionsvolumen weltweit und Anzahl Projekte; Quelle: Financial Times 2017

Diese Megaprojekte bringen aufgrund ihrer Größe ein hohes Maß an Komplexität mit sich. Durch die Vielzahl an beteiligten Unternehmen, die meist in ARGENTINEN operieren, wird die gegenseitige Abstimmung zu einem zentralen Erfolgsfaktor. Unterschiedliche firmenabhängige IT-Systeme und Controlling-Mechanismen führen zu Schnittstellenverlusten und fehlender Transparenz. Dies erschwert eine effektive Zusammenarbeit.

Sehr häufig werden diese Megaprojekte zur Schlagzeile, wenn der Planungsrahmen um mehrere Millionen Euro überschritten wird oder sich die Fertigstellung um Jahre verzögert. Beispiele davon sind in letzter Zeit immer präsenter wie z. B. der Flughafen Berlin, die Elbphilharmonie oder das Spital Nord in Wien. Auch wenn nicht alle Planungsüberschreitungen so extrem ausfallen wie bei diesen Projekten, sind sie dennoch häufiger als man denken möchte. So überschritten drei Viertel aller Großprojekte ihren Planungshorizont um mehr als 10 Prozent.

Die effektive Planung und Ausführung dieser Projekte wird einer der entscheidenden Aspekte der großen Baukonzerne. Erhöhte Planungsgenauigkeit, lückenlose Transparenz entlang der gesamten Prozesse sowie die Koordination der Stakeholder vor Ort sind bereits jetzt essenziell und gewinnen weiter an Bedeutung.

Die Anwendung bestehender Informationstechnologien aus anderen Branchen und neue Technologien, die auf die Baubranche ausgerichtet sind (wie z. B. BIM), sollen die Projektsteuerung erleichtern und Transparenz schaffen.

## 2.2. Ressourcenseitige Trends und

Entwicklungen

Ressourcenseitige Trends lassen sich in drei Kernbereiche unterteilen:

- Geräte
- Bau- und Hilfsstoffe
- Fachkräfte

Technologisch weiterentwickelte Baugeräte

Laufend werden neue Technologien entwickelt, die die Arbeitsweisen graduell oder grundlegend ändern. Die Pilotierung und Analyse der Anwendbarkeit wird bereits von einigen Konzernen praktiziert. Horváth & Partners geht davon aus, dass folgende Innovationen die Bauindustrie am meisten prägen werden:

- Building Information Modeling (BIM)  
Die 3D-Planung auf Bauteilebene ermöglicht eine schnellere und genauere Kostenkalkulation, vereinfachte Ausschreibungen, effektiveren Einkauf und die Reduktion der Fehlerhäufigkeit in Planung und Ausführung. Als Informationsplattform schafft sie Transparenz hinsichtlich Änderungen, Mängel, Nachträgen bis hin zu Wartungsplänen entlang des Baulebenszyklus.
- Internet of Things (IoT)  
IoT ist die Basis für M2M-Kommunikation, lässt die Sammlung von «Big Data» für Analysen zu und befähigt zum «Equipment Tracking». Damit können Auslastung und Bearbeitungszeiten analysiert, Kalkulationsparameter genauer überarbeitet und Frühwarnsysteme für Maschinengebrechen implementiert werden. Viele Hersteller bieten diese Funktionalitäten bereits an, z. B. Volvo mit dem Online-Tracking der Fahrzeuge. Zusätzlich werden Smart Sensors laufend Informationen zu Lärm und Staub auf der Baustelle erfassen und Wearables in Schutzkleidung versuchen, Unfälle durch Frühwarnsysteme zu vermeiden.
- Automatisierte Baugeräte  
Im Minenbau bereits fest implementiert, werden automatisierte Baugeräte sukzessive Personalkosten reduzieren. Beispiele reichen von selbstfahrenden Ladern und Bulldozern von Komatsu bis hin zu teilautomatisierten Betonverteilern.
- 3D-Druck  
Der Druck von Betonteilen ist bereits erprobt. Einsatzbereiche können u. a. die Fertigung von Fertigteilen vor Ort oder auch eine automatisierte Fertigung des Rohbaus sein. Bis dato ist der Druck mit über 80 Rohstoffen möglich. Das Start-up MX3D baute beispielsweise bereits vollautomatisiert eine Fußgängerbrücke mit 3D-Druck-Robotern.
- Drohnen und Klein-Satelliten  
Aktuell werden diese Technologien bereits bei der Vermessung und Untersuchung von schwer zugänglichen oder weitläufigen Bauten wie z. B. Pipelines, Hochhäusern oder Straßen eingesetzt.

### Neue Bau- und Hilfsstoffe

Neue Technologien sind nicht nur im Gerätesektor im Einsatz. Materialien werden ebenfalls laufend weiterentwickelt. Besonders Nanotechnologien und neuartige Verbundwerkstoffe werden die Zukunft der Baustoffe prägen.

Die Fokussierung auf den Lebenszyklus von Gebäuden führt zu einer stärkeren Berücksichtigung nachhaltiger Baustoffe, die eine höhere Umweltverträglichkeit, eine längere Lebensdauer und eine höhere Rezyklierung gewährleisten. Beispiele innovativer Baustoffe und deren Vorteile sind:

- iQ Natural, ein 75 Prozent wiederverwertbarer Vinylboden, dessen TVOC-Wert weit unter dem europäischen Standard liegt [www.tarkett.de]
- Ein mit Bakterienkulturen versetzter und sich selbst regenerierender Beton «BioConcrete», der eine
- 50-prozentige Senkung der Instandhaltungskosten bietet (in Entwicklung) [Jonkers, H. 2016]
- 30 Jahre Haltbarkeitsgarantie verspricht der organisch beschichtete Stahl «Nature» von ArcelorMittal [www.arcelormittal.com]
- 50 Prozent geringere Aushärtungszeit erlaubt der mit Chemikalien versetzte Beton Quikrete Fast Setting Concrete Mix [www.quikrete.com]

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Baugeschwindigkeit, die stark von den verwendeten Baustoffen abhängt. Ein Beispiel für Innovation bei Hilfsstoffen ist «concremote» von DOKA [www.doka.com]. Ein in Schalungsplatten verbauter Sensor misst den Betonaushärtungsgrad und hilft so, wertvolle Zeit zu sparen. Zusätzlich wird die Weiterentwicklung des Plattenbaus durch eine effizientere Nutzung von Fertigteilen in Konzepten wie der «Flying Factory» bereits angewendet. Dabei werden Fertigteile vor Ort produziert und zeitnah eingebaut, wodurch Transport-, Zeit- und Kosteneinsparungen realisiert werden.

All diese technologischen Entwicklungen von Materialien und Geräten werden eine konstante Automatisierung des Bauens vorantreiben, auch um dem anhaltenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken.

### Fachkräftemangel

Die Ressource Fachkraft ist – zumindest in Europa – rar. Diese Situation trifft besonders das personalintensive Baugewerbe. Zurückzuführen ist dieser Mangel auf mehrere Faktoren:

- Starker Abbau von Arbeitskräften während der Krise 2008/09
- Steigende Akademikerrate auf Kosten von
- Lehrberufen
- Sinkende Anzahl von Lehrstellen und Praktikumsplätzen
- Industrieübergreifender «Kampf um Talent»
- Demografische Entwicklung – Abgänge durch
- Pensionierungen

Der Anteil der europäischen Bevölkerung im arbeitsfähigen Alter sinkt und verstärkt somit den Fachkräftemangel

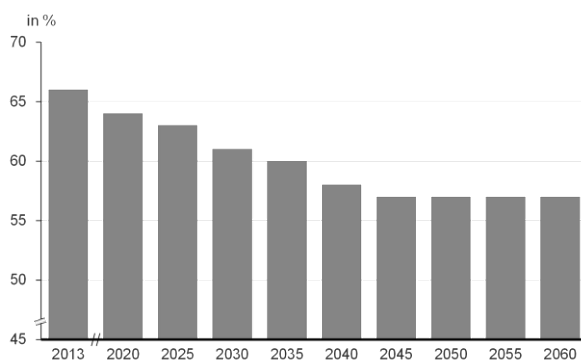


Abbildung 6: Erwerbstätige Bevölkerung (15 bis 64-Jährige) in der EU; Quelle: The Aeging Report, Europäische Kommission 2015

Auch wenn der Lehrberuf wieder stärker an Ansehen gewinnt, bleibt die Bauindustrie ein wenig begehrter Arbeitgeber. Darüber hinaus führt der demografische Wandel in Europa zu einer langfristigen Reduktion der erwerbstätigen Bevölkerung. Dies wird den Fachkräftemangel noch weiter verstärken.

### 2.3. Regularien

Auch Gesetzgebung und Regulierungen stellen die Baubranche vor Herausforderungen.

Stetig steigende Dokumentationspflichten zur Arbeitszeitüberlassung, Qualifikations- oder Nachunternehmer-Nachweise erhöhen den administrativen Aufwand signifikant.

Legt man den Bericht «Strategischer Rahmen der EU für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz 2014 – 2020» zugrunde, sind im Bereich Health & Safety verschärfte Rahmenbedingungen zu erwarten. Dazu kommen u. a. die europäische Rezyklierungsrichtlinie 2008/98/EG, die eine 70-prozentige Recyclingquote für Bauschutt bis 2020 vorsieht. [Europäische Union 2008]

## 3. Handlungsempfehlungen für einen erfolgreichen Wandel

Die großen europäischen Konzerne haben das Potenzial neuer Technologien und digitaler Innovationen längst erkannt. Es wird in innovative Start-ups investiert und laufend von Pilotprojekten berichtet, in denen technologische Neuerungen getestet werden und Digitalisierung in Form von BIM vorangetrieben wird. Trotzdem sind diese Themen nur ein erster Schritt für den Wandel der Baubranche. Andere Aspekte sollten nicht außer Acht gelassen werden. Horváth & Partners empfiehlt sechs relevante Themenfelder zur erfolgreichen Neuausrichtung im dynamischen Umfeld der Bauindustrie.

### 3.1. Strategie und Business-Modellentwicklung

Niedrige Margen, neue Technologien, Innovationen von Start-ups sowie die derzeitige Marktmacht der Subunternehmer sind nur eine Auswahl an Ursachen, die Bauunternehmen zwingen, ihr Geschäftsmodell zu überdenken. Die strategische Neuausrichtung kann sowohl durch vertikale Integrationen als auch durch die Entwicklung neuer Geschäftsbereiche erfolgen.

#### Venture Capital

Neue Innovationen von Start-ups drängen in der Baubranche auf den Markt und versuchen diese zu revolutionieren. Immer mehr Bauunternehmen setzen daher auf Beteiligungen an Start-ups, auf Investitionen in Patente oder auf den Zukauf von technologischen Neuerungen, weil dies eine kostengünstigere Alternative zur F&E darstellt.

Da im Softwarebereich kaum Branchenstandards zu finden sind, müssen diese erst durch teure Entwicklungsprogramme erarbeitet werden. Diese Entwicklungen sind für Baukonzerne oft sehr zeitintensiv und kostspielig. Beteiligungen an diesen Softwareunternehmen können die Investitionskosten reduzieren und die Kapitalrentabilität erhöhen. Zusätzlich sichert man sich den direkten Einfluss auf die Entwicklung.

Um den Auswahlprozess an Beteiligungen und die Investments bestmöglich zu steuern, empfiehlt sich die Gründung einer eigenständigen Venture-Capital-Gesellschaft oder der Ausbau einer bereits vorhandenen Abteilung. Beispiele für dieses Konzept sind «doka Ventures» oder «CEMEX Ventures».

Sechs Bereiche bilden das Fundament der Zukunft



Abbildung 7: Sechs Themenfelder der Transformation

### Vertikale Integration

In den vergangenen Jahrzehnten wurde die Wertschöpfungstiefe von Bauunternehmen kontinuierlich abgebaut, da man auf ein Überangebot an Subunternehmern zurückgreifen konnte. Dieses Überangebot hat sich mittlerweile zu einem Lieferanten- und Handwerksmangel umgekehrt. Um die verfügbaren Kapazitäten zu sichern und die Wertschöpfungstiefe als auch die Margen zu steigern, erweitern immer mehr Baukonzerne ihre operativen Bereiche wieder, um Subunternehmer und Lieferanten zu integrieren.

Ein weiterer Trend ist die Entwicklung vom Generalunternehmer über den Totalunternehmer bis hin zu Vermietung und Betrieb (Facility-Management). Die Integration der Immobilienentwicklung und der Betrieb der Gebäude wird immer öfter mit dem Geschäftsmodell vereint.

### 3.2. Technologische Erweiterungen

Die Auseinandersetzung mit technologischen Entwicklungen wird zum zentralen Wettbewerbsvorteil in der Bauindustrie. Dazu ist ein strukturiertes Innovationsmanagement unerlässlich. Als Basis gilt es Technologieverantwortliche zu definieren. Eine Möglichkeit ist, diese in drei Segmente Geräte, Baustoffe und IT zu unterteilen. Essenziell ist außerdem die Nähe zu den operativen Einheiten, da dadurch der «Weg» zur Erprobung verkürzt wird (Pilotprojekte).

Ein klar definierter Verantwortungsbereich, eine ausformulierte Zielvorgabe, Kontrollinstanzen und ein hoher Grad an Transparenz sind unerlässlich für eine effektive Steuerung der Innovationsabteilung. Horváth & Partners empfiehlt einen Innovationstrichter mit vier Schritten, um den Weg einer neuen Innovation bis zur Marktreife strukturiert abzuwickeln. Innerhalb dieses Prozesses werden sowohl Machbarkeit als auch Aufwand und Nutzen mithilfe eines Business Case analysiert, bevor ein detaillierter Implementierungsplan die Einführung unterstützt.

### 3.3. Partnerschaften

Firmenübergreifende Kooperationen gewinnen immer mehr an Bedeutung für branchenweite Standardisierungen, integrierte Produktentwicklungen und firmenübergreifende Optimierungen. Aus diesem Grund ist die Forcierung von Partnerschaften ein weiterer Schritt auf dem Weg zur erfolgreichen Transformation.

Horváth & Partners sieht die wichtigsten Partnerschaften in den Bereichen der «Bauindustrie-Interessensvertretung» (wie z. B. der Hauptverband der deutschen Bauindustrie), der Geräte- und Baustoffzulieferer und der Subunternehmer.

#### Partnerschaften und ihr Nutzen

Bauindustrie-Interessensvertretung (Bau-Foren)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aktive Mitbestimmung bei branchenweiten Standards, die für einen Großteil der Innovationen notwendig sind</li> <li>■ Reduziertes Entwicklungsrisiko</li> <li>■ Erhöhtes Mitspracherecht bei Regularien durch stärkere Marktmacht</li> </ul>
Baugerätehersteller, Baustofflieferanten und IT-Entwickler	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bereichsübergreifende Prozessoptimierung führt zur gegenseitigen Kostenreduktion (Logistik-Prozesse, Just-in-Time,...)</li> <li>■ Privilegierter Zugang zu neuen Innovationen wird ermöglicht</li> <li>■ Neue Innovationen der Zulieferer sind auf die Anwendungsgebiete des eigenen Unternehmens ausgerichtet</li> <li>■ Pilotierung von neuen Technologien auf eigenen Baustellen ergibt eine Win-Win-Situation</li> <li>■ Gegenseitiger Informationsaustausch ermöglicht Kompetenzaufbau in spezifischen Bereichen (IoT, Sensorik, nachhaltige Rohstoffe,...)</li> <li>■ Schulungen von Mitarbeitern bezüglich Neuerungen können an den Partner ausgelagert werden</li> </ul>
Subunternehmer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reduktion von Schnittstellenverlusten durch unzureichende Kommunikation oder Abstimmung</li> <li>■ Sicherstellung von Qualitäts- und Prozessstandards</li> <li>■ Gegenseitiger Know-how-Transfer</li> <li>■ Sicherstellung der Fachkräftequalität und -verfügbarkeit für diverse Projekte</li> </ul>

Abbildung 8: Überblick der Partnerschaften

### 3.4. Personal- und Wissensmanagement

Ein europaweiter Fachkräftemangel und bevorstehende Pensionierungswellen fordern die Bauindustrie massiv. Es gilt daher, Fachkräfte an das Unternehmen zu binden und Wissen systematisch zu erfassen. Die Bauindustrie muss außerdem für junge Fachkräfte attraktiver werden, um mit den Anforderungen der Digitalisierung Schritt zu halten. Auch die Wandlung der Arbeitsplätze und Abteilungen durch die Digitalisierung stellt Bauunternehmen vor neue Herausforderungen, die nur durch ein aktives Engagement überwunden werden können.

Horváth & Partners hat vier Themenfelder definiert, um die Personalverfügbarkeit und das Wissensmanagement sichern zu können.

#### Die Bauindustrie wieder attraktiv machen

Das Baugewerbe gilt seit längerer Zeit nicht als beliebteste Branche für junge Fachkräfte. Aus diesem Grund müssen gezielt Schritte eingeleitet werden, um die Baubranche wieder interessanter zu machen und sich dabei als attraktiver Arbeitgeber zu positionieren.

Veraltete Incentive-Programme sollten überarbeitet und an die jüngeren Generationen angepasst werden, die Mitgestaltung und Eigenverantwortung mehr schätzen als monetäre Motivatoren. Beispiele für derartige Incentives sind Teilnahmemöglichkeiten an diversen innerbetrieblichen «Networks» oder ein erweitertes Weiterbildungsangebot.

Weitere zentrale Aspekte sollten die Work Life Balance und flexible Arbeitszeiten sein, da diese bei der Berufswahl der Generation Y ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Für junge Eltern sind Unterstützungen wie Betriebskindergärten, Eltern-Kind-Büros oder flexiblere Karenzregelungen oft ein Grund bei der Arbeitgeberwahl.

Zusätzlich zu den Änderungen innerhalb des Unternehmens sollte auch das Personal-Marketing gestärkt werden um alle potenziellen Mitarbeiter zu erreichen und sie über die Perspektiven innerhalb des Unternehmens zu informieren.

### **Organisationskonzept**

Die Digitalisierung wird einen starken Einfluss auf das Organisationskonzept von morgen haben, da Arbeitsbereiche verschwimmen und Anforderungsprofile erweitert werden. Arbeitsplätze und Abteilungen müssen an diese Gegebenheiten angepasst werden. Schritte für die Begleitung des aktiven Wandels sind

- Schaffung neuer/Abbau von obsoleten Abteilungen
- Verstärktes Fördern von interdisziplinärem Arbeiten
- Implementierung von örtlich ungebundenen Arbeitsplätzen
- Definition des Organisationskonzepts der «Baustelle der Zukunft»

### **Wissensmanagement**

Die bevorstehenden Pensionierungswellen führen dazu, dass große Teile des Wissens mit den abgehenden Mitarbeitern das Unternehmen verlassen werden. Um hier gegenzusteuern, müssen Fachwissen und operative Erfahrungen systematisch erfasst werden. Der Aufbau von Wissensplattformen, die sowohl prozessuales als auch technologisches Wissen bündeln, unterstützt diesen Vorgang. Speziell das Wissen der operativen Einheiten gilt es festzuhalten, da es in diesen Bereichen oft an Strukturen zur gezielten Wissensweitergabe mangelt. Auch der Austausch zwischen Jung und Alt kann durch Mentoring-Programme unterstützt werden und somit einen informellen Rahmen zur Sicherung des Wissens schaffen.

### **Inhouse Personal-Leasing**

Die benötigten Personalkapazitäten fluktuieren in der Baubranche aufgrund des projektbasierten Arbeitens stark und die Abhängigkeit von Subunternehmern nimmt zu. Um Engpässe zu vermeiden, ist die Gründung einer Personal-Leasing-Firma für gewerbliches Personal empfehlenswert. Diese sichert die Fachkräftequalifikationen, dient der effektiven Zuteilung von Kapazitäten und steigert darüber hinaus die Wertschöpfungstiefe des Bauunternehmens.

## **3.5. Digitalisierung und Transparenz**

Digitalisierung ist das zentrale Thema der Bauindustrie. Enorme Effizienzgewinne durch Verbesserungen in der Planung, Abstimmung, Steuerung und Transparenz von Projekten werden angestrebt. Besonders bei Großprojekten sind die Einsparpotenziale beträchtlich, wenn Verzögerungen oder Kostenüberschreitungen dadurch minimiert werden.

### **Digitalisierung und Transparenz durch BIM**

BIM ist als 3D-Planungsmodell bekannt. Die 3D-Modellierungsfunktion ermöglicht eine bauteilbasierte Planung und schafft die Grundlage einer schnellen, kostengenauen Kalkulation auf Bauteilebene. Durch eine Verknüpfung mit Augmented Reality kann das 3D-Modell vor Ort (auf der Baustelle) durch den Bauherrn begutachtet und auf Planungsfehler geprüft werden. Planungsänderungen werden auf das gesamte System übertragen und die neuen Kosten werden zeitnah nachkalkuliert.

Auch im digitalisierten Vergabeprozess etabliert sich BIM immer weiter und wird bei der Tenderabgabe bereits von zahlreichen Organisationen verlangt. BIM kann selbst auch als Plattform für einen Vergabeprozess genutzt werden. Doch BIM ist mehr als nur ein Planungs- und Ausschreibungstool. Es unterstützt Bauprojekte von der Planung über die Ausführung bis hin zum Betrieb.



In der Bauphase beispielsweise ermöglicht BIM ein exaktes Echtzeitcontrolling, da Kosten bauteilbasiert zugewiesen sind. Das vereinfacht die Abweichungsanalyse und führt zu einem höheren Detaillierungsgrad. Die Kostenkalkulationsparameter können dadurch laufend angepasst und für neue Angebote verbessert werden.

BIM ermöglicht außerdem die Integration einer Informationsplattform entlang der gesamten Projektdauer. Diese Plattform bietet eine cloudbasierte Verteilung aller relevanten Informationen an die Stakeholder (z. B. Veränderungen, Reklamationen), ermöglicht die Implementierung digitaler Freigabeprozesse und stellt zusätzliche Informationen entlang des Produktlebenszyklus (Instandhaltungspläne, Energiebilanz etc.) zur Verfügung.

Um BIM effektiv in einem Unternehmen einzusetzen, empfehlen sich folgende Schritte:

- Aktive Teilnahme an Partnerschaften zur notwendigen Branchenstandardisierung
- Forcierung von Pilotprojekten
- Test neuer Technologien in Zusammenarbeit mit BIM (Augmented Reality, Google Tango,...)
- Aktive Mitgestaltung der BIM-Entwicklung mit
- IT-Firmen
- Integration der Lieferanten zur Informationsteilung

### **Effizienzsteigerung durch Digitalisierung der Baustelle**

Zusätzlich zu BIM sind enorme Effizienzsteigerungen durch Digitalisierung und Automatisierung der Baustelle zu erwarten.

Auf der Baustelle der Zukunft werden Daten zu Materialverbrauch und Lagerbeständen entlang der Supply Chain systematisch erfasst. Ein digitalisiertes Bestellwesen greift auf diese Daten zu und verhindert Lieferengpässe und überhöhte Lagerbestände.

Durch eine digitalisierte, automatisierte Erfassung von Gerätedaten werden außerdem Nutzungs- und Auslastungsanalysen ermöglicht, die Effizienzsteigerungspotenziale in der Baugerätenutzung aufzeigen. Auch Instandhaltungspläne können dadurch präziser geplant und Stillstände auf ein Minimum reduziert werden.

In den Baustoffen integrierte Sensortechnik erleichtert zusätzlich laufende Qualitätskontrollen erheblich und verhindert durch ein Warnsystem gleichzeitig das fehlerhafte Verarbeiten der Bauteile.

In Abbildung 10 befindet sich ein Auszug aus den wichtigsten Verbesserungspotenzialen einer digitalisierten und automatisierten Baustelle.

Digitalisierung und ihr Nutzen		
	Themengebiete	Nutzen
Digitalisierung der (Bau-) Prozesse	■ Standardisierter Kalkulationsprozess	■ Erhöhung abgegebener Tender, Steigerung der Hit Rate
	■ Digitalisierung des Contract-, Claim- & Risk-Managements	■ Transparenz über Vertragsänderungen
	■ Digitale Dokumentation der Baustellenprozesse	■ Frühzeitige Risikoerkennung
	■ Digitale Abwicklung der Personalplanung	■ Reduktion der administrativen Tätigkeiten
	■ Schaffung einer zentralen Informationsplattform (BIM)	■ Echtzeit Ressourcen-Monitoring
Digitalisierung der Supply Chain	■ Systematische Erfassung von Daten entlang der Supply Chain (Materialverbrauch, Lagerstände,..)	■ Optimierung der Logistikströme in verbauten Gebieten
	■ Digitalisierung des Bestellwesens	■ Bessere Vergleichsmöglichkeiten der Lieferanten
	■ Systematische Lieferantenbewertung	■ Kosteneinsparungen im Sourcing
	■ Digitalisierte Lagerhaltung und Lieferplanung (JIT Lieferlots,..)	■ Optimierung der Baustellenliquidität
		■ Vermeidung von Lieferengpässen
Digitalisierung der Baugeräte	■ Systematische Erfassung der Gerätedaten	■ Höhere Präzision und Vereinfachung der Maschinenplanung
	■ Effizienzanalyse der Gerätenutzung	■ Effizienzsteigerung bei der Maschinennutzung
	■ Nutzungs- und Auslastungsanalysen	■ Optimierte Instandhaltungsmanagement
	■ Digitalisierung der Instandhaltungspläne und Geräteinfos	■ Präzisere Kalkulationswerte bei der Kostenkalkulation
	■ Nutzung von Ist-Daten für die Kalkulationswerte	
Digitalisierung der Baustoffe	■ Standardisierung und Digitalisierung der Materialstämme	■ Überprüfungserleichterung der Verarbeitung, Qualität, Statik, ...
	■ Integration von Sensortechnik bei ausgewählten Baustoffen	■ Laufende Qualitätskontrolle
	■ Verwendung von Wamsystemen im Falle einer fehlerhaften Verarbeitung der Baustoffe	■ Fehlervermeidung bei der Verarbeitung der Baustoffe
		■ Erleichterte Mängelrückverfolgbarkeit

Abbildung 10: Umwälzungen durch die Digitalisierung der Baustelle

### Erhöhte Transparenz durch ein integriertes, digitales Reporting

Der größte Hebel zur Steigerung der Margen im Bauwesen wird in erster Linie die gewonnene Transparenz sein. Durch ein vollständig integriertes Reporting, auf Basis von nicht manipulierbaren, echtzeitbasierten Daten, wird eine verbesserte Steuerung der Baustellen, der Fachabteilungen sowie des gesamten Konzerns ermöglicht. Voraussetzung dafür ist jedoch eine durchgängige Datenerfassung auf allen Ebenen.

Transparenz von der Baustelle bis zur Konzernsteuerung ist die Grundlage für eine nachhaltige Ergebnisverbesserung

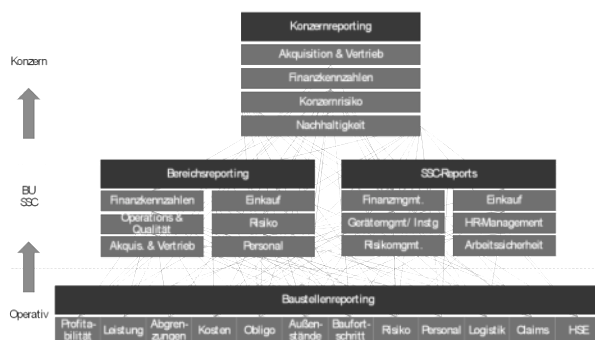


Abbildung 11: Exemplarische Reportingstruktur

Dies beginnt beim Baustellenreporting bei Echtzeit Plan-Ist-Analysen, Kapazitätsplanungen und digitalen Tagesberichten. Aufbauend auf diesen Daten sind «Shared Service Center»-Reporting für Einkauf, Geräteverwaltung, HR, Supply Chain, Finanz, Arbeitssicherheit usw. bis hin zur Business Unit und dem Konzernreporting zu gestalten.

Usability, wie ein übersichtliches Berichtsdesign und Drill-down-Funktionen, ist essenziell, um die Ursachen für Abweichungen schnell zu identifizieren und aktiv zu steuern. Das Reporting-Tool sollte mit «self service» Dashboards und einem «Digital Board Room» ausgestattet sein. Die Nutzung dieser Reports sollte sich vom CEO bis zu den Baustellenleitern erstrecken, um ein Echtzeitreporting mit erhöhter Datenqualität vom Konzern-/BU-Level bis auf die Baustellenebene zu gewährleisten.

### **Grundlagen für eine erfolgreiche Digitalisierung**

Ein Großteil der Baukonzerne besitzt IT-Abteilungen, die in den letzten Jahrzehnten für den Betrieb der Infrastruktur verantwortlich waren. Die Digitalisierung stellt jedoch neue Anforderungen an die Organisation der IT-Abteilungen und deren Aufgabenbereiche.

Um diesen gerecht zu werden, bewies sich die Trennung des laufenden IT-Betriebs und der agilen Produktentwicklung, also der Aufbau einer sog. «2Speed IT» als guter Ansatz. Die Prozesshoheit für Themen der Digitalisierung muss in den Fachbereichen liegen, da diese mit den Anforderungen des operativen Geschäfts besser vertraut sind. Zusätzlich bietet sich die Einbindung der Technologieverantwortlichen an, da sie das notwendige Know-how besitzen, um Digitalisierungskonzepte anhand der zugänglichen Technologien zu entwickeln. Ist eine F&E-Abteilung vorhanden, sollte auch diese in geplante Themen der Digitalisierung involviert werden.

Im Zuge der Planung neuer Konzepte gilt es, einen starken Fokus auf die Umsetzbarkeit zu legen (Umsetzbarkeitsanalysen). Zusätzlich sollte auch die Wirtschaftlichkeit der Projekte nicht außer Acht gelassen werden. Durch die Erstellung von Business Cases lassen sich Kosten und Nutzen gegenüberstellen und bewerten. Eine agile Projektmethodik ermöglicht eine schnelle und effiziente Umsetzung der Digitalisierungskonzepte, die mit Lighthouse-Projekten pilotiert und getestet werden.

Neben den organisatorischen und prozessualen Veränderungen ist auch eine durchgängige Daten-Architektur notwendig. Um die korrekte Auswertbarkeit der Daten zu gewährleisten, muss diese dem «One single source of truth»-Prinzip folgen.

## **3.6. Operational Excellence**

Die exzellente Ausführung der operativ wertschöpfenden als auch unterstützenden Prozesse ermöglicht eine nachhaltige Ergebnisverbesserung. Die Auseinandersetzung mit diesen Prozessen wurde durch den globalisierten Wettbewerb in der produzierenden Industrie bereits vor Jahren stark forciert. Dies ist einer der ausschlaggebenden Gründe für den Produktivitätsunterschied zwischen der Baubranche und produzierenden Industrien. Es gibt jedoch auch eine Vielzahl an Managementmethoden und -konzepten, die auf die Bauindustrie umgelegt werden können.

Organisatorisch sollte eine Operational-Excellence-Abteilung angedacht werden. Als Stabstelle ist diese direkt dem CEO oder COO unterstellt und unterstützt die Business-Bereiche mit Effizienzsteigerungsprogrammen. Das ermöglicht einerseits das zentrale Sammeln des Wissens und andererseits eine enge Zusammenarbeit mit der Managementebene des Unternehmens. Dies ist vorteilhaft da Operational-Excellence-Themen (OPEX) von oben getragen werden müssen.

Um den unterschiedlichen Anforderungen der Bausegmente gerecht zu werden, können Operational Excellence Manager für jedes Bau-Segment definiert werden (Hochbau, Tunnelbau, Tiefbau usw.). Aufgaben- und Kompetenzbereiche dieser Manager sind genau festgelegt und mit dem Management abgestimmt, da sie teilweise stark in die operativen Arbeitsweisen eingreifen.

In der Umsetzung der OPEX-Thematik müssen im ersten Schritt die Baustellen analysiert und deren operative «Fitness» bewertet werden. Danach gilt es Verbesserungsmaßnahmen zu konzipieren, die auf die verschiedenen Bausegmente und Baustellen abgestimmt

sind. Es empfiehlt sich, eine Fortschrittsmessung der Maßnahmen und Ziele zu definieren, um eine Messbarkeit der Initiativen zu gewährleisten. Daraus folgend werden die erstellten Verbesserungskonzepte auf den Baustellen in enger Zusammenarbeit mit den Baustellenleitern eingeführt.

Ansatzpunkte für Operational Excellence sind zahlreich. Eine gängige Managementmethode zur kontinuierlichen Verbesserung stellt Lean-Management dar. Als «Lean Construction» wurde bereits ein Teil der Methodik auf die Bauindustrie übertragen, jedoch sollte Lean-Management noch stärker auf die operativen, wertschöpfenden Tätigkeiten angewendet werden.

Lean-Management lässt sich auch auf die Bauindustrie übertragen und ermöglicht nachhaltige Effizienzsteigerungen

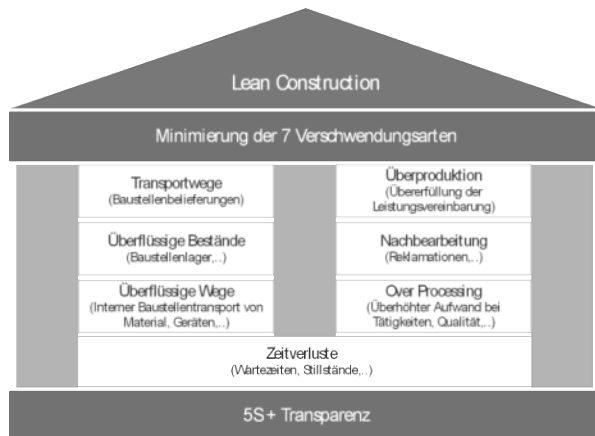


Abbildung 12: «Lean-Haus»

### Standardisierung der repetitiven Prozesse

Durch eine standardisierte Abwicklung der Arbeitsschritte eröffnen sich Zeit- und Kosteneinsparungspotenziale auf der Baustelle. Es gilt die häufigsten Prozesse auf der Baustelle zu definieren und ihre Standardisierungsmöglichkeiten zu bewerten. Mögliche in Betracht zu ziehende Prozesse sind Asphaltierung, Betonschalung, Gerüstaufbau oder Bohrvortrieb im Tunnelbau.

### Leerzeioptimierung der kritischen Baugeräte

Um den Kostenfaktor der Baugeräte zu minimieren, sollten Leerzeiten so kurz wie möglich gehalten werden. Gründe für Stillstände sind entweder eine falsche Kapazitätsplanung, Wartungsarbeiten oder Rüstzeiten. Deshalb empfiehlt es sich, die Maschinenplanung (Kapazität) und Wartungspläne anhand von Erfahrungswerten fortlaufend anzupassen. Als weitere Unterstützung für das Wartungsmanagement bieten sich diverse Frühwarnsysteme an, welche die Maschinenzustände erfassen und Mängel frühzeitig erkennen. Auch Rüstprozesse können durch Standardisierung oder besser geschulte Mitarbeiter verkürzt werden.

### Wertstromanalyse auf den Baustellen

Um Wegzeiten auf der Baustelle zu verkürzen, müssen die Materialflüsse der wertschöpfenden Prozesse erfasst und analysiert werden. Auf Basis der Analyse können Zulieferplätze und Lagerplätze nach Bedarf verlegt oder die Arbeitsteilung angepasst werden.

### Optimierung der Logistik- und Supply Chain

Interne und externe Zulieferungen werden idealerweise getrennt analysiert und optimiert. Für interne Transporte gilt es, Transportwege durch Routenoptimierungen zu verkürzen und LKW-Auslastungen durch verbesserte Kapazitätsplanung hoch zu halten. Bei externen Zulieferungen bietet sich das Just-in-Time-Lieferkonzept an. Es verhindert hohe Lagerbestände und spart dadurch nicht nur Kosten, sondern schafft auch Platz auf Baustellen. Zusätzlich können durch den Einsatz eines automatisierten Bestellwesens, die Materialverbrauchsdaten erfasst und damit Wartezeiten aufgrund von Materialengpässen vermieden werden.

### **Implementierung neuer Technologien und Geräte**

Besonders der technische Fortschritt wird eine Effizienzsteigerung in der Bauindustrie bewirken. Der Operational Excellence Manager sollte dafür verantwortlich sein neue Technologien auf Baustellen vorzuschlagen und zu implementieren.

### **3.7. Interne Kommunikation und Stakeholder-Management**

Sowohl eine effektive interne als auch eine gezielte externe Kommunikation bilden die Basis für eine erfolgreiche Transformation. Intern muss der Wandel durch Change-Management-Ansätze begleitet werden, während die externe Kommunikation den Fortschritt des Unternehmens für die Öffentlichkeit zugänglich macht.

#### **Verbesserung der internen Kommunikation**

Da eine Unternehmenstransformation nur mit der Hilfe der Mitarbeiter möglich ist, sind diese aktiv zu involvieren und über die Vorteile der Veränderung zu informieren.

Aufgrund der in der Baubranche gängigen Kultur werden Fehler selten offen gelegt. Dadurch ist die Ursachenbehebung kaum zielgerichtet und die Fehlerbeseitigung verläuft intransparent («firefighting»). Dies führt zu einer Informationsasymmetrie zwischen dem Management und den Mitarbeitern. Ein Kulturwechsel hin zu einer proaktiven, sich selbst verbessernden Fehlerkultur wird daher in der Bauindustrie benötigt, um eine kontinuierliche Verbesserung zu gewährleisten und den Wandel voranzutreiben.

Zu diesem Zweck müssen interne Kommunikationskanäle wie z. B.

- Quartalsweise Kurzfilme über verschiedenste Themengebiete
- «CompanyTV» in Gemeinschaftsbereichen (Kantine, Pausenräume,...)
- Oder ein monatliches Konzernmagazin

stärker genutzt werden. Es ist außerdem förderlich, die Mitarbeiter selbst in die Informationsgestaltung einzubinden und sie als Informationsträger zu nutzen, da dies die Akzeptanz erheblich erhöht.

#### **Forcierung der Public-Relations-Initiativen**

Durch gezielt gesetzte PR-Maßnahmen ist es dem Unternehmen möglich, sich als Innovations- und Leistungsträger zu positionieren. Dadurch kann die Wahrnehmung von Shareholdern, Geschäftspartnern und Kunden aktiv gestaltet werden. Zusätzlich platziert sich das Unternehmen als attraktiver und innovativer Arbeitgeber.

Folgende Initiativen unterstützen die Imagebildung des Unternehmens:

- Anpassung der PR-Strategie an die Digitalisierung bzw. Erarbeitung einer PR-Strategie über die Digitalisierung
- Stärkere Aktivität bei Presseartikeln
- Nutzung der Partnerschaften zur Platzierung von relevanten Informationen
- Veröffentlichung von Lighthouse-Projekten
- (Quartalsweise) Berichte über Innovationsfortschritte

## **4. Fazit**

Aktuell agiert die Bauindustrie noch recht verhalten, wenn es um die Veränderungen durch die Digitalisierung geht. Zahlreiche Baukonzerne legen unterschiedlich starken Fokus auf einen oder mehrere der sechs erwähnten Themenfelder. Meist werden BIM, die Digitalisierung der administrativen Prozesse sowie der Einsatz neuer Technologien forciert, während notwendige Partnerschaften, Optimierung der wertschöpfenden Prozesse oder auch strategische Venture Capital Investments noch kaum in Betracht gezogen werden.

Trotz punktueller Impulse in Richtung Transformation fehlt häufig ein ganzheitlicher Blick auf alle Themenbereiche. Um das volle Potenzial der Veränderungen zu nutzen, empfiehlt sich eine strukturierte Analyse des Ist-Zustandes, die eine zielgerichtete Unternehmenstransformation mit effizienter Implementierungs-Roadmap ermöglicht.

Es ist also noch ein weiter Weg bis zur digitalisierten, standardisierten und automatisierten «Baustelle der Zukunft». Doch mit zielgerichteter Vision und einem strukturierten Umsetzungsplan wird man sich im Wandel der Bauindustrie behaupten.

## 5. Literaturverzeichnis

ArchelorMittal Offizielle Webseite [[www.arcelormittal.com](http://www.arcelormittal.com)]

DOKA Offizielle Webseite [[www.doka.com](http://www.doka.com)]

EUROCONSTRUCT (2017): 83rd EUROCONSTRUCT Conference, EUROCONSTRUCT, June 2017

Europäische Kommission (2015): The 2015 Aeging Report, European Economy 3/2015

Europäische Union (2008): Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien, Amtsblatt der Europäischen Union

Jonkers, H. (2016): Self-healing of Concrete by Bacterial Mineral Precipitation, TU Delft

Plimmer, G. (2017): Investment in infrastructure assets soars to record, Financial Times (23.01.2017)

Quikrete Offizielle Webseite [[www.quikrete.com](http://www.quikrete.com)]

Tarkett Offizielle Webseite [[www.tarkett.de](http://www.tarkett.de)]

World Economic Forum (2016): Shaping the future of Construction, World Economic Forum

# Zusammenwirken und Grosses Schaffen aus Holz

Heiko Seen  
HU-Holzunion GmbH  
Rotenburg (Wümme), Deutschland







# Zusammenwirken und Grosses Schaffen aus Holz

## 1. Das Unternehmen

Die HOLZUNION ist ein leistungsstarker, zukunftsorientierter und überregional ausgerichteter Verbund aus fünf namhaften, inhabergeführten Holzbau-Unternehmen. Mit über 300 Mitarbeitern zählt die HOLZUNION zu den führenden Akteuren in der Branche. In einem äußerst effizienten Zusammenspiel bündeln wir unsere unterschiedlichen Kernkompetenzen und langjährigen Erfahrungen in Holz unter einem gemeinsamen Dach.

### 1.1. Unternehmensentwicklung

Durch die Struktur der HOLZUNION im Verbund ist ein Umsatzwachstum in den kommenden Jahren, ohne wesentliche personelle Veränderung, problemlos möglich. Dies kommt der schwierigen Entwicklung von fehlenden Fachkräften im Markt entgegen. Möglich ist eine solche Entwicklung durch die fachliche und auch personelle Ergänzung des deutschlandweit ausgerichteten Verbundes.

Im Bereich der Akquise, Projektleitung und Bauleitung wird die HOLZUNION Ihre Kapazitäten zwar in den kommenden Jahren gezielt ausbauen und größtenteils auch selbst mit entsprechenden Fachkräften besetzen, aber die vorhandene Struktur der fünf Gesellschafterunternehmen bildet die Basis des Unternehmens.

Die Projektgröße ist derzeit von 2 bis maximal 15 Millionen € geplant, wobei der Schwerpunkt in den Projekten von 2 bis 5 Millionen liegt.

### 1.2. Produkte & Märkte

Dargestellt in den Geschäftsfeldern der HOLZUNION ergeben sich für das Unternehmen 3 Schwerpunkte im Produktangebot:

1. Serielle Aufstockungen in Holzbauweise im Bestand
2. Mehrgeschossiger Wohnungsbau als urbaner Holzbau und/oder Hybridbau
3. Größere Holzbauprojekte als GU- & Teil-GU-Leistung

Was die Märkte angeht, so wird sich die HOLZUNION für die kommenden Jahre auf den deutschsprachigen Markt konzentrieren.

### 1.3. Ziele

Der Start des Unternehmens am 01.03.2014 mit dem Zugang von Dipl.-Ing (FH) Heiko Seen ist bis heute sehr erfolgreich verlaufen. Ursprünglich waren zwei Jahre für den Aufbau der Unternehmensstruktur, der Entwicklung der Geschäftsbeziehungen untereinander & extern und der Akquise von Großprojekten geplant, was sich aber durch den frühen Auftrag des ersten Projektes TM50 in Nürnberg deutlich verkürzt hat. Das Ziel des Unternehmens ist nicht vorwiegend eine Umsatzsteigerung der beteiligten Gesellschafterunternehmen zu erreichen, sondern über eine kontinuierliche Auslastung der Unternehmer und der Nutzungen der Synergien im Bereich Personal und Know-how den Ertrag über den Jahresverlauf zu steigern.

Dieses Ziel wurde schon früh in der Entwicklungsphase erreicht und auch wenn es nicht nur Erfolgsprojekte gab, hat man die ursprünglichen Erwartungen in den ersten 5 Jahren mehr als erfüllt.

### 1.4. Die Vision

#### «Alles kompetent aus einer Hand» – Geschäftsführer Heiko Seen

«Das ist meine Hauptaufgabe und auch der große Vorteil für unsere Kunden und Partner. Durch den Verbund der unterschiedlichen Unternehmen sind wir deutschlandweit bestens aufgestellt und vernetzt. So gelingt es uns, die regionalen Vorteile für unsere Kunden

effektiv auszuspielen. Als Holzbau- und Generalunternehmer können wir nicht nur nationale Großprojekte abwickeln, sondern es ist auch langfristig unser Ziel im internationalen Bereich aufzutreten. Unser großer Vorrat an Wissen und langjährigen Erfahrungen tragen dazu bei, mit Innovationen und zukunftsweisenden Investitionen in Kompetenzen und Technologien unsere Marktposition weiter auszubauen. Kreativität bei der Suche nach baubiologisch sinnvollen Lösungen, der sorgsame Umgang mit unseren natürlichen Ressourcen sowie das präzise, vorausschauende Handeln bestimmen unsere Arbeit. Dabei verfolgen wir eine gemeinsame Vision: **GROSSES SCHAFFEN AUS HOLZ»**

## 2. Die Projekte

### 2.1. Der Start – Aufstockung TM50 (ehem. Foto Quelle)

Die Foto Quelle erwarb in der Thomas-Mann-Straße ein 50.000 m<sup>2</sup> großes Grundstück und begann dies 1974 in Abschnitten zu bebauen. Infrastruktur und Verkehrsanbindungen wurden geschaffen. Nach Fertigstellung sämtlicher Gebäude (bebaut wurden ca. 31.000 m<sup>2</sup> der Grundstücksfläche), bezog die Foto Quelle mit ihrem damals modernsten Fotolabor Europas, 1978 das Areal. Mit 216 Metern Länge und 55 Metern Breite ein imposanter Flachdach-Komplex!

Im Oktober 1995 erwarb Helmut Schmelzer die Immobilien und das Grundstück von der Foto-Quelle. Dieser entschied sich später vollumfängliche Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen einzuleiten. Im Juli 2014 wurde mit der dritten und größten Baumaßnahme – Aufstockung eines 2. Obergeschosses – begonnen. Die Holzunion als Teil-GU übernahm hierbei sowohl die Aufstockung in Holzbauweise inkl. Fassadengestaltung als auch die energetische Ertüchtigung der Fassade des 1. Obergeschosses. Die Arbeiten wurden im August 2015 ohne Beanstandung übergeben.

Beteiligte Firmen:

Architektur:	DXV Architektur, Nürnberg
Holzbau und Fassade:	HU-Holzunion, Rotenburg (Wümme)
Tragwerk und Statik:	Häussler Ingenieure, Kempten
Brandschutzkonzept:	IB Ulm, Erlangen
EnEV-Nachweis:	Werkhaus Architekten
Projektsteuerung:	J. Häberlein, Feuchtwangen

Facts:

Gebäudeklasse gem. BayBo:	5, sowie Sonderbau
Art der späteren Nutzung:	Büro- und Verwaltungsgebäude
Gebäudefläche/Nutzfläche 2. OG:	4.800 / 4.150 m <sup>2</sup>
Dachfläche Holzbau:	5.000 m <sup>2</sup>
Fassadenfläche:	3.100 m <sup>2</sup>
Fensterfläche 1.+2. OG	3.450 m <sup>2</sup>

Herausforderungen Holzbau:

Zeitvorgabe: Vergabe 7/2014, Montagebeginn 10/2014, geschl. Gebäudehülle 12/2014  
Brandschutzkonzept wurde innerhalb der Ausführungsplanung geändert EG & Teile des 1.OG (Behindertenwerkstatt) während der gesamten Bauzeit vermietet Ausgleich der großen Bestandstoleranzen (Durchbiegung der Beton-Fertigteildecken von bis zu 20 cm)



Abbildung 1: © HU-Holzunion GmbH / Fotograf Stefan Meyer

## 2.2. Mehrgeschossig - Holzmassivbauweise in Offenbach am Main

Die Gemeinnützige Offenbacher Baugesellschaft (GBO) setzte im Mai 2015 den Spatenstich für einen innovativen Neubau mit 1 bis 3-Zimmerwohnungen. Der 5-Geschosser war nicht nur das erste Gebäude dieser Größenordnung in Holzmassivbauweise in Offenbach, sondern im ganzen Rhein-Main-Gebiet. Gebaut wurde es aus nahezu 70 Prozent nachwachsenden Rohstoffen.

Das Gebäude wurde in Holzmassivbauweise durch die HU-Holzunion GmbH, Rotenburg errichtet. Der hohe Vorfertigungsgrad der Wand- und Deckenbauteile ermöglicht eine Verkürzung der Roh- und Ausbauzeiten sowie große Genauigkeit. Durch die Verkürzung der Bauzeit konnte auch die Belastung der Anwohner durch Baulärm deutlich reduziert werden.

### Beteiligte Firmen:

Architektur:	Hirschmüller Architektur, Darmstadt
Holzbau und Fassade:	HU-Holzunion, Rotenburg (Wümme)
Tragwerk und Statik:	Pirmin Jung Deutschland, Sinzing
Brandschutzkonzept:	Dehne und Kruse Brandschutzingenieure, Gifhorn

### Facts:

Gebäudeklasse:	4 (Ausführung in GK 5)
Anzahl der Wohnung:	25 St, barrierefrei im Erdgeschoss
Gebäudefläche / Wohnfläche:	2.000 / 1.600 m <sup>2</sup>
Fassadenfläche:	ca. 1.000 m <sup>2</sup> (ohne Fenster)
Deckenkonstruktion:	Holz-Beton-Verbunddecke
Massivholzsystem:	Brettsperrholz

### Herausforderungen Holzbau:

Zeitvorgabe: Vergabe 7/2015, Montagebeginn 9/2015, geschl. Gebäudehülle 11/2015

Baustellenmanagement aufgrund sehr enger Platzsituation (Just-In-Time Belieferung)

Ausführung in K<sub>2</sub>-60 Kapselung und vorgefertigter Holzfassade



Abbildung 2: © B&amp;O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz / Fotograf BUCK Fotodesign

### 2.3. Zwischendurch - BV Niedersächsischen Landesforsten

#### Facts:

Generalunternehmer:	HU-Holzunion GmbH
Gebäudeklasse:	3 (reiner Holzbau)
Gebäudefläche:	ca. 2.000 m <sup>2</sup> BGF
Bauzeit inkl. Abbruch:	01/2016 bis 12/2016
Geschlossenen Gebäudehülle:	05/2016
Holzbausystem:	Holzrahmenbau mit anteiligen Massivholzelementen
Nutzung:	Bürogebäude mit Zwischenbau (rechter Baukörper)



Abbildung 3: © HU-Holzunion GmbH

### 2.4. Die Herausforderung – 7 geschossig in Berlin an der Bahn

Mitte 2016 kam das Büro SWP – schäferwennigerprojekt gmbh auf die Holzunion mit der Aufgabenstellen ein siebengeschossiges Gebäude komplett in Holzbauweise mit Ihnen zu planen zu und diesen dann auch gemeinsam zu realisieren. Der Bauherr, die WBG «Am Ostseeplatz» eG hatte diese Aufgabe an das Planungsbüro gestellt, da das Projekt von der Stadt Berlin auf Basis eines innovativen Wohnungskonzeptes gefördert und so die Anforderung nicht nur an das Wohnkonzept, sondern auch an die Gebäudekonstruktion selbst gestellt wurde.

Das Büro SWP ging offen mit der Situation um, dass sie selbst als Planungsbüro wenig bis keine Erfahrung im Holzbau haben, aber dafür ein sehr starkes Netzwerk von Nachunternehmer im Raum Berlin besitzen. So war die Aufteilung der Aufgabe sehr schnell gesetzt und die HU-Holzunion GmbH kümmerte sich um die geschlossene Gebäudehülle inkl. Fassade und das Planungsbüro SWP um die Ausbaugewerke und die Erschließung von Grundstück und Gebäude.

Anfänglich ist man noch von allen sieben Geschossen in Holzbauweise ausgegangen und selbst das Berliner Sicherheitstreppenhaus wollte man in Holz realisieren, aber hier war man sich auch aufgrund des bestehenden Kostenrahmens und der bauphysikalischen Anforderungen schnell einig, dass man das EG in Stahlbeton und die Treppenhäuser in Stahl ausführen würde.

Beteiligte Firmen:

Architektur:	schäferwenningerprojekt gmbh, Berlin
Holzbau und Fassade:	HU-Holzunion, Rotenburg (Wümme)
Tragwerk und Statik:	Häussler Ingenieure, Kempten
Brandschutzkonzept:	Eberl-Pacan Arch. + Ing. Brandschutz, Berlin

Facts:

Gebäudeklasse:	5 (Sonderbau)
Anzahl der Wohnung:	98 Wohn- & Gewerbeeinheiten (davon 47 mit WBS)
Gebäudefläche:	7.350 m <sup>2</sup> (Bruttogrundfläche)
Deckenkonstruktion:	Brettsperrholz mit gebundener Schüttung
Tragwerksystem:	Außenwände in Holzrahmenbau, tragende Innenwände in BSP (Mittelachse) + Unterzüge mit Stützen in Brettschichtholz



Abbildung 4: © schäferwenningerprojekt gmbh

## 2.5. Das Ziel – serielles & wirtschaftliches Hybridbauweise

Seit 2015 hat die B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz zusammen mit der HU-Holzunion GmbH und den Arch.-Büros Hirschmüller Architektur aus Darmstadt und der freien Architektin Susann Wötzel aus Dresden Systemhäuser in Holz-Hybridbauweise entwickelt. Die Grundlagen hierfür sind Jahrzehnte lange Erfahrungen der B&O Gruppe mit unterschiedlichen Gebäuden und Ausführungsvarianten.

Eine sehr wesentliche und für den Erfolg äußerst wichtige Erkenntnis ist die widerkehrende Zusammenarbeit und Abstimmung der Planer und später auch der ausführenden Unternehmen «miteinander». Die ganze Diskussion über Wettbewerbsvorteile für den Auftraggeber bei einer freien Ausschreibung/Vergabe, kann die Vorteile einer Systembauweise mit widerkehrenden Partnern nicht aufwiegen. Wenn Leitdetails und Bauweise sich wiederholen und die Zusammenarbeit zwischen Planer und Ausführenden gut funktioniert, dann sind die Kosten für die Bauteile leicht zu standardisieren und Nachträge auf ein Minimum zu reduzieren, da allen Beteiligten der Ablauf und die Bauweise bekannt ist.

Mindestens genauso wichtig wie elementar für die Entwicklung von Systemhäuser bzw. einer Systembauweise ist die widerkehrende und identische Planung. Hier müssen die Anforderungen des Kunden/Bauherren an den Wohnungsmix und die Flexibilität des Baukörpers für den Auftraggeber (B&O) gegeben sein, dass diese Systemhäuser möglichst in jede Baulücke zu platzieren sind. Weiter sind die wiederkehrenden Bauteilaufbauten /

Details für die ausführenden Unternehmen Grundvoraussetzung, damit man die Vorteile in der Arbeitsvorbereitung, Produktion und auch Montage nutzen kann. Abschließend ist die überregionale Struktur und Kapazität der Holzunion-Gesellschafter entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung dieser Systemhäuser deutschlandweit.

Beteiligte Firmen:

Architektur:	Freie Architektin Susanne Wötzel, Dresen
Holzbau und Fassade:	HU-Holzunion, Rotenburg (Wümme)
Tragwerk und Statik:	Pirmin Jung Deutschland, Sinzing
Brandschutzkonzept:	Pirmin Jung Deutschland, Sinzing

Facts:

Gebäudeklasse:	5
Anzahl der Wohnung:	28 Wohneinheiten (pro Gebäude)
Gebäudefläche:	ca. 2.500 m <sup>2</sup>
Deckenkonstruktion:	Beton-Fertigteildecken mit Hohlkammern
Wandkonstruktion:	Außenwände in Massivholz mit vorgel. Dämmebene tragende Innenwände in Brettsperrholz



### 3. Das Fazit

Die wesentlichen Faktoren für eine erfolgreiche Kooperation lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Die Kooperationsfähigkeit der Unternehmer / Inhaber muss Grundvoraussetzung sein und sollte auch im Vorfeld besprochen und definiert werden.
- Ein handlungsfähiger Geschäftsführer mit Erfahrungen aus der Praxis im Umgang mit «Kooperationen / mehreren Gesellschaftern» ist zwingend erforderlich.
- Die Planung einer Entwicklungsphase, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit in den ersten Jahren kein Gewinn abwirft, sondern in den ersten Projekten eine gewisse Investition bedeutet.
- Die Bereitschaft Erfahrungen und Wissen mit anderen im Verbund zu teilen.
- Kooperationspartner sollten im Tagesgeschäft geographisch keine größeren Überschneidungen haben, da dies sonst zu Konflikten in der Zusammenarbeit kommen kann.
- Die Einführung von definierten Prozessabläufen und gemeinsamen Entwicklungen von Holzbausystemen/Holzbaukonstruktionen.



Abbildung 5: © HU-Holzunion GmbH





# The Kattera Story

Robert Malczyk  
Equilibrium Consulting/Kattera,  
Vancouver, Canada





# The Katterra Story

Founded in 2015, Katterra is on a mission to help transform construction through technology – every process and product.

Katterra is a new kind of company in the building and construction industry, delivering a comprehensive suite of products and services for our clients. This offering is possible because of Katterra's distinct model which combines end-to-end integration with significant investment in technological and design innovation.

The building industry is vital to the environment and the social fabric of our communities. We have an opportunity within the next decade to develop new solutions the right way, solutions that not only ramp industry productivity, but also drastically reduce the carbon footprint of construction and provide relief for housing shortage and affordability.

With over 300 projects in the pipeline, Katterra is putting modern technology to work at all levels of building design and construction to help address some of the industry's most entrenched challenges. By integrating traditionally fragmented steps in the design-build process, Katterra's end-to-end model offers a unique value proposition: a fully integrated partner with robust technology systems.

Katterra's goal is to develop the most advanced mass timber building systems in the world, and to make them more widely available, more efficiently produced, and of higher quality than ever before. By highlighting a number of our product offerings, I will explore how Cross-laminated timber (CLT) is fundamentally changing the way we design, manufacture, and build. Katterra's investments and innovations will help CLT become the backbone for future generations of high-performance, low-carbon buildings.



# A building system for duplicable hotel buildings

Ing. Giovanni Spatti  
Wood Beton Spa  
Iseo (Brescia), Italy





# A building system for duplicable hotel buildings

## 1. Industrial building.

The world is changing and the construction sector is changing with it.

Today everyone is talking about «industrialized construction»: professionals, businesses, investors and public institutions. But, in Italy there is still much to do about the off-site building, probably because there is no real culture regarding this type of building. It is clear that the most correct way to go is precisely this one: to build in the factory and assemble on site, using industrialized production lines with automated processes, in order to increase productivity and make the sector competitive, with a technological and innovative response.

### 1.1. The advantages of industrialized construction.

Industrialized building is a type of building much more attractive than the traditional one.

First of all, it ensures a **high level of product quality**, because the work in the factory takes place in conditions of extreme safety and controlled temperature, protected from atmospheric agents, in contact with the design office, with continuous supervision. The construction operations done in the factory allow a **reduction of the operators on site**, which becomes a place of pure assembly: the speed and the methods of installation reduce the duration of the operations at height, where it is simply needed to carry out simple mechanical connections. This reduces the possibility of accidents on site and increases **operator safety**. Moreover, since the production of the elements is in the factory, the reduction of construction waste is almost automatic, ensuring a **clean and always tidy building site**.

The use of industrialized construction systems allows an **important reduction in assembly time**: during the production phase in the factory, complete products are made with finishes and ready to be installed, while in the building site the foundations are made. Consequently, the production on site is significantly reduced, **minimizing construction time**. Then, thanks to the design level reached before the construction phase, it is possible to obtain an **accurate estimate of the construction costs**.

Finally, making «industrialized construction» means paying attention to the environment: we minimize the use of materials and employ fewer people on site, with a significant reduction in traffic and, consequently, less pollution.



Figure 1+2: Images from the construction site: safety for operators and cleaning site.

## 2. The levels of industrialization.

The integration between on-site execution and industrial production favors the realization of technological systems that meet the new demands of the construction sector, responding to the needs of sustainability, speed of execution and cost control, which come from the different market demands.

Today the industrialized systems are the transposition into the constructive field of technological research in the production chain; they represent the synthesis of the possibilities of evolution of industrialization systems in construction, ensuring the adoption of the most innovative technical solutions.

It is possible to identify three different levels of building industrialization:

1. **BASE:** Building prefabricated components.
2. **MEDIUM:** Industrialized systems that facilitate the traditional construction.
3. **ADVANCED:** Building as an industry.

## 3. Level 1 of industrialization. Building prefabricated components.

In the construction world, there are new possibilities to built projects, with the intelligent use of prefabricated elements.

In this case the traditional building works together with the industrialized one: a synergy between construction companies and innovative companies, which make their technologies available to facilitate the works.

In the past, classic building materials, such as wood, steel and concrete, were brought loose to the construction site and then assembled. Today things are changed: articulated elements arrive at the construction site, made in the factory and assembled on site in a rapid and simplified way, with standardized and codified procedures that can be replicated endlessly.

### 3.1. Level 1: Realization of Hotel in Valle D'Aosta.

From the first patented system, the Prepanel® (a mixed wood-concrete slab), other unique and certified products were born in Wood Beton: systems pre-assembled in the factory, that have radically changed the processes on site.

With the use of prefabricated elements, we built the hotel « **Au Charmant Petit Lac - Spa & Park Hotel** » in Champoluc (AO), a three-storey tourist accommodation with 26 bedrooms.



Figure 3: Au Charmant Petit Lac - Spa & Park Hotel in Champoluc (AO).

For this hotel, the Xlam walls were prefabricated in the factory completed with mineral wool external insulation and 60 minutes fire resistance.

The main peculiarity is that all the walls were externally cladded in the factory, with solid larch wood elements, so each panel arrived at the construction site complete and ready to be laid.





Figure 4+5: Prefabrication of the wall in the factory with cladding and transport to the building site.

In addition to the walls, the balconies, the parapets, the brise soleil in laminated larch wood and the Preconnect® roof, the system signed and patented by Wood Beton, have been prefabricated in the factory.

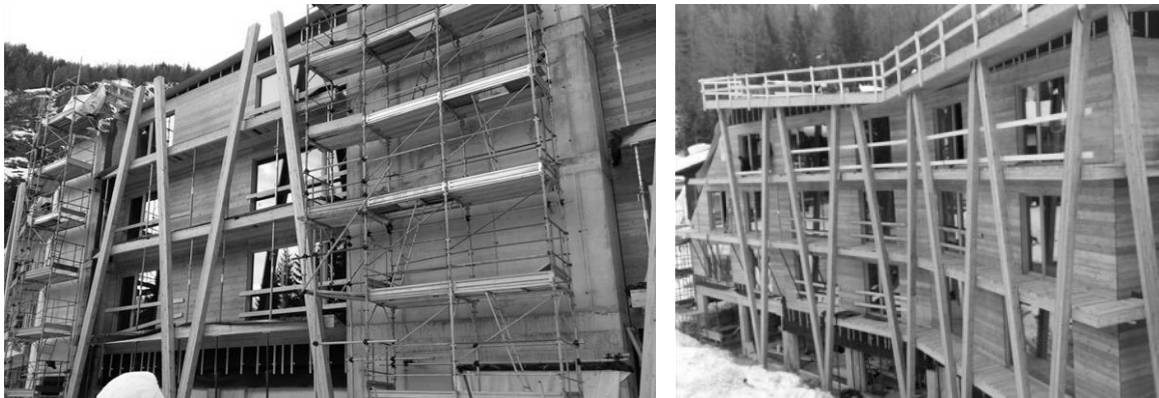


Figure 6+7: Construction phases of hotel.

In this perspective, the Iseo company built the «**Hotel EX Majestic**», in the heart of Courmayeur (AO), where design blends with the natural element: a multifunctional complex for hotel, residential and commercial use, entirely made of wood.

An imposing structure, where the hotel consists of seven floors while the residential one has six floors.



Figure 8: Ex Majestic Hotel in Courmayeur (AO).

All the walls are made of timber and were entirely built in the factory: in this case, the first four floors have a frame structure, while the rest are in Xlam, the main material used also for the balconies and the slabs.

The claddings are made of larch wood and the roof, even in this case, is the Preconnect® type, completely prefabricated.



Figure 9: Construction of Xlam balconies in the factory.

All the hotels are characterized by very high energy standards and combine innovation and sustainability: Wood Beton built with systems that satisfied the needs and requirements of the client and the designers.

For this reason we used timber to build the structures: it is a material that gives healthiness and pleasantness to holiday environments. We embraced the «philosophy of hospitality in a sustainable way» and we built a perfect encounter between modern construction technologies and the oldest part of tradition, the wood, one of the first materials to which architecture has turned.

#### 4. Level 2 of industrialization. Industrialized systems that facilitate traditional building.

The building sector is constantly evolving, so it is essential to satisfy the needs of the market, sometimes even anticipating them.

«BE THREE®» was born based on this idea: a dry construction system that is able to adapt to every design request, taking advantage of the peculiarities of each individual material: wood, concrete and steel, demonstrating great architectural flexibility and respecting the seismic requirements.

At the same time, BE THREE®, pays close attention to sustainability, as it allows to create completely removable structures that are then recyclable and reusable in other areas.

This system allows to respond quickly to the market demands: the system, entirely prefabricated, ensures a speed of execution that considerably reduces assembly times, guaranteeing safety on site for operators and costs that can be exactly defined already during the design phase.

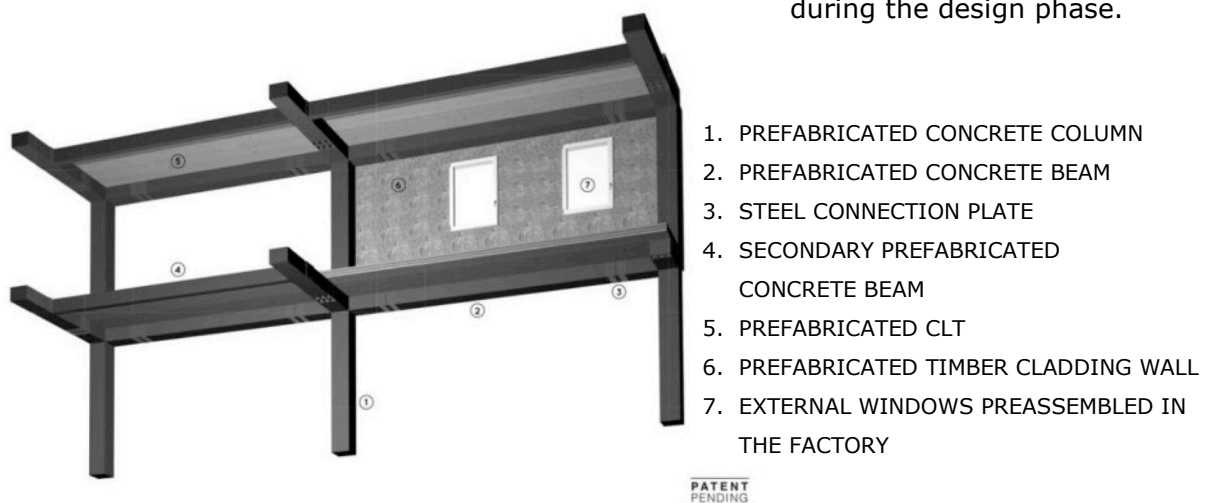


Figure 10: Render of the construction system.

BE THREE® is a system that allows to build hospitality multi-storey buildings with a frame structure composed by vibrated/prestressed concrete, with CLT slabs dry assembled to each other. The cantilever elements of the concrete column have the same dimension of the beams and a size that allows to connect them to the beams themselves with a fixed connections (outside the critical area of the column). The connection between the cantilever and the beam is made using a steel element that also works as a seismic insulation device.

The shape, size and location of the floor elements allow to create a rigid plane, without wet connections or concrete pouring.

The structure is prefabricated but it is a highly hyper static system. This characteristic together with the use of high strength concrete and steel connection, guarantees a good ductility and high seismic resistance performances. Finally, BE THREE® is an environmentally friendly system, as it minimizes the amount of concrete and timber and it allows to easily disassemble the structure.

#### 4.1. Level 2: Construction of «Arte Bianca» building.

The BE THREE® system was applied to the construction of a new accommodation facility for Cast Alimenti, the famous training institute of Brescia.



Figure 11: Render of «Arte Bianca» project.

«Arte Bianca» is a «turnkey» project, of about 2,500 square meters, completed in less than 10 months.

For the construction of all the structures, we used a completely prefabricated system, which does not require the use of scaffolding: i.e. the BE THREE® system, which uses different materials such as wood, steel and concrete, and guarantees speed and easy assembly of the elements of the structure and maximum safety to the operators on site.

Moreover it allows to obtain a totally removable and, at the same time, light structure, which does not need any supplementary concrete pouring.



Figure 12: The correct material in the correct place: wood, concrete and steel.

In particular, we used timber for Xlam slabs and the prefabricated walls. The latter have a timber frame structure and they came out of the factory already plastered on the outside.



Figure 13+14: Wooden slabs and wooden walls.

We also built in the factory the 42 bathrooms of the rooms, with a wooden structure, complete with all finishing and all the MEP installations, insulation and plasterboard counter walls. The choice to install a completely prefabricated product, designed in detail during the production is the best technical and cost-effective solution.



Figure 15+16: Prefabricated bathroom in the factory and site positioning.

## 5. Level 3 of industrialization. Building as an industry.

Industrialization, repetitiveness and standardization: a new generation approach that transforms the construction sector.

«Building as an industry» or «off-site construction»: these are definitions that express the same process: the construction in the factory of three-dimensional elements, with finishes and installations already integrated, and the subsequent assembly on site.

All it is possible thanks to industrialized production lines, based on very precise automated processes.

It is a modern constructive trend oriented towards a future that focuses on optimizing time and resources, minimizing waste and increasing the operator safety and limiting the environmental impact.

Technology, innovation and modernization are the basis of new construction methods that can make the sector grows.

A type of construction where the different elements of a building can be physically built not in the construction site and later assembled on site.

### 5.1. Level 3: Moxy/WBFactory System.

In 2011 Vastint Hospitality, a construction multinational company, part of Inter Ikea Group, was looking for someone who could engineer an idea / concept on which to invest for several of the following years.

Wood Beton was chosen to achieve the purpose to engineer the construction of modern hospitality facilities with innovative technologic solutions, made by prefabricated three-dimensional Xlam elements, provided with finishing, electric, hydraulic and ventilation systems all installed inside the factory.

For this reason we built a new production factory that employs around 200 people: the WBFactory in Corzano (Brescia).

Wood Beton built a factory, defined the handling of the modules with automated systems, the number of workstations and the necessary human resources, the times of the individual activities and all work shifts.

Practically, we created a factory and a production line with chain processes, similar to the production chain used for the car production.

In WBFactory we built «the prefabricated rooms and bathrooms» of the Moxy Hotels, and now we make around 2,000 rooms every year.



Figure 17: WBFactory in Corzano (BS)

### 5.2. Moxy Hotel in Malpensa (VA).

The first opportunity to implement the new construction system was in Italy, at Malpensa airport: a «turnkey» job done in just 6 months.



Figure 18: Moxy Hotel in Malpensa (VA)

The hotel has 4 floors and an area of about 5000 square meters.

On the ground floor there is a hall, the conversation and waiting room, the breakfast room, the reception, the bar and the storage room, the services for users (info point, web point, etc.), the services guest toilets, the technical rooms for the fire sprinkler system and the changing rooms for the staff.

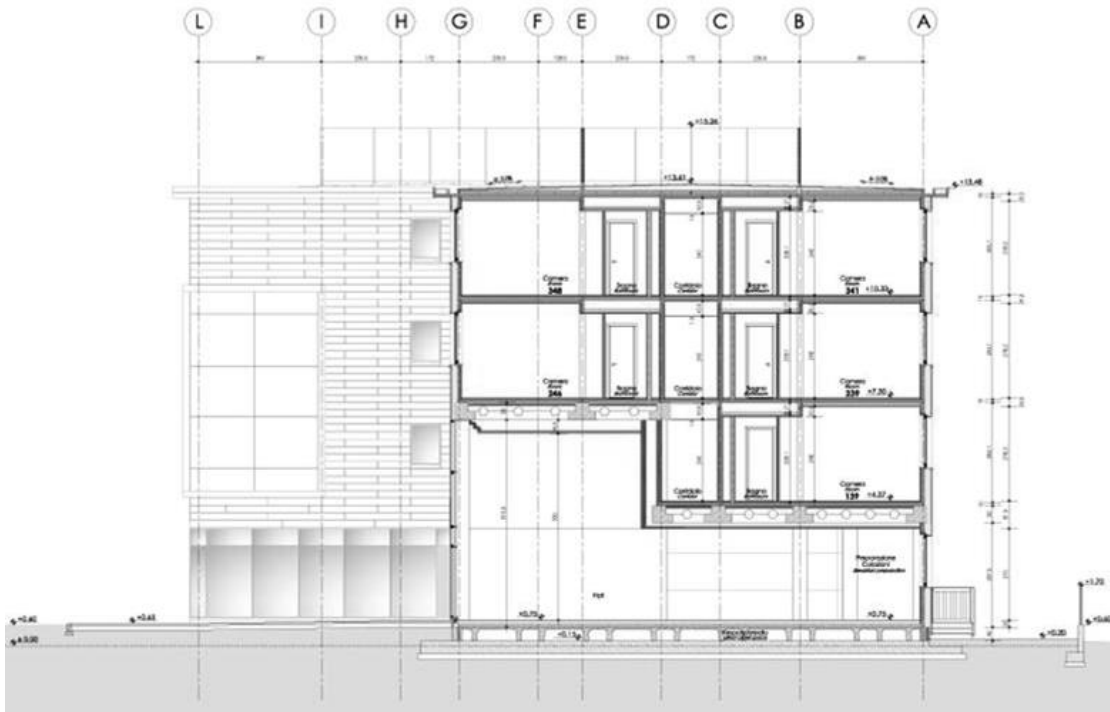


Figure 19: Section of the hotel

In the above three floors there are the guest rooms: a total of 162 bedrooms: 152 ordinary rooms and 10 Deluxe rooms.

The ordinary rooms have the same dimensions and services; they have an area of 14 square meters and can accommodate 2 people. The Deluxe rooms are more comfortable and larger: they have a surface of 26.02 square meters, and can accommodate up to 4 people. These rooms are also equipped for disabled users.

About the installations, there is a mechanical ventilation system for the air exchange in every room: it is an integrated system with an heat recovery unit.

There are three machines for air treatment that are on the roof of the hotel, while the installations shafts are located in correspondence of each room, in order to have the main ducts and pipes distribution of the networks mainly along the vertical direction.

### 5.3. Concrete prefabricated structure for foundations, stairwells and elevator shaft.

During the design of the project, we also decided to built portions of reinforced concrete structure to solve some specific problems: to respect the idea of a totally «dry» structure, we used reinforced concrete only in the «prefabricated» version and with innovative solutions.

The prefabricated concrete elements, built by Camuna Prefabbricati Srl were: the underground tunnel for the intallations, the prefabricated foundations, the beams and columns of the hall area, the stairwells and the elevator shafts.



Figure 20: Concrete prefabricated structure

#### 5.4. Timber prefabricated structure.

The hotel has a CLT load bearing structure, composed of three-dimensional modules that form a box-shaped system, completely finished in the factory, «packed», transported to the construction site, raised to its final position and connected (structure and installations) to the other boxes and installations shafts.

The module serves two rooms, as it contains two bathrooms, two entrances and a shaft for the main installations (electrical and mechanical).

The interior spaces are completely finished in the factory, both for the installations and for the finishes: tiles, sanitary ware, taps, light points, shower boxes.



Figure 21: Three-dimensional elements.



Figure 22: Two-dimensional elements.

To complete the bedrooms, bi-dimensional elements, slabs and walls, were connected on site to the modules.

The floors arrive at the construction site complete with suspended ceiling, the provision for the smoke detection system and a top dry screed, already pre-coupled to the acoustic insulation layer necessary to guarantee a good acoustic behaviour.

The façade walls and the dividing walls of the rooms are made with CLT panel walls, 100mm thick, also pre-finished in the factory.

In particular, the façade walls arrive on site with the window already pre-installed.

## 6. Conclusions.

To fight the crisis of the construction sector it is important to innovate and create new and unique products for the market, to become a reference point and to consolidate its own position day after day.

The design of new products and new technologies allows us to satisfy the requests of customers and the market needs: from the technological point of view, important goals can be reached with continuous research, using indiscriminately different materials and respecting the environment by choosing certified raw materials and reducing the environmental impact during the production processes.

Industrialized building is the correct way to go: to build in the factory and to assemble on site, using industrialized production lines with automated processes; to increase the productivity and make the sector competitive, through a technological and innovation response.

In this way the factory becomes a place where the activities are codified, repeated and standardized, increasing quality and reducing costs.



Figure 23: Automated production line in WBFactory – Corzano (BS)

From this point of view, Wood Beton Spa is a consolidated reality that anticipates the needs of the market, with great innovation and engineering capacity, proposing industrialized construction technologies, in the residential, commercial and hospitality sector, that are unique both at national and international level.



# **Bjergsted Financial Park, an innovative timber framed office building in Stavanger**

Mario Rando  
Degree of Freedom  
Oslo, Norway





# Bjergsted Financial Park, an innovative timber framed office building in Stavanger (Norway)

## Abstract

Finansparken Bjergsted is an office building recently built in Stavanger, Norway, for Spare-Bank 1. The structural system above ground level uses timber as the principal load bearing elements (a natural, renewable and readily available local material). Floors are cross-laminated timber (CLT) panels supported by glued laminated timber beams and columns. For strength and complex geometrical requirements, laminated veneer lumber (LVL) made of beech is also used. The three basement levels and the four communications and services cores are of reinforced concrete. Mass timber structural elements are engineered for strength and are prefabricated with strict tolerances for a rapid construction process using mainly direct contact timber connections, without metal fasteners. The beams are shaped and fabricated with openings to suit both the architectural aesthetics and services requirements by means of a fully integrated BIM system.

**Keywords:** Direct timber connections, Glulam, LVL beech, BIM, double curvature stairs

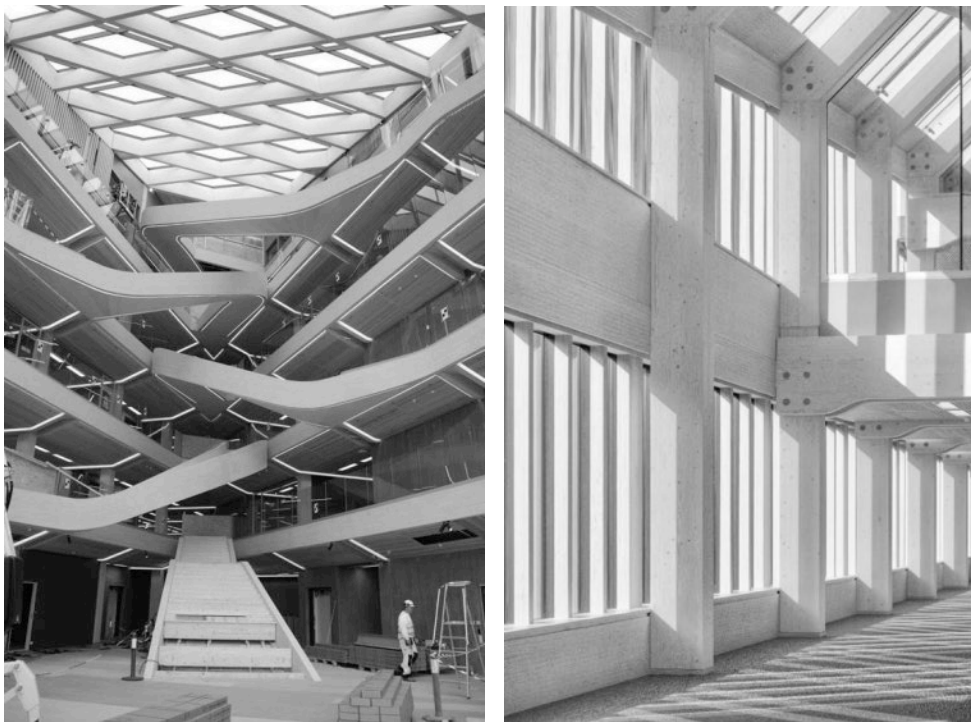


Figure 1: Interior with exposed timber structure (© Helen & Hard)

## 1. Introduction

This project uses a traditional building material, timber, combined with modern design, detailing and fabrication techniques. Degree of Freedom has been involved, as part of the design team, from concept design through to construction. We have worked in conjunction with the architects Helen & Hard and Saaha during the whole process and during the preliminary design we have had the remarkable technical support from Creation Holz, as timber experts. We have had also a close collaboration with Moelven Limtre AS, who is the main fabricator of the timber elements.

This paper highlights why the timber is taking advantage as a structural element against the typical solutions in concrete or steel. Furthermore, it is explained the key aspects of the design:

1. Choice and use of different mass timber elements to take into account their inherent structural capabilities and to fulfil the architectural vision.
2. Timber connection design and fire protection
3. Use of 3D finite element modelling for timber design.
4. Fully integrated BIM for construction
5. Design of double curvature main stairs

## 2. Design principles

The geometry, materials and use of the structure have been treated as a whole to define both the inner and outer aspect of the building.

### 2.1. Architectural concept

The wedge shape, in both plan and elevation, creates a building that changes character and scale to the different surrounding urban landscapes. It is located in a contrasting situation between Bjergstedparken's more monumental buildings in the north, and a cluster of small, old houses in a more urban situation in the south.

The architecture is based on the game of contrasts between a clear and taut exterior and a more organic interior.

The use of timber as a natural material has a positive effect on human perceptions and experience of their surroundings and has been shown to reduce stress. It is acoustically beneficial for an open plan office space compared to more conventional construction materials.

A central atrium emphasizes the timber structure and organic feel of the interior spaces, allows natural light into the building and connects with the exterior park.



Figure 2: Exterior views of the building (© Helen & Hard|Saaha)



Figure 3: Interior with exposed timber structure (© Helen & Hard|Saaha)

## 2.2. Material selection

From the beginning, the design team was aware of the concept that timber, as a construction material, has intrinsic healthy and environmental benefits. When harvested responsibly, wood is arguably one of the best tools architects and engineers have for reducing greenhouse gas emissions and storing carbon in buildings.

The following were important aspects for the construction material choice:

- Competitive cost
- Achieve a healthy and clean working environment
- Reduction of CO<sub>2</sub> emissions
- Reduction of construction time and reduction of waste
- Use timber as a symbol for the Bank values
- Obtain BREEAM-NOR excellent certificate
- Aesthetics inner properties of the material

In order to come to a final decision and to convince the future owner, a selected portion of the building was economically analysed during the preliminary design for two possible alternatives: wooden/concrete and steel/concrete structure.

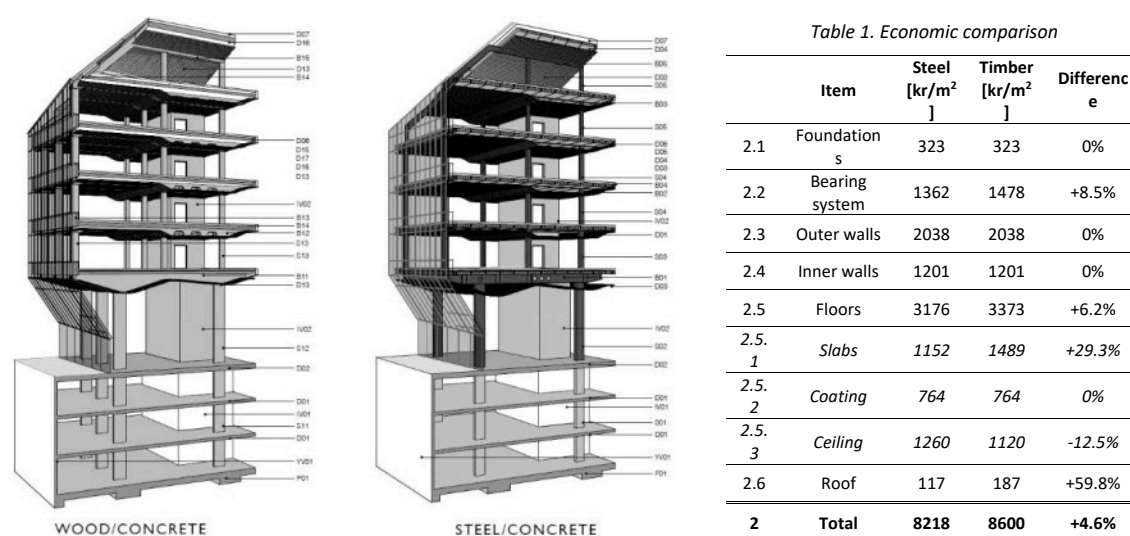


Figure 4: Study of alternatives. Cost comparison

When comparing this package of costs to the whole project cost, including general costs, the difference between steel and timber is reduced to 1.4%.

As a conclusion, due to the environmental benefits and the low economic difference, the structure is finally decided to be designed in timber. Following this premise of the project, the building also includes an energy efficient and sustainable sedum roof.

## 2.3. Structural system

The three basement levels are of reinforced concrete and from ground level four services and communication cores extend up to roof level also in reinforced concrete. These elements provide the overall lateral stability to the structure. Horizontal loads are transferred to these cores via the diaphragm action of 200mm CLT timber floor slabs. The footprint of the timber floor slabs reduces from levels 2 to 7 to follow the wedge shaped elevation. The roof construction is also a continuous 200mm CLT inclined slab.

The vertical load bearing system comprises of the CLT slabs spanning between the main floor beams located on a 5.4m structural grid. The CLT is supported by glulam beams (GL30c). At each grid two glulam beams are continuous across the width of the building bearing directly on to the notched glulam columns (GL30c). Columns are continuous from level 3 to roof level. The floor beams are divided into two, at both sides of the columns, to provide continuity and to facilitate erection. Each beam is made up of two 380mm wide beams glued together – an inner beam of constant depth formed by a LVL beech section

and an outer glulam beam of variable depth to suit the architectural requirements. Continuity of the CLT slabs over the main beams is provided by LVL spruce panels (Kerto Q). Figure 5 shows the slab elements where Kerto Q panels are represented in yellow and position of concrete cores in blue.



Figure 5: Typical plan and typical beam cross section

At level 3 a transfer structure is required to redistribute the column loads to the ground floor columns that are set back from the façade to reduce the building footprint at street level. The ground level at east side has a double height with a reduced number of columns to create a distinctive space at the entrance of the building. The columns and beams at this level are LVL beech (Baubuche S and Baubuche Q) [1].

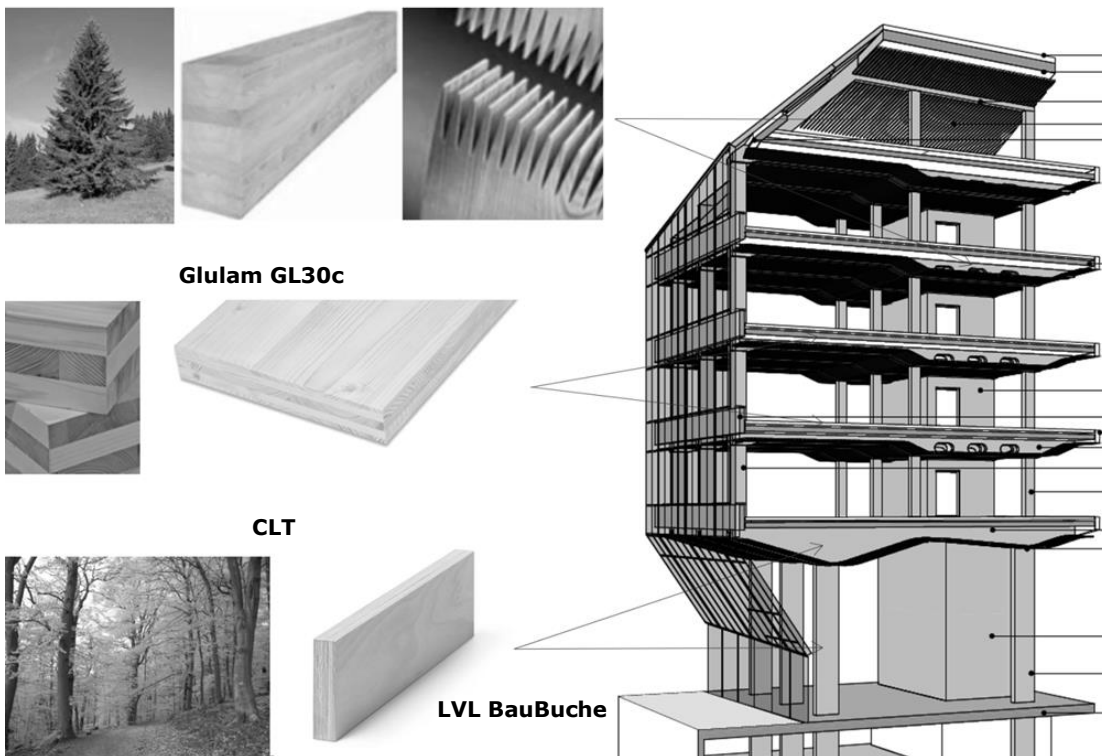


Figure 6: Different types of structural timber

The timber beams at each floor level include openings for the mechanical and electrical services requirements. The design of the structural members is fully integrated with the architectural and services necessities. At preliminary design stage detailed consideration was given to the fabrication and erection of the timber elements.

The façade glazing is supported by a deep timber edge beam (GL70). This beam provides rigidity to the CLT slabs particularly at the cantilevers

## 2.4. Use of Laminated Veneer lumber made of beech

LVL made of beech is used for the beams and columns in the transfer structure between the ground floor (Level 1) and Level 3. The product used is Baubuche with beech parallel veneers (Baubuche S) or cross-laminated beech veneers (Baubuche Q).

Baubuche Q is used for the beams at level 3 as it has a better performance for service openings due to the crossed laminations.

In addition 60mm or 80mm insertions plates of Baubuche S are also used in the composite glulam floor beams where they bear on to the columns. Glued laminated timber is weak in bearing in compression perpendicular to the grain (2.5MPa) while the beech LVL is much more resistant (14MPa).



Figure 7: LVL beech beams and columns. LVL insertions.

## 3. Connections and Fire design

### 3.1. Connections

Connections are realized in a number of different forms depending on the magnitude and type of forces to be transferred. The project premise is to maximize the use of timber to timber connections without steel. The design philosophy is for connections capable of transferring all the necessary forces by direct pressure between two timber elements where possible.

Timber to timber connection types include:

- Direct bearing between timber elements (beams - columns)
- Glued panel insertions
- LVL timber dowels with Baubuche-Q inserts

Only where necessary, due to structural or erection reasons, the following types have been used (not visible):

- Self-tapping timber screws
- Proprietary timber connectors – Sherpa
- Threaded steel rods – for reinforcement at openings or notches
- Steel dowels with steel plate

Due to the high quality and the strict tolerances in the fabrication of the mass timber components the connections can be executed with a high level of precision and safety.



Figure 8: On site picture. Direct timber connection



Figure 9: LVL beech dowel and timber cut-outs

### 3.2. Fire design

Well defined and predicable fire behaviour is an intrinsic property of mass timber elements and all the principal structural elements are designed to guarantee a fire bearing resistance of 90 minutes.

Timber columns and beams have been designed using the reduced cross section method from NS EN1995-1-2 [2]. This method defines a charring depth, which for this project is 70mm. This char layer insulates the core of the section preventing it heating up. This reduced section maintains its full strength and can be verified for the critical fire load combination.

All the connections are internal and protected in case of fire.

## 4. Finite element modelling and structural challenges

The structural model is created from the BIM model exporting the frame elements at the desired position.

### 4.1. Description of the FE model

The timber is an orthotropic material, therefore modifications of the elastic parameters need to be carried out for both frame and shell elements.

However, the challenge of this project is the full definition of each connection between timber elements in the whole building and to model its behaviour. For this reason, it was decided to implement a detailed hybrid FEM with frames and shell elements at the exact position (figure 10) connected with link elements which are defined with the calculated stiffness for each degree of freedom ( $k_{ser}$ ) according to the type of connection to be developed.

The slabs work both as plate and membrane to transfer horizontal loads to the concrete cores by direct contact (no tension nor shear forces). For this reason, it has been used non-linear elements which work only in compression (gap type link) around the concrete cores (wrench effect).

The joints between the CLT panels have been represented with up to four different types of links with the desired stiffness.

The portal frames are conceived to carry only the vertical loads and not to resist the lateral actions.



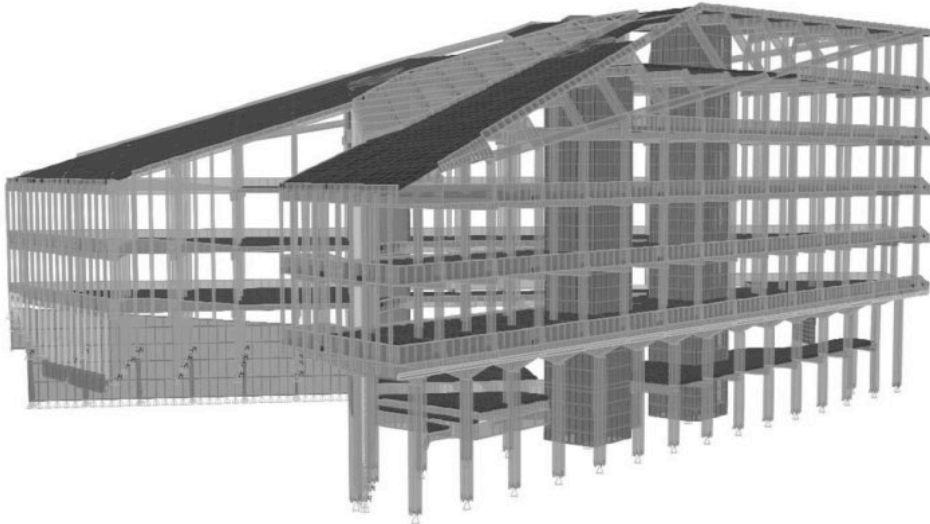


Figure 10: General view of the FE Model

An orthotropic material has been defined to model the layered properties of the CLT panels which have a different behaviour in each direction. The elastic parameters are obtained according to the effective stiffness given by the CLT Handbook [3] which converts the composite section to an homogeneous shell element.

#### 4.2. General results

Timber structures are commonly designed by the Serviceability Limit States (vertical and horizontal deflections and vibrations).

This structure is sensitive to horizontal deflections (figure 11) as some points are located far away from the concrete cores. Satisfactory results were obtained by connecting the west part of the building to the adjacent concrete wall and using the steel elements of the main atrium façade to connect both parts of the building.

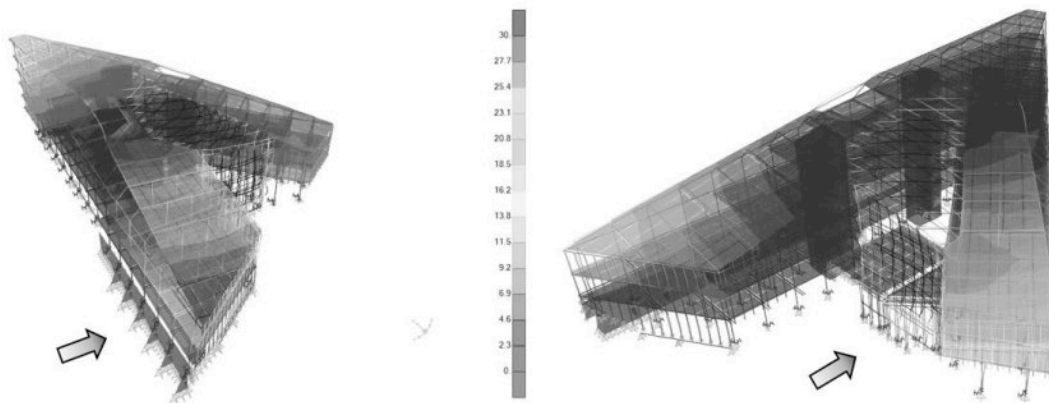


Figure 11: Horizontal deflections

The critical area of the building in terms of vibrations is the south-east cantilever.

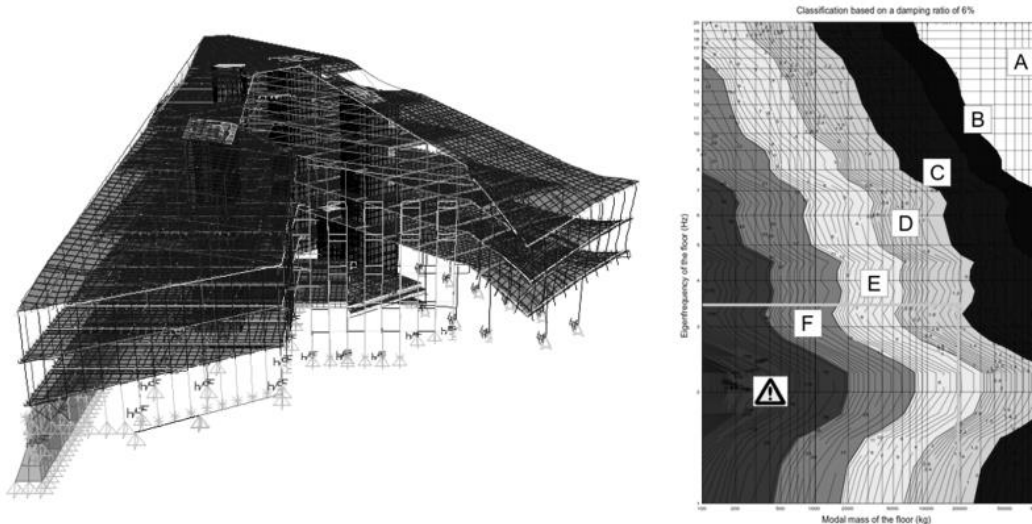


Figure 12: Vibrations

Connecting the three levels with vertical stiff purlins, the structure vibrates within the recommended values [4].

### 4.3. Main Atrium stairs

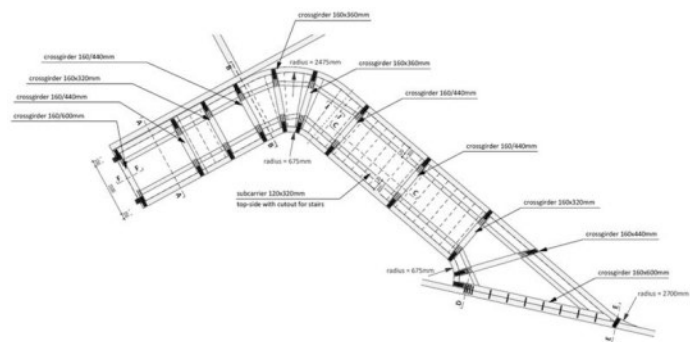


Figure 13. Main atrium stairs. Large span, helicoidal geometry, double curvature beams.

The design of the main atrium stairs, with a geometry that involves double curvature beams with large spans was a challenge to define the geometry, to carry out the structural design and it was required great expertise from the manufacturers for the fabrication and erection.

The main challenges from the structural point of view were to achieve the necessary stiffness in order to avoid excessive deflections and vibration issues, in order to guarantee the comfort for users. It was also difficult to design all the connections between the different elements, that have to transfer large forces and they shall be placed at a location that takes into account limitations related to transportation and erection on site.

The fabrication with great precision of the main lateral beams with double curvature geometry was a remarkable achievement in itself. It is also impressive the smooth geometrical transition between the stairs and the rest of the construction elements.

## 5. Building information modelling

The use of BIM is increasingly common in Scandinavia for both building and infrastructure projects. Here the client required all disciplines, from the preliminary design stage onward, to share information via a global BIM model. Each discipline, working with their chosen 3D drawing software, exports into the IFC format. The IFC files are then combined into the global model, in SMC format. The combined model is used by the BIM manager to perform clash tests and for interdisciplinary coordination.

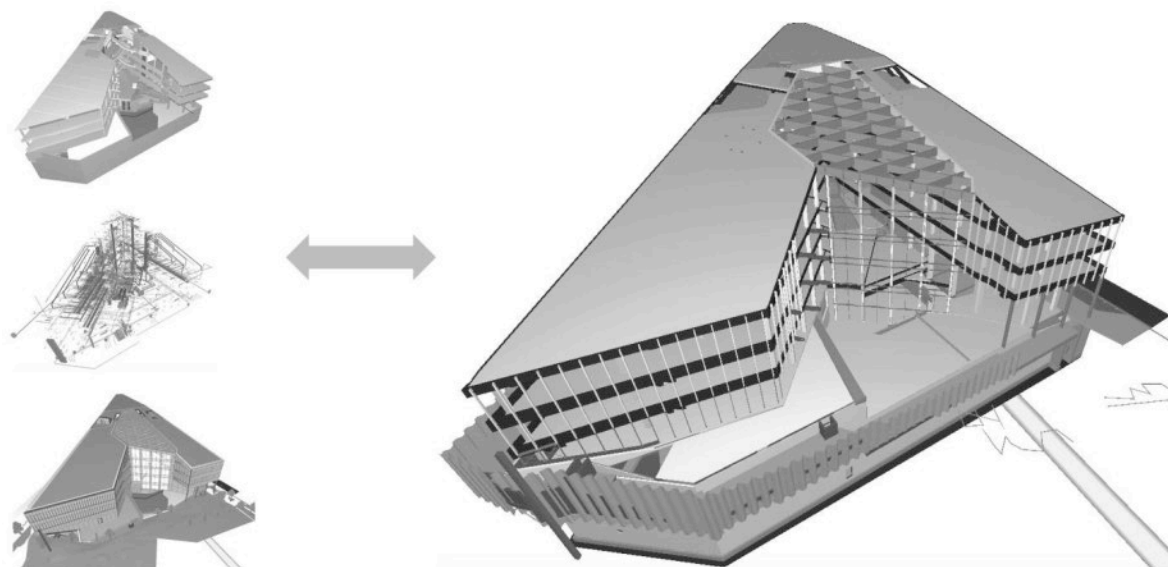


Figure 14: BIM models of different disciplines

It is very important to highlight that the BIM model from designers is used directly by the Timber fabricator, translated into their own software, and later use for the CNC machine at the factory. There is no additionally form/shop drawings, as everything is detailed in 3D.

## 6. Conclusions

The design of Finansparken Bjergsted is innovative in its use of a traditional building material, timber, as the load bearing structure in a modern office building. It takes advantage of advanced prefabricated timber elements that are engineered for strength and can be prefabricated with strict tolerances for a rapid construction process. Connections are also designed, where possible, to transfer forces directly between timber members with minimal steel parts. Self-tapping timber screws and steel threaded rods are used as local reinforcement in accordance with the latest technology.

The inherent advantages of BIM have been used from preliminary design through to fabrication.

## 7. Acknowledgments

The realisation of this project is thanks to a dedicated design team including the architects, Helen & Hard ([www.helenhard.no](http://www.helenhard.no)) and Saaha ([www.saaha.no](http://www.saaha.no)).

Specialist advice on timber design has been provided by Creation Holz ([www.creation-holz.ch/en/dienst.php](http://www.creation-holz.ch/en/dienst.php)) and on timber fabrication by Moelven, Norway ([www.moelven.com/no/](http://www.moelven.com/no/)).

Throughout all stages the final client and building user, Sparebank 1, has provided constant support as well as the Contractor during construction process, Veidekke AS (<http://veidekke.no>; <http://www.finansparken.no/>).

## 8. References

- [1] *BauBuche manual for structural calculation*, 2nd edition. NS-EN 1995-1-2:2004+NA:2010 Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General Structural fire design.
- [2] Karacabeyli, Erol, and Brad Douglas, eds. *CLT handbook: cross-laminated timber*. FPIInnovations; 2013.
- [3] Feldmann, M., et al. *Design of floor structures for human induced vibrations*. JRC-ECCS joint Report; 2009.



# Bürogebäude der Nexity Ywood in Nizza

Jean-Luc Sandoz  
CBS-Lifteam  
Paris, Frankreich





# Bürogebäude der Nexity Ywood in Nizza

## 1. Neun geschossiges Bürogebäude

### 1.1. Technisches Datenblatt

#### **PALAZZO MÉRIDIA, Nizza, Frankreich**

Die Gewinner einer Konsultation unter der Leitung der EPA Eco-Vallée Plaine du Var im Juni 2016, Architecture-Studio, Nexity Ywood und unsere Gruppe CBS-Lifteam bauen derzeit das höchste hölzerne Bürogebäude Frankreichs.

Entwickler des ZAC: EPA Plaine du Var

Beratender Architekt des ZAC: Devillers & associés

Projektträger: Nexity Ywood

Architekt: Architektur-Studio

Holzbauer: Cbs-Lifteam

Landschaftsarchitekt: Tangram

Holz: Coslyva und Schilliger Holz

Metal: Auer

Beton: Spada

Knapp GmbH

Egis

Elioth

Lieferung: Ende 2019

Fläche: 7.900 m<sup>2</sup>

Höhe: 35 m

Holz: 900 Tonnen Holz aus Frankreich

Dach: 300 m<sup>2</sup> Photovoltaikmodule, hergestellt in Frankreich (EDF/DALKIA)

Labels: BEPOS Effnergie, Silver Level Mediterranean Sustainable Building, Breeam In Use, MANAG'R, «Biosourcé»



## 2. Umgebung

Nizza liegt in Südfrankreich.



Das Aktivitätsgebiet liegt gegenüber dem historischen Stadtzentrum.



## 3. Philosophie

### 3.1. Nice Méridia: Weltzentrum für Exzellenz

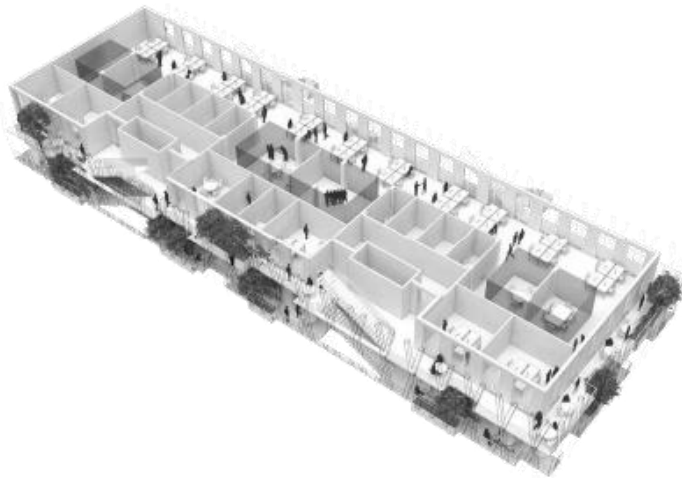
Nice Méridia ist eines der ambitioniertesten Projekte des Metropole. Dieser zukünftige «dichte, gemischte und diversifizierte» Stadtteil im Südwesten dieses Territoriums, der gut mit Straßen- und Autobahnnetzen und schließlich mit einer Straßenbahnlinie versorgt ist, wird die Transformation des heutigen «Hinterhofes» sicherstellen, «in dem sich Logistikgeräte, lebenswichtige Dienstleistungen von Nizza, interstitielle Ödlandgebiete und Wohnungen stapeln».

Der Palazzo Méridia liegt in der Ecke zwischen zwei der Hauptverkehrsstraßen von Nizza Méridia (Avenue Simone Veil und Avenue de l'Université) und bietet viel Platz mit Blick auf die großartige Landschaft. Er ist der Leiter eines der strategisch wichtigsten Sektoren.

### 3.2. Ein flexibles Bürogebäude und umkehrbar

Ein Gebäude ist veränderbar, wenn es seine Modularität aus seiner Konzeption heraus integriert und die Entwicklungen der Gesellschaft, die neuen Zeiten der Stadt berücksichtigt. Dieses Gebäude antizipiert diese zukünftigen Veränderungen entsprechend der Entwicklung der Bedürfnisse.

Bei diesem Projekt ermöglicht die Holzkonstruktion den Bau eines 9-geschossigen Gebäudes, das einfach durch zwei gut positionierte Aufzugsschächte gestützt wird. Dadurch sind die Trays frei von jeglichen Einschränkungen und ermöglichen maximale Freiheit bei der Anordnung der Trays. Mit einer Höhe von 6 m25 auf 1 m25 Basis bietet das Netz maximale Flexibilität in der Nutzung.

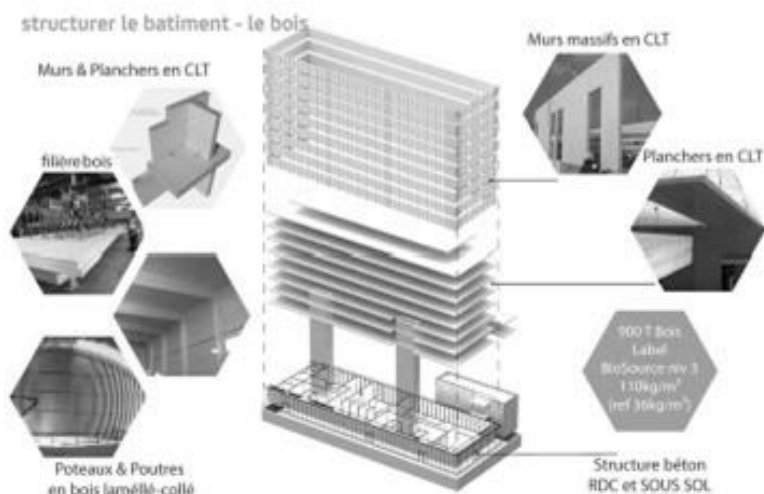


### 3.3. Anspruchsvolle Nutzung von Holz

Der Rahmen des Projekts ist auf acht Ebenen in lackierter Holzstruktur, Pfosten, Böden und CLT (Kreuzschichtmassivholz) tragender Holzfassade gestaltet. Alle tragenden Elemente sind aus Holz gefertigt. Sobald sie auf der Baustelle ankommen, werden die Platten sofort angehoben und platziert. Die Dauer des Standortes wird deutlich verkürzt, ebenso wie der Betrieb eines trockenen Standortes, der wenig CO2 emittiert.

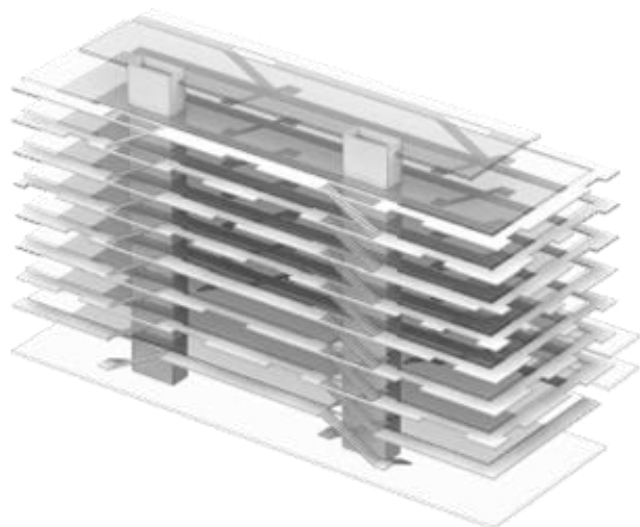
Die 900 Tonnen Holz französischer Herkunft tragen zur Nachhaltigkeit des regionalen und nationalen Holzsektors bei. Das Anforderungsniveau des Biosourcé-Labels wird weit überschritten.

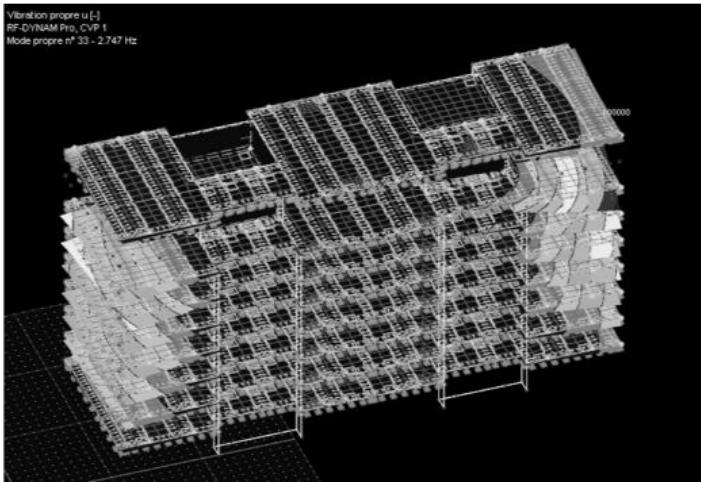
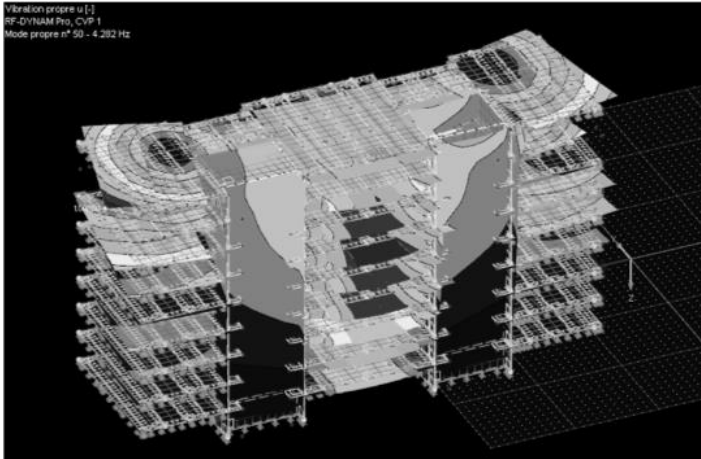




### 3.4. Die Kontrolle der architektonischen Qualität angesichts von seismischen und regulatorischen Anforderungen

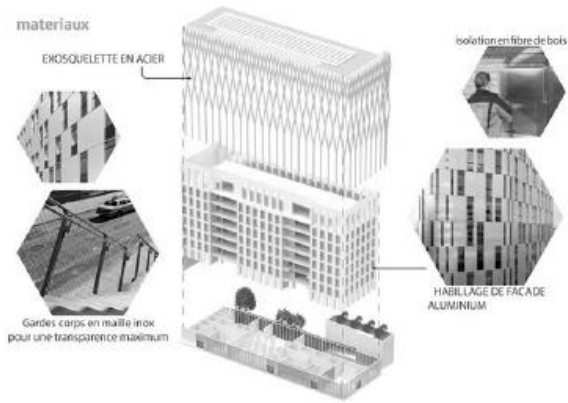
Um den sehr hohen seismischen Anforderungen gerecht zu werden, wurde besonderes Augenmerk auf die Verankerung der Struktur gelegt. So stabilisieren zwei zentrale Betonkerne das Projekt. Um die Haltbarkeit des Holzes an der Fassade zu gewährleisten, wird es mit einer Verkleidung versehen. Das Netz wird an der Massivholzstützwand befestigt und trägt auch zur Stabilisierung der Struktur bei, indem es insbesondere die Belastung von Balkonen und Plantagen sicherstellt.





### 3.5. Eine Wahrnehmung, die durch eine Fassade unterbrochen wird dynamisch

Als Claustra konzipiert, spielt diese zweite Haut mit dem Licht, um es zu filtern, zu domestizieren und zu einem wichtigen Element der Komposition zu machen. Die Lichtlinien sind auf den großen Schleier des Bildschirms gedruckt und zeigen einen gedruckten Effekt auf allen Fassaden. Dieser Schutz hebt das Licht hervor und ermöglicht eine chromatische Arbeit an der Innenhaut, die die Volumen erhöht und qualifiziert. Das metallische Exoskelett des Gebäudes trägt die am Umfang liegenden vertikalen Zirkulationen, seine Außenhaut ist eine baumartige Struktur. Die Doppelfassade begleitet die Büroräume und bietet Arbeitsplätze und Gärten im Freien.



## 4. Partners

### **Architektur-Studio**

Das 1973 in Paris gegründete Architecture-Studio befindet sich heute in Paris, Shanghai und Venedig und versammelt mit rund 13 assoziierten Architekten ein Team von 120 Architekten, Stadtplanern, Designern, Landschaftsarchitekten und Innenarchitekten aus 25 verschiedenen Ländern. Architecture-Studio ist eine Gruppe, die an die Tugenden des Austauschs, der Überschneidung von Ideen, der gemeinsamen Anstrengung, des gemeinsamen Wissens und der Begeisterung glaubt. Diese Tugenden scheinen unerlässlich zu sein, um immer neue Antworten auf die Frage nach der Umwelt, der Stadt und der Architektur in einer Welt in Metamorphose, sowohl global als auch polymorph, zu geben.

### **EPA Öko-Vallée Ebene der Var**

Auf Anregung von Christian Estrosi, dem damaligen Minister für Raumordnung, verlieh der Staat 2008 den 10.000 Hektar der Var-Ebene (120.000 Einwohner, 15 Gemeinden) im Herzen der Metropole Nizza Côte d'Azur den Status der Operation of National Interest (OIN). Die EPA Eco-Vallée Plaine du Var ist für die Durchführung aller Maßnahmen verantwortlich, die die Entwicklung, die Stadterneuerung, die wirtschaftliche Entwicklung und die Verbesserung der Räume in diesem Gebiet fördern können. Die EPA fungiert auch als Integrator und Koordinator, so dass das Eco-Valley-Projekt mit allen öffentlichen und privaten Partnern und lokalen Behörden (Staat, Region, Department, 15 Gemeinden und Metropolregion Frankreich) geteilt wird.

### **Nexity Ywood**

Für Einzelpersonen, Unternehmen oder lokale Behörden bietet Nexity das breiteste Spektrum an Beratung und Expertise, Produkten, Dienstleistungen oder Lösungen, um die Bedürfnisse unserer Kunden besser zu berücksichtigen und alle ihre Anliegen zu berücksichtigen. Unsere Geschäftsbereiche - Transaktion, Management, Design, Promotion, Entwicklung, Beratung und alle damit verbundenen Dienstleistungen - sind nun so organisiert, dass sie diese bedienen und unterstützen. Als führender Akteur in unserer Branche engagieren wir uns konsequent für alle unsere Kunden, aber auch für unsere Umwelt und die Gesellschaft als Ganzes. Nexity ist im SRD und Abteil A von Euronext gelistet - Mitglied der Indizes: SBF80, SBF 120, CACMid60, CAC Mid & Small und CAC Ali Tradable - Mnemo: NXI - Reuters Code: NXI.PA - Bloomberg Code: NXIFP.

# 55 Southbank Boulevard Melbourne Challenges of a 10-Storey Mass Timber Vertical Extension

Nathan Benbow  
Vistek  
Melbourne, Australia







# 55 Southbank Boulevard Melbourne Challenges of a 10-Storey Mass Timber Vertical Extension

## 1. Project Overview

In the heart of the Southbank precinct, on one of Melbourne's busiest intersections, a Cross Laminated Timber (CLT) building extension designed by architects Bates Smart is currently under construction. Expected to be completed early 2020, 55 Southbank will deliver a 220-room serviced apartment complex to be run by Adina Hotels. The new extension seeks to echo and amplify the architectural expression of the existing building, more than doubling the current height.

This is a landmark project for CLT and mass timber construction for several reasons. It will be the world's tallest mass timber vertical extension; a truly remarkable achievement. More importantly, being a lightweight building material – one fifth the weight of concrete – the utilisation of mass timber has been key to the overall feasibility of the project.

The existing building was originally designed to allow for an additional six-storey vertical extension using concrete framed construction. This structure, though, did not provide enough floor area and therefore apartments, to make the operating of the proposed apartment complex commercially viable. In contrast, the use of CLT enabled the extension to be pushed to 10 storeys, unlocking an additional four floors of serviced apartments, achieving the target number. This was critical for developing a viable business case for the apartment complex to ensure the project was able to proceed. Additionally, the low impact nature of CLT's installation has meant that the building underneath has remained occupied and operational throughout the extension's construction phase. The selection of CLT, therefore, was a key factor in making the project financially and structurally feasible overall.

## 2. Project Data

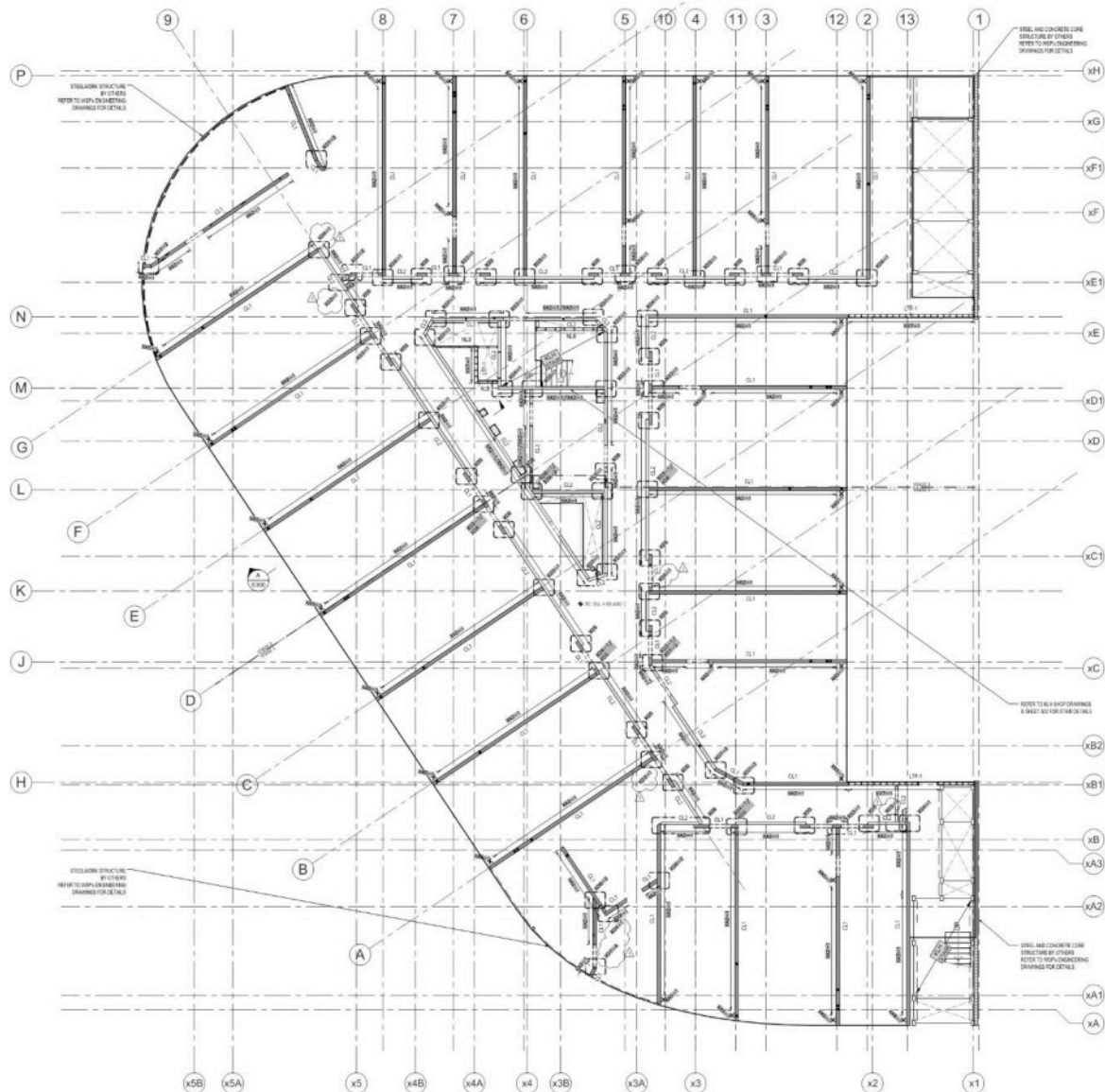
CLIENT	<b>Hume Partners</b>
ARCHITECT	<b>Bates Smart</b>
BUILDER	<b>Atelier Projects</b>
MASS TIMBER ENGINEER	<b>Vistek</b>
CLT SUPPLIER	<b>KLH (Austria)</b>
BUILDING HEIGHT	<b>72m</b>
STOREYS	<b>17 (6 existing, 1 transfer and 10 CLT)</b>
NUMBER OF SERVICED APARTMENTS	<b>220</b>
NUMBER OF CLT PANELS	<b>1,850 approx.</b>
TONNES OF CLT	<b>1,730 approx.</b>
CUBIC METRES OF CLT	<b>3,675 approx.</b>
TONNES OF CO <sub>2</sub> SEQUESTERED	<b>2,800 approx.</b>



55 Southbank: A 10-storey CLT vertical extension during construction in Melbourne

### 3. Structural Philosophy

In the architectural design all 10 storeys of 55 Southbank's vertical extension structure have been dedicated to serviced apartments with a regular floor plan. This has meant that the tenancy party walls could be arranged to form a 'honeycomb' structure and that these walls could be continuous through the extension to the supporting transfer deck. This results in walls that not only carry vertical loads down to the existing structure below, but shear walls in various directions, capable of resisting lateral loads (i.e. wind and earthquake). See typical wall arrangement plan below for details.



55 Southbank: Typical wall arrangement plan

## 4. Challenges

The 55 Southbank project relies on using CLT on a scale never previously attempted for a timber based vertical extension. This meant that all project stakeholders had to address challenges and complexities that they had not faced before on previous projects and there was little precedent to draw upon in the broader construction industry.

Added to this were the complexities resulting from the project being located on the corner of a very busy major arterial intersection with tight site constraints. The main challenges were:

- Logistics:
  - procurement
  - manufacture
  - sequencing
  - shipping
  - delivery
  - lifting
- Coordination:
  - consultants (structural, mechanical etc.)
  - suppliers (i.e. CLT supplier and bathroom pod supplier)
  - shop drawings
- Weather tightness:
  - water management
- Axial shortening:
  - building tolerances
  - shrinkage
  - creep

For more information please visit [our website](#).

## **Holzbauentwicklung**

Ingenieurholzbau:

Planung | Statik | Ausführung von  
komplexen freigeformten Tragwerken

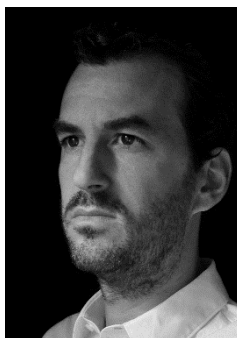
Rippenplatten und Kastenträger:  
Hochleistung und Materialeffizientes

Revitalisierung und Umnutzung  
bestehender Strukturen



# BUGA Holzpavillon – Freiformfläche aus robotisch gefertigten Nulltoleranz- Segmenten

Prof. Achim Menges  
Institut für Computerbasiertes  
Entwerfen und Baufertigung  
Stuttgart, Deutschland



Prof. Jan Knippers  
Institut für Tragkonstruktionen und  
Konstruktives Entwerfen  
Stuttgart, Deutschland



Hans Jakob Wagner  
Institut für Computerbasiertes  
Entwerfen und Baufertigung  
Stuttgart, Deutschland



Daniel Sonntag  
Institut für Tragkonstruktionen und  
Konstruktives Entwerfen  
Stuttgart, Deutschland







# BUGA Holzpavillon – Freiformfläche aus robotisch gefertigten Nulltoleranz-Segmenten

## 1. Einleitung

Der BUGA Holzpavillon zeigt neue Ansätze zum digitalen Holzbau. Die segmentierte Schalenkonstruktion basiert auf biologischen Prinzipien des Plattenskeletts von Seeigeln, die vom Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baukonstruktion (ICD) und dem Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (ITKE) der Universität Stuttgart seit fast einem Jahrzehnt erforscht werden.

Im Rahmen des Projekts wurde eine Roboter-Fertigungsplattform für den automatisierten Zusammenbau und die Fräsbearbeitung der 376 maßgeschneiderten Segmentbauteile des Pavillons entwickelt. Dieses Herstellungsverfahren stellt sicher, dass alle Holzsegmente wie ein großes, dreidimensionales Puzzle mit einer Genauigkeit von weniger als einem Millimeter zusammengesetzt werden können. Mit minimalem Materialeinsatz spannt das atemberaubende Holzdach 30 Meter über einen der zentralen Konzert- und Veranstaltungsorte der BUGA und schafft so einen einzigartigen architektonischen Raum.



Abbildung 1: Der BUGA Holzpavillon auf der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn

## 2. Bionisch segmentierte Schalenkonstruktionen

Der BUGA Holzpavillon schafft eine architektonische Attraktion auf der zentralen Sommerinsel der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn. Die Gestaltung des Pavillons basiert auf morphologischen Prinzipien des Plattenskeletts von Seeigeln. Nach dem vorhergehenden Forschungsgebäude des gleichen Projektteams, dem Forstpavillon auf der Landesgartenschau 2014 in Schwäbisch Gmünd, verfolgt der BUGA Holzpavillon das Forschungsziel, die architektonische Gestaltung und strukturelle Leistungsfähigkeit biomimetischer segmentierter Holzschalen auf eine neue Ebene zu heben: Ist es möglich, mit der gleichen geringen Holzmenge pro Quadratmeter wie beim Forstpavillon eine Schale zu bauen, die die dreifache Spannweite erreicht? Und kann diese Struktur vollständig wiederverwendbar konstruiert werden, so dass sie nach der BUGA ohne Leistungsverlust rückgebaut und an einem anderen Standort wiedererrichtet werden kann?

Um diese Ziele zu erreichen, nutzt der Pavillon das biomimetischen Prinzip von «weniger Material» durch «mehr Form», sowohl in Bezug auf die Gesamtkonstruktion als auch auf der Ebene der einzelnen Segmente. Um Materialverbrauch und Gewicht zu minimieren,

besteht jedes Holzsegment aus zwei dünnen Platten, die oben und unten einen Ring aus Randbalken beplanken und so hohle, großformatige Holzkassetten mit polygonalen Formen bilden. Die Bodenplatte beinhaltet eine große Öffnung, die während der Montage den Zugang zu den verdeckten Bolzenverbindungen ermöglicht und zugleich eine besondere architektonische Erscheinung erzeugt. Die Leichtbausegmente sind durch Fingerzinken verbunden, die den morphologischen Prinzipien an den Rändern der Seeigelpattern folgen. Im montierten Zustand wirkt die Holzschale durch ihre ausdrucksstarke, doppelt gekrümmte Geometrie als formaktives Tragwerk.

### 3. Integratives Co-Design und Wechselwirkungen zwischen Entwurf, Statik und Fertigung

Neue Bauweisen erfordern neue Formen des Planens und Fertigen. Der BUGA Holzpavillon ist ein hervorragendes Beispiel für Co-Design, in welchem neue Möglichkeiten von Gestaltung, Konstruktion und Fertigung durch eine kontinuierliche, computerbasierte Rückkopplung in einem interdisziplinären Team entwickelt werden.

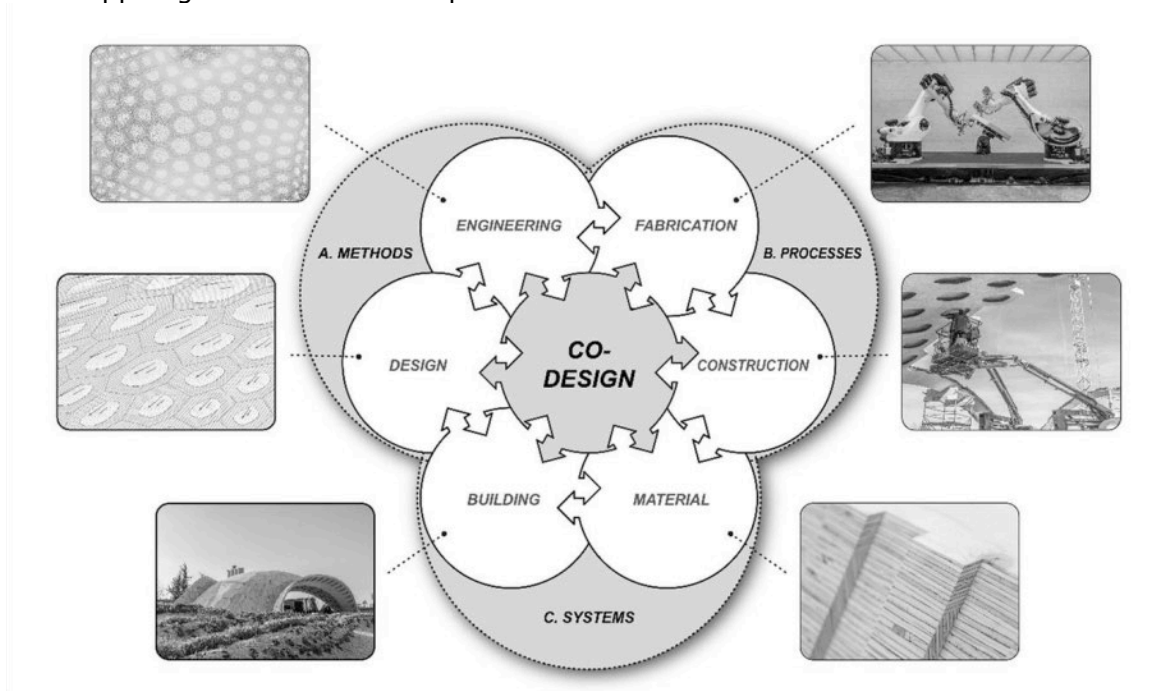


Abbildung 2: In einem integrativen und interdisziplinären Co-Design Prozess wurden über Rückkopplungsprozesse verbundene Entwicklungen des Pavillons organisiert. So fanden z.B.: Planung der Fertigungsplattform parallel mit der Detailplanung des Pavillons statt.

Das Kassettenbausystem wird aus ebenen Einzelbauteilen gefertigt, diese geometrischen Randbedingungen müssen zu jedem Planungszeitpunkt berücksichtigt werden, um die Machbarkeit zu gewährleisten. Gleichfalls stellen die statischen Erfordernisse eine Reihe von Bedingungen an die globale Schalengeometrie, die im gesamten Entwurfsprozess berücksichtigt werden sollten. Dazu kommen noch die vielfältigen Anforderungen aus der robotischen Fertigung. Die für dieses Projekt entwickelten Co-Design-Methoden generieren die Form jedes Bauteils des Pavillons gemäß der architektonischen Entwurfsabsicht und der Berücksichtigung der vorgenannten Aspekte.

Dieser hochintegrierte Prozess ermöglicht die Fertigung von 376 unterschiedlichen Plattensegmenten mit 17 000 verschiedenen Keilzinkenverbindungen gemäß den vielfältigen konstruktiven Anforderungen an die Gesamtstruktur und die Details im Untermillimeter-Bereich. Dieser multiskalare Ansatz ermöglicht es, trotz des Pioniercharakters des Projekts und ungeachtet seiner kurzen Entwicklungszeit von nur 13 Monaten von der Beauftragung bis zur Eröffnung, innovative architektonische und strukturelle Entwicklungen ohne Verlust an Präzision gleichzeitig zu berücksichtigen.

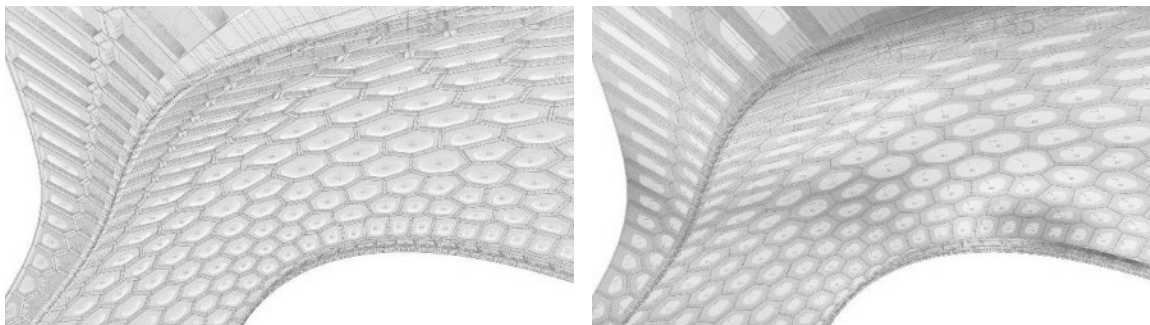


Abbildung 3+4: Computerbasiertes Modell des BUGA Holzpavillons. Das Modell fungiert als Kommunikationsplattform zwischen Statik, Fertigung und Entwurf und bezieht alle Parameter die sowohl für Berechnung als auch Fertigung nötig sind mit ein.

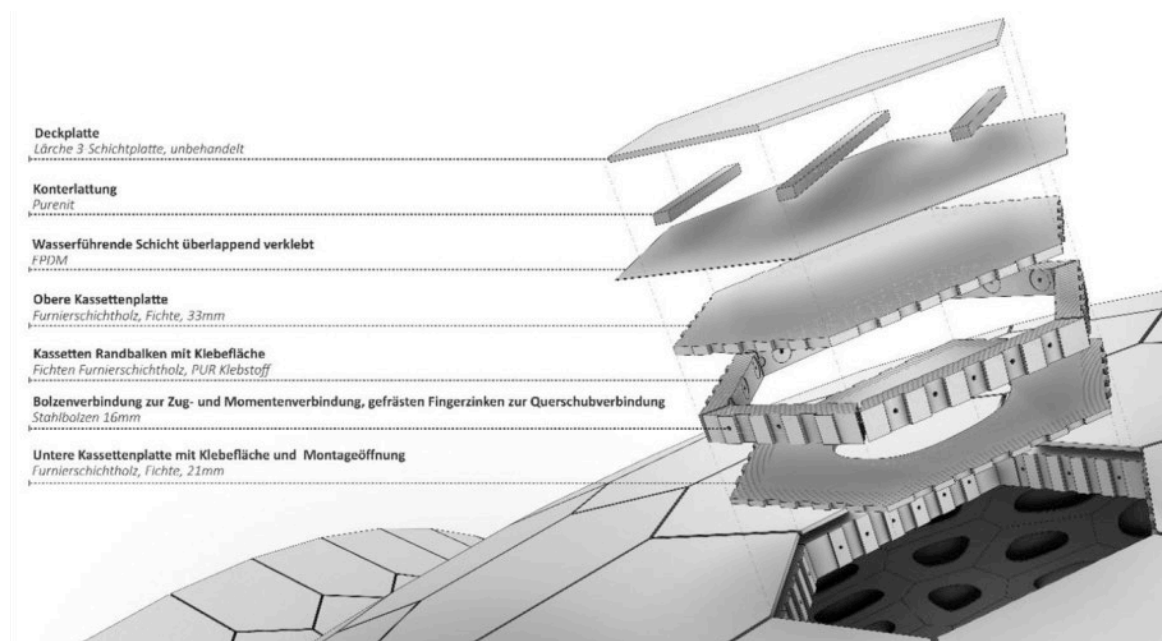


Abbildung 5: Explosionszeichnung eines Holzkassettensegments des BUGA Holzpavillons.

## 4. Kassettensystem

Die komplexen dreidimensionalen Bauteilgeometrien und die über die ganze Schale variierenden Verbindungsgeometrien stellen hohe Anforderungen an die Planung und die statische Berechnung. Eigens entwickelte, BIM-ähnliche computerbasierte Schnittstellen und die Verwendung von parametrischen Planungstools sind erforderlich, um die schiere Menge an Informationen (Bauteildicken, Faserverläufe der Einzelbauteile, Anzahl und Anordnung der Verbindungsmittel, Bereiche ohne kraftschlüssige Verbindungen, etc.) zu verwalten. Ebenso ermöglicht die parametrische Planung Rückkopplungen zur statischen Optimierung der globalen Schalengeometrie, der Segmentanordnung, der Öffnungsgeometrien, der Bauteilstärken und der Anordnung der Verbindungsmittel. Diese sind für die schlanke Schalengeometrie und den geringen Materialeinsatz zwingend erforderlich.

Statisch gesehen übertragen die Deckplatten weiterhin die Kräfte in der Schalenebene; die Biegemomente, die beispielsweise aus asymmetrischen Belastungen entstehen, werden durch die aufgelöste Konstruktion effizient übertragen. Außerdem entsteht durch die Kassettenform die Möglichkeit eine neuartige Bolzenverbindung einzusetzen. Die verwendeten Verbindungsmittel und Bauweisen entsprechen größtenteils dem Stand der Technik und können daher auf Grundlage der geltenden normativen Bedingungen nachgewiesen werden.

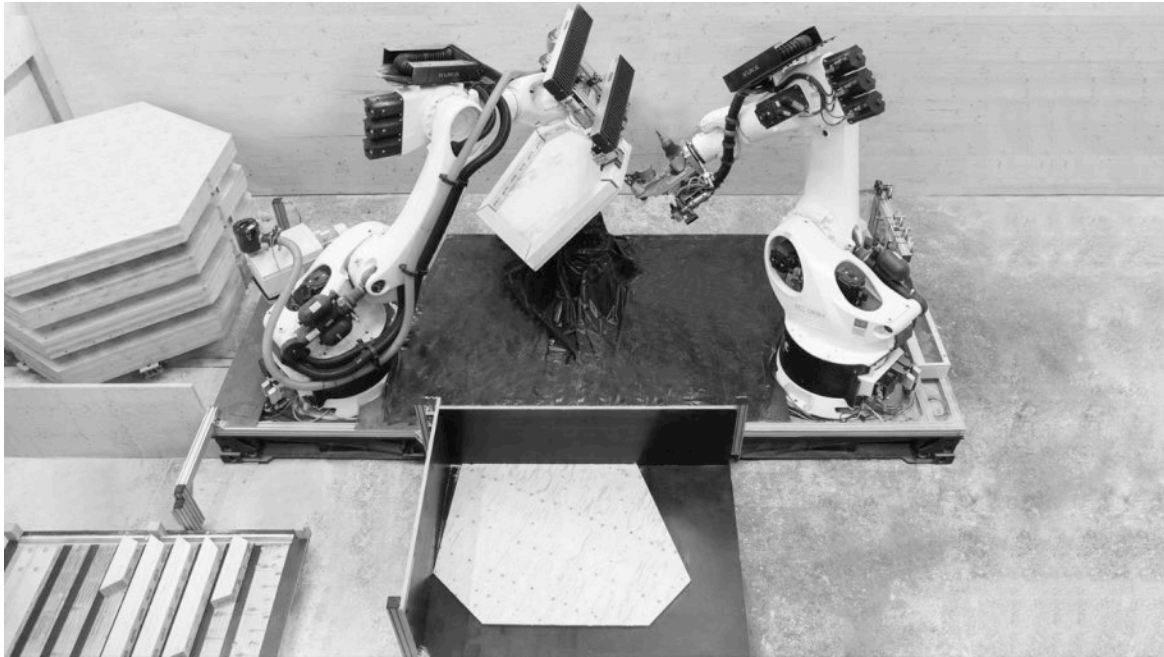


Abbildung 6: Robotische Fertigung der Kassettensegmente – Balkenelemente werden auf eine Basis-Platte geklebt und mit LignoLoc-Nägeln fixiert. Anschließend wird die Kassette mit einer Deckplatte geschlossen und in der Presse abgelegt.

## 5. Additive und Subtraktive Robotische Vorfertigung

Im Vergleich zu massiven Holzelementen, wie sie beispielsweise in dem Vorgängerbau des Forstpavillons eingesetzt wurden, reduzieren die Holzkassetten Gewicht und Material deutlich, erhöhen aber auch die Anzahl der Bauteile um das Achtfache und führen zu einer komplexeren Fertigung. Das Streben nach höherer Ressourceneffizienz muss daher mit der automatisierten Roboterfertigung der Schalensegmente einhergehen. Dazu wurde vom ICD Universität Stuttgart und der BEC GmbH eine neuartige, transportable, 14-achsige Roboter-Holzfertigungsplattform entwickelt, die beim Industriepartner Müller-Blaustein Holzbauwerke GmbH zum Einsatz kam. Die Plattform beinhaltet zwei Schwerlastroboter, die auf einem 20-Fuß Standard-Containerboden montiert sind. Die Flexibilität von Industrierobotern ermöglicht die Integration aller Vorfertigungsschritte der Kassettensegmente des Pavillons innerhalb einer einzigen, kompakten Fertigungseinheit.

Während der Produktion werden die Holzkassetten zunächst von den Robotern zusammengebaut. Dazu gehören die Platzierung von vorformatierten Holzplatten und -balken, das kontrollierte Aufbringen des Klebstoffs zwischen Platten und Balken, sowie eine temporäre Lagesicherung mit Buchennägeln für den Trocknungsvorgang. In einem zweiten Schritt werden in die montierten Segmente die maßgeschneiderten Keilzinkenverbindungen und Öffnungen mit 300µm Genauigkeit gefräst. Von der Montage der Balken und Platten, über das Fräsen mit unterschiedlichen Werkzeugen, bis hin zur sensorbasierten Prozess- und bildbasierten Qualitätskontrolle - alles geschieht in einem vollautomatischen Ablauf, gesteuert von 2 Millionen Zeilen Robotercode, die direkt aus dem computerbasierten Modell erzeugt werden. Im Durchschnitt dauert das robotische Fügen 8 Minuten pro Segment. Für das Hochpräzisionsfräsen werden weitere 30 Minuten benötigt.

Eine Verwendung von PUR-Klebern ist in der Tafelbauweise, welche der Kassettenskonstruktion am ähnlichsten kommt, nicht geregelt. Daher mussten hohe Anforderungen an die Präzision und die Qualität der Klebefugen in der robotischen Produktion der Kassetten berücksichtigt werden. Die feine Dosierung des Klebstoffs, sowie die Herstellungsgeschwindigkeit in der Fertigung boten hier allerdings hohe Verarbeitungssicherheit. Ohne automatisierte Fertigung wäre diese Klebefugengüte schwer zu erreichen gewesen. Der gesamte Prozess wurde durch die MPA Stuttgart betreut. Hier war auch eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung für die Überprüfung der Klebefugenqualität erforderlich.

Die Genauigkeit aller Holzbauelemente wurde im Vorfabrikationsprozess minutiös kontrolliert. Um Klebstoff-Fugenmaße von maximal 0.3mm einzuhalten, wurden alle verarbeiteten Balken vor dem robotischen Fügeprozess exakt auf Maß gehobelt. Der additive robotische Fügung erlaubte für etwas größere Toleranzen, bevor diese in dem anschließenden subtraktiven Fräsprozess wieder auf ein Minimum gebracht wurden. Messungen des Instituts für Ingenieurgeodesie (IIGS, Prof. Schwieger) ergaben maximale Abweichungen vom Soll von nur 300 Mikrometern. Diese Genauigkeit ist von absoluter Relevanz für das schnelle und einfache Montieren der Holzkassetten und macht eine Übertragung der Normalkräfte in der Schale über Stoßkontakt zwischen allen Kassetten möglich.

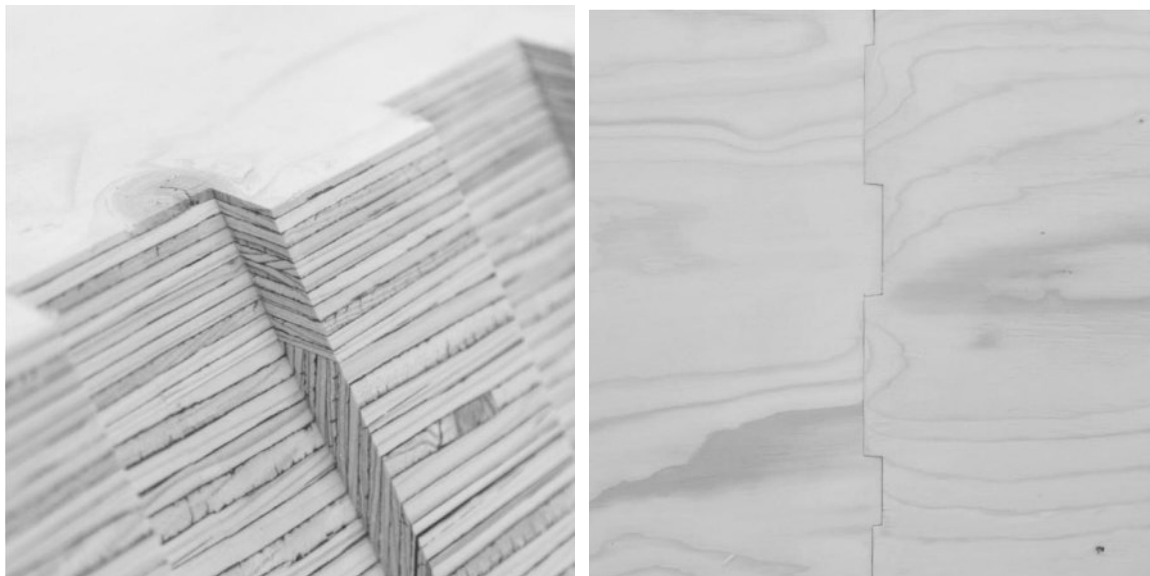


Abbildung 7+8: Detailansicht der gefrästen Fingerzinken. Passgenaue Fügung der Kassetten ermöglicht Kraftübertrag zwischen Kassetten auf Stoß.

## 6. Konstruktion

Obwohl der BUGA Holzpavillon an drei Seiten großzügig geöffnet ist, muss sein innovatives Bausystem auch herkömmliche Fragen wie Wasserdichtigkeit, UV-Schutz, elektrische Installationen, Lichtplanung, Blitzableitung und Fundamentdetails zufriedenstellend integrieren.

Der Pavillon sitzt auf drei Streifenfundamenten, welche miteinander verbunden wurden, um Horizontalkräfte in der Konstruktion kurzzuschließen. Die maßgebliche Herausforderung stellte hier die Schnittstelle zwischen zwei Gewerken da, welche mit drastisch unterschiedlichen Toleranzen arbeiten. Bei der Herstellung der Fundamente musste mit Ungenauigkeiten von mehr als einem Zentimeter gerechnet werden. Da die Holzschalenkonstruktion, von den Streifenfundamenten startend, nach oben hin aufgebaut wird und auf Nulltoleranz geplant und gefertigt wurden, müssen die zuerst gesetzten Kassetten mit zumindest 0.3mm Genauigkeit auf den Fundamentstreifen platziert werden. Hierfür wurden in den Fundamenten mittels eingelassenen Bolzen feinjustierbare Stahlkästen vorgesehen. Die Holzkassetten wurden dann mittels einem Bolzen direkt auf diesen Füßen angeschraubt. Hinter den Fundamentstreifen wurden Drainagebereiche vorgesehen, in welche Regenwasser über eine über den gesamten Pavillon montierte EPDM Folie geleitet wird. Eine Unterkonstruktion aus rezyklierten und wasserfesten Puren-Latten hält darüber Lärchenholz Dreischichtplatten, die als Fassadenverkleidung und UV-Schutz dienen.

Unter den Fassadenplatten läuft außerdem ein Netz aus Blitzableitern. Da für die Blitzschutzplanung von doppelt gekrümmten Holzsegmentschalenkonstruktionen keine klaren Vorgaben existieren, mussten die Positionen der Blitzableiter mit Kugelkalotten im 3D-Programm abgestimmt werden. Für den Verlauf der Blitzableiter war des Weiteren die Elektroinstallationen für die Lichter im Inneren der Kassetten zu berücksichtigen: Da die Schale so dünn konstruiert wurde, musste ein Überschlag der elektrischen Spannungen in die Lichtinstallationen durch Mindest-Abstände sichergestellt werden.

Für die Lichtinstallationen wurden schon in der robotischen Vorfertigung Löcher in die Kassettenränder gebohrt, durch welche elektrische Kabelleitungen von dem Inneren einer Kassette zur anderen gleitet werden konnte. Pro Kassette wurden in etwa 3 LED-Streifenlichter installiert. Dies erlaubt die abendliche Illumination des Pavillons.

## 7. Aufbau

Nach der Vorfertigung im Werk von Müller Blaustein Holzbauwerken, wurden alle Kassetten in transportfähigen Stapeln verpackt. Da die gesamte Fertigung schon in der inversen Einbausequenz getaktet wurde, konnten auf der Baustelle diese Stapel Kassette für Kassette abgeräumt werden, ohne dass weitere Sortierungen vorgenommen werden hätten müssen.

Die komplett vorgefertigten Holzkassetten wurden von einem Team von zwei Handwerkern in nur 10 Arbeitstagen im freien Vorbau vor Ort montiert, ohne die sonst üblichen, umfangreichen Unterkonstruktionen oder Stützgerüste zu benötigen. Nach der Verbindung der Segmente über wiederverwendbare Bolzen, wurde eine EPDM-Folie in 8 Streifen über den Pavillon gelegt und so die Wasserdichtigkeit sichergestellt. Die sichtbare Außenverkleidung des Pavillons bilden unbehandelte Lärchenplatten. Alle Bauelemente sind für leichte Demontage und Wiederaufbau an einem anderen Ort ausgelegt.

Einen Sonderfall stellten die Kassetten im Knick der drei Bögen dar. Da die Verbindungen zwischen den Kassetten in dem Knick der Schale nicht mit Bolzen gelöst werden konnten, wurden hier Holzschraubenverbindungen vorgesehen. Da diese Verbindungen nicht reversibel sind, wurden die Bögen jeweils in transportfähigen Halbbögen schon im Werk vormontiert. Die Bögen kamen dann in zwei Transporten auf die Baustelle, wurden dort aufgestellt und mit einem Schlussstein verbunden.



Abbildung 9+10: Vorfertigung der Halbbögen im Werk von Müller Blaustein Holzbauwerke und Aufbau vor Ort und Aufbau vor Ort



Abbildung 11+12: Aufbau der Schalenkassetten im freien Vorbau. Fugen zwischen den Kassetten werden durch das Anziehen der Bolzen geschlossen, bis alle Kassetten direkt aneinanderstoßen.

## 8. Architektonischer Ausdruck

Die tragende Holzschale des Pavillons erreicht eine stützenfreie Spannweite von 30 Metern bei einem Gewicht von nur 38 kg/m<sup>2</sup>. Dies ist weniger als das Flächengewicht des Forstpavillons, trotz der dreifachen Spannweite und fünffachen Größe! Der BUGA Holzpavillon

zeigt die Möglichkeiten einer effizienten, wirtschaftlichen, ökologischen und ausdrucksstarken Holzarchitektur, die an der Schnittstelle von Handwerk, digitaler Innovation und Forschung entsteht.

Der BUGA Holzpavillon liegt an einer zentralen Kreuzung in der wellenförmigen Landschaft der Sommerinsel des BUGA-Geländes. Drei dynamische Bögen bilden einladende Öffnungen zu den Hauptwegeachsen aus und führen die Besucher in das Innere des Pavillons. Die Schale schafft einen geschwungenen Raum für Konzerte und öffentliche Veranstaltungen, mit einer sehr guten Akustik und einer einzigartigen architektonischen Atmosphäre. Dies gilt insbesondere bei Nacht, wenn Tausende von LED-Leuchten, die in die inneren Öffnungen der Schale eingebettet sind, das Innere des Pavillons in ein dezentes, warmes und einladendes Licht tauchen.

Die Forschung an digitalen Holzbausystemen wird im Rahmen des neuen Exzellenz-Clusters «Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur» an der Universität Stuttgart fortgesetzt.



Abbildung 13: Der BUGA Holzpavillon auf der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn



Abbildung 14: Die Bühne im BUGA Holzpavillon auf der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn wird als flexible Veranstaltungsfläche genutzt.

## 9. Danksagung

Das Forschungsteam für den Bundesgartenschau Holzpavillon besteht aus Architekten und Ingenieuren der Universität Stuttgart. Am ICD aus Prof. Achim Menges, Martin Alvarez, Abel Groenewolt, Oliver David Krieg, Ondrej Kyjanek und Hans Jakob Wagner. Am ITKE aus Prof. Jan Knippers, Lotte Aldinger, Simon Bechert und Daniel Sonntag. Monika Göbel (ICD) koordinierte die Ausführung.

Der Pavillon wurde realisiert durch eine Kooperation der Universität Stuttgart mit der BUGA Heilbronn 2019 GmbH (Oliver Töllner, Hanspeter Faas) und Müller Blaustein Holzbauwerke (Reinhold Müller, Daniel Müller, Bernd Schmidt). Das Roboter-Setup wurde in einer Kooperation mit BEC GmbH (Zied Bhiri, Matthias Buck) entwickelt. Das Projekt wurde ermöglicht durch Fördermittel des Ministeriums für Wissenschaft und Kunst, des Europäischen Fond für Regionale Entwicklung, der Bundesgartenschau Heilbronn 2019 GmbH und GETTYLAB. Die Forschungsarbeiten wurden darüber hinaus teilweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen der Exzellenzinitiative – EXC 2120/1 – 390831618 unterstützt.

## 10. Bibliografie

- Bechert, S., Knippers, J., Krieg, O. D., Menges, A., Schwinn, T., & Sonntag, D. (2016). Textile Fabrication Techniques for Timber Shells. In S. Adriaenssens, F. Gramazio, M. Kohler, A. Menges, & M. Pauly (Eds.), *Advances in Architectural Geometry 2016* (pp. 154–169). Zurich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. [http://doi.org/10.3218/3778-4\\_12](http://doi.org/10.3218/3778-4_12)
- Groenewolt, A., Schwinn, T., Nguyen, L., & Menges, A. (2018). An interactive agent-based framework for materialization-informed architectural design. *Swarm Intelligence*, *12*(2), 155–186. <http://doi.org/10.1007/s11721-017-0151-8>
- Grun, T. B., Von Scheven, M., Bischoff, M., & Nebelsick, J. H. (2018). Structural stress response of segmented natural shells: A numerical case study on the clypeasteroid echinoid *Echinocyamus pusillus*. *Journal of the Royal Society Interface*, *15*(143), 21–28. <http://doi.org/10.1098/rsif.2018.0164>
- Menges, A., Wagner, H. J., & Schwinn, T. (2018). Bionische segmentierte Holzplattenschalen: integrative agentenbasierte Modellierung und robotische Fertigung. 24. Internationales Holzbau-Forum /HF 2018, 239-249.
- Li, J.-M., & Knippers, J. (2015). Segmental Timber Plate Shell for the Landesgartenschau Exhibition Hall in Schwäbisch Gmünd—the Application of Finger Joints in Plate Structures. *International Journal of Space Structures*, *30*(2), 123–140. <http://doi.org/10.1260/0266-3511.30.2.123>
- Menges, A., & Schwinn, T. (2012). Manufacturing Reciprocities. *Architectural Design*, *82*(2), 118–125. <http://doi.org/10.1002/ad.1388>
- Menges, A. (2013). Morphospaces of Robotic Fabrication. In S. Brell-Çokcan & J. Braumann (Eds.), *Rob | Arch 2012* (pp. 28–47). Vienna: Springer Vienna. [http://doi.org/10.1007/978-3-7091-1465-0\\_3](http://doi.org/10.1007/978-3-7091-1465-0_3)
- Alvarez, M., Wagner, H. J., Groenewolt, A., Krieg, O. D., Sonntag, D., Bechert, S., ... Knippers, J. (2019). The buga wood pavilion - Integrative interdisciplinary advancements of digital timber architecture. ACADIA 2019, Austin, USA. Schwinn, T., Krieg, O. D., & Menges, A. (2013). Robotically Fabricated Wood Plate Morphologies. In S. Brell-Çokcan & J. Braumann (Eds.), *Rob | Arch 2012* (pp. 48–61). Vienna: Springer Vienna. [http://doi.org/10.1007/978-3-7091-1465-0\\_4](http://doi.org/10.1007/978-3-7091-1465-0_4)
- Bechert, S., Groenewolt, A., Krieg, O., Menges, A., Knippers, J.: 2018, Structural Performance of Construction Systems for Segmented Timber Shell Structures, in *Creativity in Structural Design* [Proceedings of the IASS Conference 2018], Boston.
- Sonntag D., Aldinger L., Bechert S. und Knippers J. (2019) Statische Modellierung und Berechnung von Segmentschalen aus Holz, Baustatik und Baupraxis, Stuttgart, 2020, (angenommen)
- Introducing TIM – a mobile robotic timber construction platform*. 2018, accessed 20.October 2018, <<http://icd.uni-stuttgart.de/?p=23427>>.



# Konstruieren an der Grenze des Machbaren – Erfahrungen und Lösungen

Franz Tschümperlin  
SJB.Kempter.Fitze AG  
Eschenbach SG, Schweiz





# Konstruieren an der Grenze des Machbaren

## 1. Das Siegerprojekt Swatch-Omega

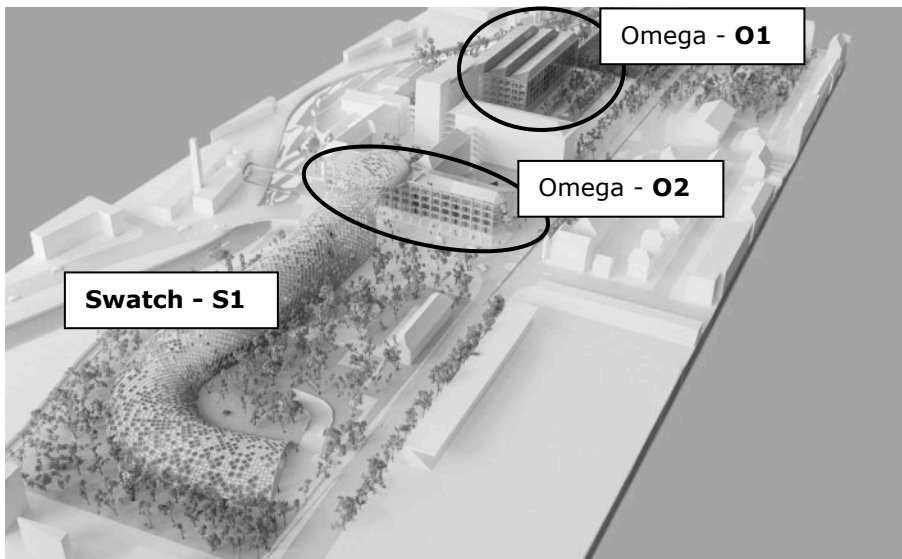


Abbildung 1: Modell des Siegerprojektes (Swatch-Omega)

Im Jahr 2011 gewann Shigeru Ban zusammen mit Hermann Blumer den Architekturwettbewerb für das Projekt Swatch-Omega in Biel (CH). Neben dem drachenförmigen Swatch-Gebäude wurden auch zwei Gebäude für Omega erstellt.

### **Omega 1** – 5-geschossiges Produktionsgebäude für Uhren

- Höhe x Breite x Länge: 28 x 34 x 72m
- Aussteifung über Betonkern (mittleres Drittel)
- Enorme Schwingungsanforderung für Uhrenmontage  
→ Rechnerische & Experimentelle Modalanalyse
- Unterzüge (l=10m) über Verzahnung und Zugstange am Betonkern eingespannt
- Einspannung der BSH-Unterzüge an den Stützen mit BFH-Bolzen (d=220mm)

### **Omega 2** – 5-geschossiges Museum und Konferenzgebäude auf einem Betontisch

- Höhe x Breite x Länge: 28 x 17 x 80m
- Aussteifung über BSH-Rahmen mit «Vierendeel-Stützen» mittels BFH-Bolzen
- Schwingungsanforderung bei 15m Spannweite → Rechnerische Modalanalyse
- Abfangung einer kompletten Binderachse
- Abfangung vom «Kopf» der Dachkonstruktion des S1-Gebäudes

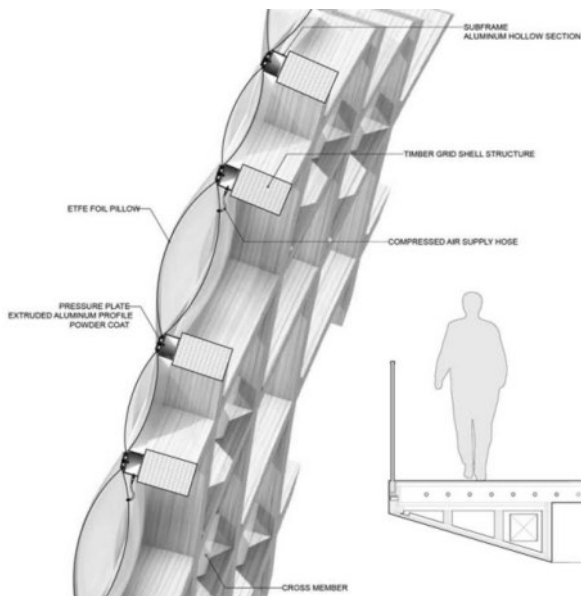
### **S1** – 5-geschossiges Bürogebäude

- Höhe x Breite x Länge: 33 x 17 x ca. 245m (Firstlinie)
- Geflecht aus frei geformten BSH-Trägern
- Abfangung auf einem Gebäude einer «anderen» Bauherrschaft
- Komplexe Gewerkschnittstellen
- Dilatationsfugen im Massivbau

In den weiteren Ausführungen konzentriert sich der Beitrag auf das Gebäude S1.

## 2. Konstruktion der Gridshell

### 2.1. Die Anforderungen unter einen Hut bringen

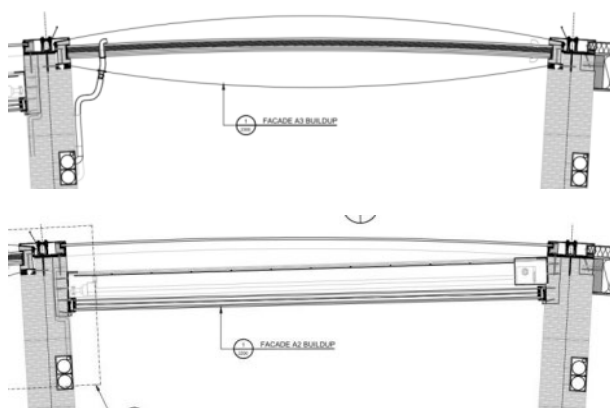


Der Vorschlag von Shigeru Ban war nicht zuletzt deshalb erfolgreich, da er eine teiltransparente Fassade mit einer Bauhöhe von ca. 800-900mm vorschlug.

Es zeigte sich, dass es aufgrund der komplexen Geometrie und der Nutzungsanforderungen nicht möglich war, die Brandabschnitte auf übliche Größen zu unterteilen. Zusammen mit weiteren brandschutztechnischen Faktoren wurde der Einbau einer Sprinkleranlage entschieden.

Die geometrisch extrem komplexen Dachelemente an den Schnittstellen wie Balkone, sind prädestiniert für ETFE-Kissen-Konstruktionen. Die Anforderungen der Wärmedämmung und den Schutz gegen Aussenlärm führten aber dazu, dass dieser Elementtyp in der Fläche reduziert wurde.

Abbildung 2: Fassadenschnitt aus Wettbewerb (Shigeru Ban Architects)



Zur Kompensation der zu geringen U-Werte wurden als transparente Alternative verglaste Elemente eingesetzt. Die geforderten U-Werte von  $0.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  konnten über 3-fach-Verglasungen erreicht werden, welche (noch) nicht gekrümmt hergestellt werden.

Ein ESG Glas wird hingegen gekrümmt und aussen als wasserführende Schicht eingesetzt. Der dazwischen entstehende Hohlraum wird dabei mit trockener Luft versorgt (Kondensation).

Abbildung 3: Elemente: Translucent (oben) und transparent (unten); Leicht Structural Engineering

Die Simulationen zum Sommerlichen Wärmeschutz zeigten zudem, dass einerseits in die transparenten Elemente ein Sonnenschutz integriert werden muss (zwischen ESG und 3-fach-Verglasung) und auch an der Fassade gekühlt werden muss.

Am einfachsten erfüllen all diese Anforderungen (inkl. Kosten; mit Ausnahme der Transparenz), die opaken Elemente. Die Kühlelemente wurden entsprechend unterhalb platziert, da diese ebenfalls opak sind. Im Weiteren wurden 448 dieser Elemente benutzt, um eine PV-Anlage auf der Südhälfte zu installieren.

Als Installation werde in der Fassade somit benötigt:

- Elektro für Licht, Photovoltaik, Sonnenschutz, Brandmelder, Sensortechnik
- Sprinkler Gesamter Innenbereich
- Luft Vorgetrocknet für Closed Cavity in den transparenten Elementen
- Luft Vor- und Rücklauf für ETFE-Kissen
- Wasser Vor- und Rücklauf für Kühlelemente (Schweizerkreuze)

Der übliche Ansatz um diese komplexen Schnittstellen zu Organisieren ist die Bestimmung von Volumen für die verschiedenen Gewerksgruppen und führt zu folgendem Aufbau:

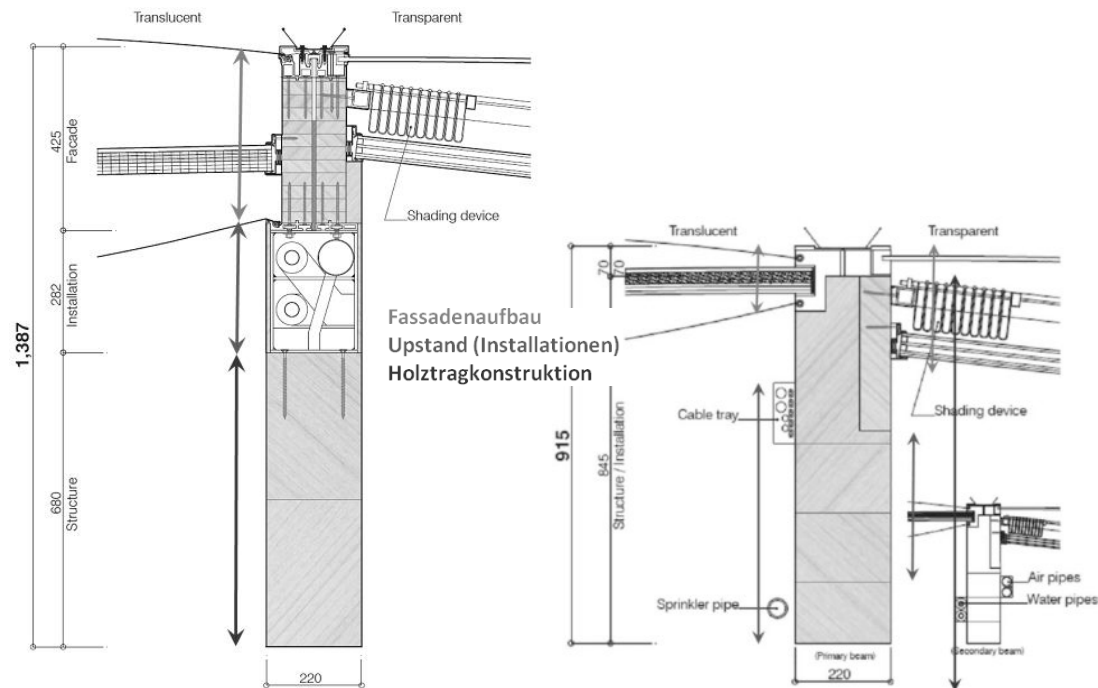


Abbildung 4: Basisaufbau (links) und Integrierter Aufbau (rechts) im Grössenvergleich Shigeru Ban Architects, Leicht Engineering

Die Baubewilligung definiert die Aussenabmessungen eines Gebäudes. Die Basisvariante mit einer Erhöhung der Fassadenstärke von ca. 500mm gegenüber der Baueingabe führte zu einer Reduktion der Raumhöhen im 5.OG auf lokal 2m. Aber auch die horizontale Geschossfläche wurde um mehrere 100m<sup>2</sup> reduziert.

Es wurde so entschieden, dass die statische Bauhöhe so weit wie irgend möglich reduziert werden soll und sämtliche Installationen im Bereich der Holztragkonstruktion integriert werden (Integrierter Aufbau, siehe Grafik oben).

## 2.2. Das Konzept vom Integrierten Aufbau

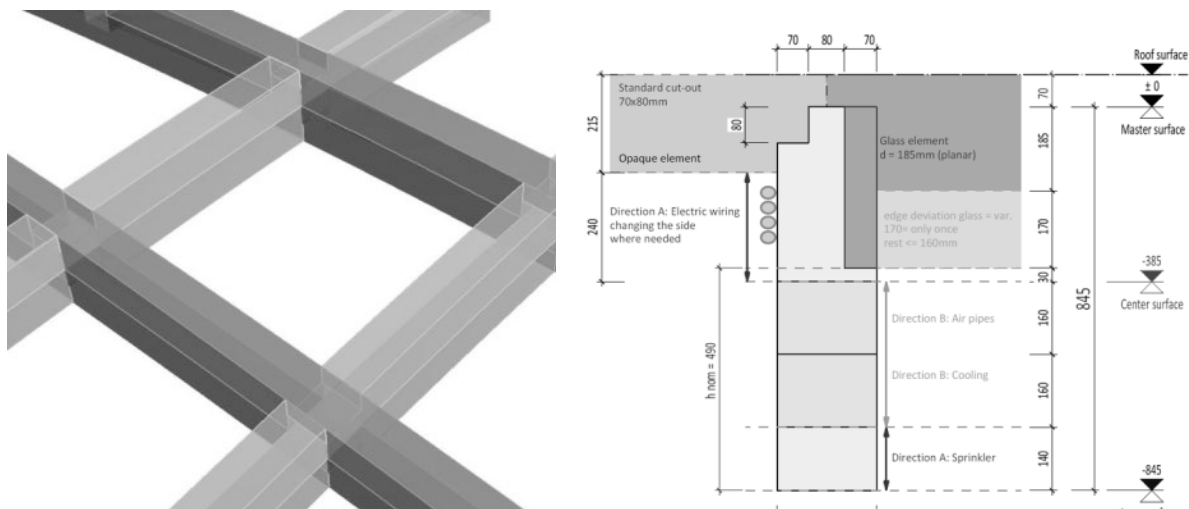


Abbildung 5: Basisaufbau (links) und Schnitt durch integrierter Aufbau (rechts), SJB Kempter Fitze

Ursprünglich war ein drei bis vierschichtiger symmetrischer Aufbau mit Überblattungen an den Kreuzungspunkten vorgesehen. Die enorme Einschnitttiefe der planaren Glaselemente über Eck der Diagonale führte einerseits zu einer überproportional hohen obersten Lage, als auch zu einer massiven Verschwächung derselben. Zusätzlich führte das auch zu einer enormen Einfahrtiefe an den Kreuzungspunkten der obersten Lage.

An den Kreuzungspunkten läuft jeweils eine Richtung durch, während die andere Richtung unterbrochen wird. Die Installationen wurden so geführt, dass diese in den Kreuzungspunkten den Netto-Querschnitt der durchlaufenden Lage nicht tangieren. Hingegen wird die Druckkontaktfläche für die Lastübertragung von einer Richtung zu der nächsten reduziert.

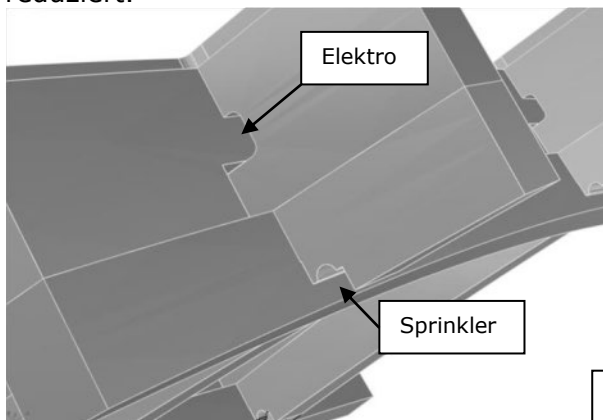


Abbildung 6: Ausschnitt für Elektro und Sprinkler

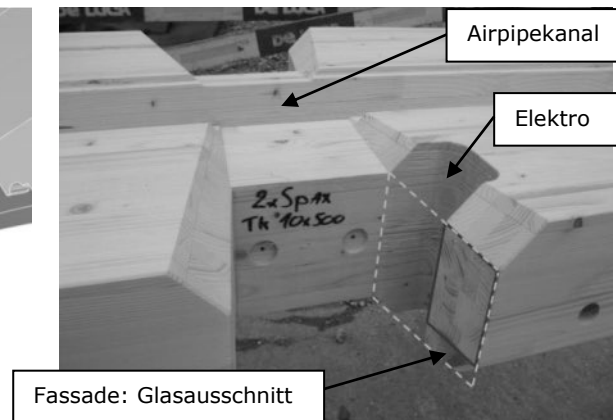


Abbildung 7: Reduktion der Kontaktfläche in B-Lage

Als Ausnahme wurden die beiden Luftleitungen für die transluzenten Elemente im Querschnitt geführt (Airpipekanal).

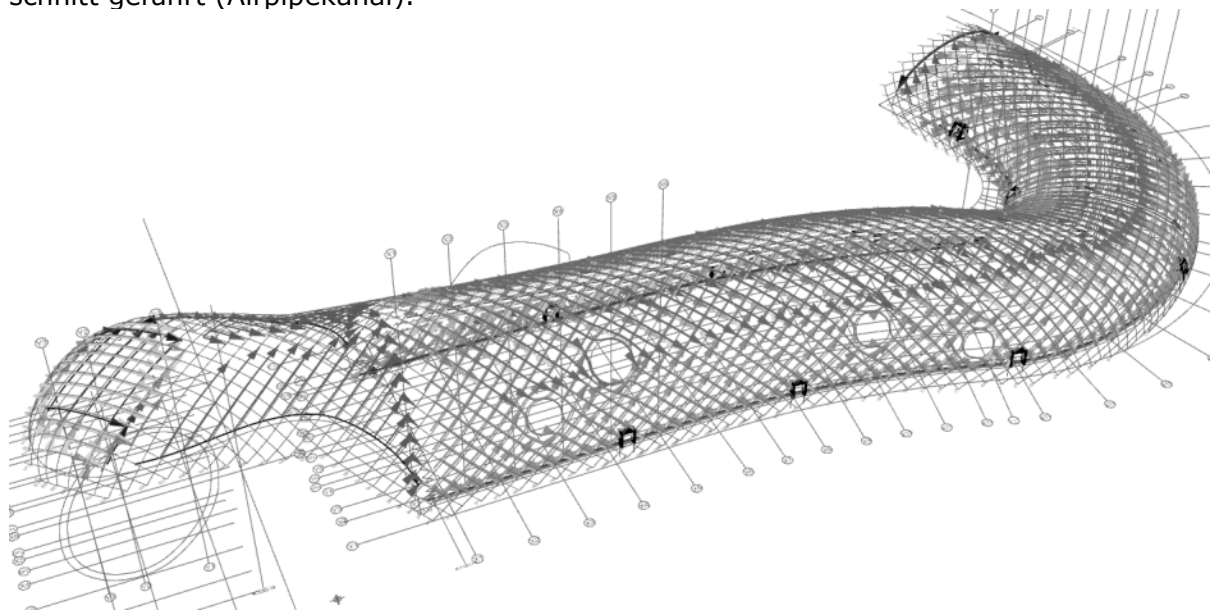


Abbildung 8: Koordinationsmodell der Installationen; DesignToProduction, Erlenbach

### 2.3. Masterfläche

Um die Bewegungen an den Schnittstellen zu begrenzen, wurde die Tragkonstruktion an den Betondecken mit Distanzhaltern befestigt. Dies führte in diesen Bereichen zu geringen statischen Beanspruchungen, während diese an anderer Stelle enorm sind. Gleichzeitig ist ein enormer Aufbau just zwischen den Decken unerwünscht. Auf dieser Basis wurde die Konstruktion so optimiert, dass die Querschnittsabmessung nur gerade so hoch war, wie statisch und konstruktiv erforderlich. Dies führte zu einer variablen Stärke der Gridstruktur von 845 – 925mm. Dabei wurden vor allem die einzelnen Layerstärken variabel gestaltet. So konnte wo nötig auf maximale Ausschnitte reagiert werden, während andernorts eine möglichst effiziente Statik angestrebt wird. Die Masterflächen für diese Layer sind somit nicht parallel und eine enorme Herausforderung in der Generierung.

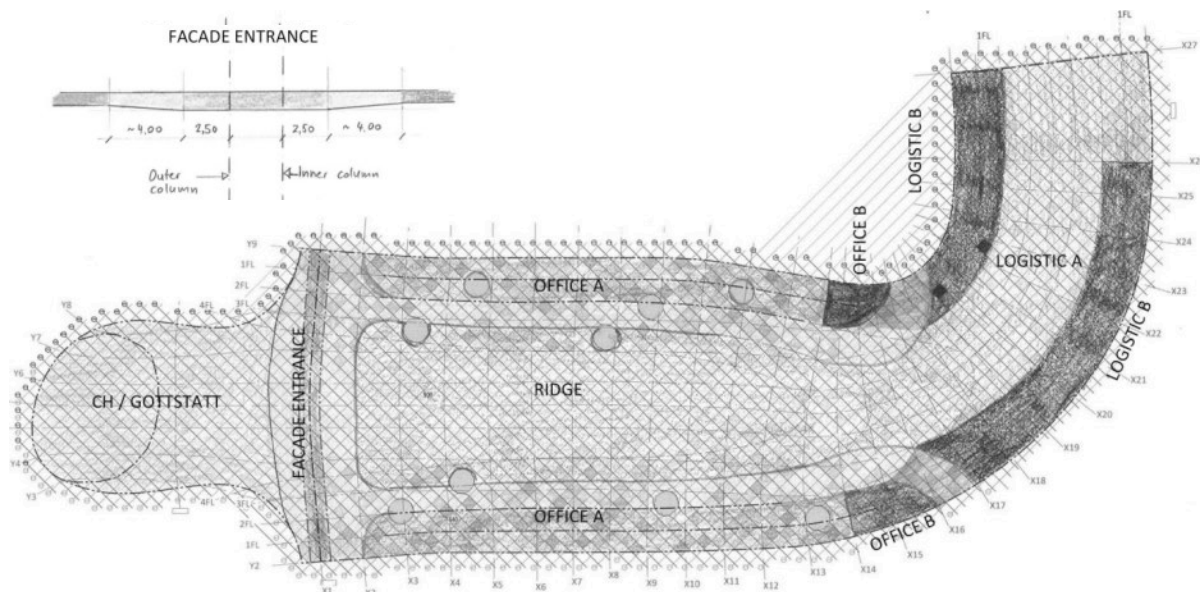
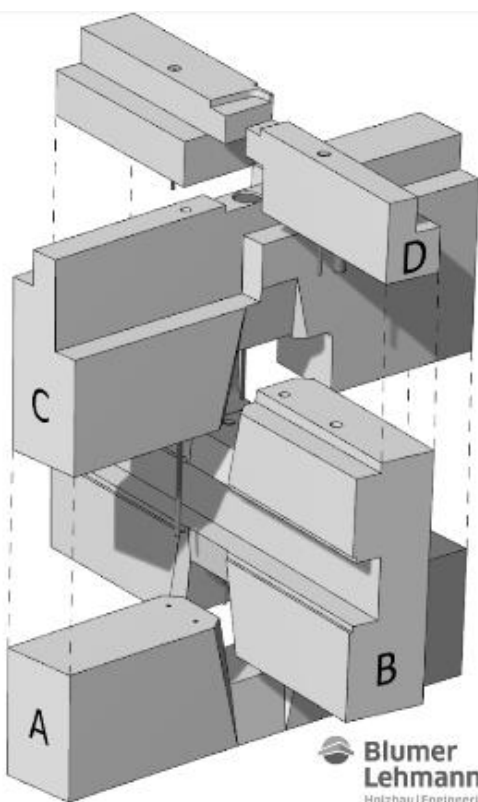


Abbildung 9: Zonenmodell am «Flatfish» als Basis für die Generierung der Masterflächen; SJB Kempfer Fitze

## 2.4. Lagenaufbau



In der Ausschreibung wurde eine mögliche Lösung aufgezeigt, aber auch individuelle Anpassungen der Unternehmer offengelassen, da je nach Einrichtung (z.B. Maschinenpark) unterschiedliche Grenzen der Realisierbarkeit der verschiedenen Betriebe bestehen.

Ausgeführt wurde die Konstruktion durch Blumer-Lehmann AG aus Gossau bei St.Gallen (CH). Dabei wurde die Konstruktion weitgehend übernommen und mit vier Lagen gearbeitet. Die Statik wird dabei von den Lagen A-C übernommen, während die Lage D dazwischengesetzt wird.

Eine besondere Schwierigkeit stellt die Montage und deren Einfahrrichtung dar. Da die Träger möglichst über mehrere Knoten verlaufen sollen, ist diese immer abweichend zur Flächennormale des jeweiligen Knotens. Hier wurden von DesigntoProduction mehrere verschiedene Kreuzknotentypen entwickelt um verschiedene Spektren von Freischnitten abzudecken.

Abbildung 10: Systematischer Layeraufbau; Blumer-Lehmann AG, Gossau

## 2.5. Längsstöße und Schubverbinder



Abbildung 11: Längsstoss

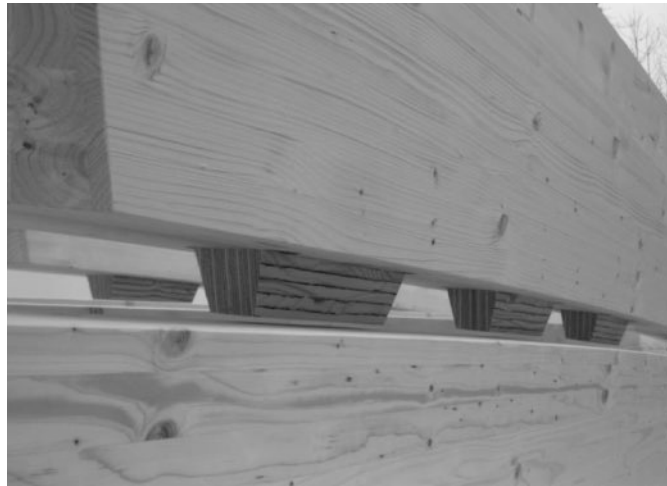


Abbildung 12: Schubverbinder

Die Stöße wurden mit Schlitzblechen und Stabdübel in der Sacklochbohrung vormontiert, ausgeflickt und verschliffen. Auf der Baustelle wurde ein Verbindungsblech eingesetzt, welches über wenige Stahl-Stahlverbindungen die Kräfte überträgt.

Die Schubverbinder bestehen aus FSH-Schubnocken, welche hochpräzise produziert und eingefräst sind.

## 3. Modellierung und Bemessung

### 3.1. Gridshell

Es gilt vorab die relevanten Parameter für die Bemessung zu bestimmen. Insbesondere der effektive Faseranschnitt der Lamelle vom Rohling im Vergleich zum fertigen Bauteil ist dabei entscheidend. Dabei kann ein Bauteil aus einem geraden, einem einsinnig oder einem zweisinnig gekrümmten Querschnitt gefräst werden. Der zweisinnige Rohling ist dabei kostenintensiver in der Herstellung, reduziert aber die Maschinenstunden dramatisch und auch die statischen Verluste aufgrund des Faseranschnitts.

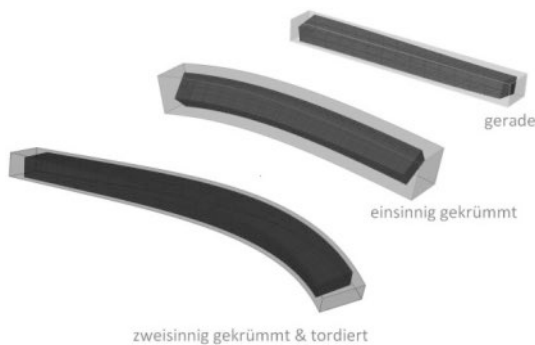


Abbildung 13: Rohlingstypen: DesignToProduction | Abbildung 14: S1 - Rohlinge; Hess Timber, Kleinheubach

Die wichtigsten Parameter, welche für jede Position berücksichtigt wurden:

- Dimension (variabel, v.a. in den Zonenübergängen)
- Festigkeitsklassen (Bestimmung der Festigkeitswerte)
- Faseranschnittswinkel (Bestimmung  $k_{m,a,t}$  etc.)
- Krümmungsradien (Querzug bei positivem Moment; max. Lamellendicke)
- Kreuzknotentyp (Bestimmung Netto-Querschnitt am Knoten)
- Ausschnitte Fassadenelemente (QS-Reduktion der C-Lage)
- Ausschnitte der Installationen (Reduktion Kontaktfläche; Vorholz Schubverbinder)



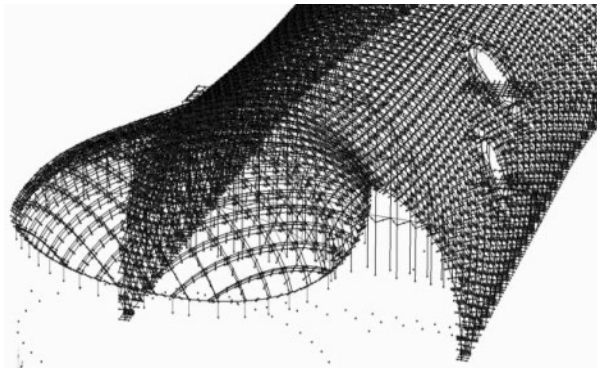


Abbildung 15: S1 - Stabmodell

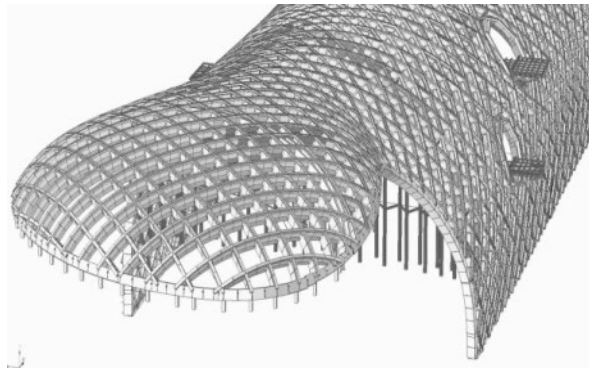


Abbildung 16: S1 - Renderingmodell

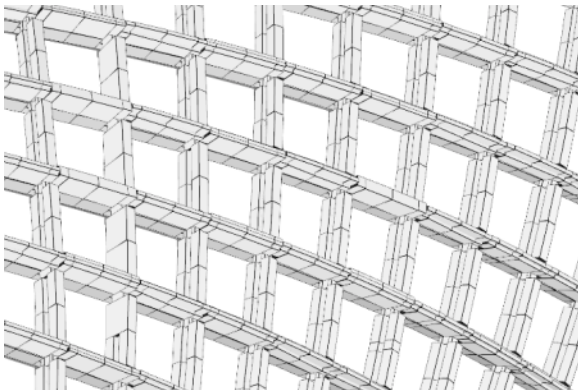


Abbildung 17: S1 - Renderingmodell - Ausschnitt

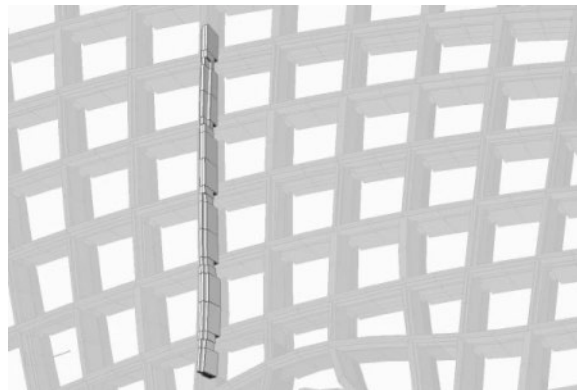


Abbildung 18: S1 - Modell einzelnes Bauteil

### 3.2. Freigabeprozess

Als Basis für die parametrische Programmierung werden Regeldetails entwickelt und von den entsprechenden Planern freigegeben. Nach dem Programmieren und Generieren werden die Bauteile einzeln durch den Ingenieur freigegeben. Dabei wurde jede Schraube und die Referenznägel vorgebohrt um die präzise Positionierung am Träger sicherzustellen.

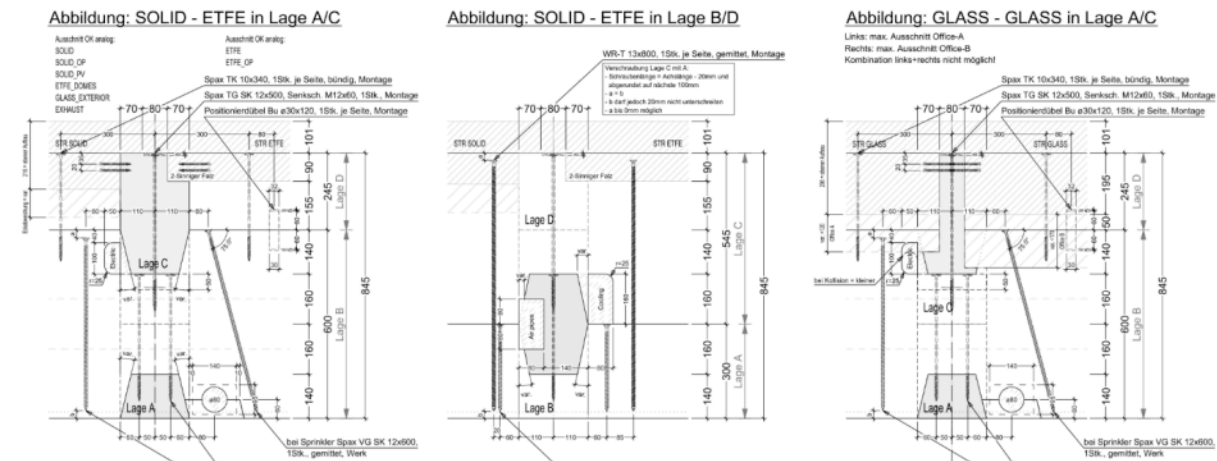


Abbildung 19: Regeldetails Knoten; Blumer-Lehmann AG

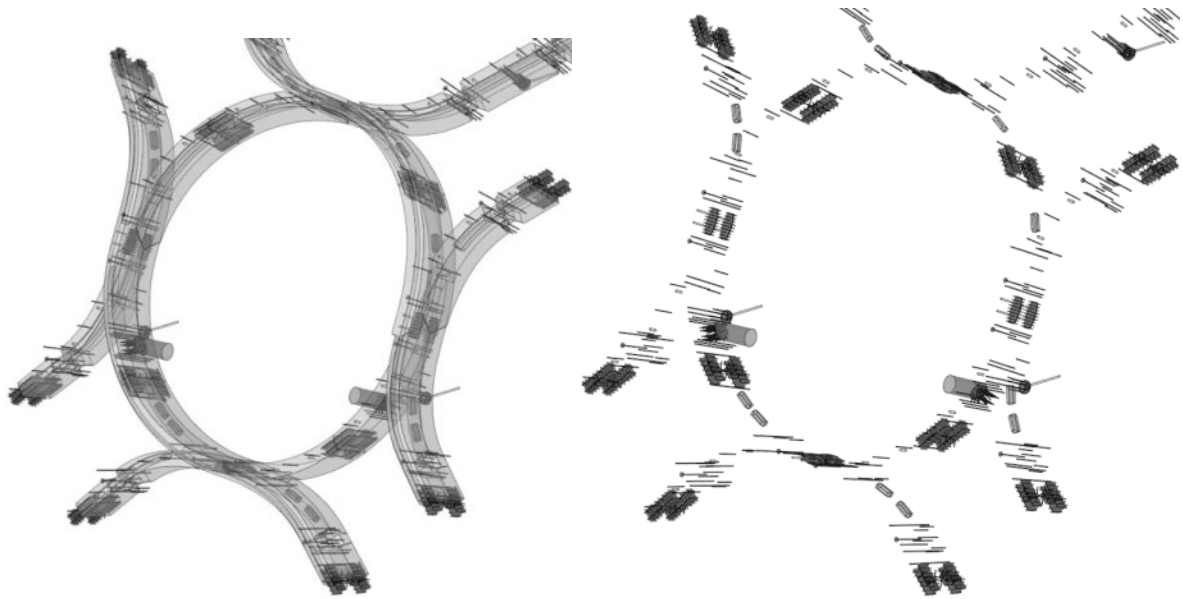


Abbildung 20: Freigabemodell dargestellt mit / ohne BSH-Träger; DesignToProduction; Blumer-Lehmann AG

## 4. Statisch-Konstruktive Herausforderungen

### 4.1. Übersicht

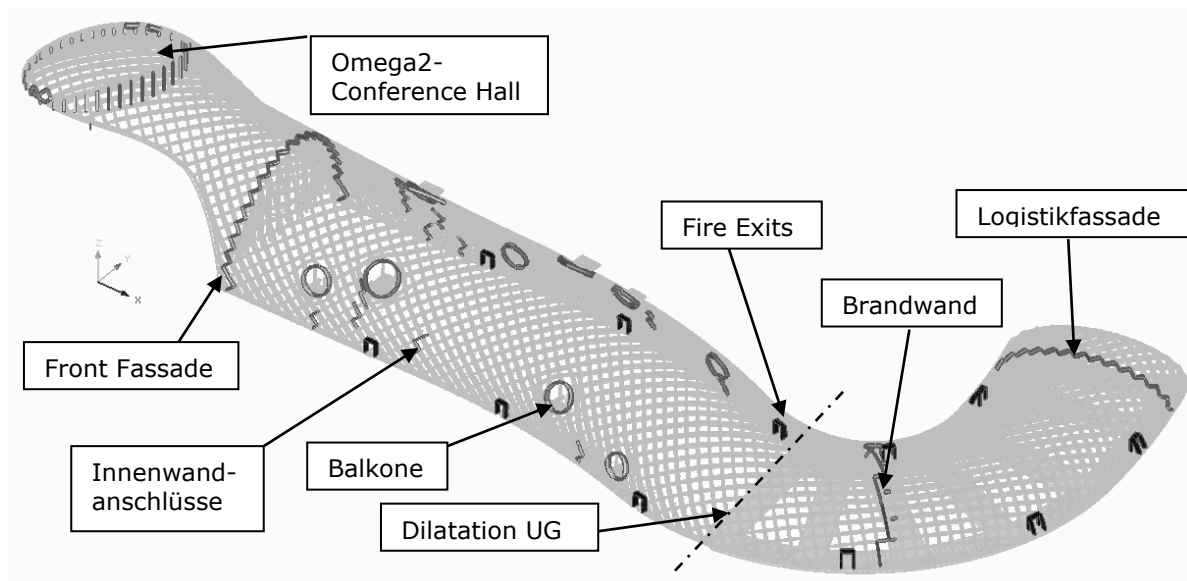


Abbildung 21: Schnittstellen und Sondersituationen

### 4.2. Omega2 – Conference Hall (CH)

Um die enormen Lasten des S1-Daches auf dem O2-Gebäude abzulasten, wurden Rippenträger aus Buchenurnierschichtholz als Spanten der «Schüssel» erstellt. Das Omega 2- Gebäude besteht aus einem Betontisch und Holzrahmen und verhält sich anders als die S1-Gridstruktur. Falls beide Gebäude gekoppelt werden, würde dies bei unterschiedlichen Setzungen oder Wind auf die O2-Längsfassade zu einem Abstützen des O2-Gebäudes an der Gridstruktur führen. Diese Kräfte sind nur schwierig zu quantifizieren und so wurde entschieden, dass das S1-Dach der ConferenceHall auf dem O2 schwimmt. Die Fassadenstützen der CH-Fassade sind so ausschliesslich Pendelstützen. Dies wiederum führt dazu, dass das ConferenceHall-Dach horizontal von der anderen Strassenseite her stabilisiert wird. Die Passgenauigkeit des Daches auf dem O2-Gebäude wird so ebenfalls von da aus gesteuert. Es wurde entschieden, deshalb vom Fusspunkt der Frontfassade hin zum O2 aufzurichten.

Um asymmetrische Effekte zu minimieren, wurde das Dach zusätzlich am Dachrand zweimal gestützt und die Hauptrichtung des Grids in diesem Bereich symmetrisch geführt.

Die ConferenceHall-Fassade ist eine Ellipse aus Isolierverglasung und kann die differentiellen Verformungen der Gebäude und die daraus folgenden Verwölbungen nicht aufnehmen, wenn die Verglasung sowohl unten wie oben fix angeschlossen wird. Damit die erheblichen Dilatationsfugen nicht sichtbar werden, ist die Fassade (h bis 5.4m) oben im Grid eingespannt und die Fuge ist versteckt am unteren Anschluss frei gleitend.

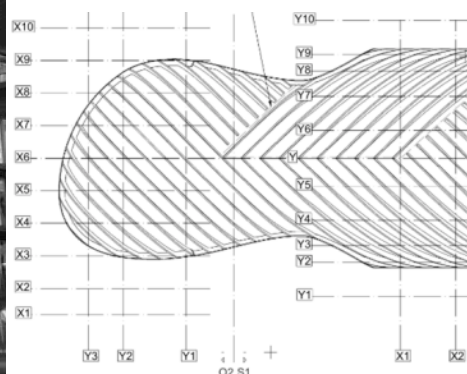


Abbildung 22: Conference Hall

Abbildung 23: Richtung A/C über Strasse

### 4.3. Frontfassade

Die 21m hohe Frontfassade besitzt einen Einflussbereich bis weit über die Strasse. In diesem Bereich hat die Gridshell keinen «fixen» Rand und der Randträger weicht trotz der enormen Dimension seitlich aus. Die Frontfassade kompensiert dies zum Teil und so entstehen im Bereich über der Frontfassade die grössten Biegemomente (in den grössten Gridquerschnitten) im Tragwerk. Die Fassade selbst ist eine Stahl-Vierendeelkonstruktion, wobei die Stege in der Mitte mit HV-Schrauben gestossen sind um Toleranzen aus den Schweißungen aufnehmen zu können. Horizontale Zugstangen an der Innenseite schliessen die Spreizkräfte aus Vertikallast kurz.

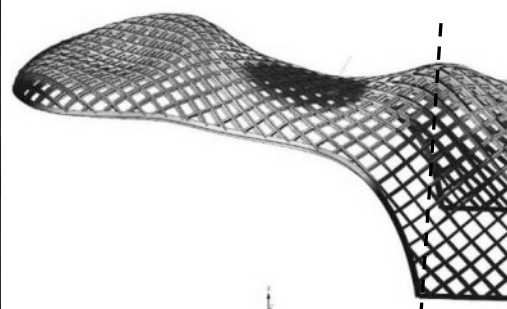


Abbildung 24: Frontfassade

Abbildung 25: Verformung über Frontfassade

### 4.4. Balkone

Die Balkone werden innen an den Betonkern angeschlossen, während diese aussen auf dem Holzgrid aufliegen. Auch hier ist es schwierig, die differentielle Verformung zu schätzen (inkl. Kriechen von Beton und Holz). Hierzu wurde ein Stirnplattenstoss mit vertikalen Langlöchern eingeführt um die Justierung während der Montage zu gewährleisten. Die thermische Trennung wurde mit Schöck-Isokörben gelöst.

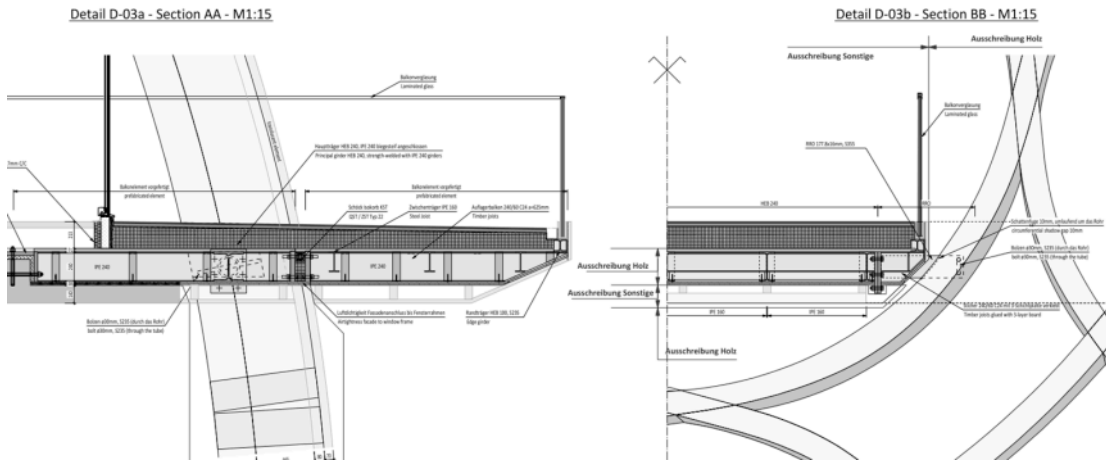


Abbildung 26: Balkone: Systematischer Längs- und Querschnitt

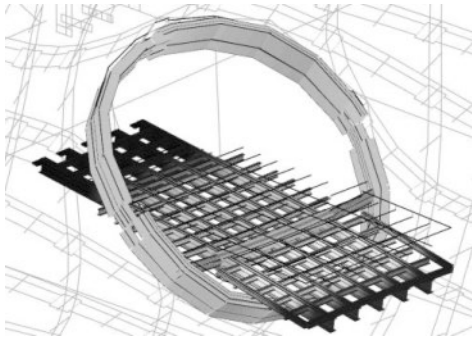


Abbildung 27: Balkone: Verformungsbild qualitativ (ULS)



Abbildung 28: Balkon

### 4.5. Fire Exits

Die Notausgänge stellen eine Strukturstörung der Gridshell dar. Insbesondere im hinteren gekrümmten Bereich verläuft die Gridshell abweichend zur statisch optimaleren Parabelform zu steil. Dies führt zu Biegemomenten im unteren Bereich der Schale, welche durch die FireExits unterbrochen werden. Damit die internen Bögen der Schale auch in diesem Bereich ihre Funktion erfüllen können, muss der FireExit als «Horizontales Auflager» ausgebildet werden. Neben der komplexen Geometrie (inkl. Installationsdurchführung) ist so auch die statische Anforderung in dem Bereich enorm. Die FireExits wurden aus massiven 220mm starken und bis zu 2.5m x 3.0m FSH-Buchenplatten gefertigt.

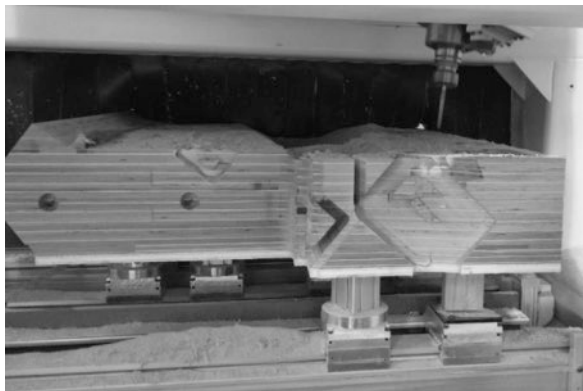


Abbildung 29: Produktion FiEx; [www.treppenbau.ch](http://www.treppenbau.ch)

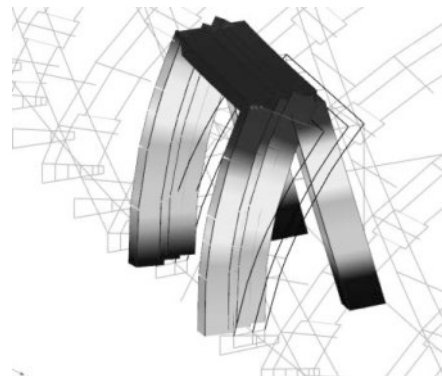


Abbildung 30: Fire-Exit S05 - Horizontalschub

## 4.6. Dilatation-UG

Unter der Struktur befindet sich eine Tiefgarage, welche eine Dilatationsfuge aufweist. Die Bewegungen in dieser Fuge resultieren vor allem aus Schwinden vom Beton und betragen bis 20mm. Da direkt über dieser Fuge die Holzschwelle sitzt, welche seinerseits direkt mit den Fassadenelementen verbunden ist, muss diese Verformung auf mehrere Fassadenelemente aufgeteilt werden. Starke Stahlwinkel halten dabei die gekrümmte Schwelle im Radius, währende Stabdübelanschlüsse mit überschobenen Blechen im 3mm Langloch eine Stahl-Stahlverbindung aufweisen (= max. Verformung pro Fassadenelement). Diese Anschlüsse sind so ausgelegt, dass diese neben den äusseren Einwirkungen auch die Reibung der Schwelle zum Untergrund überwinden können. Sobald ein Stoss 3mm gerutscht ist, blockiert dieser im Langloch und der nächste Stoss in der Kette wird bis zum Anschlag bei 3mm geöffnet.

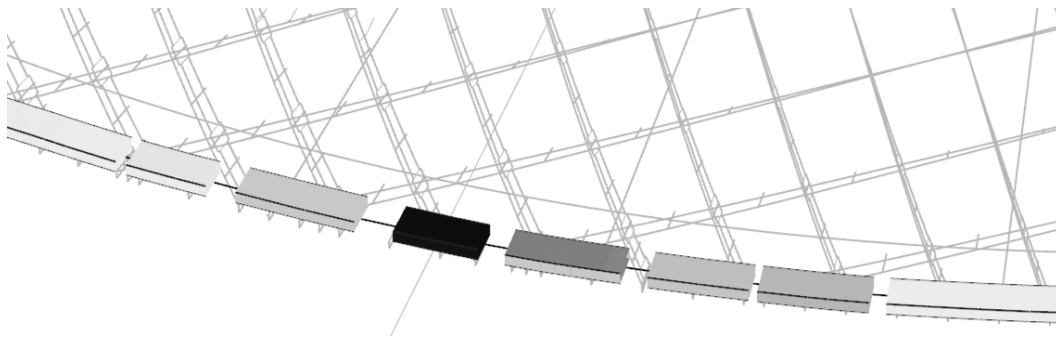


Abbildung 31: Schwelle: Geöffnete Gelenkkette nach Abschwinden des Betons

## 5. Zahlen und Fakten

Design Architekt	Shigeru Ban Europe	Paris
Local Architekt	Itten & Brechbühl, Bern	Bern
Holzingenieur	SJB Kempter Fitze AG	Eschenbach SG/Frauenfeld
Geometrie & Parametrik	DesignToProduction	Erlenbach ZH
<b>Holzbauunternehmer</b>	<b>Blumer-Lehmann AG</b>	<b>Gossau SG</b>
Statisches Modell	75'000 Knoten/110'000 Stäbe	
Holzträger	4'600 Stk.	
Holzvolumen	ca. 2000 m <sup>3</sup>	
Fassadenfläche	11'000m <sup>2</sup>	
Fassadenelemente	ca. 2'800 Stk.	
Solarelemente	442 Stk./1770m <sup>2</sup>	
Griddimension	Regelfall 220/845mm	
Gridraster	ca. 2'200mm	
Randträger über Strasse	ca. 700/750mm	



# Swiss Supermodel – digitale 3D-Modellierung der Swatch-Fassade

Fabian Scheurer  
Design-to-Production  
Erlenbach/Zürich, Schweiz



Hanno Stehling  
Design-to-Production  
Erlenbach/Zürich, Schweiz







# Swiss Supermodel – digitale 3D-Modellierung der Swatch-Fassade



Abbildung 1: Das «Kopfende» des SWATCH-Gebäudes bei Nacht

## Überblick

Das neue Hauptquartier von Swatch in Biel wurde von Shigeru Ban entworfen und im Oktober 2019 eröffnet. Das vierstöckige Bürogebäude besteht aus einem Stahlbetonbau, der von einer Holzgitterschale überspannt wird. Der Grundriss gleicht einem gut 240m langen Fragezeichen, die ca. 35m breite Gitterschale steigt von rund 8m Höhe hinteren Ende auf rund 26m an der Frontfassade, überspannt eine öffentliche Strasse und liegt auf der Konferenzhalle im obersten Stockwerk des gegenüberliegenden Gebäudes auf Abbildung 1). Die insgesamt rund 11.000 qm grosse Schale ist aus Brettschichtholzträgern aufgebaut, die in zwei Richtungen verlaufen und viereckige Felder von ca. 2x2m Fläche definieren. Die Dachhaut bzw. Fassade besteht aus knapp 2.800 vorgefertigten Fassadenelementen unterschiedlicher Typen (transluzente ETFE-Elemente, transparente Glas-Elemente, opake Elemente mit und ohne Photovoltaik und diverse Subtypen davon). Aufgrund der frei geformten Struktur haben alle Fassadenelemente eine individuelle Geometrie, dasselbe gilt für die rund 4.600 Holzbauteile, aus denen die innen sichtbare Gitterschale besteht.

Design-to-Production war in zwei Phasen an diesem Projekt beteiligt: von 2013 bis 2015 als Fachplaner «Digitale Modellierung» im Auftrag der Bauherrschaft und von 2015 bis 2018 in der 3D-Werkplanung auf Seiten der ausführenden Unternehmen Blumer-Lehmann (Holzbau), Roschmann (Fassade), Oeschger (Sprinkler), KST (Kühlpaneele) und Adunic (Akustiktrennung). Dieser Bericht konzentriert sich auf die wichtigsten Aspekte des parametrischen 3D-Planungsprozesses für die Holzstruktur, angefangen mit der Definition der Referenzgeometrie, über die Koordination und Detailentwicklung bis zur Werkplanung für die digitale Fertigung.

## 1. Referenzgeometrie

Für die Holzgitterschale war von Beginn an eine digitale Fertigung aus Brettschichtholzträgern vorgesehen, ähnlich den vorhergehenden Projekten von Shigeru Ban (Centre Pompidou in Metz, Nine Bridges Golf Club in Yeosu und La Seine Musicale in Paris). Während bei den Vorgängerprojekten erst nach der Vergabe mit dem Aufbau eines digitalen Modells in Ausführungsqualität begonnen wurde, war hier das Ziel bereits in der Planungsphase ein 3D-Modell der Fassade zu erstellen, welches durchgängig bis zur Produktion verwendet werden konnte. Dementsprechend mussten die Qualitätsanforderungen der CNC-Produktion von Anfang an bei der Modellierung berücksichtigt werden. Erreicht wurde das durch einen mehrstufigen Prozess, aus dem mehrere, aufeinander aufbauende Modelle hervorgingen.

### 1.1. Referenzfläche

Die globale Form der Holzgitterschale ist durch eine einzige, kontinuierliche NURBS<sup>1</sup>-Fläche definiert, aus der alle weiteren 3D-Modelle abgeleitet werden. Um die von Architekten und Ingenieuren definierten Randbedingungen zu erfüllen und eine «glatte» Fläche innerhalb der Produktionstoleranz von 0.1mm zu erreichen, wurde ein iteratives Optimierungsverfahren entwickelt.

Als Ausgangspunkt dienten 8 präzise definierte Querschnitts-Kurven und eine Firstkurve, aus denen ein Feld von 126x10 Kontrollpunkten für die Fläche interpoliert wurde. Diese wurden dann sowohl gegen räumliche Anforderungen wie Grundriss-Linien als auch gegen statisch/konstruktive Anforderungen wie minimale Krümmungsradien geprüft und so lange optimiert, bis alle Randbedingungen erfüllt waren. Das Resultat ist eine hochgradig kontinuierliche («glatte») Referenzfläche, aus der sich weitere Flächen (z.B. Offsets für Schichten innerhalb der Fassade) mathematisch leicht ableiten lassen. Diese Referenzfläche bildete ab April 2014 unverändert die Grundlage für alle 3D-Modelle des Gebäudes. Ein interessanter Effekt dieses Prozesses lässt sich am «Kopf» des Gebäudes erkennen: Da hier der Randträger vom Boden «abhebt» um über die Strasse zu spannen, gibt es für den unteren Bereich der Referenzfläche keine Optimierungs-Bedingungen mehr, so dass ausserhalb des relevanten Fassadenbereichs «Falten» entstehen (Abbildung 2).

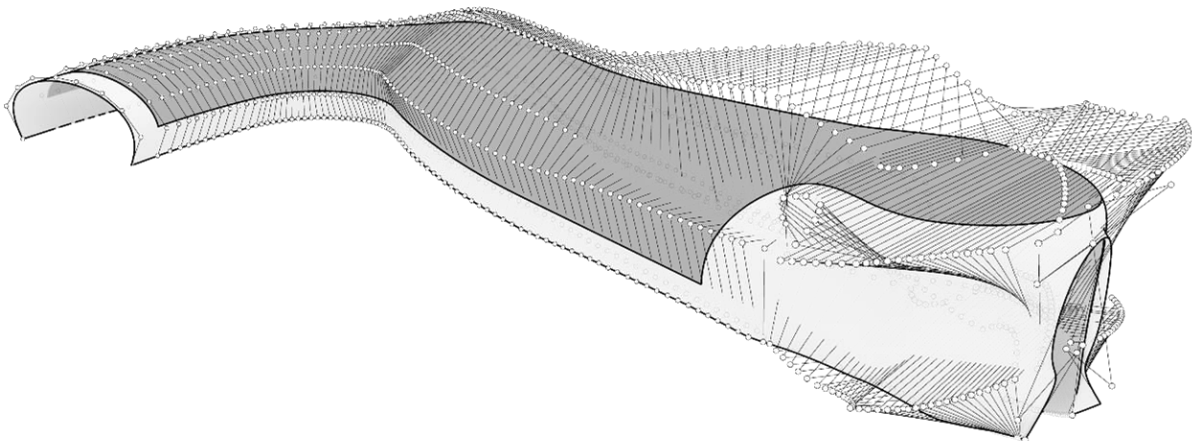


Abbildung 2: Referenzfläche mit Kontrollpunkten, Fläche der Gitterschale in rot

### 1.2. Achsraster

Der zweite wichtige Teil der Referenzgeometrie ist das Raster der Trägerachsen auf der Referenzfläche. Es besteht aus einem zweisinnigen Gitter mit einer Maschenweite von ca. 2.1 Metern und definiert die oberen Mittelachsen der Holzträger und gleichzeitig die Referenzkanten der viereckigen Fassadenelemente.

<sup>1</sup> NURBS = Non-Uniform Rational B-Spline Surface: ein mathematisches Verfahren zur Beschreibung von kontinuierlich gekrümmten Flächen, entwickelt in den 1960er Jahren in der französischen Automobilindustrie.

Um auf der gekrümmten Fläche eine möglichst gleichmässige Maschengrösse mit ungefähr rechtwinkligen Kreuzungen zu erzielen, wurde ein sogenanntes «Feder-Masse-System» zur Optimierung verwendet. Dadurch konnten die notwendigen Verzerrungen des Gitters über die gesamte Fläche ausgeglichen und gleichzeitig bestimmte Randbedingungen eingehalten werden. So wurde z.B. die Bewegungsfreiheit einiger Knotenpunkte eingeschränkt, um im vorderen Bereich eine Symmetrie entlang der Firstachse zu erhalten. Die Mittelpunkte der Balkonöffnungen und Notausgänge wurden ebenfalls fixiert.

Die lokalen «Anomalien» an den Balkonen – ein wichtiger Bestandteil von Shigeru Bana Design, das an die Form der berühmten Swatch-Uhr erinnert – wurden nach der Optimierung des Rasters hinzugefügt. Die 3x3 Felder rings um jeden der 9 Balkone wurden ersetzt durch Schnitte von vordefinierten Ellipsoiden mit der Referenzfläche und die Kurven dann bis zur notwendigen Kontinuität angeglichen.

Zusammen mit dem Achsraster wurde ein simples und stabiles Nummerierungskonzept für die Fassade entwickelt, das unverzichtbar für die Koordination eines Planungsprozess über mehr als sechs Jahre war: Alle Achsen in der einen Richtung tragen gerade Nummern (aaa), in der anderen Richtung ungerade (bbb). So lassen sich nicht nur die Achsen eindeutig identifizieren, sondern auch die Knoten (aaaxbbb) und letztlich auch die Fassadenfelder (anhand ihres jeweils westlich gelegenen Knotens). Dieses Benennungssystem wurde seit 2013 bis zuletzt für die Identifikation sämtlicher rund 75.000 Bauteile in der Planung und Produktion der Fassade verwendet.

### 1.3. Lokale Querschnitts-Optimierung

Aus Ingenieurperspektive ist die Gitterschale sehr unterschiedlich leistungsfähig, von statisch günstigen Bereichen mit Bogenträgern bis zu sehr «designgetriebenen» Stellen mit fast senkrecht auf der Schwelle ankommenden Trägern und einem flachen Firstbereich. Eine gleichbleibende Dimensionierung der Träger entsprechend der meistbeanspruchten Stellen hätte an vielen Stellen zu einer überdimensionierten Struktur geführt. Ausserdem musste die «Tiefe» der Fassade minimiert werden, um die nutzbare Geschossfläche und den Lichteintrag zu erhöhen. Dementsprechend wurden für unterschiedlich ausgelastete Bereiche der Struktur unterschiedliche Trägerhöhen zwischen 760 und 925mm definiert.

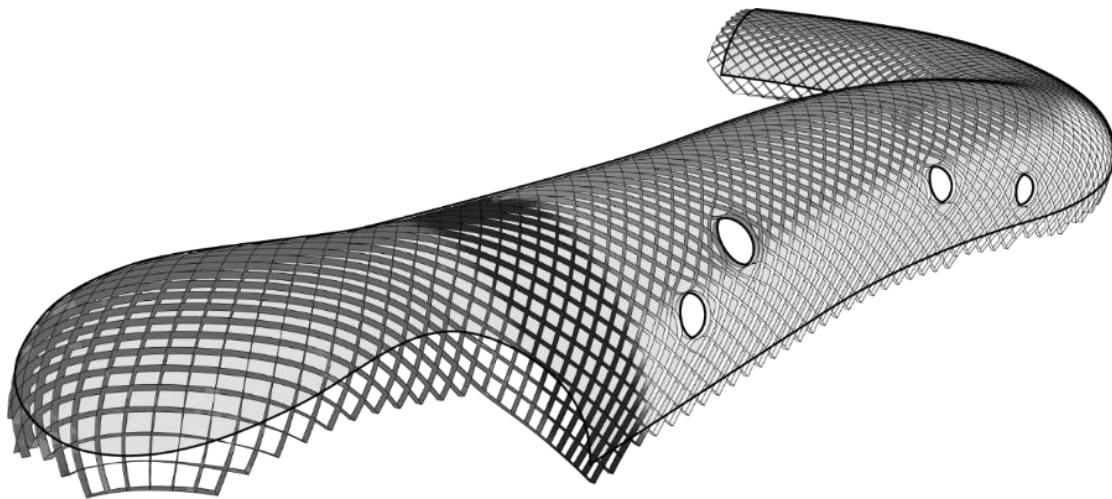


Abbildung 3: Variabler Abstand zwischen der Innen- und Aussenseite der Träger von 760mm (weiss, Büronutzung) bis 925mm (dunkelrot an der Frontfassade)

Damit Innen- und Aussenseite der Schale kontinuierliche Flächen bleiben, mussten die Dimensionsänderungen kontinuierlich ausgeglichen werden (Abbildung 3). Dies wurde durch ein Verfahren erreicht, bei dem mittels einer «Höhenkarte» unterschiedliche Offsetkurven und daraus wiederum NURBS-Flächen erzeugt wurden – insgesamt wurden so nicht weniger als 87 unterschiedliche Referenzflächen für die verschiedenen Schichten von Tragwerk und Fassade erzeugt und in zahlreichen abgeleiteten 3D-Modellen verwendet.

## 2. Fertigungs- und montagegerechte Konstruktion

Konstruktiv besteht die Gitterschale aus zwei parallelen Trägern in der einen (Lage A und C) und doppelt hohen Trägern in der anderen Richtung (Lage B). Da letztere nicht die volle Höhe der Schale erreichen, werden sie durch kurze Füllstücke ergänzt (Lage D), die nur von einem Knoten zum nächsten spannen (Abbildung 6). Beim Aufbau wurde das Gebäude in 13 Montagesektoren unterteilt. Innerhalb dieser wurden die Trägerlagen A bis D von innen nach aussen und von der Schwelle in Richtung First montiert.

Bei allen vorgefertigten Bauwerken ist die einfache Montierbarkeit ein Schlüsselfaktor und bei freigeformten Strukturen entstehen hier besondere Herausforderungen. Alle Träger der Gitterschale sind gekrümmt und tordiert und folgen der Referenzfläche mit konvexen und konkaven Bereichen, so dass ihre Verbindungen in unterschiedliche Richtungen zeigen. Um trotzdem die Montierbarkeit sicherzustellen, mussten spezielle Verbindungsdetails entwickelt werden.

### 2.1. Kreuzung

Die Trägerkreuzung basiert auf der traditionellen Blattverbindung, bei der jeweils die Hälfte der kreuzenden Träger ausgenommen wird, so dass sie nach der Montage durchgehend scheinen und Lasten in beide Richtungen übertragen werden. An jeder Kreuzung werden zwei solche Ausblattungen eingesetzt, so dass die doppelte Trägerlage von den beiden einfachen Lagen umgriffen wird.

Diese Verbindung kann in ihrer herkömmlichen Form jedoch nur genau senkrecht zu den beiden Trägerachsen eingefahren werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**Abbildung 4 links). Sobald an einem gekrümmten Träger mehrere Blattverbindungen in unterschiedliche Richtungen zeigen, können diese nicht mehr gleichzeitig eingefahren werden die Montage der Träger ist ab der zweiten Lage unmöglich.

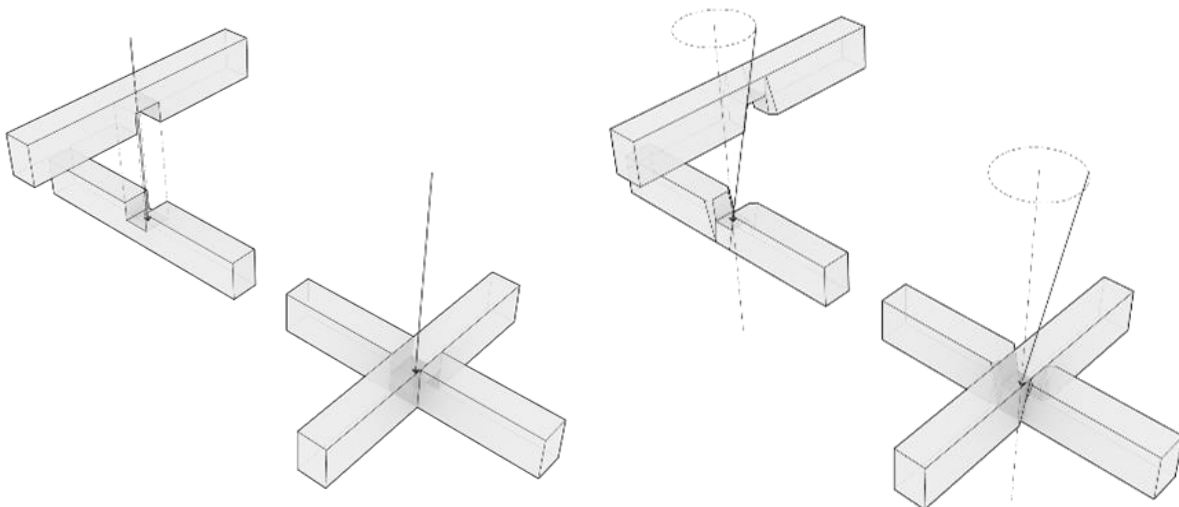


Abbildung 4: die traditionelle Blattverbindung (links) kann nur genau senkrecht eingefahren werden. Die «SkewLap»-Verbindung (rechts) ermöglicht das Einfahren aus einer beliebigen Richtung innerhalb eines Öffnungskonus.

Um diese Einschränkung zu überwinden und Shigeru Bans Wunsch nach einer Holz-Holz-Verbindung zu erfüllen, hat Design-to-Production die «SkewLap»-Verbindung entwickelt, bei der alle «vertikalen» Flächen der Ausblattung um einen definierten Winkel von der Montagerichtung weg gedreht werden. Dadurch öffnet sich die Einfahrriechung zu einem «Einfahr-Konus» (Abbildung 4 rechts). Ein gekrümmtes Trägersegment kann genau dann eingefahren werden, wenn es eine Einfahrriechung gibt, die in den Einfahr-Kegeln all seiner SkewLap-Knoten liegt (Abbildung 5). Im montierten Zustand liegen die Flächen der beiden Knotenhälften wie beim herkömmlichen Blatt aufeinander, so dass eine Kraftübertragung auch quer durch den Knoten stattfindet – nur leicht reduziert durch «fehlende» kleine Dreiecke an den Ecken des Knotens (Abbildung 6).

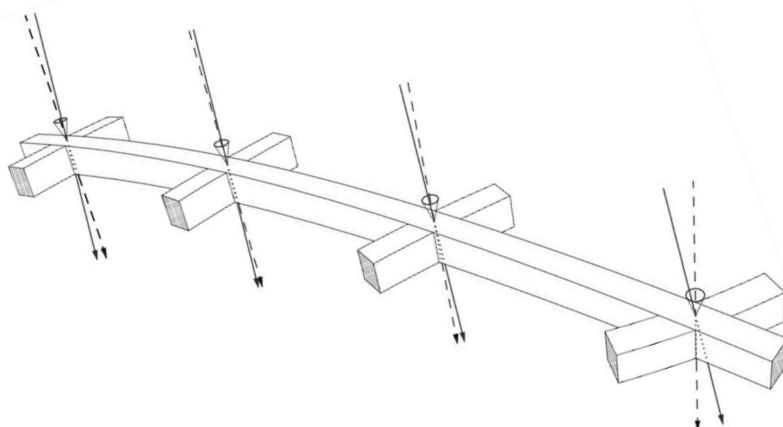


Abbildung 5: Solange es eine gemeinsame Richtung (rot) gibt, die innerhalb aller Einfahr-Kegel eines Trägers liegt, kann das Trägersegment montiert werden.

Zugegebenermassen hat dieser Knoten grossen Einfluss auf das optische Erscheinungsbild der Gitterschale, weil die gedrehten Flächen an den Ecken teilweise sichtbar bleiben und dadurch sogar die Trägerrichtungen ablesbar werden (Abbildung 6, 13). Dieser Umstand wurde allerdings von den Designern am Ende sogar positiv aufgenommen und sie beteiligten sich aktiv an der Definition der Öffnungswinkel.

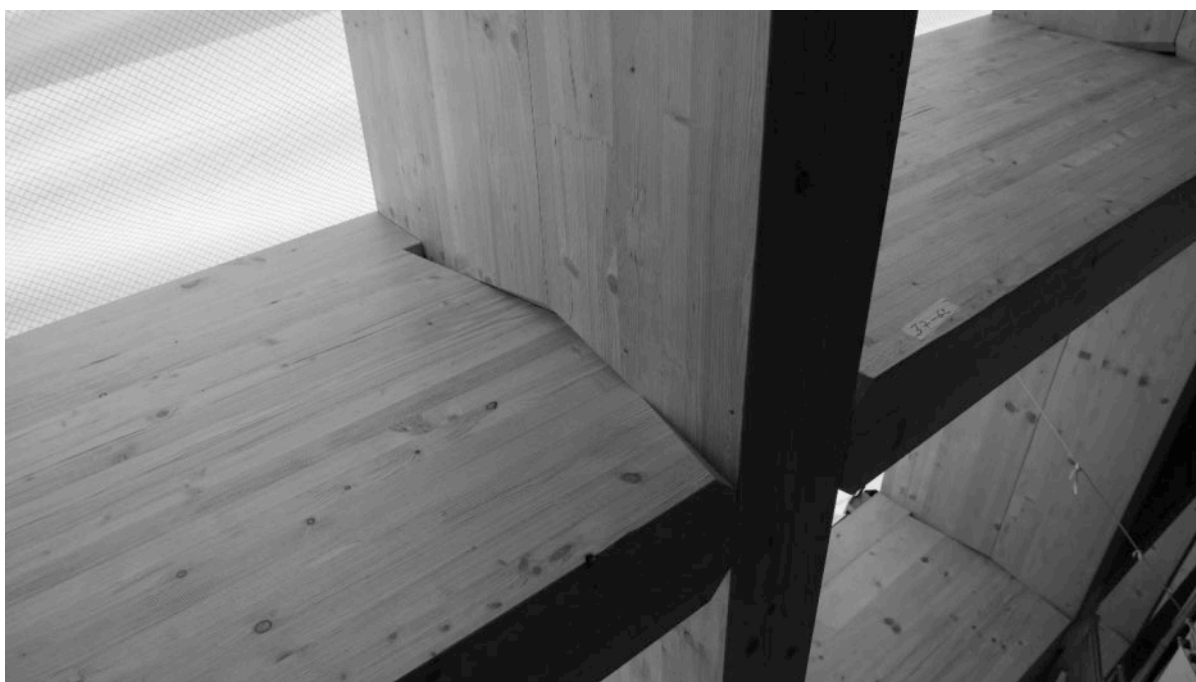


Abbildung 6: Fertig montierte «SkewLap» Kreuzungen. Die doppelt hohen Träger (horizontal in diesem Bild) werden zur Aussenseite hin durch ein Füllstück ergänzt, welches nur von Knoten zu Knoten spannt und eine geschlossene Fläche zwischen Gitterschale und Fassade herstellt.

Theoretisch wäre es möglich gewesen, die Winkel aller Knoten individuell einzustellen, optimiert für die jeweilige Montagerichtung des Trägersegments. Das hätte allerdings zu einem eher unruhigen Muster von weiten Öffnungen an den Trägerenden und engen in der Trägermitte geführt, was aus ästhetischen Gründen nicht in erwünscht war. Stattdessen wurden vier verschiedene Winkel definiert ( $6^\circ$ ,  $9^\circ$ ,  $12^\circ$  und  $14^\circ$ ) und in Abhängigkeit von den geometrischen und statischen Erfordernissen auf ganze Regionen der Gitterschale angewendet.

## 2.2. Stoss

Im Stoss zwischen den Trägersegmenten kommen Schlitzbleche zum Einsatz, die mit Stabdübeln im Holz verankert sind. Typischerweise werden die Bleche auf der einen Seite im Träger vormontiert und nach dem Setzen des Trägers durch Einschlagen der Dübel mit

der anderen Seite verbunden. Auch hier führt jedoch die komplexe Geometrie zu Einschränkungen, da ein herausragendes Schlitzblech die Einfahrrichtung auf die Schlitzebene festlegt und die – durch den oben beschriebenen SkewLap-Knoten mühsam gewonnene - Bewegungsfreiheit bei der Montage wieder eingeengt hätte. Beim «Schlussstein» am First wäre die Montage unmöglich gewesen, da die Schlitzlöcher an beiden Enden des letzten Trägersegments gegeneinander verdreht sind.

Daher kam hier eine Variante der Verbindung zum Einsatz, bei der die Schlitzbleche auf beiden Seiten des Stosses vormontiert sind, aber nicht herausragen. Nach dem Setzen des Trägers werden die beiden Enden mit einem dritten Stahlblech verbunden, das konisch ausgeschnitten ist und daher selbstpositionierend in den Schlitz geschoben werden kann. Ein spezieller Fall waren dabei die konkaven Bereiche der Gitterschale: hier hätten sich normal abgeschnittene Trägerenden nach innen geöffnet statt wie sonst zur Aussenseite, so dass ein Einfahren von aussen unmöglich wäre. Das wurde vermieden, indem die Schnittebene zwischen den Segmenten wie beim SkewLap gedreht wurde. Allerdings musste dafür die genaue Montagesequenz schon sehr früh im Prozess definiert werden, da der Winkel des Stossdetail davon abhängig war.

### 2.3. Segmentierung

Da die innerste Trägerlage der Lage A auf einem Leegerüst positioniert wurde, musste ihre Segmentierung keine Einschränkungen aus der Montage berücksichtigen und wurde auf eine Transportlänge von 13m optimiert. Für die mittleren und äusseren Lagen war die maximale Segmentlänge durch die Richtungen und Öffnungswinkel der Kreuzungsknoten eingeschränkt, was zu einer mittleren Trägerlänge von ca. 7.5m führte.

Die endgültige Positionierung der Stösse erfolgte in zwei Stufen: Zuerst wurde die «harte» Segmentierung an den Grenzen der Montagesektoren und bei starken Krümmungswechseln, wie zum Beispiel an den Balkonen, festgelegt. Danach wurden in einem iterativen Optimierungsprozess die Stösse dazwischen so gesetzt, dass die Toleranzen bei den Einfahrrichtungen möglichst gleichmässig verteilt waren.

## 3. 3D-Koordination

Die Holzstruktur trägt eine hochinstallierte Bürofassade mit elektrisch betriebenen Sonnenstoren, offenen Elementen und Photovoltaik. Die Glas- und ETFE-Elemente müssen mit konditionierter Druckluft versorgt werden, Heiz-/Kühlpaneele unterhalb der opaken Elemente brauchen Vor- und Rücklauf und der Innenbereich ist gesprinkelt.

Nachdem zu Beginn des Bauprojekts entschieden wurde, auf eine gesonderte Installationsschicht in der Fassade zu verzichten, um die Gesamthöhe der Fassade zu reduzieren, mussten die notwendigen Installationen innerhalb des Holztragwerks untergebracht werden. Dadurch durchdringen die parallel zu den Trägern verlaufenden Leitungen an jedem Knoten das Tragwerk und schwächen so die Holzquerschnitte zusätzlich zu den Ausblatungen der Kreuzungsknoten. Um die Auswirkungen kontrollieren zu können, wurde ein System entwickelt, bei dem die verschiedenen Medien in unterschiedlichen Ebenen im Tragwerk verlaufen (Abbildung 7, Abbildung 8).

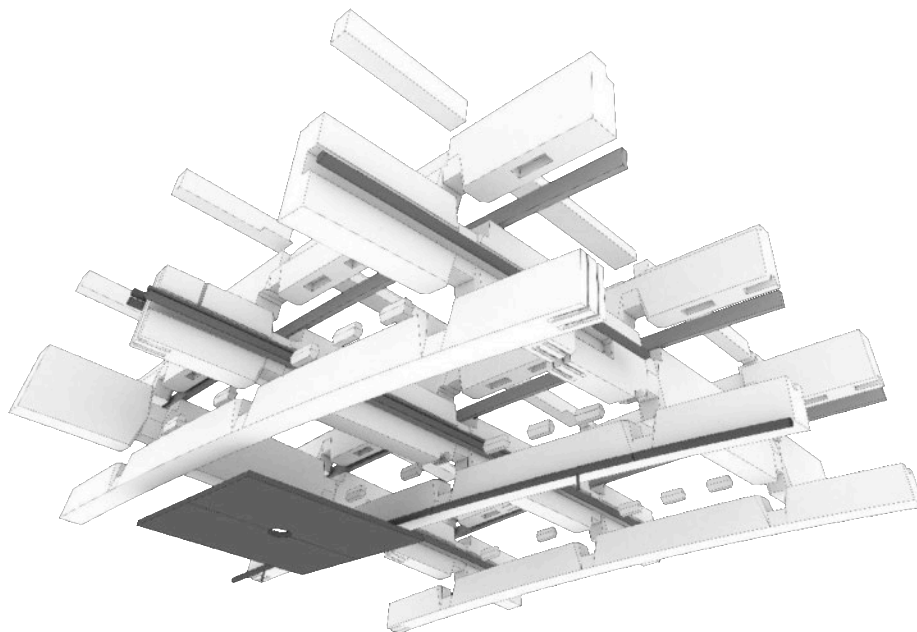


Abbildung 7: Explosionszeichnung der integrierten Leitungsführung: 4-lagiges Holztragwerk (weiss) mit Sprinklerrohren (rot), Luftleitungen (blau). Heiz-/Kühlpaneelen mit Vor- und Rücklauf (lila) und Elektrokanälen (grün)



Abbildung 8: Ausschnitte für Sprinklerrohre entlang eines Trägers. Nach der Montage der Rohre wurden die Ausschnitte mit individuell CNC-gefertigten Deckeln verschlossen, so dass die Stossmuffen der Rohre versteckt sind (rechts).

### 3.1. 3D-Koordination

Die integrierte Haustechnik, die komplexe Statik und die Vorfertigung des Holzbaus erforderten eine präzise Koordination zwischen allen beteiligten Fachplanern. Gleichzeitig erschwerte aber die Freiform-Geometrie, dass die Planer ihre eigenen 3D-Modelle erstellen und zur Koordination und Kollisionskontrolle zusammenbringen konnten. Stattdessen wurde auf der Basis des Referenzmodells ein Koordinationsmodell von Fassade und Installationen erstellt. Dieses enthielt einerseits ein Hüllvolumen für jedes der 2.792 Fassadenelemente, an dem auch die Anschlusspunkte (Ports) für die notwendigen Medien

definiert waren. Andererseits wurden die Achsen sämtlicher Leitungen inklusive Rohrvo-lumen gem. Angaben der Haustechnikplaner modelliert, um die korrekte Erschliessung aller Elemente zu garantieren (Abbildung 9).

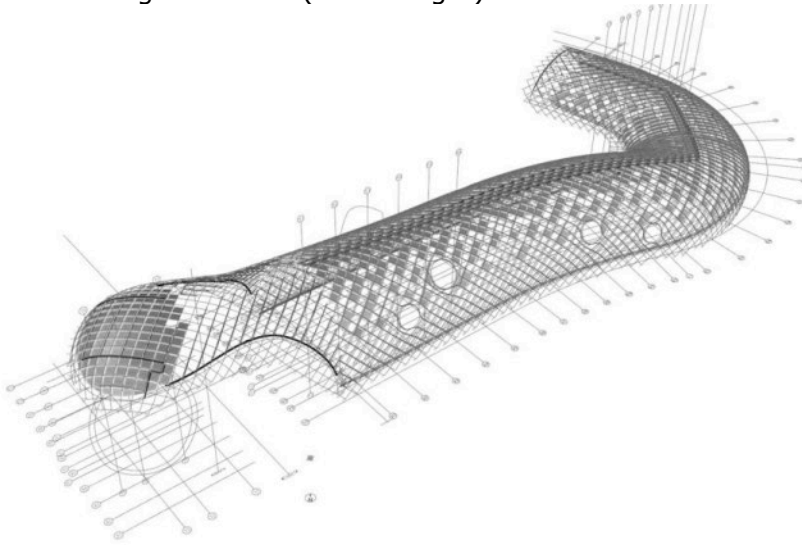


Abbildung 9: 3D-Modell der Installationen in der Fassade

### 3.2. 2D-3D Abbildung

Um den Planern ein systematisches Arbeiten in 2D zu ermöglichen obwohl es keine Projektionsrichtung gibt, aus der man die gesamte Fassade auf einmal abbilden könnte, wurde parallel zu den 3D-Modellen von Fassade und Installationen ein «abgewickelter» 2D-Plan erstellt. In dieser topologisch korrekten 2D-Darstellung formen die Trägerachsen ein regelmässiges Gitter mit quadratischen Fassadenelementen und stattdessen sind die Gebäudeachsen und Stockwerkskanten verzerrt (Abbildung 10, Abbildung 11).

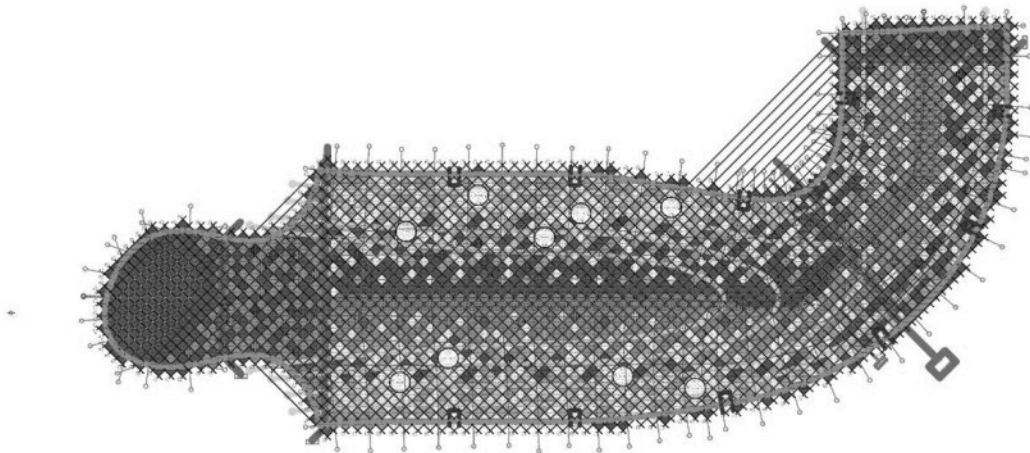


Abbildung 10: Im «Flachplan» bilden Trägerachsen (diagonal), Fassadenelemente (bunte Quadrate), Balkonöffnungen (weisse Kreise) und Notausgänge (rot) ein regelmässiges Raster, während Gebäudeachsen und Stockwerkskanten (grün) verzerrt sind.

Dieses sogenannte «Flat-Grid» wurde automatisch aus den diversen 3D-Modellen erstellt und ermöglichte den Planern die Fassadentypen und Installationen auf schematischer Ebene zu definieren. Diese wurden dann auf der Basis von parametrischen Regeln automatisch zurück in des 3D-Modell übertragen, wo ihre Position und Kollisionsfreiheit überprüft werden konnte. Auf diese Weise wurde ein Grossteil der komplexen 3D-Struktur mit Hilfe von 2D-Darstellungen geplant und koordiniert – unter anderem ca. 5.000 Installations-Aussparungen und Durchbrüche im Holztragwerk.



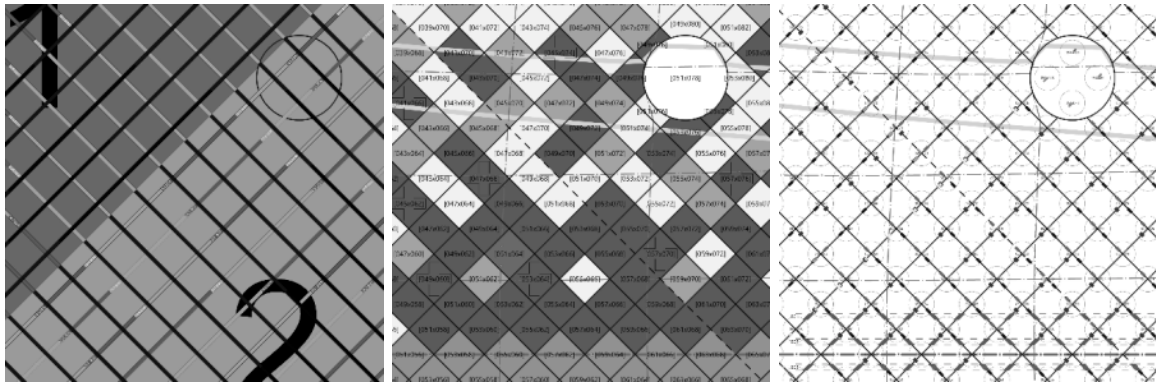


Abbildung 11: Detaillausschnitte des Flachplans mit (v.l.n.r.) Segmentierung und Montagerichtung, Elementtypen, Durchbrüche

## 4. Digitale Fertigung

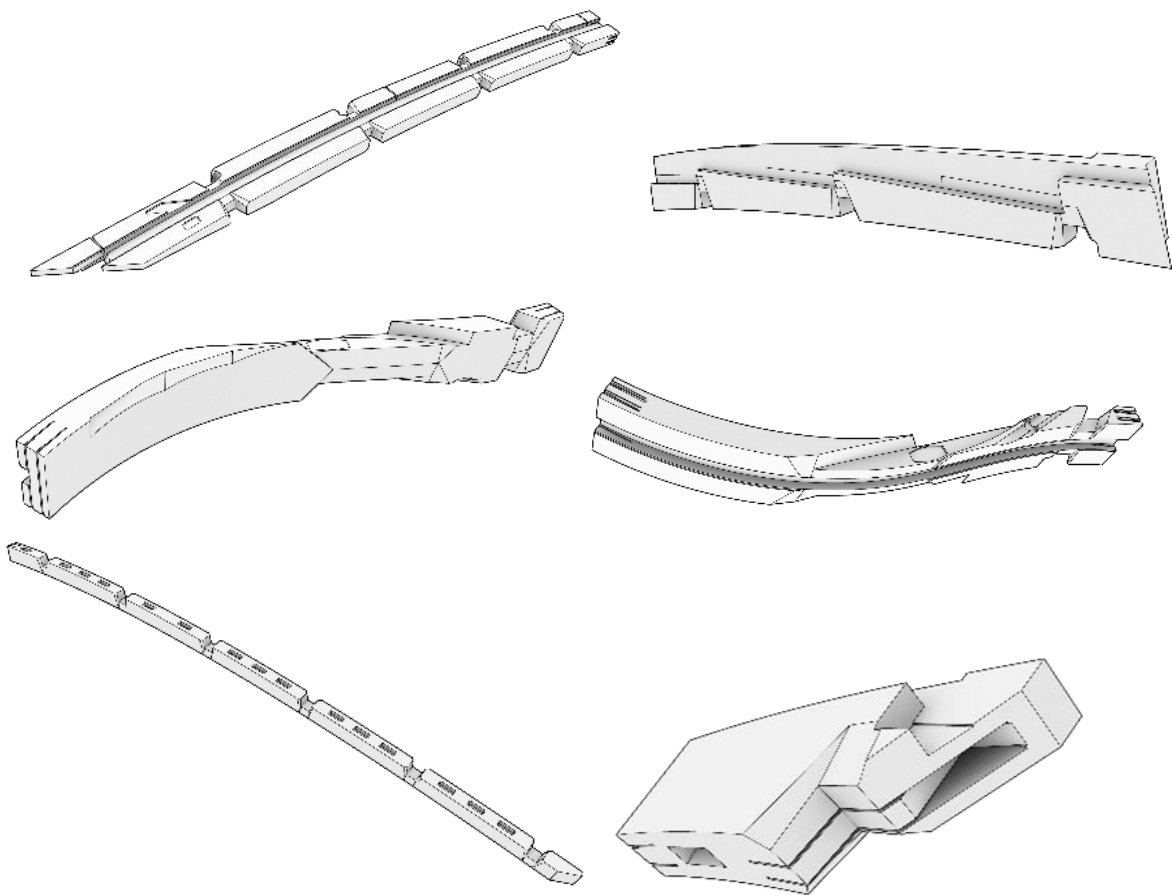


Abbildung 12: Die Vielzahl an Verbindungsdetails und Installationsausschnitten führt zu einer breiten Palette ungewöhnlich detaillierter Holzbauteile

### 4.1. Parametrisches Detailmodell

Die rund 4.600 Trägersegmente der Gitterschale enthalten eine riesige Bandbreite an Detailbearbeitungen, angefangen von den oben beschriebenen Kreuzungen und Stößen über eingelassene Scherblöcke zwischen den Trägerlagen bis zu Installations-Ausschnitten und Durchbrüchen (einige besonders schicke Beispiele in Abbildung 12). Über 140.000 Schrauben, Bolzen und Verbinder mussten im detaillierten 3D-Modell platziert werden, um später in Bestell-Listen, Produktionsdaten und der Kollisionskontrolle aufzutauchen.

Es versteht sich von selbst, dass ein solches Modell nicht von Hand erstellt werden konnte. Die digitale Modellierung basierte von Anfang an auf einem parametrischen Ansatz, d.h.

es wurden Regeln für die Bauteile und Verbindungen aufgestellt und in Computerprogramme, sog. «Skripts» übersetzt. Diese benutzten die jeweils vorhandenen, wenig detaillierten Modelle (zu Beginn das Referenzmodell) als Eingabedaten um daraus algorithmisch immer höher detaillierte Modelle zu generieren. Für das gesamte Projekt (inklusive Fassade, Installationen und Innenausbau) wurden im Laufe von 6 Jahren insgesamt rund 12MB Programmcode geschrieben, aus dem ca. 18GB Modelldaten und weitere 22GB Ausgabedaten erzeugt wurden.

## 4.2. Modellbasierte Freigabe

Qualitätsmanagement ist ein essentieller Teil der Modellierung für die digitale Fertigung. Da das digitale Modell von computergesteuerten Maschinen in die Realität übersetzt wird und auch bei der manuellen Nachbearbeitung in der Werkstatt immer nur Einzelteile ohne ihren Kontext bearbeitet werden, fallen Fehler möglicherweise erst bei der Montage auf der Baustelle auf – wo ihr Effekt auf den Terminplan und die Kosten katastrophal sein kann.

Für dieses Projekt wurde daher ein dreistufiger Qualitätssicherungs-Prozess implementiert. Zunächst wurde das parametrische Modell schon während der Erstellung sowohl algorithmisch als auch manuell auf Korrektheit geprüft. Zweitens wurden Listenexporte aus dem Modell generiert, in denen Anzahl und Dimensionen von Bauteilen unabhängig vom 3D-Modell detailliert auf Plausibilität mit anderen Quellen geprüft werden konnten. Drittens wurde eine Sechs-Augen-Prüfung zwischen der digitalen Planung, der Holzbau-Ausführung und den Holzbau-Ingenieuren eingeführt. Dafür wurden «Export-Modelle» für alle Bauteile zusammen mit den jeweils umgebenden Bauteilen generiert und von allen drei Parteien geprüft und kommentiert. Erst wenn alle «Issues» eines Bauteils als «gelöst» markiert und freigegeben wurden, konnte die Fertigung ausgelöst werden. Im Endergebnis wurde eine Fehlerrate von unter einem Prozent erreicht und vor allem traten keine «blockierenden» Situationen auf der Baustelle auf.

## 5. Schlussfolgerung

Das Projekt SWATCH ist ein erfolgreiches Beispiel für die digitale Planung und Fertigung einer Grossstruktur, die sowohl hinsichtlich ihrer Geometrie als auch der Funktionen und Schnittstellen sehr komplex ist. Die Hauptbeteiligten am vorgestellten Prozess waren Shigeru Ban Architects (Europe) als «Design Architect», Itten Brechbühl als «Local Architect», Création Holz als Holzbau-Berater, Hayek Engineering als Bauherrenvertretung, SJB-Kempter Fitze als Holzbau Ingenieure, Blumer-Lehmann als Holzbauer und Design-to-Production für den digitalen Planungsprozess.

Leider ist ein derart durchgängiger digitaler Prozess von einer frühen Projektphase bis zu Produktion und Montage noch immer eine Seltenheit. Bisher markieren Ausschreibung und Vergabe meist einen Punkt im Prozess, an dem die digitale Kette unterbrochen ist und nach dem Produktionsmodelle von den Ausführenden von Grund auf neu erstellt werden. Ein Grund dafür ist auch, dass Building Information Modelling (BIM) bis heute (wenn überhaupt) vor allem auf Fragen der Koordination für konventionelle Bauprozesse abzielt. Die Informations- und Qualitätsansprüche, die sich aus Vorfertigung und Montage ergeben, lassen sich heute weder mit den vorhandenen Werkzeugen noch den Prozessen adäquat in Gebäudemodellen abbilden. Das verhindert leider, dass die Bauindustrie mit Hilfe neuer, digitaler und industrialisierter Prozesse die rasante Produktivitätssteigerung anderer Industrien nachvollziehen kann. Der Holzbau wäre hier mit seinem hohen Vorfertigungsgrad und den bereits weitgehend eingeführten, digitalen Produktionsmethoden eigentlich am besten aufgestellt, wartet aber bisher vergeblich auf brauchbaren digitalen Input aus frühen Projektphasen.

Um diesen Input liefern zu können, müssen die Anforderungen vom «Schwanzende» des Prozesses nach vorne zu den Planern geschafft werden, denn ohne ein definiertes Ziel gleicht der digitale Planungsprozess oft einem Schuss mit der Schrotflinte: es werden schon früh riesige Mengen von Information erzeugt, die aber am Ende weder konsistent noch präzise genug für die Übernahme in die Ausführung sind.

Wir haben in diesem Projekt eine umgekehrte Strategie verfolgt, bei der die frühen digitalen Modelle so schlank wie möglich gehalten wurden, um bei Änderungen schnell reagieren und die Konsistenz sicherstellen zu können – so dass die Qualität des zentralen

Referenz- und Koordinationsmodells stets auf Ausführungsniveau gehalten werden konnte. Das ist zu Beginn relativ aufwändig, zahlt sich aber in späteren Projektphasen aus, wo sich der Prozess auf mehrere, parallel weiterplanende Ausführende aufspaltet und grundlegende Änderungen exponentiell grössere Auswirkungen für die Koordination haben. Nun stellt sich die Herausforderung, die Erkenntnis aus solch aussergewöhnlichen Projekten wie SWATCH auch für den «Standard-Holzbau» gewinnbringend einzusetzen: BIM to Fabrication!



Abbildung 13: Gitterschale während der Installation (Mai 2017)



Abbildung 14: Gitterschale mit Balkonöffnung während der Montage, Blick von Innen. SkewLap-Knoten und verschiedene Installationsausschnitte sind gut zu sehen (März 2017)



Abbildung 15: Blick von unten in das Dach über der Strasse. Die «Schweizerkreuze» sind nicht nur Ornament sondern wirken im Innenraum auch als Akustik-Paneele.



Abbildung 16: Vier der neun Elementtypen (ETFE, Glas, Opak, PV, öffentbare ETFE) und die Balkone in der Fassade.

# Das Modell wird Realität – Herausforderungen in Produktion und Montage

Richard Jussel  
Blumer-Lehmann AG  
Gossau SG, Schweiz





# Das Modell wird Realität – Herausforderungen in Produktion und Montage

Anfang Oktober 2019 wurde der neue Swatch-Hauptsitz in Biel von den Geschwistern Hayek eröffnet. Der spektakuläre Neubau ist das Hauptquartier und die neue Heimat der Marke Swatch. Es ist der letzte der insgesamt drei Bauten, die durch den japanischen Architekten Shigeru Ban für die Swatch Group geplant wurden.

Dem japanischen Architekten Shigeru Ban gelang mit den Omega- und Swatch-Bauten in Biel Eindrückliches in Form und Gestaltung und zur Stärkung der Markenidentitäten. Bereits 2011 gewann Shigeru Ban den Architekturwettbewerb. Für den Bau des Swatch-Gebäudes wurde vorwiegend Schweizer Holz verwendet. Laut Hayeks Aussage an der Eröffnung wurde das natürliche Material aber nicht nur seiner sinnlichen Optik wegen gewählt, sondern auch um die hauseigene DNA des präzisen Handwerks zu unterstreichen und einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten.

Hayek verkündete früh, dass er mit dem modernen, natürlichen Baustoff Holz planen und bauen will. Shigeru Ban als einer der bekanntesten internationalen Architekten setzt gerne auf sichtbare naturbelassene Holztragwerksysteme.

Das Projekt besticht trotz der Grossformen durch eine überraschende Leichtigkeit und umfasst im Wesentlichen drei Bauten;

1. das neue Produktions- und Logistikgebäude von Omega (Omega 1);
2. den Zentralbau (Omega 2 oder Cité du Temps), der auf Säulen steht und mit den bestehenden Gebäuden einen neuen öffentlichen Platz bildet.
3. und schliesslich das Das Swatch-Hauptquartier (S1), das sich in einer gleichsam organischen Form des Flusses Schüss entlang zieht und – die neue Begegnungszone überdachend – an die historischen Gebäuden andockt.

## 1. Omega 1

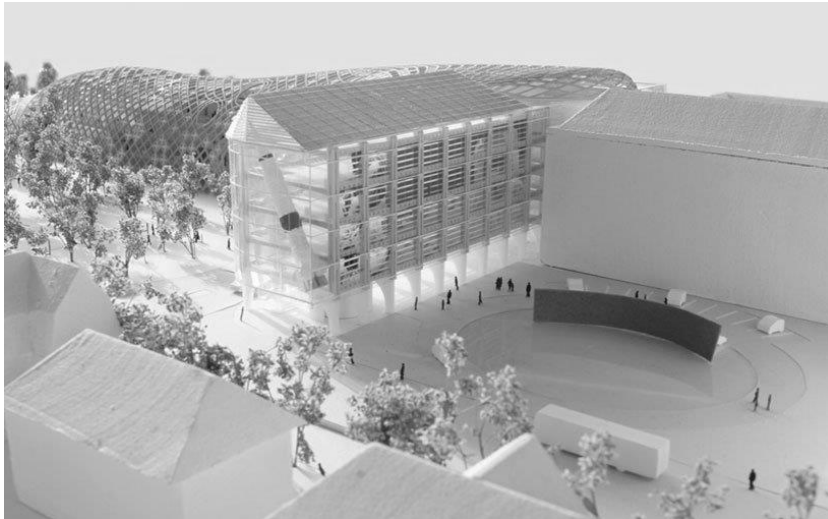
Das erste Gebäude, Omega 1, ist ein Produktions- und Bürogebäude für Omega. 5-geschossig konstruiert in Holz mit Betonkern, 34 m breit und 72 m lang. Die Stützen sind durchlaufend bis 21.60 m. Die Montage erfolgte über die gesamte Höhe mit Hilfe eines gebäudehohen Montagegerüsts.



## 2. Omega 2 (Cité du Temps)

Omega 2 ist das Gebäude, das als zweites errichtet wurde. Es beheimatet, mit dem Planet Swatch und dem Omega Museum, zwei Museen und Konferenzräume. Mit Hilfe einer Spezialschalung wurde das eindruckliche Gewölbe im Erdgeschoss aus Beton erstellt. Ab der darüberliegenden Betonplatte wurde das 5-geschossige Holzgebäude mit Satteldach und dem ovalen Konferenzsaal erstellt. Alle Holzunterzüge ausgebildet als T-Träger werden im Auflager mit vier gebäudehohen Stützen bis 16.9 m und Buchendübel zur Lastübergabe getragen.

Gebäudebreite 16.9 m, Länge 80 m. Aussen stirnseitig angehängt, Fluchtwegtreppen aus Stahl.



## 3. Swatch (S1)

Das langgezogene Gebäude mit einem Holztragwerk ist der Hauptsitz von Swatch und zieht sich schlangenförmig dem Flüsschen Schüss entlang. Das Gebäude wird von einem riesigen gitterförmigen Tragwerk aus Holz überdacht, das mit einer Länge von 240 m, einer Maximalspannweite von 34 m und einer Höhe von 26.8 m gewaltige Ausmasse hat. Überspannt wird die Tragstruktur von einer vielgestaltigen Hülle aus verschiedenen Fassadenelementen: Darunter sind geschlossene und gedämmte Elemente, transparente Glaselemente, Sonnenschutzelemente mit Sonnenschutzglas, Photovoltaik-Elemente, Elemente mit Luftkissen aus ETFE-Folie und optische bzw. akustisch wirksame Inlets aus Schweizer Kreuzen sowie einige grossformatige Balkonöffnungen in der Fassade.



4 600 gekrümmte Träger über 2 800 Fassadenelemente (Abmessung von ca. 2.3 x 2.3 M) in 11 verschiedenen Ausführungen bilden die Hülle der Holzgitterschale:





Im Jahr 2014 folgte die Ausschreibung vom S1. Leistungsbeschreibung und Statik durch SJB Kempter Fitze AG; Geometrie, 3D-Modell durch D2P, Erlenbach. Jedes der drei Gebäude wurde anschliessend einzeln ausgeschrieben und einem separaten Vergabeverfahren und Leistungsnachweis seitens Unternehmer mit Mock-up unterzogen.

Unsere Grundlage für die Zusage zur Offertstellung und einer späteren Ausführung waren folgende:

- Ausgewiesene Fachkräfte in genügender Anzahl
- Ein stabiles Netzwerk aus Produktionspartnern und Lieferanten
- Planer, Architekten, die vorab die Grundlage erarbeiteten
- Eigene Erfahrung mit dem Betrieb, Kennzahlen
- Moderne und leistungsfähige Produktionsanlagen
- Vorhandene Zeit und Ressourcen;
- Chancen, Risiko abschätzbar.

Für die Kalkulation solcher Objekte hat sich folgende Methode bewährt: Zerlegen in einzelne Teile (Material, Zeitschätzung, Leistungswerte, Fremdleistungen), ergänzen mit den Kennwerten und wieder zusammenstellen zu den angefragten Leistungspositionen.

Die Offerten (Holzbau und Fassaden) beinhalteten rund 110 000 Einzelteile und jedes weist eine eigene Form aus. Insgesamt sind für etwa CHF 50 Mio. Offerten zusammengestellt worden und ca. die Hälfte wurde schliesslich von der Blumer-Lehmann AG ausgeführt. Nach der Offert-Abgabe von S1 haben wir entschieden, uns auf das Haupttragwerk in Holz zu konzentrieren.

#### 4. Chronologie Swatch Projekt (S1)

2011	Architekturwettbewerb
2013/2014	Erstellen vom Musterpavillon (Mock-up)
2015	Februar      Offertabgabe
	Oktober      Vergabe an Blumer-Lehmann AG
	November    Start der Planung
2016	März          Werkvertrag unterzeichnet
	Juli            Montage Plattform
	Juli            Start Montage Hilfskonstruktion
	September   Start Produktion
	November    Start Montage Gitterschalentragwerk
2017	Laufende Produktion und Montage bis August
	Ab August 2017 bis Frühjahr 2018 Verkleidungsarbeiten und Abschlüsse
	Schlussrechnung Mitte 2017

## 5. Hauptakteure

Bauherr	Familie Hayek (Swatch, Omega), Biel
Architekt	Shigeru Ban, Paris
Lokaler Architekt/Bauleitung	Itten Brechbühl, Bern
Holzingenieur	SJB Kempter Fitze AG, Eschenbach
Geometrie/Parametrik	Design to production, Erlenbach
Holzbau	Blumer-Lehmann AG, Gossau
Lamellenlieferant	Lehmann Holzwerk AG, Gossau
Stabverleimtes Holz	Hess Deutschland
BSH, parallel und gekrümmt	Roth, Burgdorf
Ständerholz	Necker Holz, Brunnadern

## 6. Planungsprozesse Swatch Gebäude

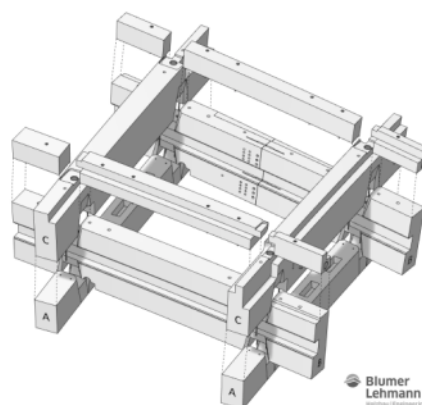
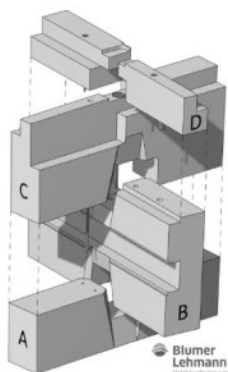
Im Leistungsumfang für das Holztragwerk waren die gesamte Holzbauplanung und die Koordination vom 3D-Modell und der Schnittstelle zu den anderen Gewerken enthalten. Der Aufbau vom 3D-Modell und die Koordination erfolgte durch Design to Production in Zusammenarbeit mit der Blumer-Lehmann AG. Die statischen Bemessungen und die laufenden Einflüsse aus der Koordination mit Bauherr und Planer erfolgte durch SJB Kempter Fitze AG.

Weil der Planungsprozess über ein Jahr mit mehreren Beteiligten andauerte, war ein laufender Freigabeprozess von jedem Bauteil vor der Produktion unabdingbar.

Masterplan: Um die Übersicht zu behalten wurden alle wichtigen Handlungen zu jedem Träger in einem Masterplan zusammengefügt und verwaltet. Das Ziel war es, Qualität und Termine optimal abzustimmen, um möglichst jedes Risiko auszuschalten. Vergleichbar wie ein Service an einem Flugzeug A380.

Bautoleranz: Einzelne Bauteile haben bis 100 Einschnitte, Ausblattungen, Schlitze oder Einfräsungen für die Installation und alle ca. 2.3 m einen Kreuzstoss. Zudem wurden jegliche Bauteile allseitig umfräst. Die Bauteiltoleranz und die Bautoleranz wurden bei dieser Konstruktion zum äusserst wichtigen Faktor. Ein Systemfehler hätte einen Millioenschaden zur Folge haben können. Hier spielt die Erfahrung eine massgebende Rolle, aber auch die laufend angemessene Kontrolle und Überwachung aller Beteiligten ist genauso entscheidend.

Kreuzstoss: Der Kreuzstoss wurde mit einer Hinterschneidung konstruiert, so dass der gebogene Träger mit verschiedenen Einfahrwinkeln gleichzeitig zusammengefügt werden konnte. Zusammengesetzt ist der längste Träger über 130 m lang und hat ca. alle 2.3 m einen Kreuzstoss, der genau passen musste. Die Bauteile um die Balkone benötigten Schrägschnitte im Stoss und Kreuzstossbereich, dies war in der Produktion sowie bei der Montage eine hohe Herausforderung.



Das Tragwerk besteht aus vier gekreuzten Lagen, drei tragende Lagen und die vierte Lage als Grundlage für die Fassadenelemente.

Der Entscheid, einen grossen Anteil der zweiseitig verleimten BSH als stabverleimtes Holz zu bestellen, hatte überwiegend Vorteile:

- Faserverlauf dem Bauteil folgend, fast kein Schräganschnitt
- Hochfeste Stäbe konnten innerhalb vom Träger zugeordnet werden
- Weniger angeschnittene Leimfugen
- Weniger Verschnitt und es wurde weniger Material bei der CNC abgefräst.  
→ Zeitgewinn
- Die Rückstellkräfte sind gross, aber eher kontrollierbar
- Nachteil: Bei Melaminleim ist durch die grosse Leimmenge ein Anstieg der Holzfeuchte von 2-8% zu erwarten
- Nachteil: Die Bauteile sind im Vergleich zu einsinnig gekrümmten Trägern teurer

Dem Architekten waren die Anschnitte von Leimfugen und die Lamellenstärke wichtig. Mit dem Mock-up konnten wir aufzeigen, dass die Träger mit grossem Radius keine Anschnitte aufweisen, Träger mit kleinen Radien ca. 5-10 mm Lamellen jedoch unvermeidbar war.

## 7. Maschinelle Bearbeitung

Mit der CNC-Maschine TW-Mill der Blumer-Lehmann AG, mit einer Stichhöhe von 1.35 m und Bearbeitungslänge pro Bauteil bis 27 m, konnten stark drehende Bauteile mit grossem Volumen und grosser Länge ideal bearbeitet werden. Lange Bauteile bearbeiten zu können war von Vorteil, auch für die Stabilisierung der Gebäudehülle.

Grosse Bauteile der Lagen A, B, C wurden auf der TW-Mill gefräst. Kleinere Bauteile der Lage D auf der Lignamatic. Folgende Betriebe unterstützten uns in der Bearbeitung:

- Simonin, Frankreich und Brawand Schweiz sowie Roth, Burgdorf mit einer TW-Agil/TW-Mill
- Hess Deutschland mit Bauteilverleimung, Abbund Schwellen und Randträger

Die Aufbereitung der Maschinendaten und die gesamte CNC-Vorbereitung wurden laufend vom Kompetenzcenter Bauteilbearbeitung der Blumer-Lehmann AG bewältigt. Dank laufenden Optimierungen durch das Team konnte eine markante Produktivitätssteigerung erzielt werden.



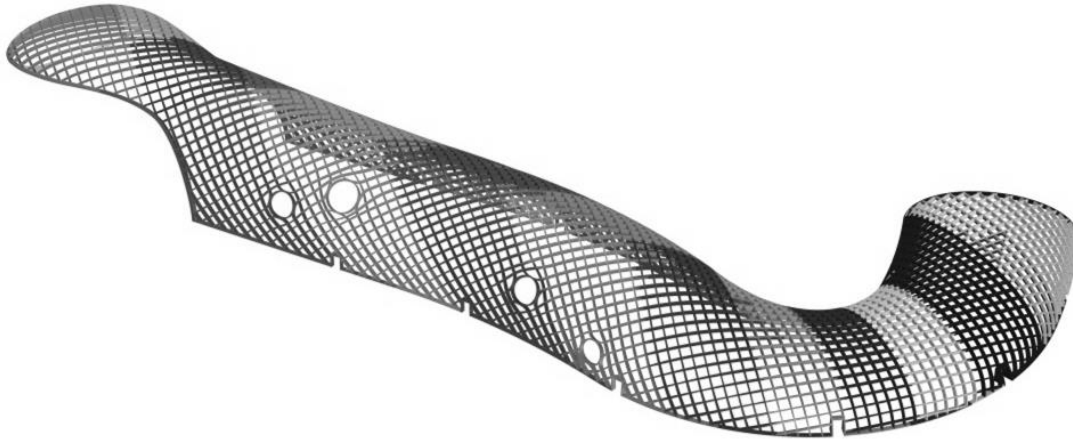
## 8. Montageprozesse

Bei den Gebäuden Omega 1 + 2 sowie Swatch wurden sämtliche Montageprozesse vor der Planung ausdiskutiert und festgehalten. Die Montageeinheiten sowie die Bautermine wurden auf dem Masterplan erfasst und in zeitlichen Etappen zurückgerechnet als Basis für die Produktion.

### 8.1. Nach dem Prinzip: Planbar – Produzierbar – Montierbar

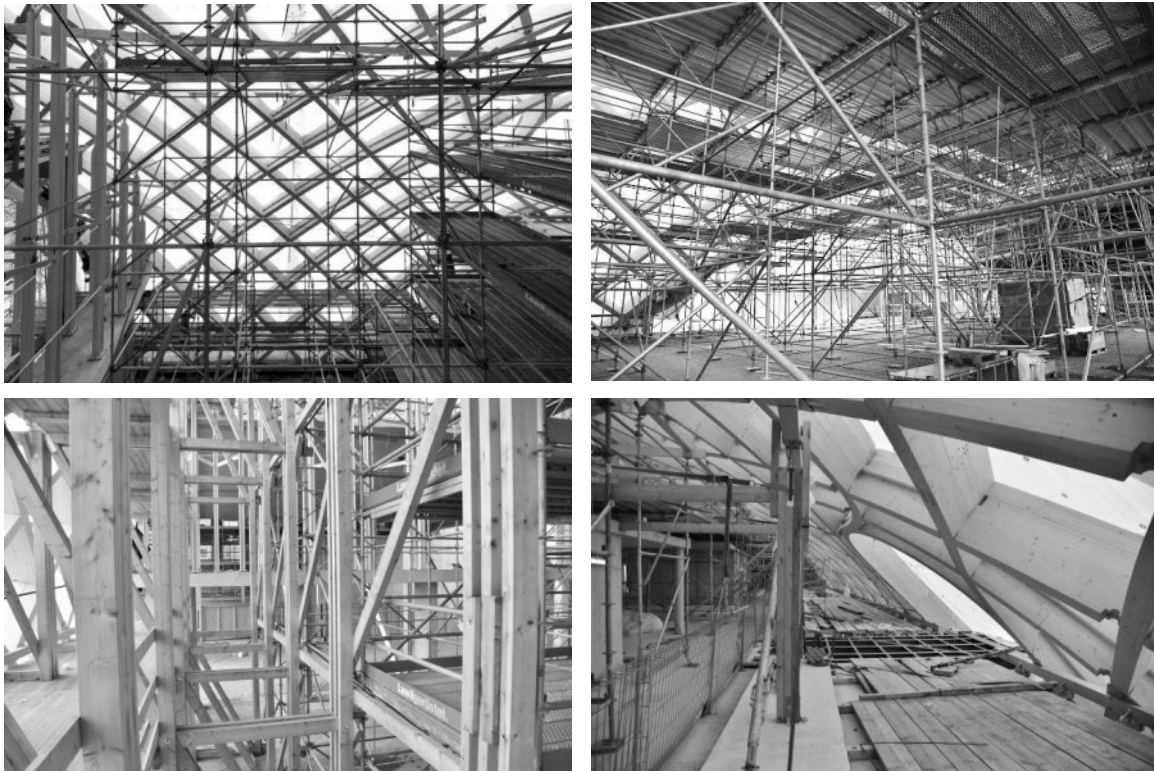
Um die Montage planbar zu machen und zeitlich sicherzustellen, mussten alle Bauteile eine absolut hohe Genauigkeit aufweisen. Bauteile in diesen Dimensionen z.B. 220/800 bis 1000 mm lassen sich nicht biegen, um sie zu setzen. Das Zusammenfügen musste ohne grossen Widerstand erfolgen und mit leichtem Werkzeug wie z.B. Akkubohrmaschine und Spax, um sie an die Endlage zu bringen und zu sichern.

#### Etappenplan für die Montage



### 8.2. Sicherheit

Zum Arbeiten wurden im Inneren Flächengerüste aufgestellt. Im Übergang zur Fassade abgestufte Holztragwerke und über der Strasse ein Montagetisch von ca. 35 x 45 m. Von Aussen wurde im steilen Bereich mit Hebebühnen, im oberen flachen Teil konnte ab dem Flächengerüst mit Leitern gearbeitet werden.



### 8.3. Schablone

Für das Verlegen des Gitterschalentragwerks wurde eine Schablone vor Ort aufgebaut. Eine Freiformkonstruktion als Gegenform. Im Abstand von ca. 5 bis 6 m wurden liegend Massivholzträger mit Ausschnitten zur Lagesicherung der Träger der Lage A montiert. In

der Höhe genau und gegen den First einige Millimeter überhöht. Die Schablone konnte auch für laufende Kontrollmessungen der Genauigkeit der Bauteile genutzt werden.

Nach Abnahme und Freigabe vom Holzingenieur wurde die Schablone abgesenkt und anschliessend ausgebaut. Verformung nach dem Absenken: ca. 5 bis 7 mm



Der Start der Montage erfolgte vom Fusspunkt der Zickzackfassade auf der Seite Omega. Das Gitterschalentragswerk mit Überhang über der Strasse und mit den beweglichen Auflager vom Dach zur Conference Hall Omega 2 musste zu Beginn in der Lage und Geometrie gesichert und mit der ersten Lage A zurückgebunden werden. Ein zweiter Grund war, dass später mit mehreren Gruppen in zwei Richtungen montiert werden konnte.

#### 8.4. Schutz und Transport

Die fertigen Tragwerksteile aus Holz wurden kurz nach dem Zuschnitt mit einem Feuchteschutzanstrich sowie einem UV- und Bläueschutz behandelt. Alle Hölzer und Pakete wurden mit weisser Plane einfoliert. Alle grossen Stirnholzflächen und das Buchenholz wurden zusätzlich mit Stirnholzversiegelung behandelt. Für den Transport waren ca. 130 LKW-Fahrten notwendig. Nach jedem Arbeitstag und auch vor Regen wurde die Tragstruktur abgedeckt. Grosse Planen mit spezieller Anhängung wurden mit dem Kran verlegt.



#### 8.5. Krane, Hebemittel

Zwei Baustellenkrane mit bis 60 m Ausleger sowie die Pneukrane und Hebebühnen wurden durch die Blumer-Lehmann AG bereitgestellt und bedient.



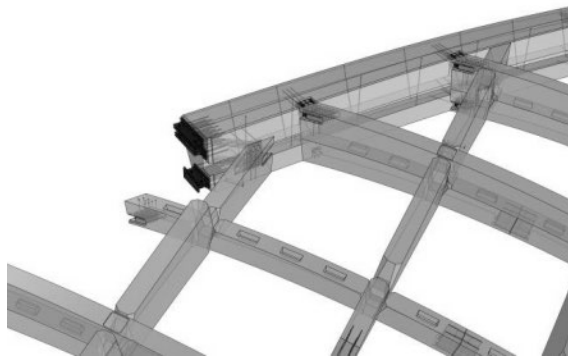
Für uns und die Planer eine Feier wert... just am Tag vom Holzbauforum in Garmisch 2016 wurde mit der Lage A der Firstpunkt erreicht und damit die Bestätigung – es passt!



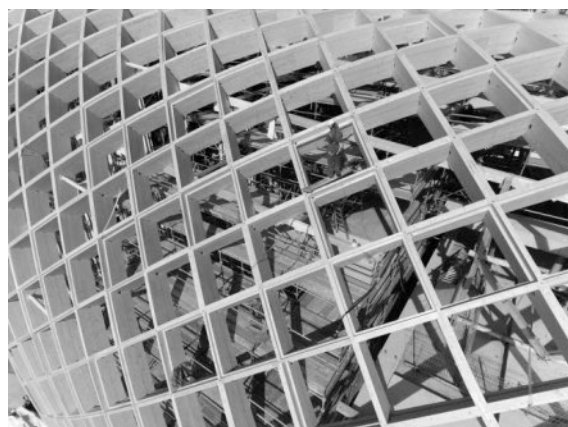
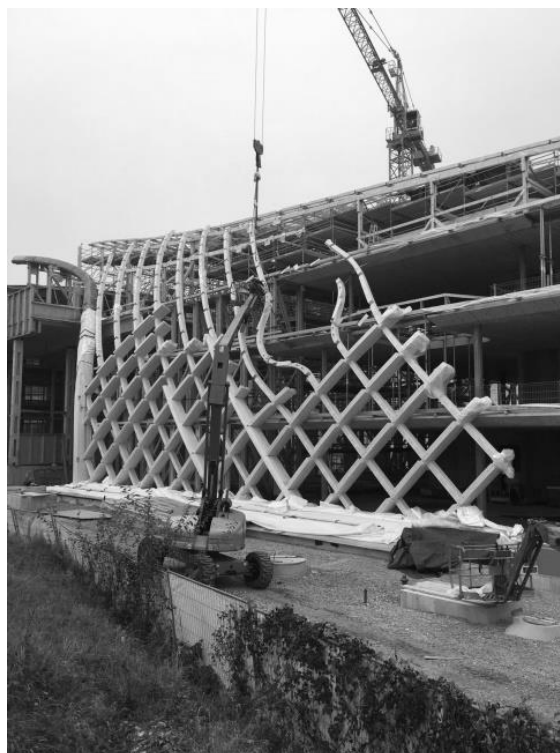
### 8.6. Anforderung Randträger

Der Randträger mit der Dimension von ca. 900/800 mm und der zusammengebauten Länge von 136.4 m war eine zusätzliche Herausforderung.

Für ein bis zwei Trägerabschnitte von bis zu 18.2 m war eine LKW-Fuhr nötig. Aufsteigend von der Zickzack-Fassade über die Strasse umlaufend bei der Conference Hall umschliesst er hunderte von Bauteilen. Hier mussten die Abläufe zum Einfahren in die Stahlteile gut durchdacht sein.

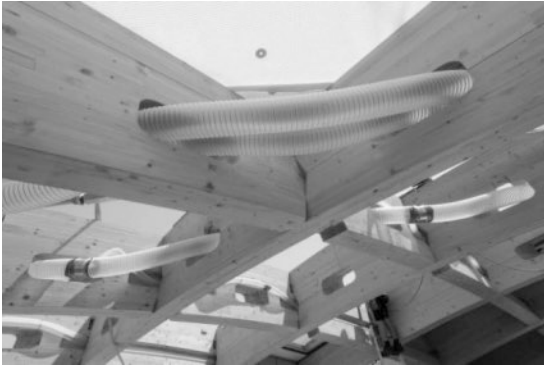


Nach der Holzbaumontage erfolgten laufend Abnahmen und schlussendlich die Demontage der Schablone. Der Fassadenbauer wünschte vor Beginn seiner Montage der Fassadenelemente ein möglichst schlupffreies Tragwerk. Die Montage erfolgte zeitverschoben in ähnlichen Etappen wie der Holzbau.

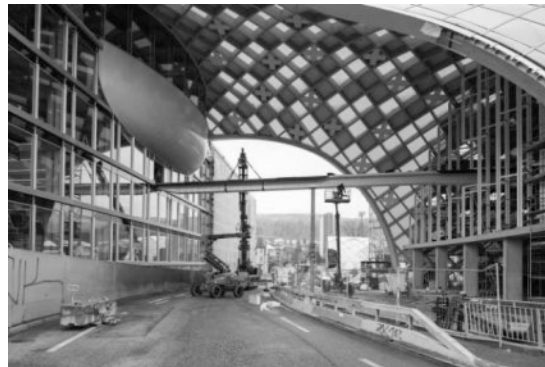


Der Wunsch vom Architekten und Bauherrn war es, dass alle Leitungen in der Ebene vom Tragwerk möglichst versenkt und abgedeckt montiert werden. Auch konnte so die Gebäudehöhe optimiert werden.

Nach Abschluss der Installationen von Lift, Elektro und Sprinkler wurden mehrere hundert M Abdeckungen und Holzdeckel montiert.



Eine der letzten Arbeiten war die Montage der Holzbrücke, als Verbindung vom S1 und Omega 2 Gebäude, die durch die Zickzack-Fassade hindurch führt.



Für die Montage vom Haupttragwerk waren ca. 1 Jahr 15 bis 20 Mitarbeiter auf der Baustelle. Es konnten durchgehend alle Freiformträger gesetzt werden, ohne ein Nacharbeiten und ohne Zwängungen. Bauwerksabnahmen sowie die kleinen Absenkungen von unter 10 mm nach der Rohbauabnahme bestätigen uns die abgelieferte Qualität vom ganzen Team. Dass ein solches Tragwerk gelingt, wird den frühen Entscheidungen in der Planung geschuldet und der konsequenten Umsetzung. Wir danken noch einmal allen Beteiligten für die angenehme Zusammenarbeit und die erfolgreiche Umsetzung des Projektes!



Fotos Swatch Ltd.



# Besuchszentrum Ruhestein: Komplexer Ingenieur-Holzbau trifft auf herausfordernde Geographie

Simon Pfeffer  
Ed. Züblin AG  
Aichach, Deutschland



Karl-Heinz Roth  
ZÜBLIN Timber GmbH  
Aichach, Deutschland





# Besucherzentrum Ruhestein: Komplexer Ingenieur-Holzbau trifft auf herausfordernde Geographie

## 1. Projektvorstellung

Den Wettbewerb für den Neubau des Besucher- und Informationszentrums in Ruhestein gewann der Entwurf der Architekten Sturm & Wartzack aus Stuttgart. Durch einzelne Gebäude-Riegel werden geknickte Baumstämme des Schwarzwaldes stilisiert. Der Skywalk verbindet den schräg gestellten Aussichtsturm mit den Riegeln. Das Gebäude wird im Schwarzwald auf 915 m Seehöhe an exponierter Stelle, direkt an der B500 der Schwarzwaldhochstraße errichtet. Die tragenden Bauelemente sind aus leistungsfähigen Holzwerkstoffen und gehen dabei nahtlos in Stahl und Stahlbeton über.



Abbildung 1: Visualisierung Ansicht von Süden, Quelle: sturm & wartzack

## 2. Komplexität im Ingenieur-Holzbau

### 2.1. Definition

Der Begriff der Komplexität wird im Bauwesen sicherlich an verschiedenster Stelle strapaziert und verwendet, ohne genaue Hinterfragung, was «komplex» eigentlich bedeutet. Eine Definition im Duden lautet «geschlossenes Ganzes, dessen Teile vielfältig verknüpft sind».

Auf dieses Holzbauwerk ist diese Definition wohl mehr als zutreffend. Ein wesentlicher Teil der Komplexität in der Konstruktion ist hier das Zusammentreffen und das Verbinden der Holzbauteile untereinander wie auch die Verbindung mit Stahl und Stahlbeton. Der Begriff «komplex» ist aber auch angemessen, wenn wir die Vielzahl der unterschiedlichen Einbausituationen und Details betrachten. Sowohl die Geometrie wie auch die Anforderungen an die Tragfähigkeit führen dazu, dass sich nur wenige Details am Holzbauwerk wiederholen.

### 2.2. Verbindungen

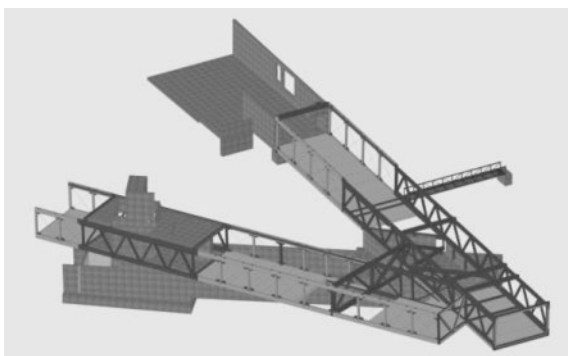


Abbildung 2: Verbindung Riegel B mit Riegel A,  
Quelle: Werkstattplanung ZÜBLIN Timber

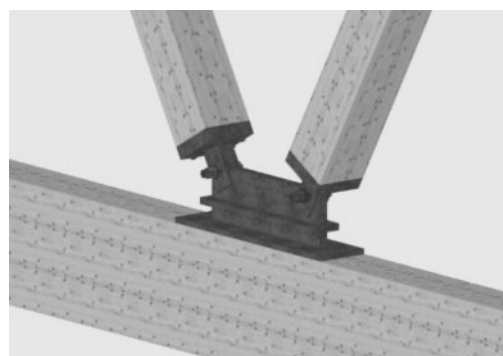


Abbildung 3: Fachwerkknoten

Bei der oben gezeigten Abbildung wird sichtbar, in welchem Umfang und mit welcher Vielfältigkeit die Materialien aufeinandertreffen. Verbindungen von BSH-Holz bzw. Buche-FSH zu Stahlteilen werden meist aufgrund der hohen Anforderungen an die Lastübertragung mit eingefrästen Klebedübeln oder eingeklebten Gewindestangen hergestellt. Stahlverbindungen sind bei den Montagestößen im Regelfall mit hochfesten, vorgespannten Schrauben ausgeführt. Da alle einzelnen Riegelbauwerke geometrisch zusammentreffen, ist bei den Verbindungen die spezielle Herausforderung, diese in sehr engen Toleranzen zu fertigen.

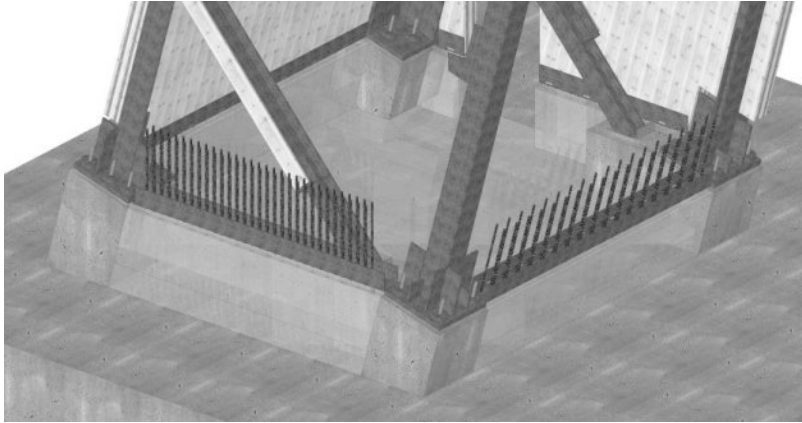


Abbildung 4: Anschluss Turm am Fußpunkt, Quelle: Werkstattplanung ZÜBLIN Timber

Beim Fußpunkt des Turms treffen Brettsperrholz, Stahl und Stahlbeton direkt aufeinander. Die Stahlstützen übertragen die Normalkraft, die Brettsperrholz-Wandscheiben übertragen die Querkraft des hoch beanspruchten Anschlusses. Durch spielfreie, in sehr eng abgestimmten Toleranzen ausgeführte Verbindungen kann hier gewährleistet werden, dass die Kräfte planmäßig übertragen werden.

### 2.3. Verbundbauteile aus BSP und BSH

Boden und Decke der einzelnen Riegel haben eine freie Spannweite von 8,5 m, für die sich optimal ein Verbundquerschnitt anbietet. Hierbei wird ein Kasten-element ausgebildet, dessen Rippen aus BSH bestehen und der obere und untere Abschluss jeweils eine Brettsperrholzplatte ist. In Abstimmung mit der MPA Stuttgart konnte die Verbindung der Rippenplatten mit einer Schraubpressklebung ausgeführt werden. Da die Brettsperrholzplatten eine Stärke von 90 mm aufweisen, ist die Anwendung einer Schraubpressklebung nur nach Entwicklung der Technologie und entsprechenden Versuchen möglich. Der Geltungsbereich der Bescheinigung A gemäß DIN 1052-10:2012 wurde für die Schraubpressklebung auf 120 mm erweitert.

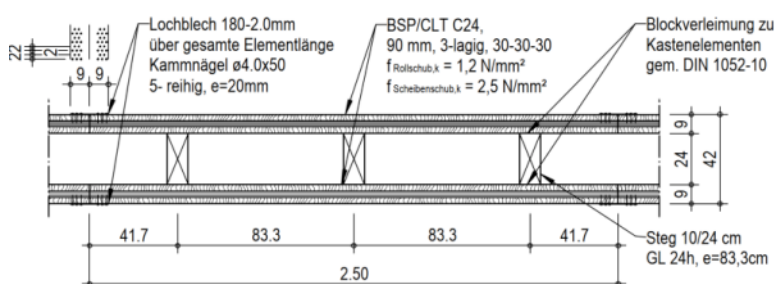


Abbildung 5: Schnitt verleimtes Kasten-element, Quelle: Werkstattplanung ZÜBLIN Timber

## 3. Holzbau trifft auf herausfordernde Geographie

### 3.1. Baufeld

Das Baufeld liegt unweit der beiden Naturschutzgebiete «Wilder See – Hornisgrinde» im Norden und «Schliffkopf» im Süden.

Das Gelände fällt von der nördlich gelegenen L401 stark in das südlich gelegene Waldgebiet ab, so dass sich die Baukörper in verschiedene Hangprofile einbetten.



Abbildung 6: Luftbild Baufeld, Quelle: ZÜBLIN Timber

### 3.2. Baustelleneinrichtung/Montagekonzept

Eine große Herausforderung stellten die geographischen Gegebenheiten dar. Die übergebenen BE-Flächen für Kranstandorte und Lagerflächen stellten sich als untauglich heraus, da sie zum Teil Geländeneigungen von bis zu 100 % aufwiesen. Es galt diese hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Montageabfolge zu optimieren.

So wurden im Montagekonzept nicht nur technische Aspekte hinsichtlich handwerklicher Umsetzung der vorgegeben Details entwickelt, vielmehr ging es auch um das Zusammenspiel von Anlieferungs- und Baustellenlogistik sowie um Material- und Personaldisposition.

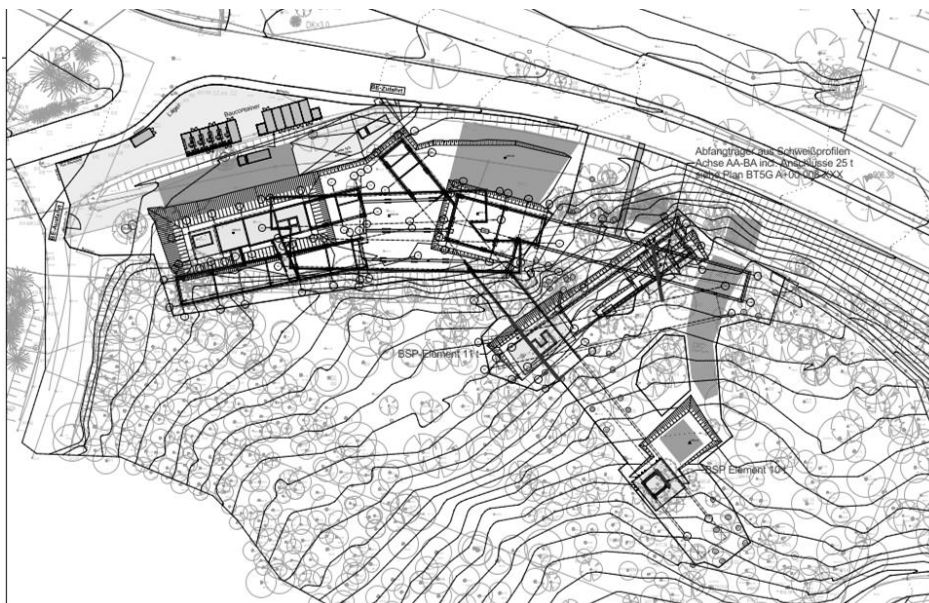


Abbildung 6: Baustelleneinrichtungsplan Bauherr, Quelle: Ausschreibungsunterlagen BH

Auf die Anforderungen der einzelnen Montageabschnitte angepasst, wurde der westliche Teil des Bauwerks aufgrund leichter Bauteile mit einem eng am Gebäude stehenden Untendreher montiert. Die restlichen Riegelbauwerke, die den Hauptpart des Gebäudes darstellen, mittels Obendreher mit 80 m Ausleger, wobei mit verschiedenen Mobilkraneinsätzen mit bis zu 750 to Mobilkränen die schweren Lasten der einzelnen Holz- sowie Stahlbauteile verbaut worden sind.



Abbildung 6 und 7: Montageeinsatz mit Mobilkran, Quelle: ZÜBLIN Timber / © Achim Birnbaum

### 3.3. Lastgerüste

Ebenso wurden für die weitgespannten Riegel und den Skywalk Lasttürme und Richtstützen notwendig, um deren Montagezustände abzubilden.

Hierbei handelt es sich um lastableitende Türme, welche bis zu 20 Tonnen Traglast aufnehmen und einer Verformung von max. 10 mm standhalten müssen.

Entsprechend wurden statische und planerische Ermittlungen der jeweiligen Montagezustände und daraus resultierende Standorte der temporären Auflager (Lasttürme) erforderlich. Angepasst auf die jeweilige Umgebungssituation wie Geographie, Baumschutz, minimaler Eingriff in die Natur, wurden sämtliche Maßnahmen entwickelt, um diese Anforderungen wirtschaftlich umzusetzen.

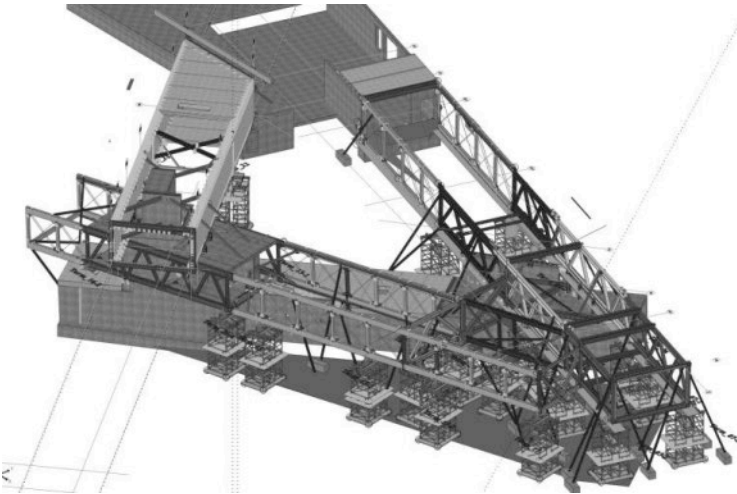


Abbildung 8: Planung Lastgerüste CAD, Quelle: Werkstattplanung ZÜBLIN Timber



Abbildung 9: Ausführung Gerüste, Quelle: ZÜBLIN Timber/ © Achim Birnbaum

# Sportcampus der TUM mit Grossvordach in Holz

Gordian Kley  
merz kley partner  
Dornbirn, Österreich / Altenrhein, Schweiz







# Sportcampus der TUM mit Grossvordach in Holz

## 1. Projekt und Hintergrund

Der Neubau des Campus im Olympiapark (CiO) der Technischen Universität München wird die neue Heimat der Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften sowie für den Zentralen Hochschulsport München. In unmittelbarer Nachbarschaft zum Olympischen Dorf und zum Olympiastadion entsteht ein grossflächiger Ersatzbau für die bis heute im Betrieb befindlichen Gebäude aus 1972 – eingebettet in die grünen Dämme des denkmalgeschützten Olympiaparks (Bild 1).



Abbildung 1: Modell

Neben dem Gebäude mit einem Footprint von mindestens 27'000 m<sup>2</sup> schliesst das Projekt auch Aussensportflächen von rund 20 ha mit ein (Bild 2).



Abbildung 2: Luftbild Gebäude mit Aussensportflächen

Der Freistaat Bayern steht als Auftraggeber für den Erhalt und die Förderung der Baukultur. Und so wurde 2015 für dieses Grossprojekt ein Architekturwettbewerb ausgelobt, den Dietrich Untertrifaller Architekten für sich entscheiden konnte. Schon im Entwurf hatten sich die Architekten für einen Holzbau entschieden, der bereits im Wettbewerb mit Unterstützung durch unser Büro in seinen wesentlichen Zügen entwickelt wurde. Und so entsteht an diesem historischen Ort mit dem Neubau des CiO nun einer der grössten Holzbauten in Europa, mit dem nicht zuletzt deshalb neue ökologische Massstäbe gesetzt werden.

## 2. Struktur und Realisierung

Der überwiegend zweigeschossige Gebäudekomplex ist in je zwei Hallen- und Bürocluster gegliedert, die über eine zentrale Achse, die «Rue Intérieure», erschlossen werden. Der Hauptzugang erfolgt dabei von Osten über einen Steg, der den historischen Damm und das Gebäude als Brücke verbindet. Die «Rue» ist die rund 150 m lange Verbindung innerhalb des Gebäudes von Ost nach West, an welche die Hallen- und Bürocluster sowie alle übrigen Funktionen angebunden sind. Neben den Treppenträumen zur vertikalen Verbindung der beiden Ebenen bietet die «Rue» hohe Aufenthaltsqualität und grosszügige Blickbeziehungen mit den Sporthallen (Bild 3).



Abbildung 3: Obere Ebene der Rue Intérieure

Im Westen führt der Ausgang der «Rue» auf die Terrasse der Cafeteria und damit auf die «Tribüne» unter dem weit ausladenden Vordach über der Aussenlaufbahn (Bild 4).



Abbildung 4: Vordach über Terrasse und Laufbahn

Die Realisierung des Projektes erfolgt bei laufendem Betrieb in insgesamt drei Bauabschnitten, die bis 2023 abgeschlossen werden sollen (Bild 5):

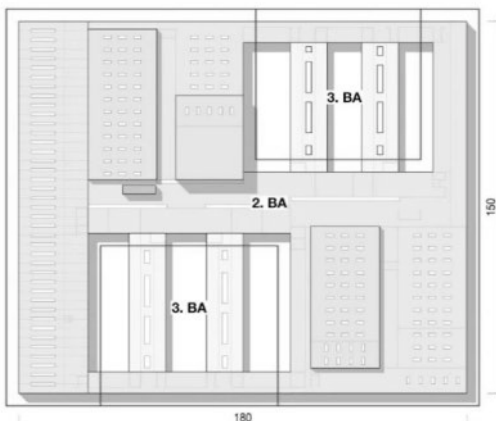


Abbildung 5: Grundriss mit Bauabschnitten

1. BA Adaptierung der Bestandsanlagen.
2. BA Rückbau der alten Gymnastikhallen und Neuerrichtung der Sporthallen, des Audi Max, der Erschliessungsachsen mit der zentralen «Rue Intérieure», der Mensa und Bibliothek und des grossen Vordachs. Mit dem 2. BA ist der weitaus grössere- und schwierigere Teil des Gesamtgebäudes bereits seit Mai 2019 im Rohbau fertiggestellt.
3. BA Nach Bezug der bis dahin fertigen Gebäude des 2. BA: Rückbau der grossen Sporthallen aus 1972 und Errichtung der Bürocluster und der flankierenden Erschliessungsflächen.

### 3. Differenzierung der Tragwerke

Im Folgenden werden die Holztragwerke des 2. Bauabschnittes vorgestellt, die erst kürzlich im Rohbau fertiggestellt wurden. Der Übersicht wegen beschränkt sich die Darstellung auf folgende Bereiche (Bild 6):

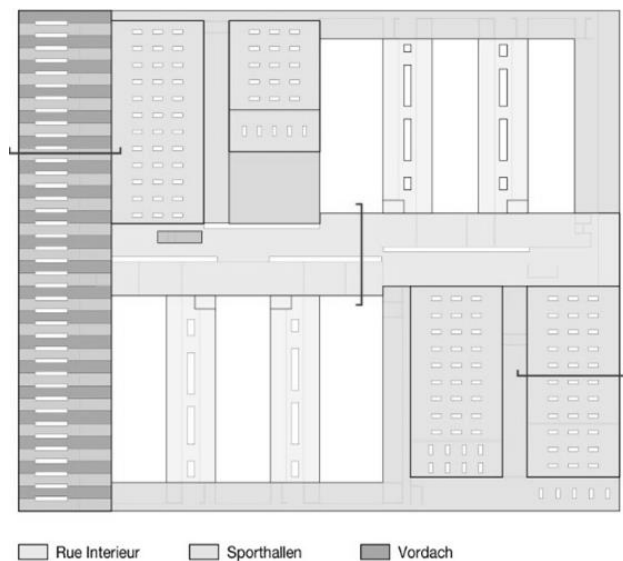


Abbildung 6: Bereiche unterschiedlicher Tragwerke

1. Rue Intérieure
2. Sporthallen
3. Vordach

#### 3.1. Rue Intérieure

Das Dachtragwerk der rund 150 m langen «Rue» ist nur in Teilen sichtbar, womit hier in Verbindung mit dem klaren Gebäuderaster von 2,50 m auf die nahezu wirtschaftlichste Art der Konstruktionsmöglichkeiten von Dachtragwerken im Holzbau zurückgegriffen werden konnte: Brettschichtholzträger im Abstand von fünf Metern, dazwischen eine Pfettenlage aus Konstruktionsvollholz (KVH). Die Dachfläche wurde schliesslich durch das Aufbringen von OSB-Platten gebildet, die auch die aussteifende Dachscheibe bilden. In Verbindung mit dem von oben aufgetragenen Warmdachaufbau ergab sich eine einfache und überaus robuste Gesamtdachkonstruktion, die auch auf die zuweilen gegebene Notwendigkeit der Montage von Holzkonstruktionen bei mässigen Witterungsverhältnissen Rücksicht nimmt (Bild 7).

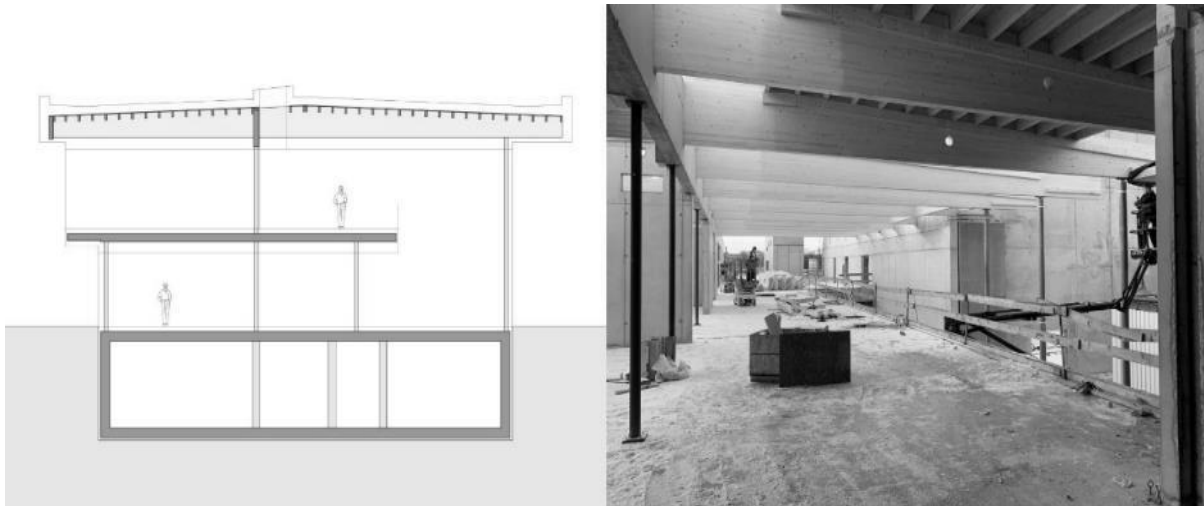


Abbildung 7: Querschnitt und Dachtragwerk Rue

Die «Rue» ist in ihrer Funktion der zentralen Erschliessungssachse auch zentrale Rettungsgasse. Damit unterliegt sie umfangreichen Brandschutzvorschriften, die sich für das Tragwerk bis zur Unterkante der Dachkonstruktion in der Anforderung «brandbeständig» (F90) festmachen. In Verbindung mit den unregelmässigen Punktstützungen der Geschossdecke und mit den hohen Installationsgraden lag die Lösung zur Konstruktion von Geschossdecke und Innenwänden im konventionellen Stahlbetonbau. So übrigens auch für verschiedene Technikriegel der Sporthallen, die Umfassungswände für den hohen Audimax, die Kellerräume und natürlich sämtliche Gründungsbauteile: schlussendlich trotz des vorherrschenden Holzbbaus auch eine Menge Stahlbetonbau mit dem Einsatz von rd. 10'000 m<sup>3</sup> Beton und rd. 900 t Betonstahl (Bild 8).

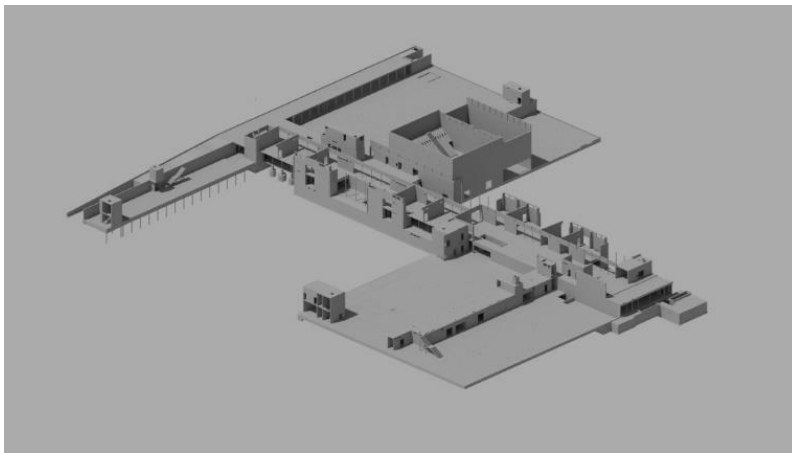


Abbildung 8: Rendering Massivbau

### 3.2. Sporthallen

Mit Hallen für insgesamt 14 Sportfelder und eine Kletteranlage galt es eine Konstruktion für rund 7'000 m<sup>2</sup> Dachfläche zu entwickeln, die mit weitestgehender Vorfertigung montierbar und vollständig sichtbar bleiben konnte. In Verbindung mit dem Gebot der Wirtschaftlichkeit fand sich das Ergebnis in einer ebenso einfachen wie funktionalen Konstruktion, die zum Dachtragwerk der «Rue» durchaus Parallelen aufweist: zunächst Satteldachbinder mit geradem Untergurt im Gebäuderaster von 2.50 m parallel zueinander angeordnet. Orthogonal darüber Dachelemente aus kleinen Pfetten und Akustikplatten (Holzwolle-Leichtbauplatten) mit einer aussteifenden Dachschalung aus OSB-Tafeln. Eine Besonderheit stellen die Oberlichter dar, die ihr Licht durch konische Aufsätze aus Dreischichtplatten in die Hallen einstreuen (Bild 9).

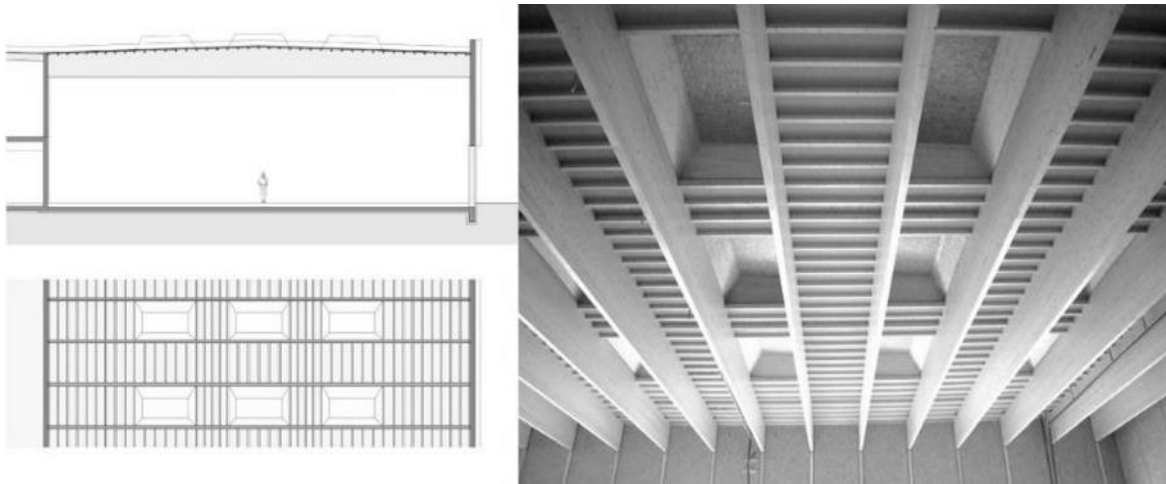


Abbildung 9: Tragwerk Sporthallen

Der nach oben folgende Warmdachaufbau entspricht dem schon erwähnten Dachaufbau der «Rue»: unter dem Gründach eine bituminierte Abdichtung auf druckfester Steinwoll-dämmung und bituminiertes Dampfsperre. Die Wände der Hallen wurden als Holzständerwände vorelementiert, wobei die Dachstützen in dieselben integriert werden konnten. Auf diese Weise wurden alle Hallenwände in Grosstafeln vorgefertigt, womit die Montage extrem beschleunigt und die witterungskritische Zeit während der Montage minimiert werden konnte.

### 3.3. Vordach

Markant wird das Gebäude neben seiner Grossform insbesondere durch das weit auskragende Vordach auf der Westseite. Auf eine Länge von rund 150 m kragt das Dach mit knapp 19 m über die Achse der Glasfassade aus (Bild 4). Die Konstruktionshöhe ist dabei minimiert: der umlaufende Dachrand des Gebäudes setzt sich im Vordach fort und lässt nach Abzug der notwendigen Aufkantungen für Dichtung und Verkleidung eine Konstruktionshöhe von nicht mehr als 1.60 m zu. In Kombination mit dem Wunsch nach einer flächig sichtbaren Holzuntersicht war eine Holzkonstruktion gefragt, die förmlich als punktgestützte Platte auf den schlanken Stahlstützen der Glasfassade aufliegen konnte und dabei frei von Unterzügen war. Die Lösung dieser Aufgabe fand sich in der Entwicklung einer Hohlkastenkonstruktion, bei der insgesamt 40 Dachelemente mit Abmessungen von 28 x 3.75 x 1.60 m derart ausgebildet wurden, dass sie auf lediglich vier Punkten aufgelegt werden- und dabei knapp 19 m auskragen konnten (Bild 10 und 11).

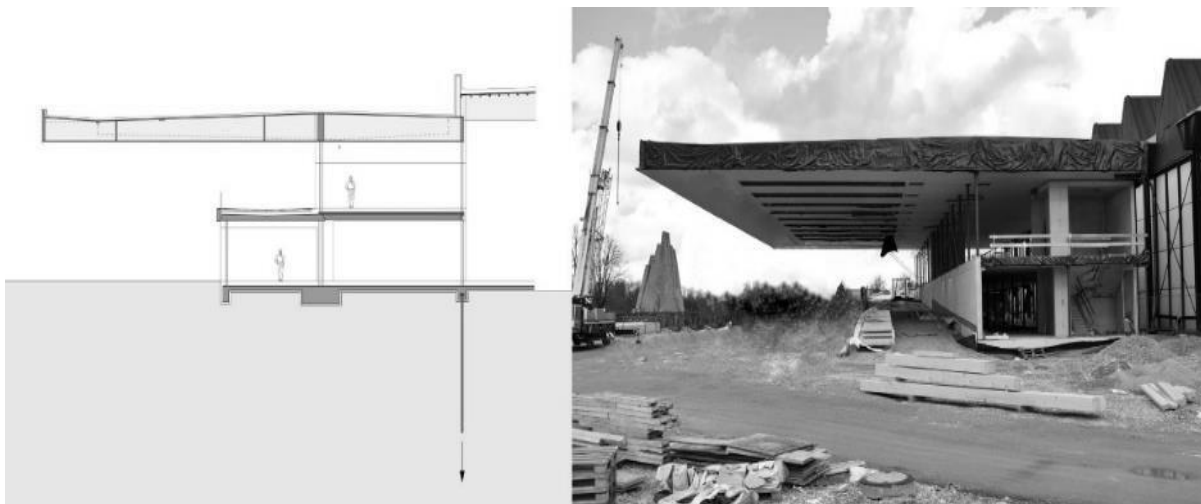


Abbildung 10: Vordach im Querschnitt

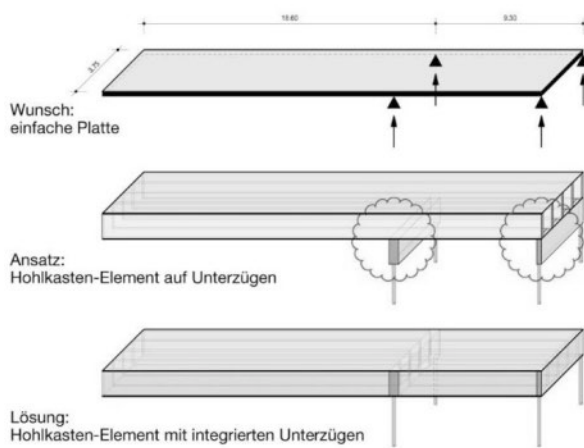


Abbildung 11: Konstruktionsentwicklung Vordach-Element

In die Hohlkästen wurden sämtliche Installationen integriert, wobei die Entwässerungsleitungen hinter den Leibungsbrettern der Oberlichter zugänglich bleiben. Zugänglich bleiben die Hohlkastenelemente auch zur dauerhaften Kontrolle, die über Wartungsöffnungen in der Untersicht erfolgt.

Die Vordachelemente bestehen aus schlanken Längsrippen und überbreiten Querträgern in Brettschichtholz sowie aus Beplankungsplatten in Furnierschichtholz (Fi / Ta), wobei die Platten zur Erzeugung eines starren Verbundes auf die Rippen aufgeklebt sind (Bild 12).

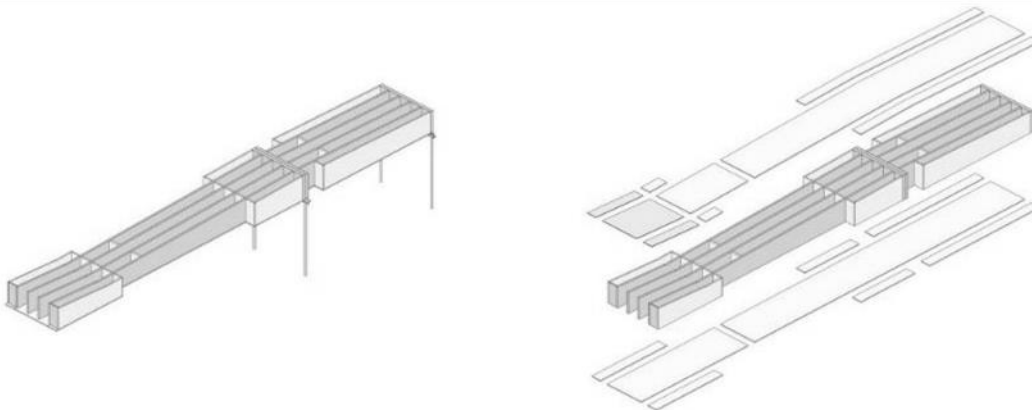


Abbildung 12: Aufbau Hohlkastenelement

Mit der Verklebung der Platten mit den Rippen wurde ein hochtragfähiger Hohlkastenquerschnitt erzeugt, der für die grosse Auskrugung eine gerade noch ausreichende Steifigkeit aufweist, um die Verformungen an der Vordachkante im akzeptablen Bereich halten zu können. Selbstverständlich wurden die Hohlkästen mit einer Überhöhung hergestellt, die an der Kragarmspitze bei 20 cm lag und die sich nach Entfernung des Montagegerüsts zur Freude der Planer exakt entsprechend deren Berechnungen reduziert hat. Entscheidend für die Konstruktion solcher Hohlkästen mit integrierten Querträgern ist neben der Rücksicht auf manipulierbare Elementgrössen die Frage der verfügbaren Plattenformate und deren Anordnung im Element. Denn natürlich müssen die Platten in Bereichen der durch den Querträger unterbrochenen Rippen allein die Zug- und Druckkräfte aus dem Stützmoment im Kragdach übernehmen und daher über möglichst weite Strecken durchlaufend sein. Daraus resultiert die Notwendigkeit von grossen Plattenlängen, die in diesem Falle bei bis zu 20 m lagen. Die Anschlüsse der Längsrippen an die Querträger erfolgte im Gegensatz zur vorgenannt aufwändigen Verklebung mit mechanischen Verbindungsmitteln (Schrauben und Rillennägeln in Verbindung mit Stahlteilen). Mit mechanischen Verbindungsmitteln gelang auch die Übertragung der grossen Auflagerkräfte in die Stahlstützen auf kleinen Flächen: über Stahlplatten und lange querdruckverstärkende Vollgewindeschrauben.

Bleibt noch der Blick auf die Herstellbarkeit: mit solch grossen Abmessungen der Dachelemente wie beim Vordach des CiO (Bild 13).



Abbildung 13: Montage Hohlkastenelemente

Mit Einzelplattengewichten von 1.2 t und mit Elementgewichten von über 19 t - wurden die bisherigen Grenzen der Herstellbarkeit in Verbindung mit den überaus anspruchsvollen Verklebungen wieder einmal verschoben. Ein Dank an alle Akteure für die dazu ebenso konstruktive wie bereichernde Zusammenarbeit!

## 4. Factbox

### Kennzahlen:

Gebäudeabmessung im Grundriss: 150 x 180 m; 22'000 m<sup>2</sup> Dachfläche;  
11'000 m<sup>2</sup> Decken- und Wandfläche; 5'200 m<sup>3</sup> Holzeinsatz; 3'000 m<sup>2</sup> Vordachfläche

Bauherr: Freistaat Bayern, vertreten durch staatliches Bauamt München 2  
Architektur: Dietrich Untertrifaller Architekten; Bregenz, Wien, München  
Tragwerksplanung: merz kley partner; Dornbirn, Altenrhein  
Ausführung: Rubner Holzbau; Augsburg, Obergrafenburg





# Rulantica – Eine neue Wasserwelt im Europapark Rust

Samuel Blumer  
sblumer ZT GmbH  
Graz, Österreich





# Rulantica – Eine neue Wasserwelt im Europapark Rust

## 1. Einleitung

Im August 2017 starteten wir die Ausführungsplanung der Holzdachkonstruktion der neu geplanten Wasserwelt «Rulantica» im Europapark Rust, welche in diesem Jahr fertiggestellt wurde. Die muschelförmige und untypische Dachform, die Dimension der Raumfachwerke, die unterschiedlichen Steifigkeiten bei den Auflagern und die korrosive Atmosphäre stellten uns als Tragwerkplaner vor eine große Herausforderung. In Hallenbädern werden aufgrund des speziellen Raumklimas und der erhöhten Chloridkonzentration im Wasser und in der Luft besondere Anforderungen an die eingesetzten Materialien gestellt. Die Vorgabe, die Tragkonstruktion des Daches in Holz auszuführen, stellte sich aufgrund der Korrosionsresistenz und dem niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Werkstoffes als Ideallösung heraus. Das über 10.500 m<sup>2</sup> große, fächerförmige Holzdach besteht aus fünf 86m langen, als Durchlaufträger ausgebildete Kastenträger, in denen die großen Lüftungskanäle angeordnet sind. Die primäre und radial angeordnete Leitungsführung in den Raumfachwerken ermöglichte es, die Sekundärkonstruktion (Satteldachbinder) ohne Durchbrüche zu gestalten. Die gewählte Tragwerkslösung entspricht einer hohen ästhetischen Anforderung, passt ideal zur nordischen Thematik der Wasserwelt und hat vor den Toren des Schwarzwaldes einen regionalen Bezug.

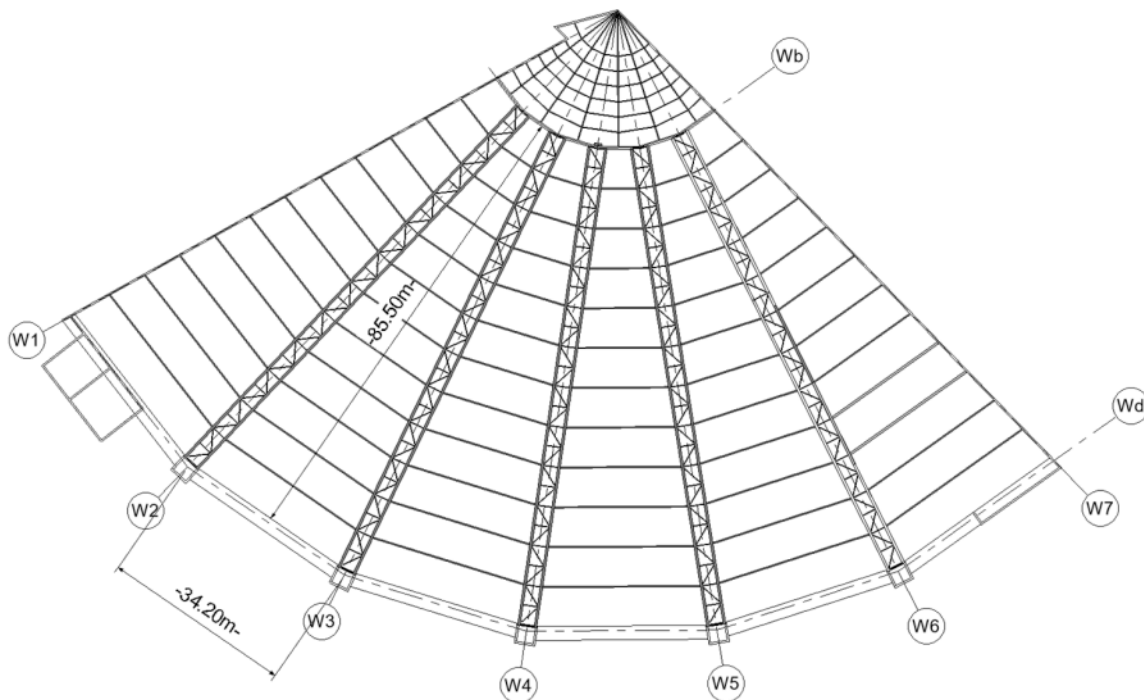


Abbildung 1: 5 als Fachwerk ausgebildete Kastenträger formen das Traggerüst der muschelförmigen, 10'500m<sup>2</sup> grossen Dachfläche.

## 2. Modellbildung und statisches System

Die statische Bemessung der Tragkonstruktion erfolgte mittels zwei unterschiedlicher Modelle. Modell A, ein zweidimensionales Stabmodell, diente als Grundlage für die Bemessung der Querschnitte des Raumfachwerkes und der zugehörigen Fachwerkknoten. In Modell B, einem dreidimensionalen Raummodell, wurde die Dachkonstruktion inklusive der Betonunterkonstruktion komplett modelliert. Räumliche Einflüsse, die zusätzlichen Kräfte aus der untypischen geometrischen Form, der unregelmäßigen Auflagersituationen und resultierende Kräfte aus der Stabilisation, als Beispiele genannt konnten dadurch genauer untersucht werden. Modell A und Modell B wurden im Laufe des Planungsprozesses iterativ abgeglichen. Die Bemessung der Fachwerke und Erstellung der Werkplanung erfolgte daraufhin vollständig automatisiert.

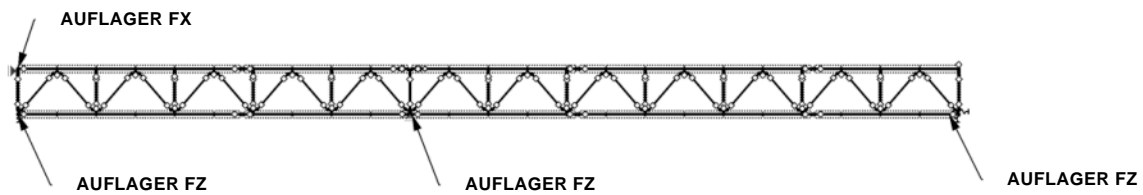


Abbildung 2: Modell A – Zweidimensionales Fachwerkmodell. Durchlaufträger inklusive Gelenkausbildung und Auflagersituation.

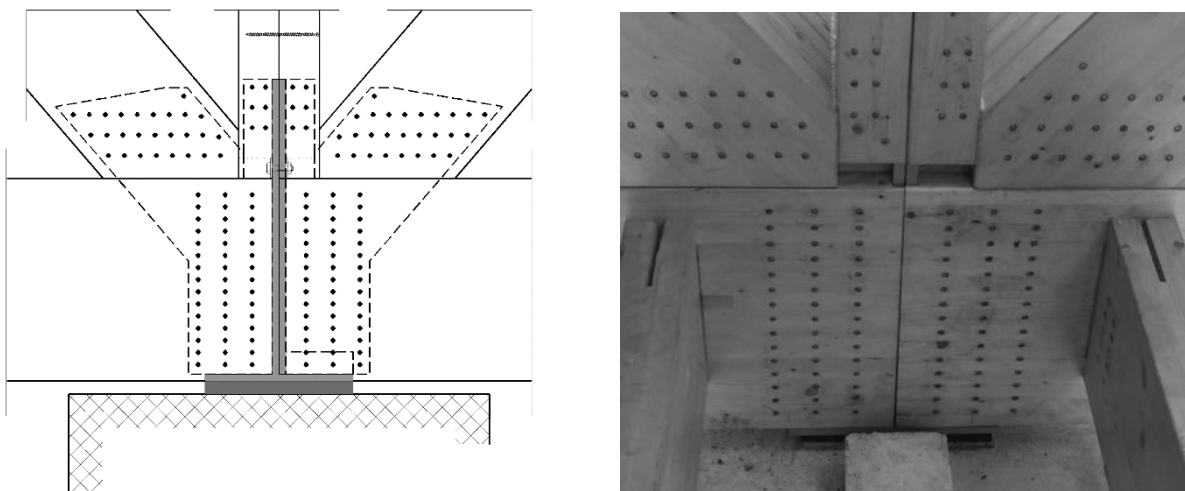


Abbildung 3: Modell A – Montagestoss beim Mittelaufleger im Vergleich

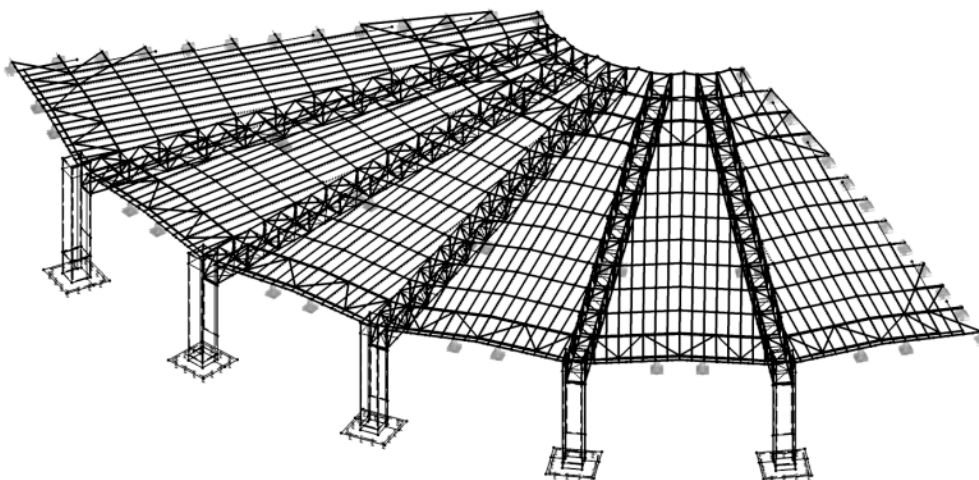


Abbildung 4: Modell B – Raummodell mit Betonunterkonstruktion als Auflager

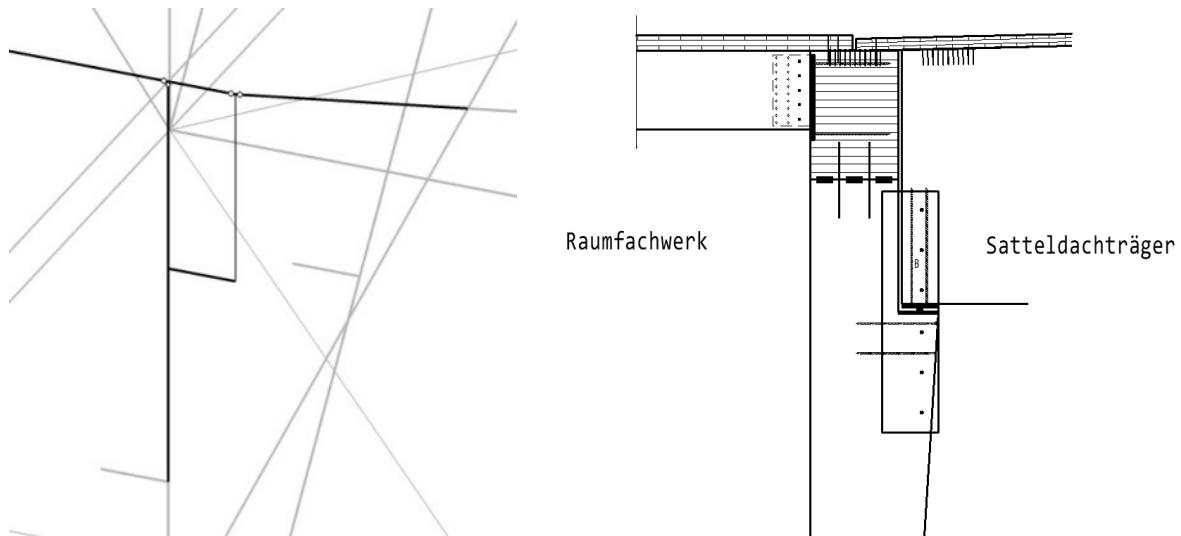


Abbildung 5: Modell B – Modellierung Anschluss Satteldachträger – Fachwerk. Vergleich Modellbildung Ausführung.

### 3. Stabilisation

Die Stabilisation der Dachkonstruktion erfolgte in radialer Richtung über zwei durchgehenden, zwischen den Satteldachträgern liegende Schubfeldern aus Brettsperrholz. Für die tangentielle Richtung wurden die Raumfachwerke an der Oberkante mit einem Schubfeld ausgesteift. Mit dem Ziel der gleichmäßigen Verteilung der tangentialen Kräfte wurden die Auflager der Satteldachträger in den Achsen W2, W4, und W6 in radialer Richtung mit einem Gleitlager an die Raumfachwerke angeschlossen. Die Ableitung an den Untergrund erfolgte über die Randbalken/Wände aus Stahlbeton in Achse Wb und Wd in tangentialer Richtung. In radialer Richtung über die Wände in den Achsen W1 und W7.

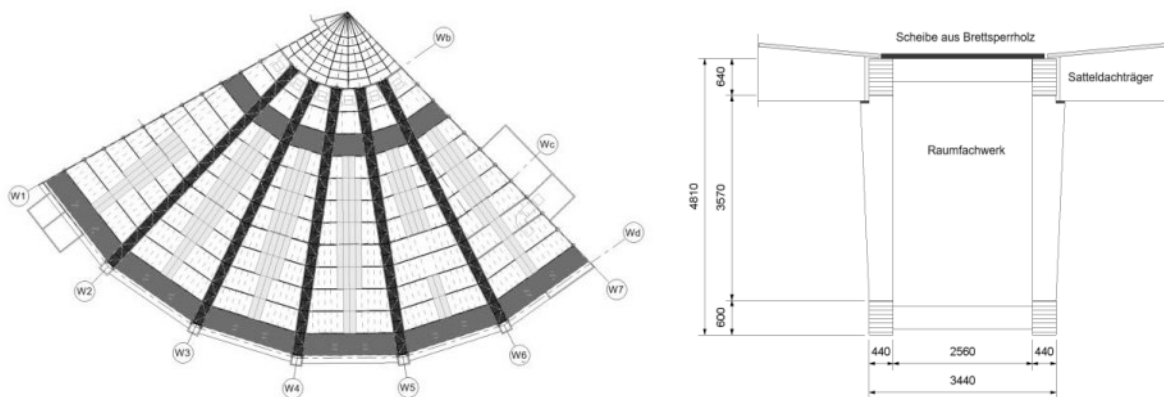


Abbildung 6: Bild links: Aussteifung der Deckenfläche in radialer (Dachscheibe - blau) und tangentialer (Scheibe Oberkante Raumfachwerk - rot). Rechts: Querschnitt durch das Raumfachwerk

Aufgrund der Erdbebeneinwirkung traten bei der Verbindung der Fachwerke mit den Stahlbetontürmen zum Teil hohe Zugkräfte auf, welche mittels oben liegenden Nagelblechen angeschlossen wurden.

## 4. Produktion und Montage

Aufgrund der geometrischen Randbedingungen schied eine werkseitige Vorverfertigung der Raumbachwerke aus, da die Transportkosten der vorgefertigten Kastenträger in dieser Dimension als unwirtschaftlich eingestuft wurden. Nach erfolgter Werkplanung begann im Juni 2018 der Abbund der Gurt- und Füllstäbe für die Fachwerke in der Werkhalle der Fa. Amann in Weilheim. Die Brettschichtholzträger wurden gefräst, geschlitzt und gebohrt. Die für die Knoten erforderlichen Schlitzbleche aus Stahl (feuerverzinkt und beschichtet) wurden in den Gurten vormontiert. Die Verbindungsmittel wie Stabdübel 12 x 440 mm wurden ebenfalls feuerverzinkt (Zinkschichtdicke > 55  $\mu$ m gemäß DIN SPEC 1052-100) ausgeführt. Der Korrosionsschutz von Holzschrauben bzw. Vollgewindeschrauben wurde nach Absprache mit dem Prüfenieur nach dem Normenentwurf DIN EN 14592:2017-07 behandelt.

Eine Anforderung des Bauherrn an die Montage war es, die Lüftungen und Installationen am Boden einzubauen. Zum Zeitpunkt der Trägermontage war der Rohbau noch in vollem Gange und die Montage hatte nach einem abgestimmten Befahrungsplan zu erfolgen. Für die Vormontage wurde vor der Halle eine großzügige Arbeitsfläche hergerichtet, auf der die Fachwerkträger vormontiert werden konnten.

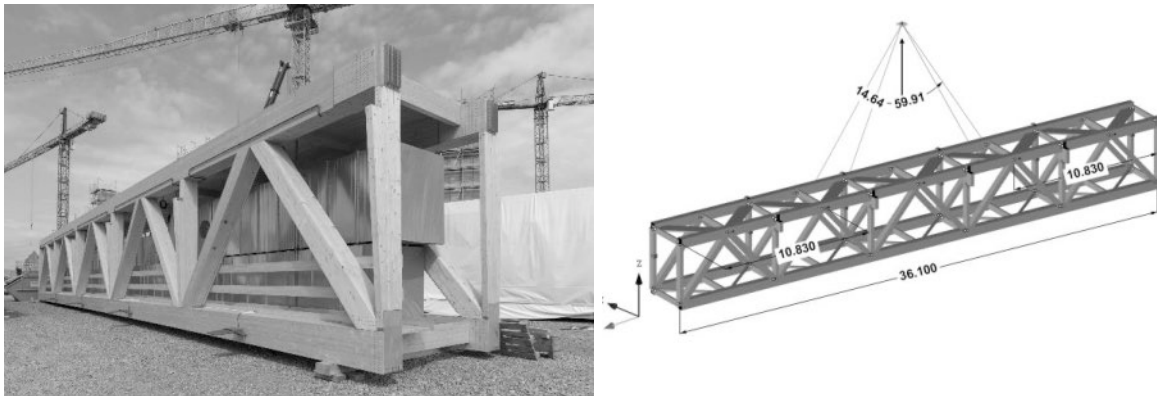


Abbildung 7: Links: Vormontage der Raumbachwerke (Bildquelle Holzbau Amann).  
Rechts: Auszug aus der Montagestatik

### Projektbeteiligte

Bauprojekt:	Neubau Wasserpark Rust, Rust (DE)
Bauherr:	Europapark-Park GmbH & Co Mack KG, Rust (DE)
Architekt:	pbr Planungsbüro Rohling AG, Osnabrück (DE)
Holzbau:	Holzbau Amann, Weilheim (DE)
Ausführungsstatik Holzbau:	sblumer ZT, Graz (AT)

# Rebirth in wood: From an old abandoned production site to a modern technology center

Albino Angeli  
XLAM Dolomiti  
Italy







# Rebirth in wood: From an old abandoned production site to a modern technology center

## 1.1. Introduction

The "Officine Meccaniche Italiane S.A.", better known as "Officine Meccaniche Reggiane", or more simply "Reggiane", was an Italian company founded at the beginning of the 20th century to produce railways, artillery shells and combat aircrafts. In particular, in the shed number 18 were produced railway locomotives and, therefore, has a length of 174 m. The redevelopment project of this site, now abandoned for decades, concerns urban regeneration for the transformation of the historic Officine Meccaniche Reggiane into an innovation center, at the service of businesses and research.

## 1.2. Information about the project "Ex Officine Reggiane - Shed 18"

The project is spread over a total area of 18824 square meters and the timber structure occupies a surface of 7170 square meters. Below are listed some information regarding the project:

Developer: Società di Trasformazione Urbana Reggiane

General contractor: Impresa Allodi di Parma

Architectural designer: Arc. Andrea Oliva

Structural design: Eng. Pierluigi Cigarini

Design, production and installation of the timber structure: XLAM Dolomiti

Number of stories: 3

Cubic metres of CLT used: 850 m<sup>3</sup>

Cubic metres of Glulam used: 722 m<sup>3</sup>



Figure 1: situazione iniziale

## 1.3. Static, constructive and details design

The initial project based on the tender was designed with a precast timber frame structure. Following the assignment, in order to achieve a greater flexibility of the interior spaces (as well as for reasons of cost and timing) it was decided to change the project's structure with vertical CLT walls and floors with glulam joists.

Therefore, the project has been completely re-designed starting from the vertical loads, the seismic acceleration of the site and a R60 request of fire resistance. Particular attention was paid to the interaction with the installations which required a massive use of steel beams to reduce the thickness of the floor structural elements and have the space required.

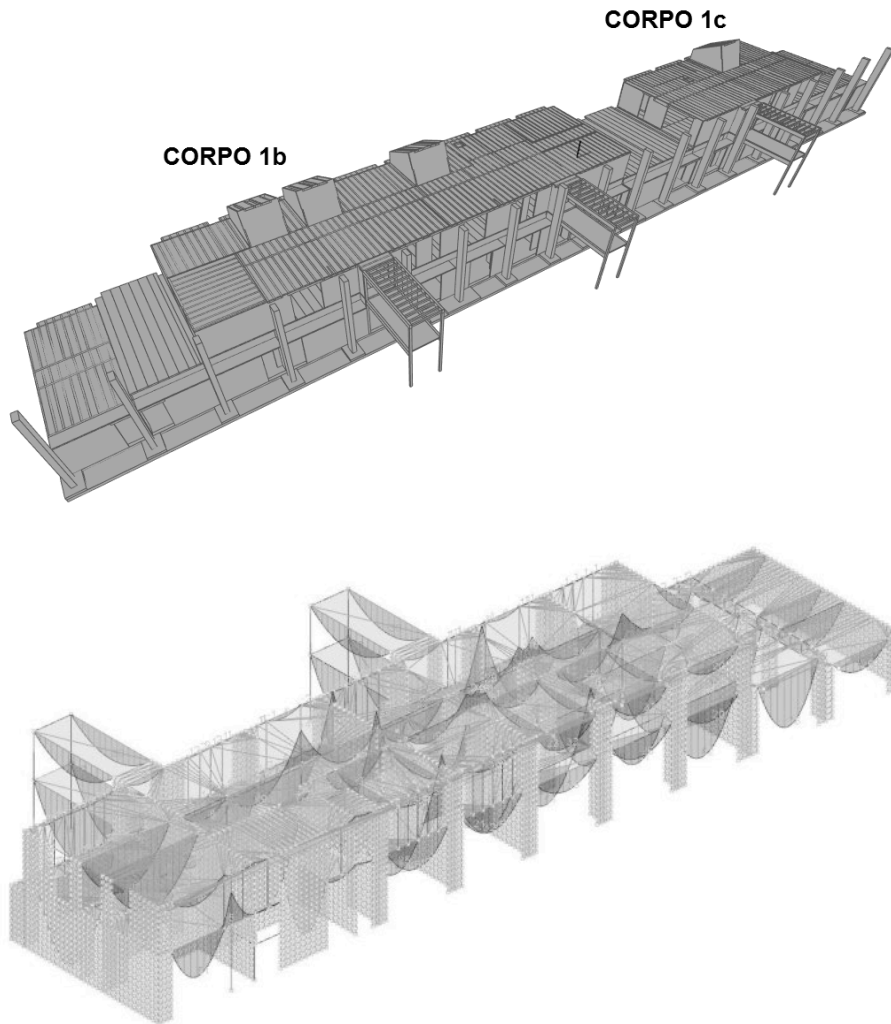


Figure 2: images of the FEM model of the building

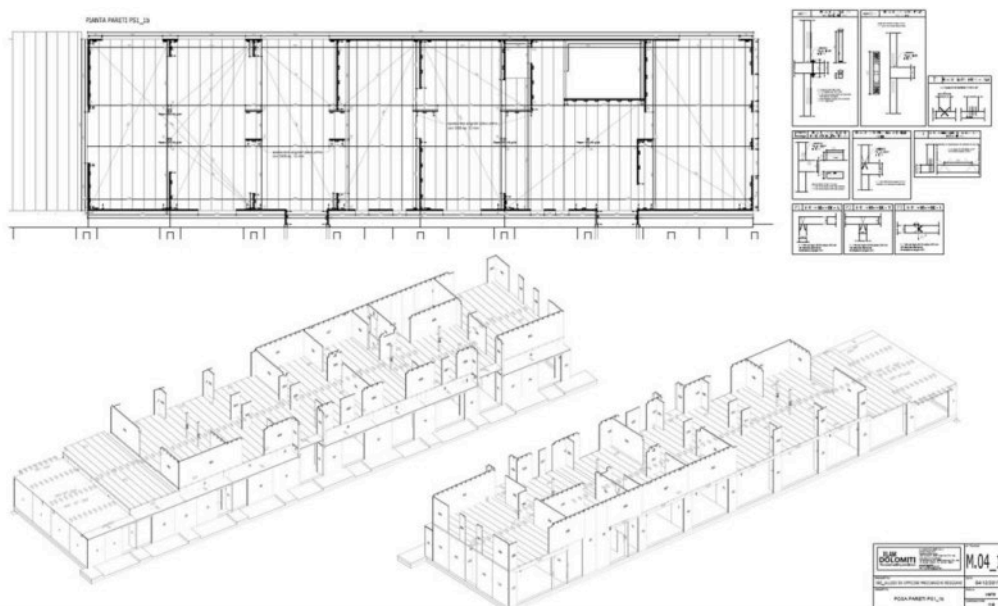


Figure 3: Executive drawings for the installation of the wall panels of the second floor (1b building).

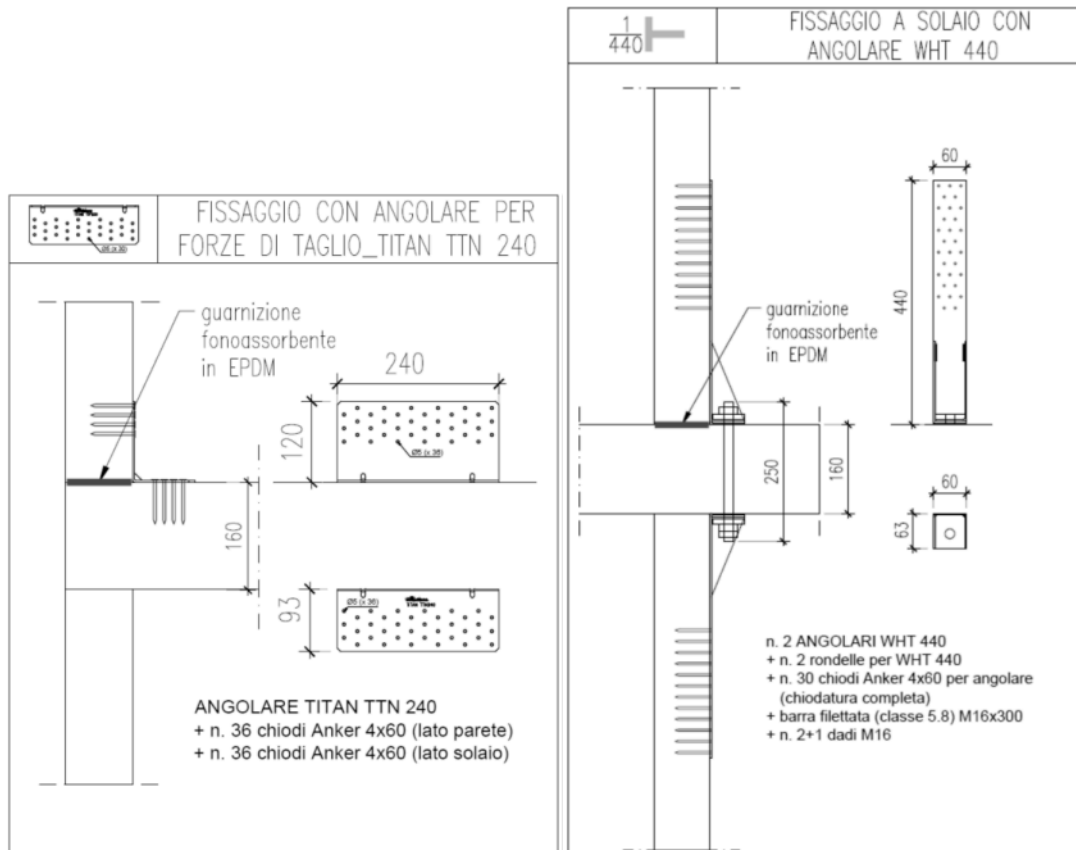


Figure 4: connections details

#### 1.4. Production and installation of the timber structure

The installation of the timber structures started on 10/11/2017 and ended on 30/03/2018. As you can tell from the images, the management of the logistics on site was the most complicated factor of the entire construction. In fact, we found ourselves working inside an historic building with a pre-existing structure. Moreover, many works were carried out at the same time and had to be carefully planned.



Figure 5: On site installation of the wall panels of the ground floor



Figure 6: some pictures of the building on site during the installation of the timber structures

### 1.5. External cladding

The external cladding was made using the ISOTEC system which is a high performance polyurethane thermal insulation, designed to build high energy efficiency buildings, guaranteeing excellent insulation and ventilation of the entire casing. As outer finish, it was used a WPC slatted cover or a polycarbonate coating.



Figure 7: phases of installation of the facade build up



Figure 8: installation on site of the facade

## 1.6. Internal finishing

On the inside, the timber was always covered with a layer of plasterboard, without leaving it visible. The interior spaces were divided using glass windows, which also characterizes the facades towards the outside.



Figure 9: internal view of the spaces with plasterboard walls and the counter ceiling ready to be put in place



Figure 10: view of the internal finish

## 1.7. Finished building

The building was completed at the end of 2018 and inaugurated in the spring of 2019. To date, almost all the spaces have been sold / rented to companies and innovative start-ups in the city of Reggio Emilia. The Shed 18 of the Ex Officine Reggiane is reborn to its new life.



Figure 11: internal view of the offices already completed



Figure 11: night view of the outside of the building (Image taken from "redazionale rivista il Modulo n. 420")

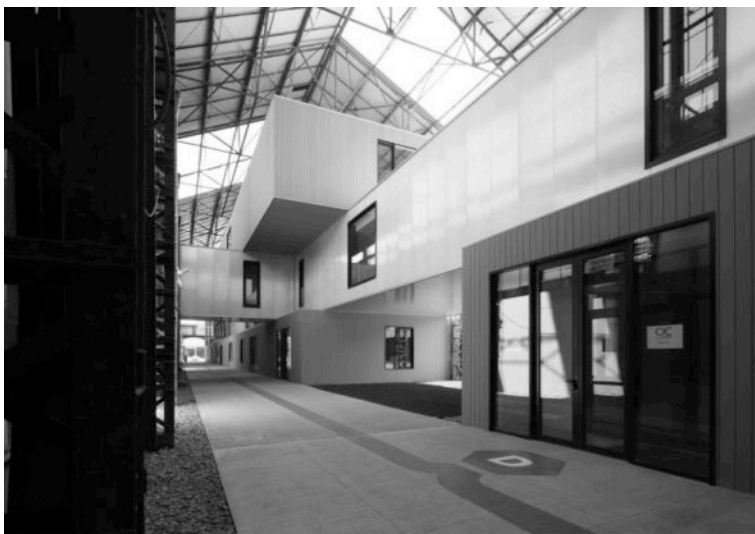


Figure 12: general view of the finished building (Image taken from "redazionale rivista il Modulo n. 420")

# Von der Kartonfabrik zum Bernapark

Nik Stuber  
Stuberholz  
Schüpfen, Schweiz







# Von der Kartonfabrik zum Bernapark



Projekt: Bernapark, CH-3066 Stettlen, [www.Bernapark.ch](http://www.Bernapark.ch)

## 1. Ausgangslage

Jeder verdient eine zweite Chance. Das gilt auch für die ehemalige Kartonfabrik auf dem Areal Deisswil bei Bern. Das 1876 gegründete Unternehmen schrieb lange Jahre stattliche Gewinne, bevor schlechtere Marktbedingungen 2010 zur Stilllegung des Betriebs führten.

Seit der Umfirmierung in die Berna Industrie- und Dienstleistungspark AG (kurz Bernapark) geht es nun wieder steil bergauf: Im August 2018 begann der Aus- und Umbau des Quartiers, in dem bis 2021 rund 25.000 m<sup>2</sup> Gewerbefläche sowie insgesamt 170 Mietwohnungen entstehen sollen.

Geplant sind 40 Wohnungen/Lofts im Industrie-Chic, 46 kleine Studios sowie 87 Etagen- und Maisonette-Wohnungen (Dachaufstockungen). Die kleinsten davon umfassen 1,5 Zimmer, die größten bis zu 5,5. Damit ist der Bernapark auf dem besten Weg zu einem modernen Vorzeigequartier, das Arbeiten und Wohnen, Bildung und Freizeit, Kultur und Innovation gleichberechtigt nebeneinander agieren lässt.

## 2. Das Projekt

### 2.1. Organisation

Projekt: Bernapark, CH-3066 Stettlen, [www.Bernapark.ch](http://www.Bernapark.ch)

Bauherr: Privater Investor, Bernapark AG

Architektur: GHZ Architekten AG, Belp

Tragwerksplanung: Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG, CH-3012 Bern

Brandschutzplanung: Amstein + Walthert, C-3001 Bern

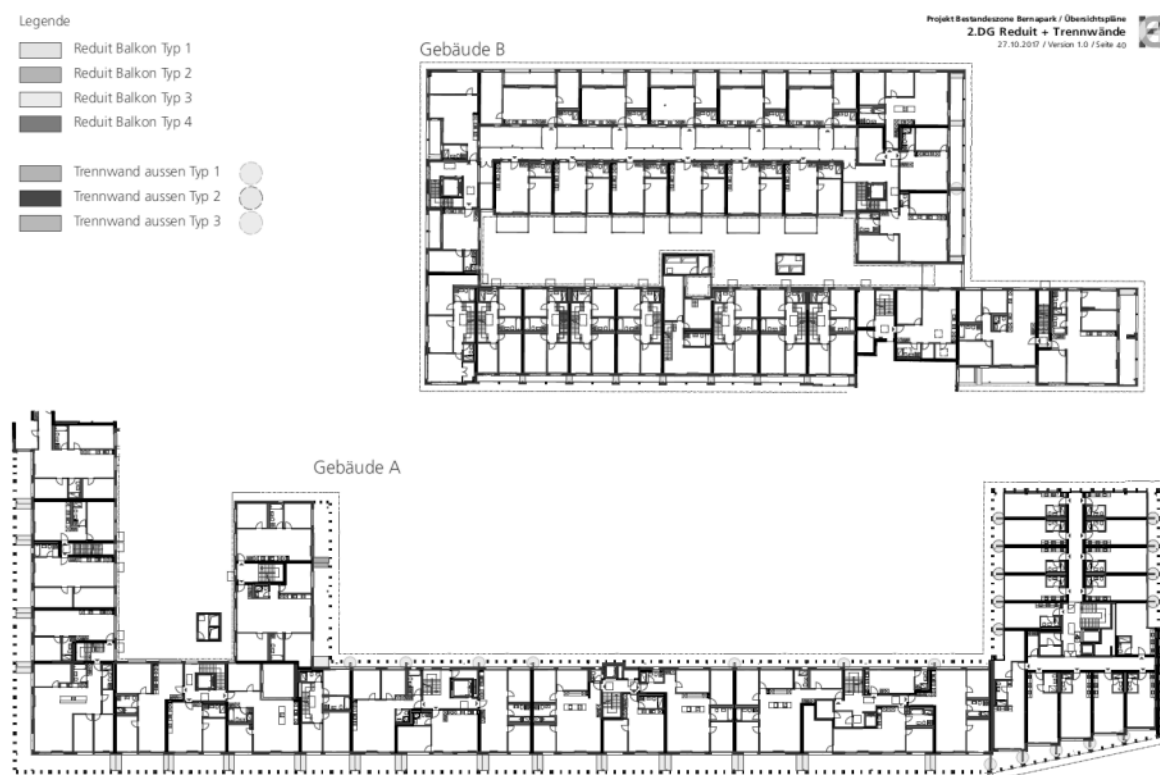
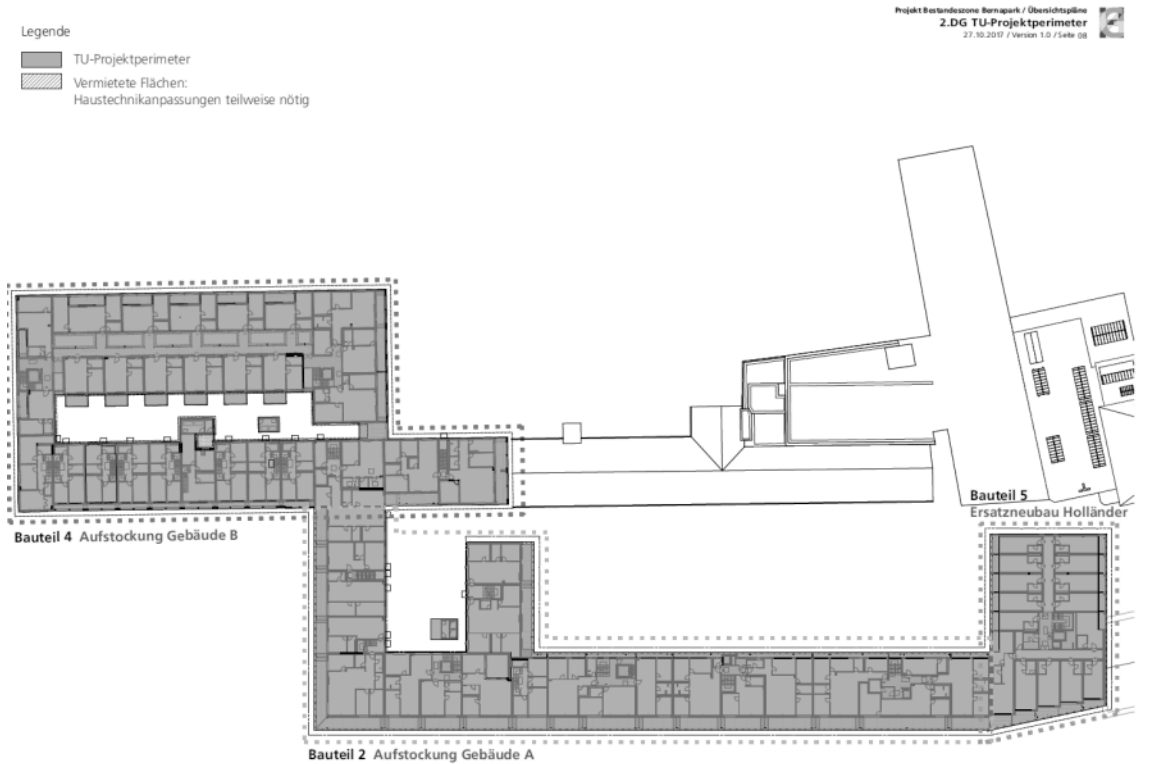
Totalunternehmer: Implenia Schweiz AG, CH-5001 Aarau

Baumeisterarbeiten: Ramseier Bauunternehmung AG, CH-3020 Bern

Holzbau: Stuberholz, CH-3054 Schüpfen

## 2.2. Aufstockung mit 190 m Länge in Holzbauweise

Eine große Rolle spielt die zweigeschossige Aufstockung der Gebäude A und B. Um die darunter liegenden Geschosse möglichst wenig zu belasten, entsteht die Konstruktion in Holzrahmenbauweise – und orientiert sich im Hinblick auf Brandschutzthemen und Erdbebensicherheit an den Vorgaben des Unterbaus.



Übersicht und Oberflächen

Der Unterbau – ein Massivbau aus Stahlbeton, Mauerwerk und Stahl – erstreckt sich über 190 m, aufgliedert in zwei sich überschneidende Gebäudeteile mit 140 m bzw. 70 m.

Bei gut 7 m Geschosshöhe pro Stockwerk liegt die oberste Geschossdecke der dreigeschossigen Bestandsbauten rund 22 m über dem Erdboden. Die Aufstockung muss daher entsprechende Windlasten berücksichtigen und zudem REI 60 entsprechen. Zwei in Holzbauweise eingezogene, neue Treppenhäuser müssen gekapselt ausgeführt werden. Und weil unter dem Dach auch die Lüftungstechnik untergebracht ist und die Leitungen mehrere Brandabschnitte queren, sind hier 30 Minuten Feuerwiderstand erforderlich. Aufgrund des unterschiedlichen Schwingungsverhaltens von Massiv- und Holzbauten respektive des steifen Unterbaus wurden im Hinblick auf die Erdbebensicherheit zudem höhere Belastungen für den Holzbau angesetzt. Die neuen Geschosse werden daher in Schottenbauweise errichtet, wobei der Großteil der Wände tragend ausgeführt wird, während die Decken und das Dach in Form von Hohlkastenelementen quer dazu gespannt werden. Zur Gebäudeaussteifung werden die Wände beidseitig beplankt und als Scheiben ausgebildet.

Das unregelmässige Layout des Bestands resultiert darüber hinaus in einem ebenso komplizierten Grundriss der in den oberen Geschossen angesiedelten 133 Wohnungen. Der Wiederholungseffekt der aufgestockten Elemente ist somit sehr begrenzt.

#### Legende

- Primärentwässerung Sauberes Wasser
- Primärentwässerung Schmutzwasser
- Notüberlauf mit Ausspeier oder überlaufsicherer Dachrand
- Filterschicht/Retention -> extensive Begrünung oder Kies min. 11cm

Projekt Bestandszone Bernapark / Übersichtspläne  
Entwässerung Gebäude B  
27.10.2017 / Version 1.0 / Seite 42



Schnitt

### 2.3. Die Rolle der Stuberholz

Als Subunternehmer des Generalunternehmers Implenia war Stuberholz mit der realisation der zweigeschossigen Aufstockung beauftragt.

### 2.4. Zweischalige Wände für den Schallschutz

Ein Teil der in Holzrahmenbauweise realisierten Außenfassaden wird verputzt. Andere Partien erhalten eine Schalung aus 20 mm Holzschalung auf 40 mm Hinterlüftungslattung. Im vierten Geschoss befindet sich hinter dieser Hülle eine 240 mm dicke Holzrahmenkonstruktion, die sich aus im Abstand von 62,5 cm aneinander gereihten Riegeln, einer Dämmschicht dazwischen, und 40 mm Weichfaserplatten als äußere Bekleidung

zusammensetzt. Auf der Innenseite werden die Rahmen zur Aussteifung und als Dampfdiffusionssperre mit 18 mm OSB-Platten beplankt und zusätzlich mit 12,5 mm Gipsfaserplatten bekleidet. Für die Dämmung wurde zudem ein Produkt gewählt, das einen Schmelzpunkt über 1000 Grad hat, um den Brandschutzanforderungen zu genügen.



Ebenfalls aus brandschutztechnischen Gründen ersetzen 15 mm Gipsfaserplatten die Weichfaserplatten im fünften Obergeschoss. Und um angesichts der damit einhergehenden vergleichsweise geringeren Dämmwirkung die für alle Wandkonstruktionen angesetzten U-Werte von 0,15 Watt /m<sup>2</sup>K einzuhalten, kommen hier 300 mm dicke Holzständer zum Einsatz.

Die Putzfassaden beider Geschosse sind identisch aufgebaut. Als Putzträger für die 8 mm Putzschicht dienen 60 mm Steinwollämmplatten. Dahinter befindet sich die eigentliche Holzrahmenkonstruktion in Form von 200 mm Riegeln und ausgedämmten Gefachen. Außenseitig ist die Konstruktion mit Gipsfaserplatten bekleidet, rauminnenseitig mit 18 mm OSB-Platten und 12,5 mm Gipsfaserplatten.

Um die einzelnen Einheiten schalltechnisch zu entkoppeln, werden die Wohnungstrennwände zweischalig ausgeführt. Die tragende Basis bildet 200 mm Rahmenwerk, das zur Erzielung einer Brandwiderstandsdauer von 60 Minuten beidseitig mit 18 mm Gipsfaserplatten beplankt wird. Zur akustischen Optimierung dienen beidseitig freistehend davorgesetzte 85 mm dicke Vorsatzschalen aus Metallständerwerk mit einer Beplankung aus 12,5 mm Gipskartonplatten.

Die nichttragenden Innenwände basieren auf 100 mm Holzständerwerk mit 15 mm Gipskartonplatten als Beplankung, bei den tragenden Innenwänden kommt 140 mm Holzständerwerk zum Einsatz.

## 2.5. Hohlkastenelemente als Decken und Dach

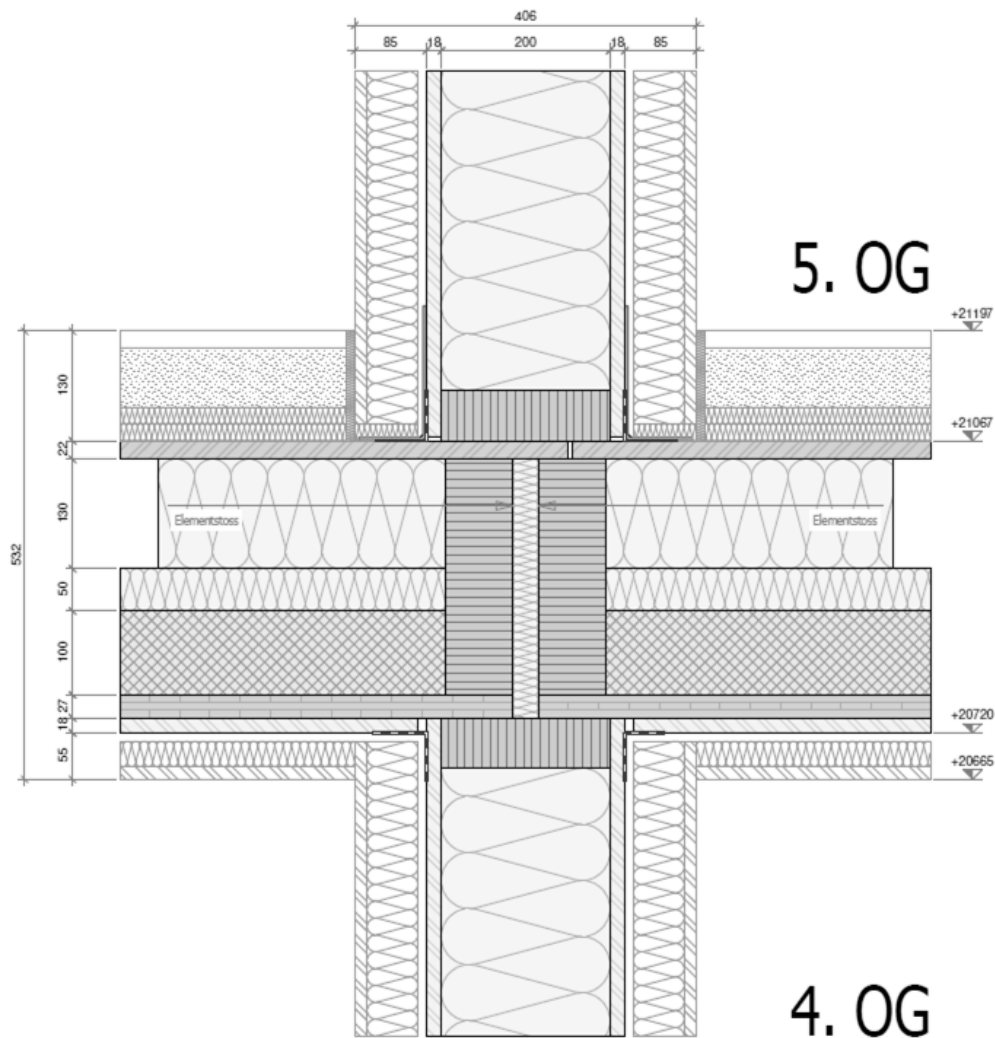
Die Decken werden als Hohlkastensystem mit 280 mm hohen Rippen aus Brettschichtholz ausgeführt. Je nach Spannweite variiert die Breite der Rippen zwischen 60 und 180 mm. Auf der Oberseite erhalten die Rippen eine Beplankung aus 22 mm OSB-Platten und werden im Anschluss mit einem 130 mm dicken Bodenaufbau vervollständigt. Unten erhält die Konstruktion eine Bekleidung aus mit 27 mm Dreischichtplatten.

Vom Prinzip her funktioniert dieses Konzept ähnlich wie ein klassischer Stahlträger, der oben und unten viel Material aufweist, während in der Mitte an Material gespart wird. Die Hohlräume der Kästen sind mit 100 mm Kalksplitt befüllt, um das Schwingungsverhalten sowie den Schallschutz zu optimieren. Zur weiteren Verbesserung der Akustik dient eine 50 mm dicke Dämmschicht. Ein klassischer Bodenaufbau ergänzt das Deckensystem oben. Unterseitig wird dieses aus Brandschutzgründen nochmals mit 18 mm Gipsfaserplatten beplankt. Die Untersicht bilden schließlich an C-Profilen abgehängte Gipskartondecken, in denen Deckenleuchten installiert sind.

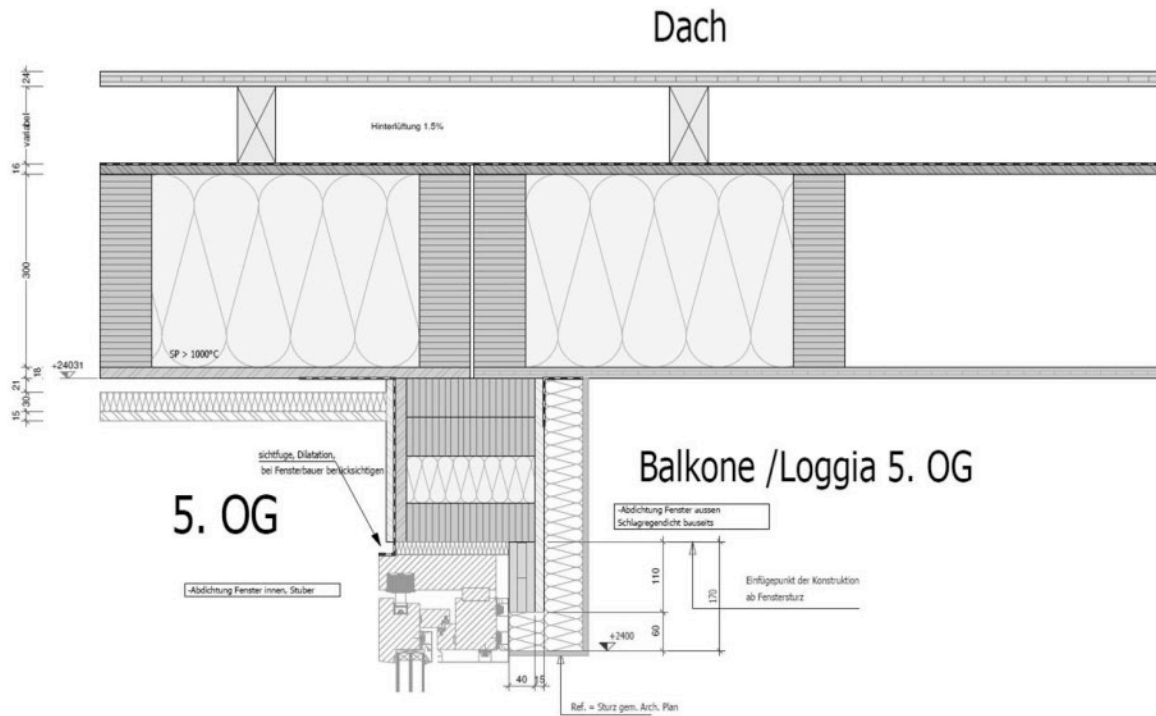
Das Dach wird ebenfalls in Form einer ausgedämmten Rippendecke ausgeführt, wobei die untere Platte als statisch wirksame Fläche angesetzt ist. Oben schließt die 300 mm dicke Rippenkonstruktion mit 16 mm Weichfaserplatten ab, gefolgt von einem Dachaufbau aus

Dichtfolie, variabler Hinterlüftungslattung, 27 mm Dreischichtplatten, Flachdachabdichtung und Begrünung. Zum Rauminneren schließt die Decke mit an Schwingbügeln abgehängten Gipskartonplatten sowie 18 mm OSB-Platten als Beplankung ab.

Ende nächsten Jahren sollen auch die Bauarbeiten die neuen Dachgeschoße abgeschlossen werden. Dann können die neuen Bewohner einziehen – und den Erfolg der zweiten Chance des Bernaparks besiegeln.



Decke: Vertikalschnitt durch Wohnungstrennwand



HST zu Dach

### 3. Herausforderungen

#### 3.1. Anforderungen der Logistik

Große Materialmengen und Produktionskapazitäten Just-in-time machen das Projekt zu einer Herausforderung. Die engen Platzverhältnisse auf der Baustelle und die Auslastung der Kräne müssen geklärt werden, damit das Projekt zügig voran geht. Dazu braucht es ausreichend Planungskapazität und eine getaktete Vorgehensweise abgestimmt auf den Baufortschritt des Baumeisters. Beispielsweise mittels eines spezialisierten Transportunternehmens welches große Anzahl Pritschen auf Lager hat und diese auch zwischenlagern kann.

#### 3.2. Grösse als Herausforderung

Die grössten Herausforderungen? Die Größe des Projekts und die das knappe Zeitbudget. Ein Projekt dieser Dimension hat die Stuberholz bisher nicht ausgeführt. Um zügig und hochwertig zu arbeiten, wurden von der Stuberholz, Teile des Projekts – die Fertigung der Decken- und Dachelemente – daher an die Firma Renggli weitergegeben.

### 4. Fazit

#### 4.1. Kann ich das auch?

Ein Projekt dieser Größenordnung verlangt eine genaue Einschätzung der eigenen Möglichkeiten. Fehlende Produktionskapazitäten können dank Einkauf am Markt kompensiert werden. Die Verantwortung für das Aufrichten des Gebäudes kann aber nicht delegiert werden und bleibt in den Händen der federführenden Unternehmung. Dies entscheidet auch über Erfolg oder Misserfolg.

Text und Bild: mikado 12/19, Christine Ryll

# La Canopée, nouveau siège de Nature et Découvertes

Bastien Lechevalier  
Construire / Du Coeur à l'ouvrage  
Paris, France



Jean Claude Baudin  
Charpente Cenomane  
Requiel, France









# La Canopée, nouveau siège de Nature et Découvertes

## 1. Le renouveau du quartier Versailles chantier

Dans le prolongement de l'Avenue de Sceaux qui part de la place d'Armes du château de Versailles, l'aménagement du jardin des Etangs Gobert est une réussite urbaine et paysagère qui ouvre la perspective sur le coteau boisé situé au sud des voies SNCF. Entre ce jardin et le coteau, le site de Versailles-chantier, qui va devenir un important pôle multimodal, accueillera les nouvelles installations de la gare ferroviaire et une gare routière. Il sera bordé à l'est et à l'ouest par de nouvelles constructions à usage de bureaux et d'habitation. L'ancienne Halle SNCF dont les charpentes métalliques sont conservées va quant à elle accueillir le nouveau siège social de Nature et Découvertes. La nouvelle construction va former à la fois un écran visuel vis-à-vis de la gare routière, et un écran précieux déployant ses joyeux lanterneaux face à la galerie haute du nouveau jardin de l'étang carré Gobert. Elle clôt la perspective frontale en la diffractant en autant de faisceaux ouvrant sur le coteau forestier au sud.



Image 1 : Façade Nord de la construction vu depuis le jardin de l'Étang Carré  
Crédits : Bastien Lechevalier / Construire

## 2. Une architecture joyeuse

Orientés au nord, ces « cornettes » amènent la lumière au cœur du bâtiment. Côté sud, des panneaux photovoltaïques posés sur l'ancienne charpente métallique font à la fois office de brise-soleil et d'auvent. Les façades verticales sont dessinées comme des constructions à pans de bois alliant ossatures bois et vitrages à fort coefficient d'isolation thermique. Elles sont découpées autour des poteaux de la charpente existante pour dégager de petits jardins d'agrément sur lesquels ouvrent les bureaux. Ces espaces se présentent comme des alcôves regroupant entre quatre et six postes de travail entourés de jardins.



Image 2 : Bardage bois en bardeaux et panneaux 3 plis mélèze  
Crédits : Bastien Lechevalier / Construire

Les dessertes verticales se font en partie centrale du bâtiment, chaque « grenier » du deuxième étage étant desservi par son propre escalier. Des bureaux et des espaces de réunion y sont implantés. Au droit de chaque traversée de l'ancienne charpente métallique, des petites terrasses privées sont appropriables (plantations, nichoirs à oiseaux, etc.) par les employés de l'entreprise. A l'est du bâtiment, la zone dédiée à la boutique s'offre en vitrine sur l'esplanade publique. Elle sert d'entrée du personnel. L'accès des visiteurs se fait au nord, au centre de la halle.



Image 3 : La lumière du Nord capté en toiture éclaire les circulations intérieures  
Crédits : Bastien Lechevalier / Construire

### 3. Un bâtiment qui fait face au déficit environnemental du XXI<sup>e</sup> siècle

Outre les panneaux photovoltaïques au sud, le bâtiment comporte des attentions particulières au développement durable : un puits canadien de plus de cent mètres de long entoure les locaux du sous-sol, assurant un préchauffage ou un rafraîchissement de l'air, suivant la saison, avant son arrivée à la centrale de traitement d'air ; une grande réserve enterrée permet de récupérer l'ensemble des eaux de pluies afin d'assurer l'arrosage des patios plantés ; l'ensemble du bâtiment hors sous-sol est réalisé en bois (massif, lamellé ou CLT) permettant un important stockage de carbone, l'objectif étant de rendre la construction neutre. La structure est composée de planchers et toitures en panneau CLT de chez KLH. Ceux-ci reposent sur des séries de poteaux bois massif et repris au droit des nombreuses trémies par des poutre BLC. L'ensemble des ferrures sont en âme avec broche. Les matériaux utilisés en façade sont le bois (mélèze) et le verre.

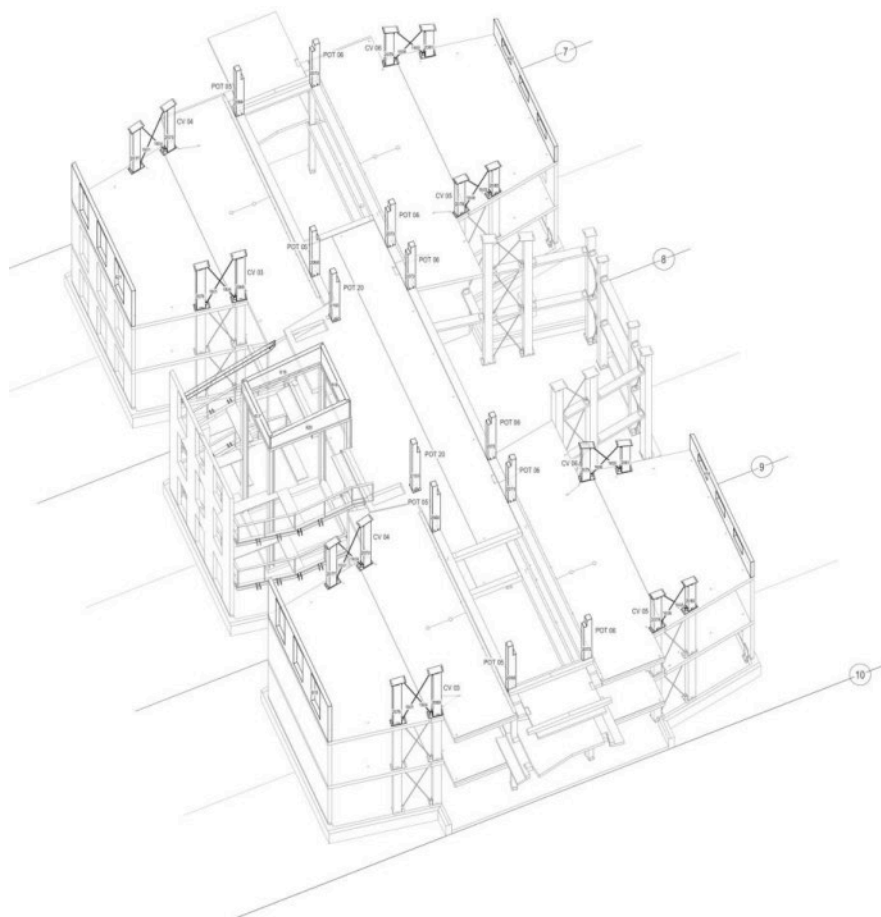


Image 4 : Axométrie de la charpente bois  
Crédits : Arpente\_Pierre André Bonnet / Charpente Cenomane

Les couvertures sont réalisées pour assurer leur pérennité en aluminium laqué blanc, y compris les cornettes-lanterneaux, dont les faces intérieures seront colorées.



Image 4 : Au Nord, les cornettes  
Crédits : Bastien Lechevalier / Construire

Le nouveau siège social de Nature et Découvertes, dont l'architecture transfigurera le caractère industriel de l'ancienne halle en lui insufflant les signes d'une modernité joyeuse, paysagère et écologique, s'intégrera parfaitement dans la composition urbaine de ce nouveau quartier de Versailles dont il deviendra une composante remarquable. Dans le prolongement de ce projet, une convention d'occupation temporaire a été signée entre l'entreprise et le château de Versailles pour installer dans l'ancien étang long Gobert un jardin maraîcher qui permettra aux employés de Nature et Découvertes et aux habitants de s'initier à la permaculture

– Les acteurs du projet :

Maitrise d'ouvrage : Famille Lemarchand

Equipe de maitrise d'œuvre

- Architecte mandataire : **Construire** (Patrick Bouchain / Loïc Julienne)  
Avec **Du cœur à l'ouvrage** (Bastien Lechevalier)
- Permanence architecturale : Marilyse Buteau / Charlotte Amirante / Maud Simon Thomas / Jules Nény
- BET Structure : **Ligne BE** (Timothée Bind)
- BET Fluide : **T&E** (Eric Charrier)
- OPC : **CAP EXE** (Baptiste Molins)
- Economiste : **HOECO** (Pedro Villegas)
- Acousticien : **Atelier Rouch** (Nicolas ALBARIC)
- Artiste Botaniste : **Liliana Motta**
- Agencement : **Saguez**

Les entreprises

- Gros œuvre béton : ITE (78)
- Charpente bois / façades / couverture : Charpente Cénomane (72)  
avec Glot Couverture (72) et Allouis Face In Tec (69)
- Charpente métallique / serrurerie : Blanchet (42)
- Menuiseries intérieures : Giffard (94)
- Doublage / cloison : Sertac (91)
- Revêtement de sol : Groupe Vinet (86)
- Parquet recyclé : Architecture Matériaux authentiques (59)
- Peinture : Raymabat (75)
- Plomberie / CVC : Ramery Energies (49)
- Electricité : Rovalec (77)
- Photovoltaïque : Solstyce (75)
- Ascenseur : Drieux Combaluzier (93)
- Espace Vert : Segex (77)

# **Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas**

Heinz Thurik  
ZÜBLIN Timber GmbH  
Aichach, Deutschland







# Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas

## 1. Status Quo – Eine Brache im Zentrum Europas

Im Herzen der belgisch-europäischen Hauptstadt Brüssel gelegen, fristete bis 2018 der ehemals größte Güterbahnhof Europas als ungenutzte Industriebrache ein kaum beachtetes Dasein. Auf dem Gelände des einstigen Industriestandorts Tour & Taxis gelegen, besteht das ehemalige Bahnensemble Gare Maritime aus sieben miteinander verbundenen historischen Bahnhofshallen.

Ein wahres Schmuckstück hielt hier bis vor Kurzem den Dornröschenschlaf: In der Epoche des Jugendstil erbaut und Anfang des 20. Jahrhunderts eröffnet, prägen Ziegelmauerwerk und Stahlguss-Fachwerkträger und -Säulen die mächtigen Hallen.

Selbstredend in Zeiten der Urbanisierung, dass eine belgische Immobiliengesellschaft (Extensa Group) Chancen in der Entwicklung dieses 45.000 m<sup>2</sup> umfassenden Ensembles erkannte.



Abbildung 1: Ehemaliger Güterbahnhof Gare Maritime (Quelle: Extensa Group)

## 2. Vision – Flanieren und Arbeiten in Wohlfühlatmosphäre

Ein intensiver Findungsprozess in Sachen Nutzung, gepaart mit Stadtentwicklungsfragen, Architektur und natürlich auch ökonomischen Aspekten resultierte im aktuellen Konzept des Büros NEUTELINGS RIEDIJK ARCHITECTS / Rotterdam.

Keine reine Gewerbeimmobilie oder Shoppingmall sollte es werden, sondern ein lebendiger Komplex aus Büro-, Einkaufs-, Gastronomie- und Veranstaltungsnutzung. Ein Ort zum Verweilen und Flanieren, Boulevards mit Grünanlagen und einem eigenen, den Jahreszeiten angepassten Mikroklima – immerhin bedecken die Hallen eine Fläche von 270 m Länge und 140 m Breite.

Konsequent wurde dieser Ansatz der Wohlfühlatmosphäre auch in bautechnischer Hinsicht verfolgt und umgesetzt. Dass der Baustoff Holz ins Spiel kam, liegt, aufgrund seiner bekannten optischen und haptischen Eigenschaften, auf der Hand. Dass er jedoch auch konsequent umgesetzt werden konnte, ist – hauptsächlich – der Leidenschaft und der Hartnäckigkeit des Oberen Managements der Extensa Group zu verdanken. Neben dem Imagegewinn für den Bauherrn, der sich aus dem Einsatz des nachhaltigen und CO<sub>2</sub>-speichernden Baustoffs Holz ergibt, trugen die trockene Bauweise und vor allem die kurze Bauzeit zur Rentabilität bei, indem die ersten Flächen bereits 6 Monate nach Beginn der Holzbaumontage vermietet werden konnten. Selbst unbehandelte sichtbare Holzoberflächen wurden in weiten Bereichen realisiert, um die Haptik des Werkstoffs ungefiltert erlebbar zu machen.



Abbildung 2: Visualisierung Gare Maritime, Flaniermeile (Quelle: Extensa Group)

Während viele Projektentwickler den Einsatz von Holz nach wie vor auf dem ökonomischen Prüfstand haben, ihn diskutieren und mutlos zerreden, wurden beim Gare Maritime konsequent Fakten geschaffen – den Holzbau und das Klima freut's.

### 3. Aufgabenstellung – Erst Planen, dann Bauen

Als im September 2017 das Projekt an eine Handvoll ausgewählter Holzbauunternehmen angetragen wurde, war die Konstruktion in weiten Teilen schon entwickelt. Das Team rund um den Bauherrn Extensa Group mit NEUTELINGS RIEDIJK ARCHITECTS / Rotterdam als leitende Architekten und NEY & Partners / Brüssel als Tragwerksplaner hatte bereits ganze Arbeit geleistet.

Die Bauaufgabe präsentierte sich in Form von 10 viergeschossigen Blöcken, leider nur mehr oder weniger gleich, die in zwei Strängen in den äußeren Haupthallen aufgereiht sind. Grundprinzip der an der höchsten Stelle ca. 24 m hohen Blöcke mit einer Grundfläche von ca. 45 m im Quadrat ist eine Skelettkonstruktion aus Brettschichtholzstützen und – Unterzügen in drei Ebenen. Zwischen die Unterzüge gehängte bzw. aufgesetzte BSH-Rippen tragen im Verbund mit der darüberliegenden Brettsperrholzplatte die Deckenlasten ab. Pro Block beherbergt ein zentraler, bis unters Hallendach reichender Kern aus Brettsperrholz (Grundfläche ca. 8m x 10m) ein komplett hölzernes Treppenhaus und Technikräume. Zwei kleinere Kopfbauten ergänzen das Ensemble.

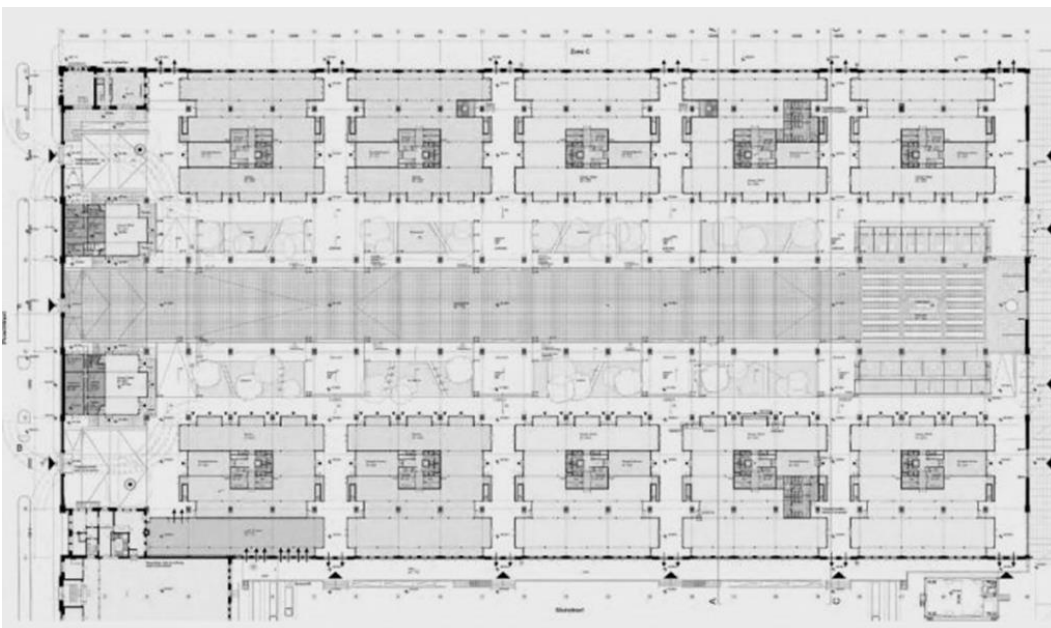


Abbildung 3: 10 Blöcke und 2 Kopfbauten im Grundriss (Quelle: Extensa)

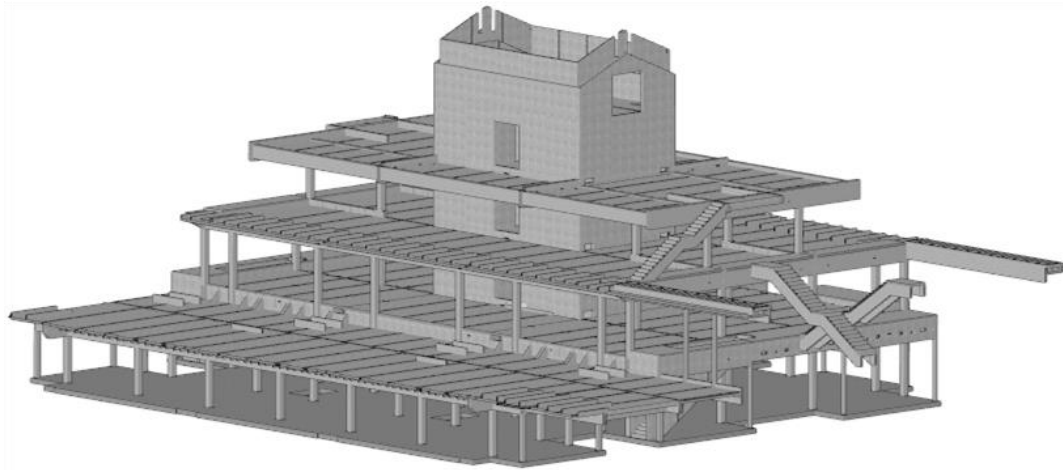


Abbildung 4: BIM-Modell eines Blocks mit zentralem BSP-Kern (Quelle: ZÜBLIN Timber)

Spannender großvolumiger Holzbau war der Tenor, ein interessantes Projekt. Ein erster Wehmutstropfen jedoch waren die der Anfrage beiliegenden Ausschreibungsunterlagen in holländischer Sprache; hunderte von Seiten Pläne und Dokumentationen. Selbst nach intensiver Durchsicht dieser Informationen war ein gewisses Risiko nicht von der Hand zu weisen, Details im Gezeichneten oder Geschriebenen in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit falsch interpretiert, sprachlich falsch erfasst oder schlichtweg übersehen zu haben.

Im Zuge der Akquise zeigte sich ein Wettbewerbsumfeld der nicht alltäglichen Art: Einer der Mitbewerber um die Holzbauleistungen, ein belgischer Brettschichtholzproduzent und Holzbauunternehmer, entpuppte sich als Mitglied der Firmengruppe des Bauherrn. Hätten wir das im Vorfeld gewusst....

Eine Reihe von persönlichen Treffen mit der Bauherrschaft und dem Planerteam zur Firmen- und Angebotspräsentation erzeugten jedoch Vertrauen auf beiden Seiten und führten 6 Monate nach dem ersten Kontakt zur Beauftragung von Ingenieursleistungen im Zuge einer, der Ausführungsphase vorgeschalteten, Optimierungsphase.

#### 4. TEAMS WORK – Gemeinsame Optimierungsphase

Die ursprünglichen für diese Phase vorgesehenen 12 Wochen entpuppten sich als nicht erreichbares Ziel. Unter der Leitung des Generalunternehmers CFE Bouw Vlaanderen, ebenfalls Mitglied in der Firmengruppe des Bauherrn, wurde der vorliegende Planungsstand aufgegriffen und in einem Zeitraum von 16 Wochen weiter detailliert und optimiert. Sämtliche an den Holzbau angrenzenden Gewerke saßen in dieser Phase virtuell oder persönlich gemeinsam am Tisch und erarbeiteten ihre 3D-Modelle, die vom BIM-Manager des Generalunternehmers zusammengeführt wurden.

Herausfordernd war vor allem die äußerst umfangreiche TGA, die eine enormen Anzahl von Durchdringungen in den Unterzügen und in den BSH-Rippen der Decken forderte. Bei einer Spannweite von größtenteils 7,20 m gepaart mit R60-Anforderung konnte der ursprünglich gewählte Rippenquerschnitt von 10/60 cm unter Anwendung von ein paar Kniffen verifiziert werden. So hebt z. B. der bauseits nachträglich aufgebraachte Brand- schutzanstrich die Bauteile von der Klasse R30 auf R60.

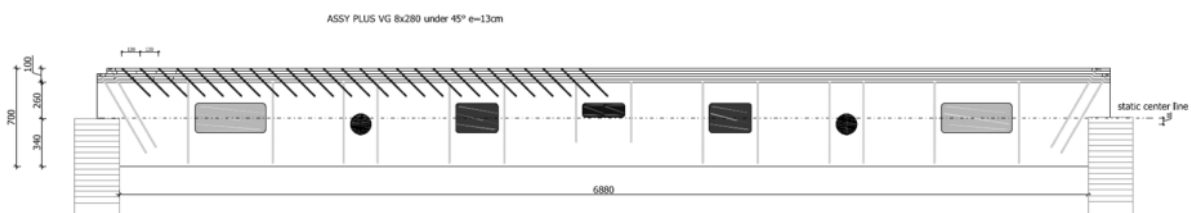


Abbildung 5: Deckenschnitt, Rippe mit TGA-Öffnungen (Quelle: ZÜBLIN Timber)

An manchen Knotenpunkten Stütze-Unterzug musste auf eingeklebte Stahlteile zurückgegriffen werden um der hohen Anschlusskräfte Herr zu werden.

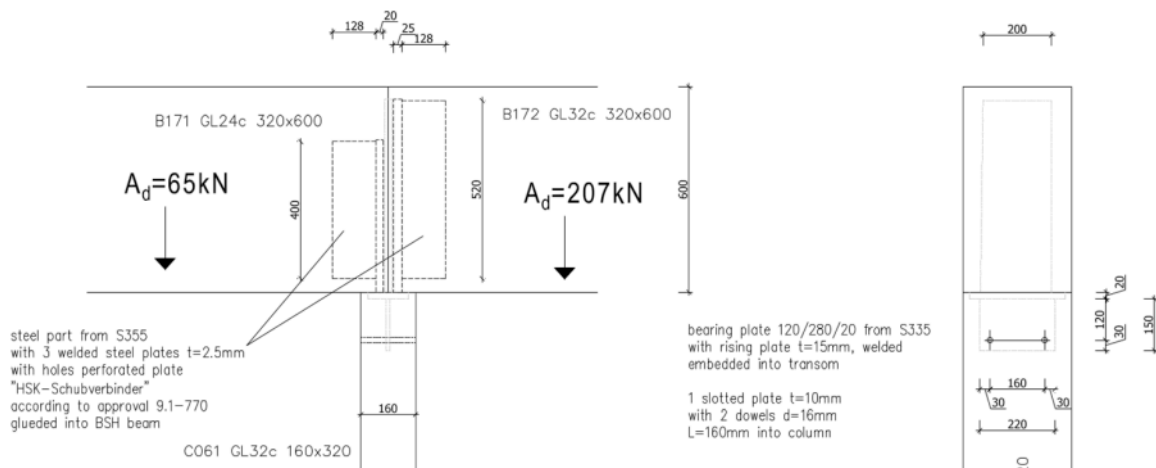


Abbildung 6: Knoten Stütze-Unterzug mit eingeklebtem Stahlteil (Quelle: ZÜBLIN Timber)

Überhaupt stellte die Bemessung der BSH-BSP-Rippendecken einen Hauptpunkt im Zuge der Optimierungsphase dar. Die ursprünglich in großen Bereichen im geklebten Verbund vorgesehenen Rippenplatten wurden in eine verschraubte Variante umgerechnet. Somit konnte die Anzahl der Transporte für die Decken um ca. 50% reduziert werden – ein großes Plus bei Kosten und Klimaschutz. Bei 60 cm Rippenhöhe leuchtet ein, dass die mögliche transportierbare Deckenfläche pro LKW recht gering ist, wenn man sich fertig vorproduzierte Rippenelemente aufeinander gestapelt auf dem LKW vorstellt.

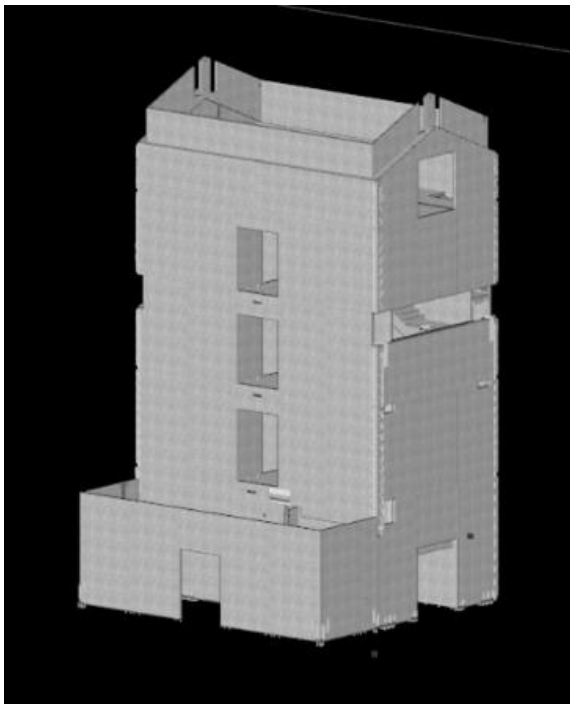


Abbildung 7: BSP-Kern eines Blocks  
(Quelle: ZÜBLIN Timber)

Die bestehenden Bahnhofshallen durften nicht zur Aussteifung der Holzkonstruktion herangezogen werden und – noch relevanter – das BSH-Skelett sollte aus ästhetischen Gründen an keiner Stelle mit Kreuzen oder Scheiben gefüllt werden. Das machte die Aussteifung der gesamten Konstruktion zu einer weiteren Herausforderung für die ZÜBLIN Timber-Tragwerkplaner.

Den schlanken BSP-Kernen in den Blockmitten, selbst durchzogen von Türöffnungen und Durchdringungen für die Haustechnik musste die Aussteifung zugewiesen werden. Dieser Punkt war in der Vorplanung nicht betrachtet worden und führte nun zu massiven Stahlteilen und Zugverankerungen, mit denen im Vorfeld – auch kalkulatorisch – niemand gerechnet hatte.

Dass ein BIM-geplantes Projekt einerseits in der Bauphase vor ungeliebten Überraschungen schützt, andererseits jedoch die Planungsphase intensiviert durften alle Beteiligten im Rahmen der Kollisionskontrollen erleben. Wenn das Zusammenführen der 3D-Modelle der Fachplaner in einem einzigen Block an die 1000 Bauteilkollisionen hervorruft, von denen einige hundert relevanter Natur sind, werden die Besprechungstage lang. Aber besser am Computer gelöst, als auf der Baustelle – Kompromissbereitschaft der Fachplaner heisst hier das Zauberwort.

Am Ende der Optimierungsphase stand ein gemeinsames 3D-Modell, auf das jedes Gewerk mit der Werkstattplanung aufsetzen durfte und konnte.

Die während dieser Zeit zutage getretenen Mehrleistungen konnten auf der anderen Seite durch Prozess- und Konstruktionsoptimierungen kompensiert werden. Das Ziel einer Baukostenreduzierung insgesamt konnte zwar nicht erreicht werden, gleichzeitig ist doch das gehaltene Startbudget als Erfolg zu werten.

Ein enormes Pensum an geleisteter Ingenieursarbeit - und das erkämpfte gegenseitige Vertrauen mündete im September 2019, genau ein Jahr nach erstem Kontakt zur Bauherrschaft, in die Auftragserteilung für ZÜBLIN Timber. Leistungsumfang des 12 Mio € Projektes ist die Werkstattplanung, Herstellung, Lieferung und Montage der Holzkonstruktion.

## 5. 9.260 m<sup>3</sup> Holz – 230 LKWs in 230 Tagen

Das montierte Holzvolumen summiert sich auf gesamt 9.260 m<sup>3</sup>: 3.030 m<sup>3</sup> BSH, 6.020 m<sup>3</sup> BSP, 135 m<sup>3</sup> KERTO-Furnierschichtholz und 70 m<sup>3</sup> Baubuche. Dieses Volumen zzgl. aller Stahlteile und Verbindungsmittel wurde auf 230 LKWs verteilt nach Brüssel transportiert. Als im November 2018 die Montage begann, stellte vor allem die Baustellenlogistik eine doch etwas unterschätzte Herausforderung dar. Schnell wurde jedoch reagiert und auf Basis einer exakten Logistikplanung der Baustelle waren die Montageteams vor Ort in der Lage, ihre benötigten Bauteile inmitten der enormen Holzmassen, die angeliefert wurden, aufzufinden.

Mit diesem Schritt war die gesamte Prozesskette von der AV über Materialbeschaffung und Produktion, Transport, Logistik auf der Baustelle und Montage komplett geschlossen und transparent und konnte genau an die Montagegeschwindigkeit angepasst werden.



Abbildung 9: viergeschossiger BSP-Kern  
(Quelle: ZÜBLIN Timber)

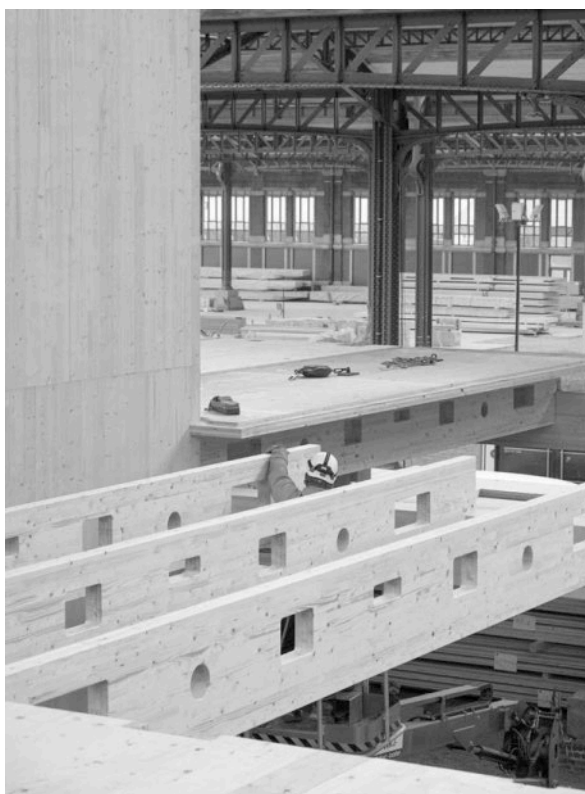


Abbildung 8: Montage BSH-Rippen  
(Quelle: ZÜBLIN Timber)

Durchschnittlich vier Montageteams arbeiteten an jeweils einem Block. Gesamt wurden 30 – in Hochzeiten bis zu 40 – Monteure parallel auf der Baustelle eingesetzt um den vom Auftraggeber äusserst eng gesteckten Zeitrahmen einhalten zu können. Immerhin wollte dieser ja schnellstmöglich in die Vermietung gehen. Neben den Monteuren waren im

Baustellenteam noch ein Projektleiter, zwei Bauleiter und ein Praktikant mit von der Partie, die es alle gemeinsam schlussendlich ermöglichten, dass die Holzbaumontage termingerecht im September 2019 abgeschlossen werden konnte.

Die Nachfolgewerke tun momentan ein Übriges, um die Holzkonstruktionen der einzelnen Blöcke in den schmucken Jugendstilhallen weiter zu veredeln. So wird im Innenausbau in großen Bereichen mit Eichen-Massivholz und -Brettschichtholz gearbeitet, ebenso bestehen die Fenster- und Fassadenflächen aus einer Eiche-Glas-Kombination. Deutlich ist schon jetzt zu erkennen, dass hier im Herzen der europäischen Hauptstadt etwas Schönes für die Einwohner und Touristen entstehen wird.

## 6. Fazit und Lessons Learned

Kurzgesagt, wieder einmal viel gelernt - Altes und Neues: So z.B. dass die besten Bauteile nichts nützen, wenn man sie auf der Baustelle zu lange suchen muss, es wieder einmal besser läuft wenn ausreichend manpower von Beginn an am Projekt mitarbeitet, das Spannungsfeld zwischen Akquise- und-Ausführungsteam immer bestehen bleiben wird, BIM-Modelle die Projektarbeit insgesamt wirklich erleichtern können, die Lufthansa als Quasi-Monopolist für den Flug München-Brüssel ganz schön hinlangt, eine Montage im Winter unter Dach mehr Spaß macht als im Freien, etc., etc.

Wichtiger jedoch sind die beteiligten Menschen. Mannigfaltige Gründe sprechen für einen schönen Holzbau, jedoch ist es, wie beim Gare Maritime, oftmals die Leidenschaft von Einzelpersonen (hier z. B. auf Seiten des Bauherrn), die herausragende Projekte entstehen lässt. Finden diese Menschen mit Architekten, Ingenieuren und ausführenden Firmen Gleichgesinnte, die diese Leidenschaft teilen, ist das schon die halbe Miete.

Und auch wenn es manchmal hoch her geht und «richtig Druck auf dem Kessel» ist, macht der Ton im Umgang miteinander die Musik. Mit gegenseitigem Respekt, Fairness im Umgang und konstruktivem Nach-Vorne-Denken führen alle Beteiligten besser als mit Schuldzuweisungen und der Suche nach Nachtragsmöglichkeiten.

Und so kann dann Holzbau wie Radfahren sein:  
Macht Spaß, ist schnell, effizient... und nachhaltig! (frei nach P. Milcius)

**Freitag, 6. Dezember 2019**

**Block A**

Ingenieurtragwerke:  
Brücken | Türme | Plattformen





# **Kugelturm Steinberg am See – Projektbericht über den Bau einer 40 m hohen, barrierefreien Erlebnisholzkugel**

Vahle, Kai  
HESS TIMBER  
Kleinheubach, Deutschland





# Kugelturm Steinberg am See – Projektbericht über den Bau einer 40 m hohen, barrierefreien Erlebnisholzku- gel

## 1. Einleitung

Direkt am Steinberger See im Oberpfälzer Seenland öffnete 2019 eine neue Art von Erlebnisarchitektur seine Pforten: Die wohl größte barrierefrei begehbare Erlebnisholzku-  
gel der Welt der in Motion Park Seenland GmbH.

Das architektonische Gesamtkonzept beinhaltet verschiedene Spielstationen zur Erpro-  
bung von Koordination und Geschicklichkeit an verschiedenen Stellen auf dem insgesamt  
40 m hohen Aussichtsturm. Die zwanzig außenliegenden formgebenden Brettschicht-  
holzelemente verfügen über einen Bogenstich von rund 15 Metern und eine Gesamtlänge  
von je 55 Metern.

HESS TIMBER wurde im Jahr 2017 vom Generalunternehmer Fa. Almholz VertriebsgmbH  
mit der Realisierung dieses Bauvorhabens beauftragt. Gemeinsam mit der Firma Almholz  
wurde der Kugelturm realisiert.



Abbildung 1: Entwurfsmodell Kugelturm



Abbildung 2: Realisierter Kugelturm mit Gastronomieneubau



Abbildung 3: Innensicht Kugel

## 2. Konstruktion

Der 40 m hohe Kugelturm besteht aus einem inneren Turm mit 10 Achsen und zwei Podesten. Am Firstkreis des Innenturms lehnen in Summe die 20 Achsen des formgebenden äußeren Traggerüsts.

Im Inneren der Erlebnisholzku- gel verläuft ein 600 m langer barrierefreier spiralförmiger Fußweg bis zur obersten Plattform in rund 40 m Höhe. Der Fußweg verfügt über eine konstante Neigung von 6°. Auf 28 m Höhe ist es möglich über eine Brücke oder zwei Hängebrücken das mittlere Podest zu betreten und die sich im inneren befindende Rutsche hinabzufahren. Auf 20 und 28 m Höhe befinden sich jeweils außenliegende Balkonringe mit 25 Motorikstationen.

Ab einer Höhe von 28 m verläuft der barrierefreie spiralförmige Fußweg auf der Außenseite weiter bis zum obersten Podest auf 40 m Höhe.

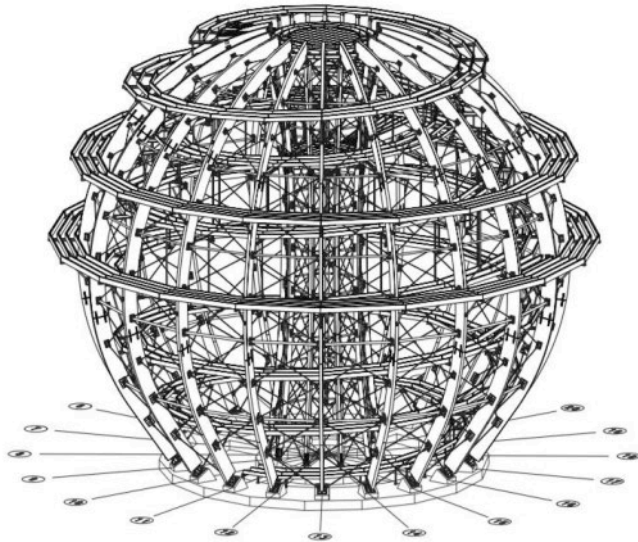


Abbildung 4: Isometrie Kugelturm

## 2.1. Innerer Turm

Der innere Turm besteht aus 10 Achsen aus Brettschichtholz Lärche (GL28c) mit Abmessungen von 260 mm x 530 mm im Querschnitt und Längen von 30, 26 bzw. 10 Metern. Der Innenturm ist unterteilt in zwei Segmente.

Das untere Segment reicht bis zur mittleren Plattform auf 28 m Höhe mit einem Durchmesser von 7,50 m.

Das obere Segment von 28 m bis zur obersten Plattform auf 40 m Höhe. Die oberste Plattform verfügt über einen Durchmesser von 10,20 m.

Die Aussteifung des inneren Turmes erfolgt über 8 Stahldruckstabreihen und einem Stahlzugstabsystemverband (HMR750). Alle Stahl-Holz-Druckanschlüsse wurden aus Gründen des konstruktiven Holzschutzes «luftumspühlt» konstruiert, um ein schnelles Abtrocknen zu gewährleisten und stehendes Wasser zu vermeiden.

Die Stahl-Holzverbindungen der Kopf- und Fußpunkte wurden mit Schlitzblechen und Stabdübelverbindungen realisiert. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die «Verdeckelung» der Schlitz- und Stabdübel gelegt.



Abbildung 5: Vormontage Innenturmbinder im Werk in Kleinheubach

Abbildung 6: Vormontage Außenkugelbinder im Werk in Kleinheubach

## 2.2. Äußerer Turm/Kugel

Der äußere formgebende Turm besteht aus 20 Achsen aus Brettschichtholz Fichte (GL30c) mit Abmessungen von 260 mm x 140 mm im Querschnitt. Jede der Achsen besteht wiederum aus 3 Segmenten mit Längen von 16–18 m. Daraus resultiert für die formgebenden außenliegenden Achsen eine Gesamtlänge von 55 m bei einem Bogenstich von 12,50 m. Die Wahl, die außenliegende Konstruktion zu verkleiden erfolgte im Zuge des Planungsprozesses. Der ursprüngliche Entwurf sah blockverklebtes Brettschichtholz Lärche vor. Da gemäß DIN EN 1995-1-1 + NA:2013 und der Produktnorm DIN EN 14080:2013 eine

Anwendung von blockverklebten Brett-schichtholzbauteilen (Verbundbauteile) in Nutzungsklasse 3 untersagt ist, wurde in Abstimmung mit den Planungsbeteiligten und dem Prüfen- ingieur Dr. Burger vom ursprünglichen Entwurf Abstand genommen und eine Kon- struktion mit Verkleidungselementen konzipiert.

Als Ergebnis wurden die äußeren Bauteile mittels 3-Schichtplatten der Holzart Lärche mit einer Hinterlüftung von 60 mm komplett verkleidet. Durch die Verkleidung lassen sich die darunterliegenden Bauteile aus Brett-schichtholz Fichte der NKL 2 zuordnen und als nicht blockverklebte Querschnitte herstellen.

An den Stößen der Verkleidungsplatten und Stahldurchdringungen wurden Blechverklei- dungen angeordnet um das abfließen des Wassers auf der Außenseite sowie eine ausrei- chende Hinterlüftung zu gewährleisten.

Auf den witterungszugewandten Schmalseiten schützen Abdeckungen aus Aluminium- blech die Binder. Die Unterseiten bzw. dem Wetter abgewandten Schmalseiten sind eben- falls mit 3-Schichtplatten verkleidet.

Die Aussteifung der Erlebnisholzku- gel erfolgt über 5 Druckringebenen (Ø200-600mm) und je 12 Zugstabskreuze (HMR750, M24-M56) je Achsenpaar.

Die Vormontage der Stahlanschlüsse für die Druckringe und Zugstäbe sowie die Verklei- dung aus 3-Schichtplatten erfolgten komplett im Werk in Kleinheubach.

### 2.3. Rampen/Wege

Der 600m lange, 6°geneigte spiralförmige Fußweg innerhalb bzw. außerhalb der Kugel be- steht aus Trägern aus Brett-schichtholz Lärche (GL28) und einem 70mm starkem, konisch aufgetrennten Lärchenbohlenbelag.

Gelagert sind die Träger als Einfeldträger auf rechtwinklig zur Binderachse verlaufenden Stahlträgern. Die Stahlträger sind im unteren Bogenbereich mittels Streben auf die Bin- derinnenseite abgestrebt. In der oberen Kugelhälfte sind die Stahlträger kettenförmig an- einander abgehängt.

Alle Wegelemente wurden von der Firma Almholz im Werk vormontiert, auf der Baustelle mit Hilfe von segmentierten Geländern ergänzt und im Ganzen mittels Kran eingehoben. Die Geländer wurde von der Firma Almholz geplant und ausgeführt.

### 2.4. Erlebnisbereiche/Motorikstationen/Rutsche

Insgesamt 25 Motorikstationen zur Erkundung der Beweglichkeit, Koordination und Ge- schicklichkeit befinden sich auf den äußeren Balkonen. Die Stationen wurden von der Firma Almholz entworfen, gefertigt und montiert.

Das mittlere Podest auf 28m Höhe kann der Besucher auf unterschiedliche Weise erklim- men. Entweder über eine Netzbrücke mit freiem Blick nach unten, über eine klassische Hängebrücke mit Bohlenbelag oder über eine 12 m lange Zugangsrampe zum Innenturm. Nach unten gelangt man von hier in wenigen Sekunden über eine sich spiralförmig um den Innenturm windende Rutsche.

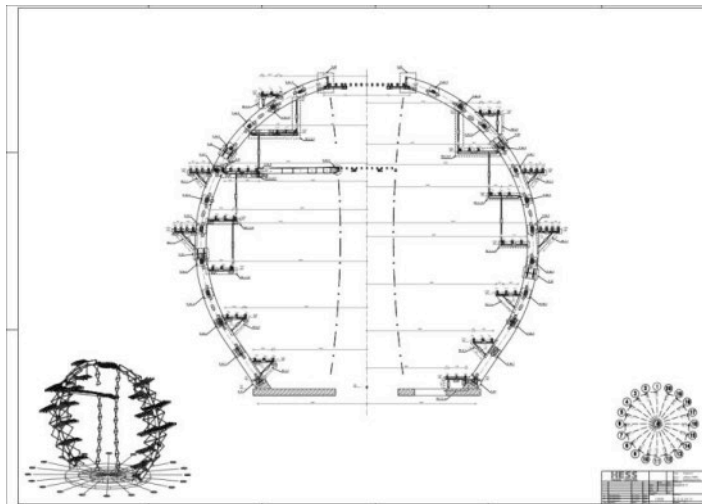


Abbildung 7: Innenansicht Kugelturm mit Rutsche, Hängebrücken und Zugangsbrücke  
Abbildung 8: Schnitt Kugelbinderachse

### 3. Statik

Die bauliche Anlage ist ein Sonderbau im Sinne von Art. 2 Abs. 4 BayBO.

Da die gleichzeitige Besucherzahl auf <1000 Personen ausgelegt ist handelt es sich nicht um eine Versammlungsstätte gemäß VstättV §1, (1) 2.

Gemäß Brandschutzkonzept sind alle tragenden und aussteifenden Holzbauteile als BSH F30B, die Stahlverbindungen in F0 und die Gesamtkonstruktion in F0 anzusetzen.

Das Tragwerk ist für eine Flächenlast von 5 kN/m<sup>2</sup> auf den Balkonen und Podesten ausgelegt.

Die Windlasten wurden für die Lastfälle Windlast & Verkehrslast sowie nur Windlast wie folgt angesetzt:

	<b>Lastfall Wind &amp; Verkehr</b>	<b>Lastfall nur Wind</b>
Staudruck $q_{\max}$	0,31kN/m <sup>2</sup>	0,90kN/m <sup>2</sup>
Böengeschwindigkeit $v_{\max}$	80km/h	136km/h
Beaufort (Bft)	9Bft	12Bft

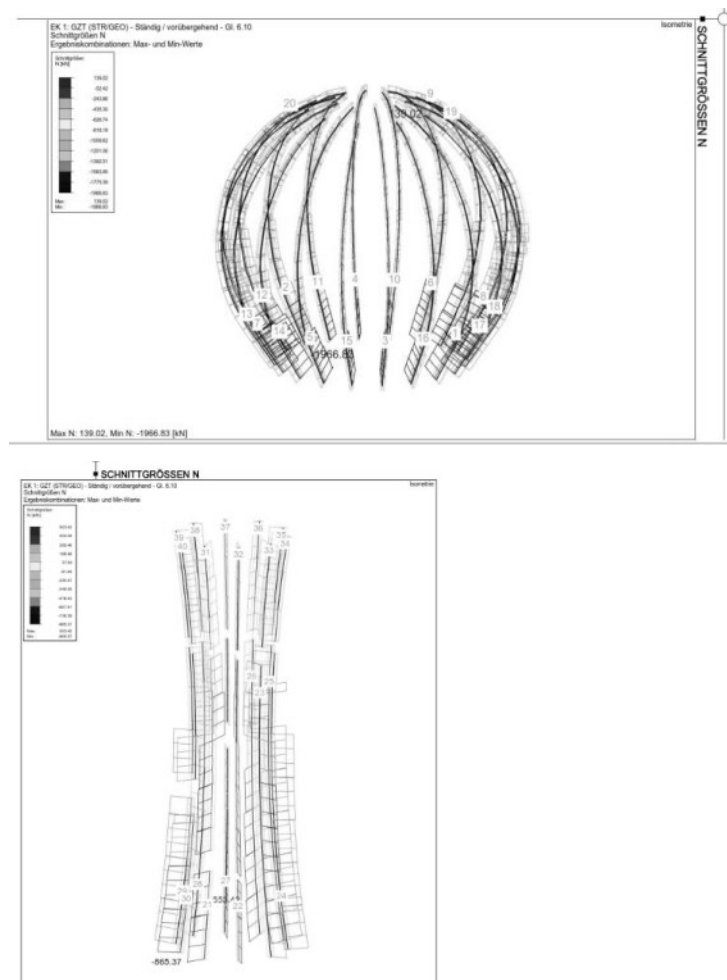


Abbildung 9: Maximale Schnittgrößen aus R-Stubmodell

	<b>Max N</b>	<b>Max V</b>	<b>Max My</b>	<b>Max Mz</b>
<b>Innenturm</b>	-865kN	22kN	40kNm	30kNm
<b>Kugelbinder</b>	-1966kN	-251kN	577kNm	180kNm
<b>Druckring Außenkugel</b>	990kN			
<b>Zugstäbe Außenturm</b>	808kN			

Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, betragen die maximalen Bemessungsschnittgrößen knapp 2MN Druck an den Fußpunkten der Kugelbinder und ca. 1MN Zug im Außenring.

## 4. Montage

Der innere Turm wurde paarweise montiert und mit zwei Stahlpodesten auf 28m und 40m zusammengefügt. Die Stahlpodeste wurden auf der Baustelle am Boden zusammengefügt und im Tandemhub eingehoben und montiert. Dabei mussten die Stahl-Stahlverbindungen der 10 Innenachsen passend zueinander und zeitgleich eingefädelt werden. Hierbei bewährte sich die gewählte Knotenpunktlösung einer Stahl-Stahlverbindung.

Die Fußpunkte lagern gelenkig auf geneigten Einzelfundamenten und sind mit Stahldollen ( $\varnothing 60\text{mm}$ ) in Stahlkonsolen gesichert.



Abbildung 10: Tandemhubmontage oberes Podest Innenturm

Die Turmaussteifung mittels Zugstabsystem und Druckrohren erfolgte parallel. Aus transportlogistischen Gründen wurde für den äußeren Turm bereits in der frühen Planungsphase entschieden, die Brettschichtholzbinde in drei Teilsegmente zu untergliedern und erst vor Ort auf der Baustelle zusammenzufügen.

Die 20 äußeren Achsen bestehend aus je drei einzelnen Brettschichtholzbindern, welche in vorgefertigten Montageböcken liegend (konkav), auf der Baustelle vormontiert wurden.



Abbildung 11: Zwischenlagerung Bogenbindersegmente auf der Baustelle

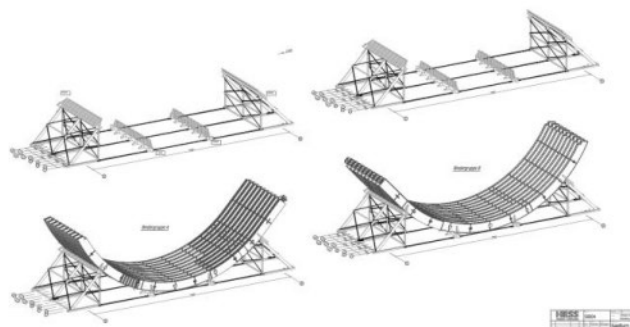


Abbildung 12: Isometrie Montageböcke



Abbildung 13: vormontierter Kugelbinder im Montagebock



Die Montage der in Summe 17 Tonnen schweren auf der Baustelle zusammengeführten Brettschichtholzbinder erfolgte aus den Montageböcken heraus im Tandemhub.

Zur Vermeidung von Ungleichgewicht während der Montage wurden die Achsen jeweils gegenüberliegend aufgerichtet.

Im Fußpunkt sind die Brettschichtholzbinder in doppelschnittigen Stahlgelenken verankert und mit 90mm Stahldollen gesichert. Am Kopfpunkt schließen sie am Podestring über eine Stahl-Stahlverbindung gelenkig an.



Abbildung 14: parallel versetztes Richten der Kugelbinder



Abbildung 15: Montage Kugelbinder

Aufgrund des hohen Vorfertigungs- und Vormontagegrads im Werk und auf der Baustelle konnten die 20 äußeren Achsen in fünf Tagen vollständig gerichtet werden.

Nach dem Schließen der Kugel mit insgesamt 100 Druckrohren und 480 Zugstäben (ca. 160 Tonnen) wurden die Stahlträger und Stahlohrabhängungen für den Rampenweg eingehoben und montiert.

Alle bereits im Werk vorgefertigten Rampenelemente wurden auf der Baustelle am Boden mit den Stahlgeländern und Motorikstationen komplettiert und als fertige Elemente eingefädelt und montiert. Dies erwies sich, trotz hoher Vorfertigung, aufgrund der Kugelgeometrie als am aufwendigsten, da teilweise zwischen den Druckrohren und Verbänden entlang eingefädelt werden musste.

2 km Handlaufmontage, Hängebrückeneinbau, die Montage der Zugangsrampe sowie die Komplettierung der Spielstationen folgten im Nachgang.

Anfang April 2019 wurde der Kugelturm feierlich vom Bayrischen Ministerpräsidenten Herrn Markus Söder eingeweiht.

Inzwischen haben bereits weit über Hunderttausend Besucher den Kugelturm erlebt.

## 5. Kenngrößen

<b>Innenturm</b>			
	<b>Material</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Menge</b>
Innenturm Träger	BSH GL30c, Lärche	2x10Stk	50m <sup>3</sup>
Podestträger	BSH GL28c, Lärche	104 Stk	8m <sup>3</sup>
<b>Kugel</b>			
Kugelbinder	BSH GL30c, Fichte	3x20,60 Stk	365m <sup>3</sup>
Rampenträger/Wege	BSH GL28c, Lärche	607 Stk	210m <sup>3</sup>
Verkleidungsplatten	3- Schichtplatte Lärche	845 Platten	3300m <sup>2</sup>
Bohlenbelag Wege	Lärche		180m <sup>3</sup>
<b>Gesamt</b>			
Holzbauteile gesamt		835St	813m <sup>3</sup>
Stahlteile			190to
Zugstangen		660 Stk	40to
Bolzen, Stabdübel		18.000 Stk	
Schrauben		40.000 Stk	
Verkleidungsplatten	3- Schichtplatte Lärche	845 Platten	3300m <sup>2</sup>

## 6. Beteiligte

<b>BETEILIGTE</b>	
Bauherr	inMotion PARK Seenland GmbH
Entwurf	Almholz VertriebsgmbH
Genehmigungsplanung/ Brandschutzkonzept	Ingenieurbüro Preihsl + Schwan GmbH
Vorstatik	LUGGIN-Ziviltechnikergesellschaft m.b.H.
Prüfstatik	BBI, Dr. Ing. Norbert Burger
Ausführungsstatik Ausführungsplanung Werkplanung Produktion	HESS TIMBER GmbH & Almholz VertriebsgmbH
Motorikstationen	Almholz VertriebsgmbH
Wege/Geländer	Almholz VertriebsgmbH
Rutsche	Almholz VertriebsgmbH/Wiegand slide
Montage	HESS TIMBER mit Baucon GmbH & Almholz VertriebsgmbH/
Fundamente	Donhauser GmbH

## 7. Fazit/Ausblick

Mit der Realisierung des Kugelturms konnten wir zeigen, dass Erlebnistürme sowohl architektonisch als auch ingenieurtechnisch auf höchstem Niveau entwickelt und realisiert werden können.

Dank der vielen Fachbeteiligten und des Einsatzes modernster CAD-/und CNC-Techniken sowie des intensiven Austausch der Beteiligten konnte ein weiterer Meilenstein der Firmengeschichten von HESS TIMBER & Almholz sowie des Holzbaus gelegt werden.

# **Ingenieurholzbaukunst hoch über den Baumwipfeln – Erkenntnisse aus dem jahrzehntelangen Bauen von Aussichtstürmen aus Holz**

Johannes Lederbauer  
WIEHAG GmbH  
Altheim, Österreich





# Ingenieurholzbaukunst hoch über den Baumwipfeln – Erkenntnisse aus dem jahrzehntelangen Bauen von Aussichtstürmen aus Holz

## 1. Einleitung

Aussichtstürme sind aufgrund der Größe und Exposition eine der anspruchsvollsten Aufgaben im Ingenieurholzbau. Abgeleitet aus dem jahrzehntelangen Bauen von einzigartigen Tragwerken und Brücken mit unterschiedlichsten Spannweiten konnte WIEHAG umfangreiche Erfahrungen sammeln und immer wieder in neue Projekte einfließen lassen.

## 2. Türme in Holzbauweise

Türme wurden in Holzbauweise für unterschiedlichste Nutzungen geplant und gebaut. Unterschiedlichste Höhen und Anforderungen an die Nutzungsdauer wurden realisiert.

### 2.1. Baumturm Bayerischer Wald

8 bis 25 m über dem Waldboden in unberührter Natur spazieren gehen und einzigartige Perspektiven erleben - dies ermöglicht der neue Baumwipfelpfad bei Neuschönau im Nationalpark Bayerischer Wald. Der 1.300 m lange Steg endet auf der Plattform des beeindruckenden Baumturmes in einer Höhe von 44 m und bietet einen fantastischen und nahezu grenzenlosen Ausblick: Zum einen in Richtung Lusen, einem der höchsten Berge des Nationalparks, zum anderen auf die gepflegte Kulturlandschaft des Bayerischen Waldes bis hin zu den Alpen. Der Baumturm,

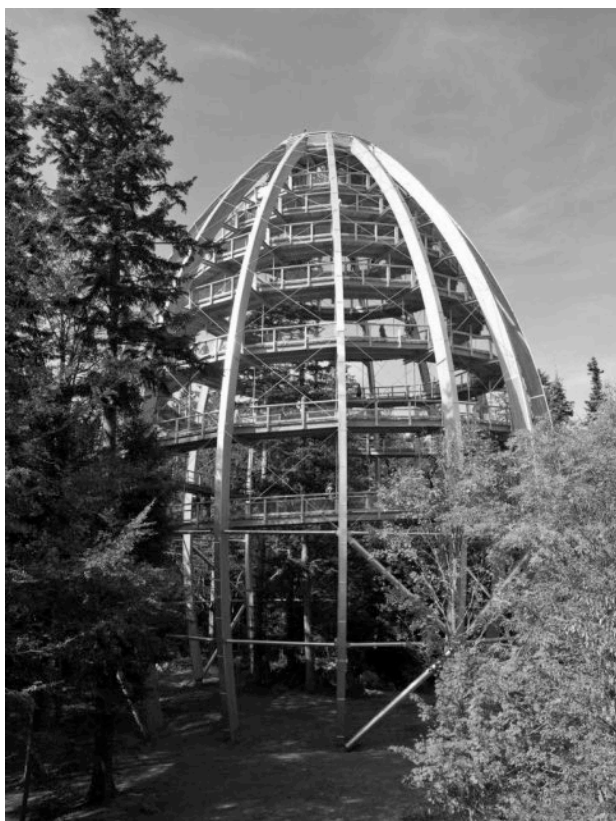


Abbildung 1: Baumturm Neuschönau  
Foto: Jan Sommer, Arch. Josef Stöger

der von Herrn Arch. Josef Stöger aus Schönberg entworfen wurde, beeindruckt durch seine luftige architektonische Form sowie durch die Art und Weise wie der eiförmige Turm die drei uralten und bis zu 38 m hohen Tannen und Buchen umschließt. 16 jeweils über 40 m lange Bogenbinder aus Brettschichtholz (GL28c Lärche) tragen die 17 to schwere Aussichtsplattform. Diese BSH-Träger wurden mit einem Winkelunterschied von jeweils 22,5° rotationssymmetrisch aufgestellt und bilden dadurch eine eiförmige räumliche Konstruktion. Der Aufstieg zur Aussichtsplattform erfolgt über eine 460 m lange und 2,5 m breite Wendelkonstruktion aus Holz – dadurch gelangt man barrierefrei auch mit Rollstühlen und Kinderwägen an die Spitze. Die Aussteifung des Turms erfolgt mittels Stahldiagonalstäben, Aussteifungskreuzen und Ringkonstruktionen. Die gesamte Aussteifungseinheit wurde an die Rückenseite der Holzbögen angebracht und mit durchgehenden Blechen geschützt, womit der frei bewitterte Turm vor Feuchtigkeit geschützt wird. Seit seiner Eröffnung am

08.09.2009 hat sich der Baumturm zu einem Besuchermagnet entwickelt und alle Erwartungen übertroffen: Mehr als 30.000 Besucher konnten allein in den ersten vier Wochen gezählt werden.

## 2.2. Baumturm Schwarzwald

Auf dem 1.250 m langen Baumwipfelpfad lassen sich auf bis zu 20 m Höhe der Wald und seine Bewohner bestaunen. Für Abwechslung sorgen dabei regelmäßige Lernstationen bei denen die Besucher ihr Wissen testen oder erweitern können. Den Höhepunkt des Pfades stellt der Turm mit zugehöriger Aussichtsplattform dar. Dieser ist über eine Rampe zu begehen und wendet sich innen an der Holzkonstruktion hinauf und endet in der umlaufenden Aussichtsplattform auf 40 m Höhe. Um den Pfad, einschließlich des Aussichtsturms, barrierearm und somit perfekt für Familien, Rollstuhlfahrer und Gehbehinderte zu gestalten, wurde darauf geachtet, dass die max. zu bewältigende Steigung 6 % nicht übersteigt. Die Konstruktion ist überwiegend aus Holz gefertigt, wobei die Brettschichtholzstützen aus Lärche (GL28c), die BSH-Rampenträger aus Douglasie (GL28c/GL24h) und der Bohlenbelag aus Lärche (C24) bestehen. Handlauf und Fußschwelle wurden ebenfalls aus Lärche hergestellt. Die Stützen wurden aufgrund des Holzschutzes und der daraus resultierenden deutlich längeren Dauerhaftigkeit der tragenden Hölzer allseitig hinterlüftet verkleidet. Im Zentrum des Baumturms befindet sich eine 55 m lange Tunnelrutsche, deren Einstieg sich auf einer 25 m hohen Plattform befindet.



Abbildung 2: Baumturm Schwarzwald  
Foto: Erlebnis Akademie

## 3. Der Holzschutz – Normengrundlage

Da Holz und Holzwerkstoffe durch Organismen abgebaut oder verändert werden können und somit in ihrer Tragfähigkeit beeinträchtigt werden, wird in Deutschland über die 2012 erneuerte Normenreihe DIN 68800 [1-3] der Holzschutz geregelt. In ihr werden Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen, je nach Umgebungsbedingungen, in unterschiedliche Gebrauchsklassen (GK) eingeteilt. Ausschlaggebend für die richtige Einordnung sind dabei die allgemeinen Bedingungen im Gebrauch sowie die Holzfeuchte im Gebrauchszustand. Diese sollte 20 % nicht überschreiten. Die Zuordnung eines Bauteils oder Bauteilabschnittes zu einer Gebrauchsklasse ist dabei zu dokumentieren und bei jedwedem Umbau oder Nutzungsänderung neu zu überprüfen. Einen Sonderfall bildet hier die sogenannte GK 0, bei der das Befalls- bzw. das Schadensrisiko vermieden oder vernachlässigt werden kann bzw. in der durch die in DIN 68800-2 beschriebenen Maßnahmen keine Maßnahmen für den chemischen Holzschutz nach DIN 68800-3 notwendig sind. Im Teil 2 der DIN 68800 sind grundsätzliche bauliche Maßnahmen beschrieben, die es immer anzuwenden gilt. Zu ihnen zählen der Schutz vor Feuchte bei Transport, Lagerung und Montage, der Einbau trockenen Holzes ( $u \leq 20\%$ ), Schutz vor Niederschlägen, Spritzwasser und nutzungsbedingter Feuchte. Außerdem müssen alle Bauteile vor Feuchte aus angrenzenden Bauteilen sowie unzuträglicher Feuchteerhöhung durch Tauwasser geschützt werden.

Nachfolgende Grafik soll eine Übersicht über die Zuordnung von Holzbauteilen zur jeweiligen Gebrauchsklasse geben:

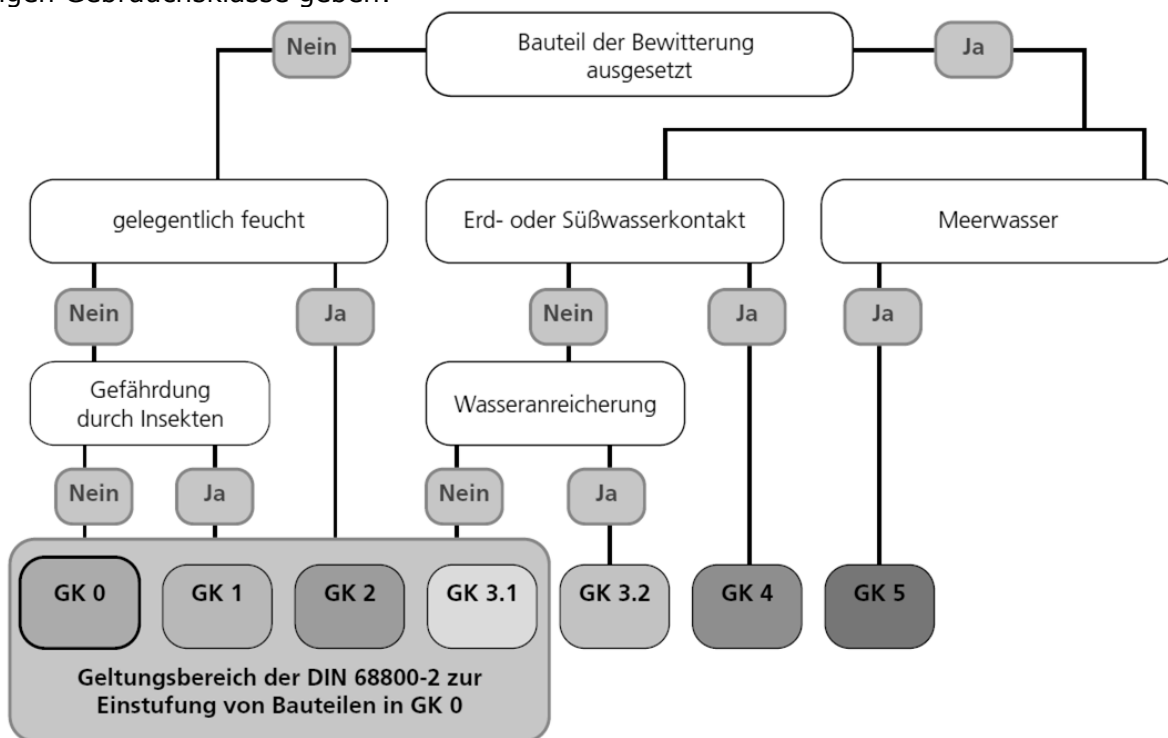


Abbildung 3: Zuordnung von Holzbauteilen zu einer Gebrauchsklasse  
Quelle: Informationsdienst Holz

Ein Bauteil kann dann von GK 1 in GK 0 eingeordnet werden, wenn technisch getrocknetes Holz verwendet wird oder eine Kontrollierbarkeit der verbauten Hölzer sichergestellt ist. Ein bewittertes Bauteil kann dann von GK 3.1 zu GK 0 zugeordnet werden, wenn Beschränkungen für die Querschnittsabmessungen ( $\leq 16 \times 16$  cm bei VH bzw.  $\leq 20 \times 20$  cm bei BSH) eingehalten werden, technisch getrocknetes Holz verwendet wird, gehobelte Oberflächen vorhanden sind, sich kein Stauwasser bildet, Niederschläge direkt abgeführt werden und Hirnholz sowie nicht vertikal stehende Bauteile abgedeckt werden.

Eine Veranschaulichung zur richtigen Einordnung in die jeweilige Gebrauchsklasse unter Berücksichtigung der 60° - Regel und der vorhandenen Gegebenheiten in der Einbausituation soll folgende Grafik bieten:

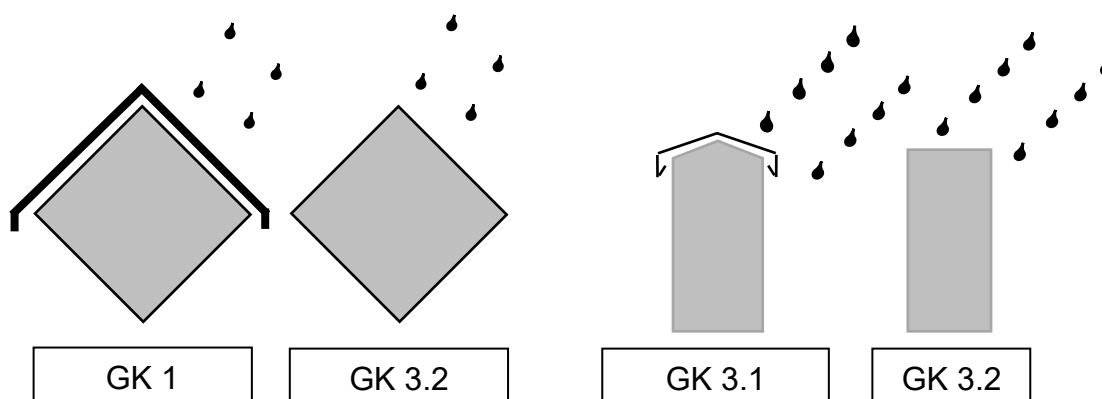


Abbildung 4: Veranschaulichung zur Einordnung in die verschiedenen Gebrauchsklassen

Vorbeugende Holzschutzmaßnahmen mit Holzschutzmitteln sind in der Norm DIN 68800 im Teil 3 geregelt.

**Ausführungen mit besonderen baulichen Holzschutzmaßnahmen nach DIN 68800-2 sollten gegenüber Ausführungen bevorzugt werden, bei denen vorbeugende Schutzmaßnahmen mit Holzschutzmitteln nach DIN 68800-3 erforderlich sind. (DIN 68800-3, Abschnitt 8.1.3)**

Zusätzlich macht ein Einsatz von chemischem Holzschutz bei den vorwiegend verwendeten Holzarten (Fichte, Lärche, Douglasie) aufgrund ihrer schlechten Tränkbarkeit nur mit Perforation Sinn, wie folgende Grafik zeigt:

Tabelle 1: Tränkbarkeiten der einzelnen Hölzer nach DIN 68800-3

Holzart	Tränkbarkeitsklasse	
	Kern	Splint <sup>1</sup>
Fichte ( <i>Picea abies</i> )	3-4	3v
Kiefer ( <i>Pinus sylvestris</i> )	3-4	1
Tanne ( <i>Abies alba</i> )	2-3	2v
Lärche ( <i>Larix decidua</i> )	4	2v
Douglasie ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	4	3
Southern Pine ( <i>Pinus palustris</i> u. ä.)	3-4	1
Western Hemlock ( <i>Tsuga heterophylla</i> )	3/2 <sup>1</sup>	2/1 <sup>2</sup>
Eiche ( <i>Quercus robur</i> u. ä.)	4	1
Roteiche ( <i>Quercus rubra</i> u. ä.)	2-3	1
Buche ( <i>Fagus silvatica</i> )	4 <sup>3</sup>	1
Teak ( <i>Tectona grandis</i> )	4	3
Keruing, Yang ( <i>Dipterocarpus tuberculatus</i> u.ä.)	3v	2
<sup>1</sup> Anmerkung dazu: v: Die Tränkbarkeit kann im größeren Ausmaß abweichen +: keine oder nur wenige zuverlässige Daten verfügbar		
<sup>2</sup> Holz aus Nordamerika/Großbritannien		
<sup>3</sup> betrifft Rotkern		

Welches Holz wann eingesetzt werden kann wird im Teil 1 der DIN 68800 in Zusammenhang mit den Dauerhaftigkeitsklassen nach DIN EN 350-2 festgelegt.

#### 4. Erfahrungen aus 30 Jahren Brücken- und Turmbau

Aufgrund der Erfahrungen von WIEHAG im Brücken- und Turmbau haben sich folgende Regeln für das Konstruieren und Bauen von exponierten Bauwerken herauskristallisiert. Diese Regeln sind zum Firmenstandard geworden und entsprechen den Anforderungen aus der Norm und stellen in den meisten Fällen einen zusätzlich höheren Anspruch an die Dauerhaftigkeit dar.



# WIEHAG

## TIMBER CONSTRUCTION

**1 Wahl der geeigneten Holzart (GK0-5)**

Holzart		GK0	GK1	GK2	GK3.1	GK3.2
Fichte	Keine	x	-	-	-	-
	Techn. Trocknung	x	x	-	-	-
Lärche	Keine	x	-	-	-	-
	Kernholz	x	x	x	x	-
Eiche	Keine	x	-	-	-	-
	Kernholz	x	x	x	x	x

**6 Hirnholzregel**  
Hirnholz ist immer abzudecken! (GK1-5)

**7 Anschlussregel**  
Durchdringungsfrei oder verkleidet! →(GK3.1)

**8 Kontaktregel**  
Kontaktfläche < 100 cm<sup>2</sup>, Luft ≥ 2,0 cm →(GK3.1)

**9 Tropfnase umlaufend** →(GK3.1)

**10 Abdeckregel**  
Geneigte bzw. bei nicht vertikal stehenden Holzern, Oberseiten immer abdecken! →(GK3.1)

**11 3 Grad Regel**  
Keine Fläche unter 3° (in D 5°) Neigung ON B 3521-1 →(GK3.1)

**12 Überstandregel**  
Überstand ≥ 4,0 cm →(GK3.1)

**13 Wassersackregel**  
Keine oben offenen und zugleich unten geschlossenen Details →(GK3.1)

**14 Oberflächenregel**  
Oberflächenqualität immer Natur! (keine Stoppln, Flickleisten) →(GK3.1)

**15 Regel für Verschleißteile**  
Kernseite nach oben →(GK3.2)

**16 Richtlinie Sockelanschluss (Quelle HFA)**

**16 Regeln des konstruktiven Holzschutzes**

Abbildung 5: 16 WIEHAG-Regeln des konstruktiven Holzschutzes

Werden diese einfachen Regeln richtig angewandt, erreicht man eine klare Verbesserung der Gebrauchsklasse und somit eine erhebliche Anhebung der Nutzungszeit von tragenden Bauteilen.

Im Anschluss soll ein Teil dieser Regeln mit Praxisbeispielen veranschaulicht und Negativbeispiele aufgezeigt werden.

### 4.1. Exemplarische Beispiele

#### 4.1.1. 60° – Regel

Bei der 60° – Regel wird von einer Regeleinfalllinie des Regens von 30° gegenüber der vertikalen Ebene ausgegangen. Bei windexponierten Lagen und in Sonderfällen kann sich dies jedoch ändern. Holzteile im Außenbereich sollten so überdeckt werden, dass sie komplett trocken bleiben.



Abbildung 6: 60° – Regel richtig angewandt (von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 7: Wasserflecken durch zu wenig Überstand (nicht von WIEHAG ausgeführt)

## 4.2. Spritzwasserregel

Um die Bauteile vor Spritzwasser zu schützen ist es notwendig die Fußpunkte der Konstruktion umlaufend mindestens 30 cm über der wasserführenden Schicht anzuordnen. (Bei Kies oder anderen wasserbrechenden Untergründen genügen mindestens 15 cm.) WIEHAG wählt bei bestimmten Einbausituation sogar weit mehr als 30 cm. So kann es zum Beispiel sinnvoll sein bei starkem Bodenbewuchs (z. B. Waldboden) einen Sockel mit 60 cm Abstand zum Boden einzubauen, da ansonsten eine ständige Wartung notwendig wäre.



Abbildung 8: Genügend Abstand  
(von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 9: Abstand zur wasserführenden Ebene  
ungenügend (nicht von WIEHAG ausgeführt)

## 4.3. Anschlussregel

Bei keinen Anschlüssen sollten Verbindungsmittel an der Oberfläche sichtbar sein, da bei diesen ein Wassereintrag nicht ausgeschlossen und meist sogar unabdingbar ist. Um dies zu erreichen werden alle Verbindungsmittel mit Blechen abgedeckt. Zusätzlich wird eine Tropfnut eingefräst, um ein Hinterlaufen von Wasser hinter das Blech zu vermeiden. Bei fehlender Einbindung des Bleches ins Holz und unsachgemäßem Abdecken des Holzes kann es zu einer Wassersackbildung kommen. Dies bedeutet, dass Wasser zwar eindringen kann, jedoch keine Möglichkeit mehr hat abzulaufen. Daraus entsteht an diesen Punkten Gebrauchsklasse 4 und Pilzbefall ist die häufige Folge.



Abbildung 10: Korrekt ausgeführter Stützenstoß  
(von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 11: Fehlerhafter Anschluss des  
Stützenstoßes (nicht von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 12: Korrekte Ausführung des Anschlusses (von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 13: Ausführung des Anschlusses ungenügend (nicht von WIEHAG ausgeführt)

#### 4.4. Abdeckregel

Hölzer, welche horizontal bzw. nicht vertikal verbaut sind, müssen abgedeckt werden, um eine unzuträgliche Feuchteerhöhung zu vermeiden.



Abbildung 14: Abdeckungsregel konsequent angewandt (von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 15: Wassersackbildung durch fehlen von Abdeckung (nicht von WIEHAG ausgeführt)

Zusätzlich ist Hirnholz immer abzudecken. Ausbesserungen an der Oberfläche durch z. B. Stoppeln sind zu vermeiden, da diese Ausflüchungen nicht dauerhaft sind.



Abbildung 16: Stütze allseitig verkleidet  
(von WIEHAG ausgeführt)



Abbildung 17: Wassersackbildung bei  
Ausbesserung (nicht von WIEHAG ausgeführt)

## 5. Holzfeuchtemessungen an bestehenden Tragwerken

Im Rahmen der Überprüfung von baulichen Anlagen konnten bei einer Tragwerksinspektion einer Turmkonstruktion erneut Erfahrungswerte gesammelt werden. Ziel solcher Untersuchungen ist es, durch regelmäßige Kontrollen Schäden am Tragwerk weitestgehend zu vermeiden bzw. rechtzeitig zu erkennen. Die Inspektion umfasst in der Regel eine visuelle Überprüfung der Gesamtstruktur sowie in Hinblick auf Übereinstimmung mit der Ausführungsstatik bzw. den Ausführungsplänen. Außerdem wird die Funktionalität der ausgeführten konstruktiven Holzschutzmaßnahmen mit Hilfe von Holzfeuchtemessungen überprüft.

### 5.1. Ergebnisse einer Turminspektion im November

BSH-Träger des Aussichtsturms wurden am Turmkopf bei der Aussichtsplattform gemessen. Die Messwerte ergaben eine mittlere Holzfeuchte von ca. 16 %. Dies ist ein guter Wert für entsprechende feuchte Jahreszeit. Somit ist die Einstufung in die NKL2 der Bauteile bestätigt. Statisch bemessen wurden sie für NKL3. Der große Überstand der Belagsbohlen und der Abdeckfolien hat dabei positive Auswirkungen auf den konstruktiven Holzschutz. Aufgrund dessen befinden sich auch nur sehr vereinzelt Verfärbungen an den Seitenflächen der Träger.

Bei den Verschleißteilen des Bohlenbelags und des Handlaufs wurden Holzfeuchten zwischen 18 und 22 % gemessen.

Die BSH-Hauptstützen wurden bei zwei Achsen im unteren, mittleren und oberen Bereich vermessen. Es wurden vor allem am Auflager mehrere Messungen in der Höhe und Verteilung am BSH-Bauteil vorgenommen. Im Auflagerbereich wurde in 10 cm Abstand vom Hirnholz eine mittlere Holzfeuchte von 18,4 % gemessen, nach 30 cm ergab sich ein Wert von 17,3 % und bei 1,5 m ca. 16,6 %. Auf mittlerer Höhe des Aussichtsturmes betrug der Durchschnittswert 16,6 % und am Turmkopf 15,1 % in 4 cm Tiefe. Die Werte in 2 cm Tiefe liegen um ca. 2 % höher.

## 5.2. Beurteilung

Das Bauwerk zeigt sich nach 3 Jahren Nutzung in einem sehr guten Zustand. Die durchgeführten Holzfeuchtemessungen an den Stützen und BSH-Trägern liegen zum Teil deutlich unter 20 % und eine Einteilung in Gebrauchsklasse 3.1 ist zutreffend. Die gewählten konstruktiven Holzschutzmaßnahmen funktionieren gut, so dass anfallendes Wasser schnell abgeführt und die Bauteile rasch abtrocknen können.

Die als Verschleißteile eingestuftten Bauteile, wie Handlauf, Fußleiste und Bohlenbelag, befinden sich in einem der Jahreszeit entsprechenden Zustand und müssen bei vorliegenden Beschädigungen ausgebessert bzw. ausgetauscht werden.

## 5.3. Aufzeichnungen zu den Messungen

Messpunkte in ROT an der Zeichnung eingezeichnet. Holzfeuchtigkeit je Messpunkt entsprechend der Liste.

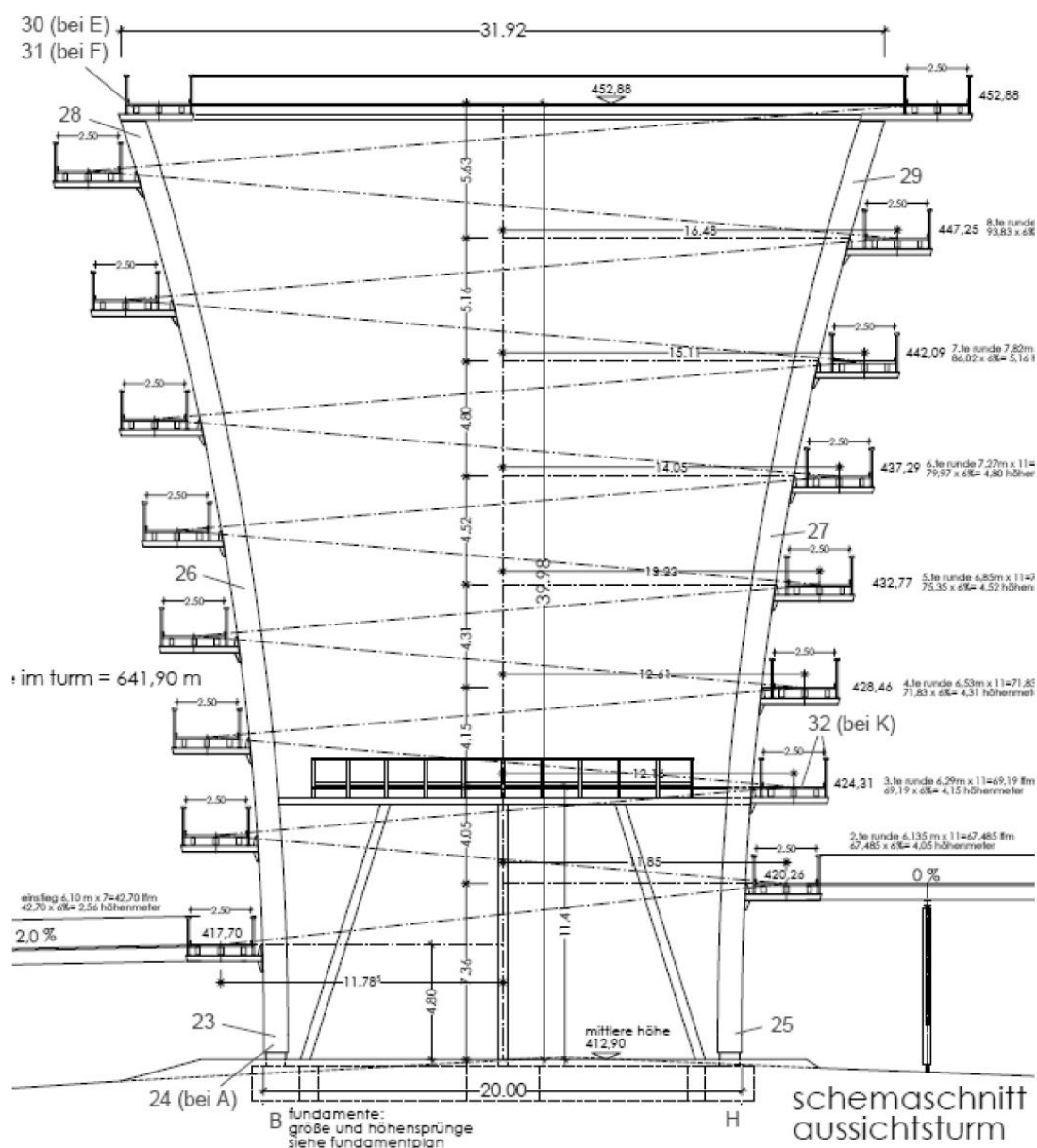


Abbildung 18: Lage der Messpunkte

Holzfeuchtemessungen am Aussichtsturm															
Messpunkt	Achse	Bild	Bauteil	Lamelle bzw. Abstand von Hirnholz			Feuchtegrad u% (Messtiefe 2cm)			2cm Um	Feuchtegrad u% (Messtiefe 4cm)			4cm Um	Bemerkungen
23	B	30,31	BSH-Stütze	4.v.a.	mittig	4.v.i.	22,2	18,8	19,3	20,1	19,2	17,9	18,1	18,4	unten bei 0,1m
23	B		BSH-Stütze	4.v.a.	mittig	4.v.i.	23,5	19,4	21,0	21,3	18,0	16,0	17,5	17,2	unten bei 0,3m
23	B	32-34	BSH-Stütze	4.v.a.	mittig	4.v.i.	18,8	16,9	19,7	18,5	16,0	16,7	15,8	16,2	unten bei 1,5m
24	A	35	BSH-Stütze	bei Rohranschluss					21,3	21,3					unten bei 0,3m
25	H		BSH-Stütze	4.v.a.	mittig	4.v.i.	21,2	19,5	18,7	19,8	17,6	17,3	17,0	17,3	unten bei 0,3m
25	H	36	BSH-Stütze	4.v.a.	mittig	4.v.i.	19,5	20,2	18,6	19,4	16,8	17,0	17,2	17,0	unten bei 1,5m
26	B	37	BSH-Stütze	4.v.a.	mittig		18,4	18,5		18,5	16,0	16,8		16,4	Mitte Stütze
27	H		BSH-Stütze	4.v.a.	mittig		19,2	18,2		18,7	17,0	16,5		16,8	Mitte Stütze
28	B	38	BSH-Stütze	4.v.a.	mittig		15,3	17,1		16,2	14,3	14,7		14,5	ganz oben
29	H	39	BSH-Stütze	4.v.a.	mittig		17,8	17,5		17,7	15,7	15,5		15,6	ganz oben
30	E		BSH-Träger	4.v.u.		4.v.o	19,2		18,2	18,7	14,6		16,7	15,7	Aussenseite
31	F	40	BSH-Träger			4.v.o			19,1	19,1			16,3	16,3	Aussenseite
32	J	41	Bohlenbelag		mittig		23,5			23,5	22,1			22,1	Oberseite
32	J		Bohlenbelag		mittig		22,8			22,8	21,7			21,7	Oberseite
32	J	42	Handlauf		mittig		25,0			25,0	21,0			21,0	Oberseite
32	J	43	Handlauf		mittig		23,5			23,5	20,5			20,5	Oberseite
32	J		Handlauf		mittig		20,2			20,2	18,2			18,2	Oberseite

Abbildung 19: Messwerte des Aussichtsturms

## 6. Quellen

- [1] DIN 68800-1:2011-10, Holzschutz – Teil 1: Allgemeines Beuth-Verlag, Berlin.
- [2] DIN 68800-2:2012-02, Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen, Beuth-Verlag, Berlin.
- [3] DIN 68800-3:2012-02, Holzschutz – Teil 3: Vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln, Beuth-Verlag, Berlin.
- [4] DIN EN 350:2016-12; Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten – Prüfung und Klassifizierung der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff, Beuth-Verlag, Berlin
- [5] Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten. Fassung September 2006.  
In: DIBt Mitteilungen 37 (2006), Nr. 6, S. 222-226. – ISSN 1437-1030
- [6] DIN EN 1995-1-1:2010:12 Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau – DIN Deutsches Institut für Normung

<https://www.baysf.de/de/magazin/baumwipfelpfad-steigerwald.html>

<https://www.baumwipfelpfade.de/portal-de/>

<https://www.eak-ag.de/eakag/>





# TimberTower: Erfahrungen aus Konstruktion und Betrieb der ersten Windkraftanlage mit Holzturm

Mike Sieder  
Technische Universität Braunschweig  
Institut für Baukonstruktion und Holzbau  
Braunschweig, Deutschland



Carlo Schröder  
Reprojekt GmbH  
Sachverständigenbüro für Windkraft  
Burgdorf/Otze, Deutschland





# TimberTower: Erfahrungen aus Konstruktion und Betrieb der ersten Windkraftanlage mit Holzturm

## 1. Einleitung

Unumstößlicher Fakt ist, dass die Nutzung fossiler Energieträger in den letzten 150 Jahren rasant angestiegen ist. Hält der Trend an, dann hätte die Menschheit erdgeschichtlich gesehen in der Dauer eines Wimpernschlages die über Jahrtausende aufgebauten fossilen Ressourcen verbraucht. Allein vor dem Hintergrund des steigenden Energieverbrauchs und der erkennbaren Endlichkeit der fossilen Ressourcen wird die Bedeutung regenerativer Energien, wie Solartechnik und Windkraft, daher in der Zukunft deutlich zunehmen.

Vor diesem Hintergrund startete die Firma TimberTower 2008 mit der Idee, die regenerative Energiegewinnung mittels Windkraft auch durch eine ressourcenschonende und nachhaltig orientierte Konstruktionsweise der Windkraftanlagen zu ergänzen. So entstand auf dieser Basis mit enormem persönlichen und monetären Einsatz die Entwicklungsgeschichte für eine Windkraftanlage (WKA) mit Holzturm.

## 2. Entwicklungsgeschichte TimberTower

Das Unternehmen TimberTower GmbH wurde 2008 in Hannover mit dem Ziel der Entwicklung, des Vertriebs und des Betriebs von Windkraftanlagen mit Holzturm gegründet. Nach intensiver Entwicklungsarbeit konnte im Jahre 2009 die Zertifizierung des Konzeptes für einen Holzturm mit 100 m Nabenhöhe für eine Windenergieanlage des Typs Vensys 77 – 1,5 MW durch TÜV Nord erlangt werden. Für die letztendliche bauliche Umsetzung einer entsprechenden Anlage mussten die Herstellungs- und Montageschritte detailliert durchdacht und erprobt werden. Hierzu wurde 2010 ein 22,5 m hohes Testsegment auf dem Gelände der Cordes Holzbau GmbH & Co. KG in Rotenburg/Wümme errichtet. Da die Windenergieanlage selbst zwar als Maschine kategorisiert ist, der Turm als fest mit dem Baugrund verbundene bauliche Anlage jedoch in den Bereich der Bauordnung fällt und hierbei viele baurechtliche Abweichungen vorhanden waren, konnte die bauliche Umsetzung nur im Verfahren der Zustimmung im Einzelfall für einen Prototypen ermöglicht werden. Wesentliche Fragestellungen waren unter anderem das Verhalten des für die Turmkonstruktion eingesetzten Brettsperrholzes (BSP) unter dynamischer Beanspruchung, insbesondere das Ermüdungsverhalten, sowie die qualitative Umsetzung der Verklebungstechnik während der Turmerrichtung und das langzeitige Verhalten der geklebten Verbindungstechnik während des Betriebs.

Für die Verbindungstechnik der Turmsegmente aus BSP kamen eingeklebte Lochbleche zur Anwendung. Bis dato lagen grundsätzlich umfangreiche Untersuchungen der MPA Wiesbaden, Prof. Bathon, zum Tragverhalten dieser Verbindungstechnik vor. Diese bezogen sich im Wesentlichen auf Vollholz in üblicher Anwendung für vorwiegend ruhende Belastungen bzw. statische oder quasi-statische Einwirkungen.



Abbildung 1: Prototyp TimberTower, Marienwerder/Hannover

Ab 2010 wurde der Entwicklungsprozess – die Prüfung der tragwerkstechnischen Berechnung, die Konzeption, Durchführung und Auswertung der Versuche zum Ermüdungsverhalten der geklebten Verbindungstechnik – gutachterlich durch Prof. Kreuzinger (ehemals TU München) und Prof. Sieder begleitet.

Im Jahr 2011 erfolgte die Erteilung der Zustimmung im Einzelfall für die Umsetzung des Turmes mit eingeklebten Lochblechen unter dynamischer Beanspruchung, die mit Auflagen im Hinblick auf die Überwachung und das Monitoring des Turmes verbunden war. Im gleichen Jahr stieg die Kohl Pharma Gruppe, Merzig, als Investor für die TimberTower GmbH ein, welche die Fertigstellung und Inbetriebnahme der ersten WKA mit hölzerner Tragstruktur am Standort Marienwerder/Hannover ermöglichte. Die erfolgreiche Umsetzung dieses Prototyps führte 2013 zur Entwicklung eines Turms für WKA mit 140 m Nabenhöhe, was 2014 zur Erteilung eines umfassenden Patents auf einen Holzturm als Hohlkörper mündete.

### 3. Konstruktionsprinzip

Die wesentlichen Vorteile, die im Fokus der Entwicklung und Umsetzung einer WKA mit Holzturm standen, waren in den tendenziell geringeren Kosten beim Turm selbst, der Montage, der Wartung, im Aspekt der regionalen Wertschöpfung und im Nachhaltigkeitsgedanken zu sehen. Als rein technische Aspekte sind im Vergleich zu etablierten Bauweisen das günstigere Ermüdungsverhalten aufgrund des Dämpfungsverhaltens der WKA mit Holzturm, das Dämpfungsverhalten des Turmes selbst sowie daraus resultierende, geringere Schallemissionen zu benennen.

Der TimberTower ist als achteckiger Schaftquerschnitte unter Verwendung von BSP aus Fichte C24 mit einer Plattendicke von 30 cm Wanddicke konzipiert. Aus dem Stahlbetonfundament erstreckt sich bis zu einer Höhe über Gelände von ca. 5,10 m ein achteckiger Stahlbetonquerschnitt, auf dem der 90 m hohe Turm aufgesetzt ist. Der konisch verlaufende Turm weist am Fußpunkt einen Durchmesser von 7,10 m und im Anschlussbereich der Turbinengondel einen Durchmesser von 3,10 m auf. Die 54 BSP-Elemente mit einer Standardlänge von 15 m – insgesamt ca. 400 m<sup>3</sup> Holz – sind zur Umsetzung des Turmquerschnittes helixartig angeordnet, sodass höhenmäßig jeweils nur 2 gegenüberliegende Horizontalstöße zwischen den Elementen vorhanden sind. Im Inneren des Turmes befindet sich eine hölzerne Fachwerkstruktur als Lehrgerüst mit Podesten im Abstand von 3,75 m, die einerseits zur Turmmontage diente und andererseits die WKA-spezifischen Komponenten wie Steigleiter, Lift, Kabel und Beleuchtungselemente aufnimmt. Auf dem Stahlbetonsockel befindet sich ein achteckiger Stahlflansch, an dem Lochbleche (Stahl S235) aufgeschweißt sind, welche den Anschluss zwischen Sockel- und Turmquerschnitt gewährleisten. Die Lochbleche greifen in eingebrachte Schlitze in die BSP-Elemente ein und sind mittels eines 2-Komponenten PUR-Klebstoffes der Firma Purbond/Henkel (2K-PUR CR421) eingeklebt. Die Verbindung der Turbinengondel am oberen Ende des Turmes erfolgt in gleicher Weise über einen achteckigen Stahladapter. Die Klebe-Verbindungstechnik mittels eingeklebten Lochblechen kam ebenfalls für die Verbindung der Horizontalstöße der BSP-Elemente zum Einsatz. Die vertikalen Verbindungsstellen zwischen den BSP-Elemente wurden stumpf mittels des genannten Klebstoffes CR421 verklebt. Außenseitig ist der Turm mit einer Abdichtungsbahn SIKApflan als Wetterschutz bekleidet, die werkseitig auf die BSP-Elemente aufgebracht und vor Ort an den Stoßstellen verklebt wurde.

### 4. Zulassungs-/Genehmigungs-/Betriebserlaubnisverfahren

Herausforderungen bei der Planung und Umsetzung waren unter anderem die Sicherstellung der Anforderungen für den Einsatz der Holzkonstruktion in Nutzungsklasse 2, die Gewährleistung einer Betriebsdauer von 20 Jahren unter dynamischer, nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung, die Abstimmung der technischen Kenngrößen (Steifigkeiten, cw-Wert, Dämpfung) mit dem Anlagenhersteller für die voranstehende Lastrechnung, die

Anwendbarkeit der Bemessungsnorm Eurocode 5 für dynamische Beanspruchung der Bauteile (BSP selbst sowie vor allem der Klebe-Verbindungstechnik) sowie die rechnerische Auslegung für die maßgebenden Beanspruchungen – Torsionsmoment am Turmkopf, Biegemoment am Turmfuß.

Die Genehmigung erfolgte zunächst für den gewählten Standorts auf dem Gelände der Universität Hannover in Marienwerder gemäß Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG im geregelten Verfahren ohne besondere Berücksichtigung des Holzturms. Das gleichfalls notwendige Baugenehmigungsverfahren beinhaltete die Notwendigkeit der statischen Prüfung des Turms. Da die Firma TimberTower als langfristiges Ziel die Umsetzung einer derartigen WKA als Serienprodukt im Fokus hatte, wurde eine Typenprüfung des Turms angestrebt. Mit der beinhalteten Klebe-Verbindungstechnik war die Erteilung der Typenprüfung jedoch nicht ohne weiteres möglich. Hierfür war die Prüfung der Lochblech-Verbindung für alle maßgebenden Belastungszustände – Biegung und Torsion des Turmes – Zug- und Schubbeanspruchung der Lochblech-Verbindung mit daraus resultierenden Kurzzeit- und Dauerschwingversuchen – erforderlich. Im Rahmen eines beantragten Verfahrens auf Zustimmung im Einzelfall (ZiE) bei der Obersten Baubehörde des Landes Niedersachsen mussten die entsprechenden Nachweise für die Lochblech-Verbindung sowie die Umsetzung eines dauerhaften Monitoringsystems erbracht werden. In diesem Zuge wurden in Abstimmung mit den Gutachtern Grenzwerten für Luftfeuchtigkeit, Holzfeuchtigkeit, Temperatur, Biege- und Torsionsmoment, Zugdehnung der Lochbleche, Eigenfrequenz festgelegt und die Umsetzung des Monitoringsystems konzipiert.

Bis auf die Verbindung der BSP-Elemente mit eingeklebten Lochblechen unter dynamischen Beanspruchungen konnten zunächst alle Nachweise erfolgreich geführt werden. Für die Lochblech-Verbindung wurde auf Basis gutachterlicher Stellungnahmen von Prof. Kreuzinger / Prof. Sieder zur Beanspruchung der Verbindung unter dynamischen Beanspruchungen eine ZiE erteilt. Hierzu wurden an der MPA Wiesbaden zahlreiche Versuche durchgeführt und basierend darauf die Ermüdungsrechnung von TimberTower vorgenommen. Zur Überwachung der Anlage im Betrieb wurde als Auflage ein Monitoringkonzept genannt. Dies soll den Verlauf der Holzfeuchtigkeit unter Einhaltung der NKL 2 aufzeichnen. Ferner sollen die Extremlasten in den Betriebszuständen der Anlage sowie die Ermüdungslasten aufgezeichnet und die Lochblechverbindung bzgl. der Ermüdungsbeanspruchung überwacht werden.

Resultierend aus der Notwendigkeit des Vorliegens einer Typenprüfung für in Serie gefertigte Türme besteht hierbei die grundsätzliche Anforderung an Bauprodukte, diese auch unter dynamischer Beanspruchung einsetzen zu können. Es bestand daher seitens TimberTower die Absicht, eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die in Holz eingeklebte Lochblechverbindung beim Deutschen Institut für Bautechnik Berlin (DIBt) zu beantragen. Hierzu wurde ein entsprechender Arbeitsplan sowohl für die Lochblech-Verbindung als auch für die Zulassungserweiterung des Klebstoffs für den Einsatz unter dynamischer Beanspruchung eingereicht. Das Verfahren wurde nach Einstellung der Aktivitäten von TimberTower ebenfalls eingestellt.

## 5. Monitoringsystem

Im Wesentlichen soll mittels des installierten Monitoringsystems ein Nachweis der Standesicherheit sowohl bezogen auf die extremalen als auch auf die ermüdungswirksamen Beanspruchungen geführt werden. Zusätzlich soll der Nachweis der Einhaltung der Nutzungsklasse 2 bzw. 1 für das Holzbauwerk mit dem Monitoringsystem erbracht werden. Hierfür wurde von TimberTower ein Monitoringsystem mit unterschiedlichen Messmitteln entwickelt. Prinzipiell werden bauphysikalische, baustatische und bauldynamische Größen gemeinsam mit den von der Anlage gelieferten Größen (z.B. Gondelposition) aufgezeichnet und ausgewertet. Hierbei sind vor allem die Holzfeuchtemessung zur Überprüfung der Einhaltung der Nutzungsklasse sowie die Messung der mechanischen Beanspruchung der Verbindungsmittel hervorzuheben. Die Daten werden von den einzelnen Messstellen über jeweilige Verstärker, bzw. Datenverarbeitungseinheiten über ein CAN-Bus-System an den Server übertragen. Dort werden die Rohdaten in eine Datenbank

übertragen und unter Berücksichtigung aller zugehörigen Werte in den Ausgabewert umgerechnet, z.B. für die Holzfeuchte wird der elektrische Widerstand unter Berücksichtigung der Holztemperatur und mit Angabe der Messstellenposition berechnet und gespeichert. Für die Datenaufzeichnung, -verarbeitung und -auswertung wurde ein Open Source Code verwendet, so dass Messstellen später hinzugefügt, Komponenten ausgetauscht sowie einzelne Programmpakete verändert werden können. Die Abfrage der Daten und die Einhaltung der Grenzwerte kann online nachvollzogen werden. Abbildung 2 zeigt beispielhaft ein Ablaufschema der Datenverarbeitung und -auswertung des Monitoringsystems.

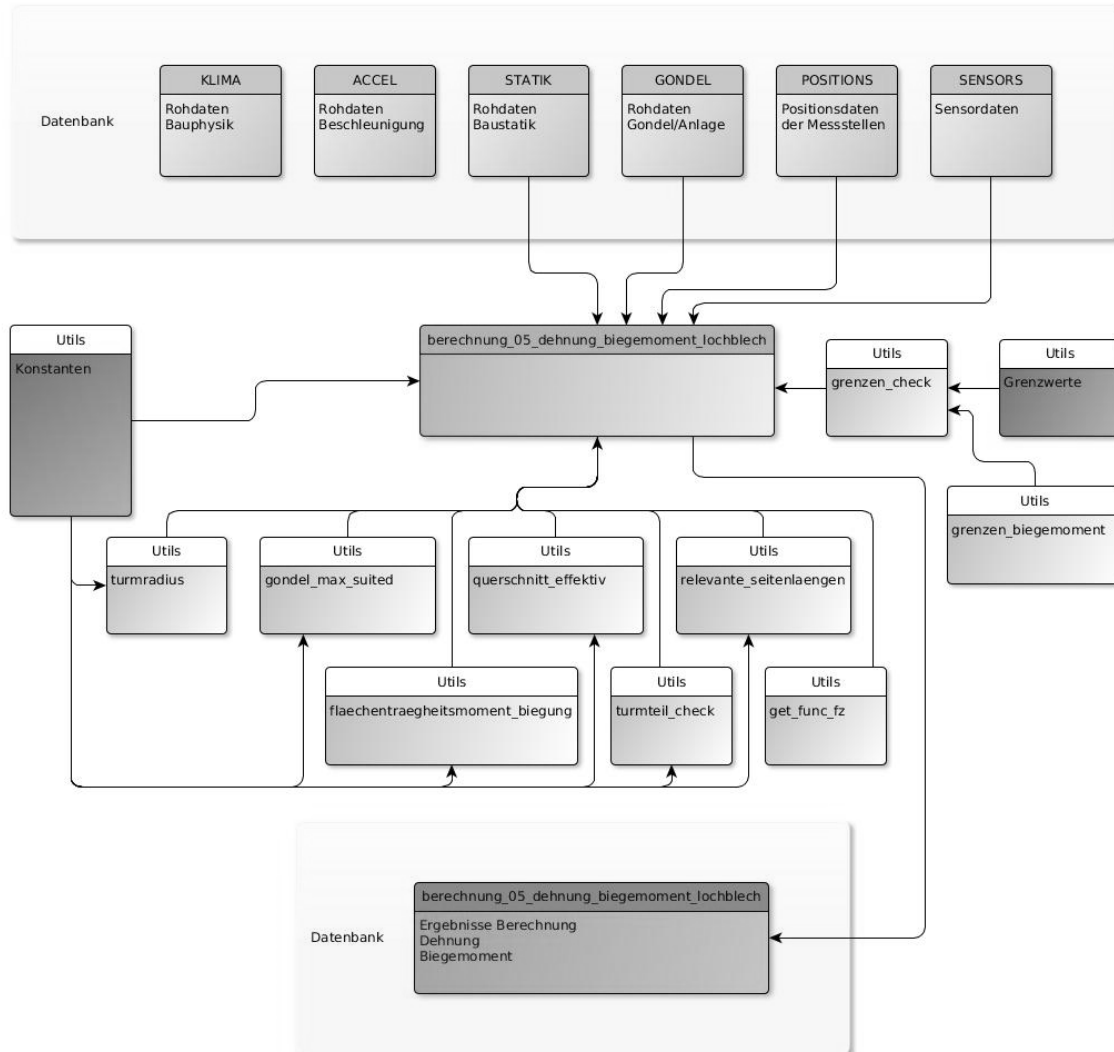


Abbildung 2: Beispielhaftes Ablaufschema der Datenverarbeitung und -auswertung

## 1. Bauphysikalische Größen

### – Holzfeuchte klimatisch

- Art der Messung  
Elektrische Widerstandsmethode mit Brückenschaltung und Temperaturkorrektur
- Messmittel  
Messung mit teilsolierten Gewindestangenpaaren
- Positionierung der Messmittel  
Turmkopf, Turmmitte, Turmfuß jeweils in zwei Messtiefen (Lamelle 2 und 7) und in den vier Haupthimmelsrichtungen. Nah an den Holzfeuchtigkeitsmessungen wird in der 1. und 8. Lamelle die Temperatur mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 2^\circ\text{C}$  bestimmt.
- Intervall der Messdatenaufnahme  
Stündlich

Es ist eine Holzfeuchte zwischen 7-15% angestrebt, dies entspricht der Nutzungs-kategorie 1 (nach Tabelle F3 der DIN 1052:2008-12 5-15%). Ein Anstieg der Holzfeuchte bis 20 % würde der Nutzungskategorie 2 entsprechen. Selbst eine Holzfeuchte zwischen 15 und 20 % würde nicht zum Versagen der Konstruktion führen.

- Minimalwert: 5 %
- Maximalwert: 20 %

– Holzfeuchte schadensbedingt

– Art der Messung

Elektrische Widerstandsmethode mit Brückenschaltung und Temperaturkorrektur

– Messmittel

Messung mit Gewindestangenpaaren

– Positionierung der Messmittel

An jedem Wandelement je zwei Elektrodenpaare knapp unterhalb der Horizontalstöße. Zusätzlich sind je zwei Elektrodenpaare an jedem Wandelement zum Stahladapteranschluss und zum Anschluss an die Fußflansche zum Fundament positioniert. Nah an den Holzfeuchtemessungen wird in der 1. und 8. Lamelle die Temperatur mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 2^\circ\text{C}$  bestimmt.

– Intervall der Messdatenaufnahme

Stündlich

Sollte mit Hilfe der genannten Möglichkeiten eine Beschädigung der Witterungsschutzfolie festgestellt werden, wird diese an den detektierten Stellen repariert. Dies geschieht durch das Aufschweißen eines PVC-Folienbandes über die entsprechende Fehlstelle. Da sich über den Wandquerschnitt eine Ausgleichsholzfeuchte einstellt, ist davon auszugehen, dass im Laufe der Zeit eine in den Holzquerschnitt eingedrungene Feuchtigkeit in Richtung Turminneres ausgeglichen wird.

– Temperatur im Holz

– Art der Messung

Direkte Temperaturmessung

– Messmittel

Digitaler TSIC-Temperatursensor

– Positionierung der Messmittel

Turmkopf, Turmmitte, Turmfuß jeweils in zwei Messtiefen (Lamelle 1 und 8) und in den vier Haupthimmelsrichtungen.

– Intervall der Messdatenaufnahme

Stündlich

50 °C ist die maximal zulässige Temperatur für die Verwendung des Klebstoffes. Zum Schutz der Elektronik ist vom Anlagenhersteller ebenfalls die Temperatur auf max. 50 °C beschränkt.

- Maximalwert: 50°C

– Lufttemperatur/Luftfeuchte

– Art der Messung

Direkte Messung der Luftfeuchtigkeit und -temperatur

– Messmittel

Kombinierter Luftfeuchtigkeits- und Temperatursensor

– Positionierung der Messmittel

Turmkopf, Turmmitte und Turmfuß

– Intervall der Messdatenaufnahme

Stündlich

50 °C ist die maximal zulässige Temperatur für die Verwendung des Klebstoffes. Zum Schutz der Elektronik ist vom Anlagenhersteller ebenfalls die Temperatur auf max. 50 °C beschränkt.

- Maximalwert: 50 °C

Gemäß Eurocode 5 darf die Holzfeuchte einen Wert von 65% nur für einige Wochen im Jahr überschritten werden.

- Baustatische Größen
- Biegemoment
  - Art der Messung  
DMS auf Lochblech, zur Überwachung auf Biegeblech über dem Horizontalstoß
  - Positionierung der Messmittel  
Am Turmfuß, auf 7,5 m und 15 m Höhe
  - Intervall der Messdatenaufnahme  
Messung mit 10 Hz  
Die Grenzwerte für die maximalen Biegemomente betragen:  
 $M_{xy}^{II} = 81.781 \text{ kNm}$  bei einer Höhe von 5,15m  
 $M_{xy}^{II} = 72.571 \text{ kNm}$  bei einer Höhe von 7,5m  
 $M_{xy}^{II} = 63.666 \text{ kNm}$  bei einer Höhe von 15m  
 Gondelposition wird berücksichtigt.
- Torsionsmoment
  - Art der Messung  
DMS an der Innenseite des Stahladapters
  - Positionierung der Messmittel  
Höhe 96,15 m im Stahladapter
  - Intervall der Messdatenaufnahme  
Messung mit 10 Hz  
Der Grenzwert für das maximale Torsionsmoment liegt bei  $M_z = 2960 \text{ kNm}$ .
- Dehnung Lochblech
  - Art der Messung  
DMS auf eingeklebten Lochblechen
  - Positionierung der Messmittel  
Auf Lochblechen in den Ecken der Horizontalstöße auf 7,5 m und 15 m
  - Intervall der Messdatenaufnahme  
Messung mit 10 Hz  
Der Grenzwert für die Zugdehnung ergibt sich aus der maximal zulässigen Spannung des Lochbleches und beträgt:  $\rightarrow$  Grenzwert:  $\epsilon = 0,091 \%$
- Baudynamische Größen
- Eigenfrequenz
  - Art der Messung  
Tägliche Auswertung aller Messwerte zur Erfassung der Eigenfrequenz mittels kontinuierliche Fourier-Transformation.
  - Messmittel  
Dehnmessstreifen auf Lochblechen und Dehnmessstreifen auf Biegeblechen und Beschleunigungssensoren
  - Positionierung der Messmittel  
Dehnmessstreifen im Turmfuß in 4 Himmelsrichtungen, Beschleunigungssensoren in 2 Himmelsrichtungen.
  - Intervall der Messdatenaufnahme  
Messung mit 10 Hz. Tägliche Auswertung für 24 Stunden  
 $\rightarrow$  Grenzwert: min 0,330 Hz max. 0,369 Hz
- Ermüdung
  - Art der Messung  
Tägliche Auswertung aller Messwerte. Extrapolierte, summierte Schädigungen aus ermüdungsrelevanten Schwingspielen/Rainflow
  - Messmittel  
Dehnmessstreifen auf Lochblechen und Dehnmessstreifen auf Biegeblechen auf Höhe 7,5 m und 15 m
  - Positionierung der Messmittel  
Höhe 7,5 m und 15 m in 4 Himmelsrichtungen
  - Intervall der Messdatenaufnahme  
Messung mit 10 Hz. Tägliche Auswertung für 24 Stunden  
 $\rightarrow$  Grenzwert: PMS=0,9



An sechs Stellen im Inneren des Bauwerks ist über dem Verbindungsstoß ein abnehmbarer Probekörper mit einem planmäßigen Lochblech-Stoß befestigt. Diese Probekörper werden nach vorgegebenen Prüfintervalen auf ihre Resttragfähigkeit hin untersucht. Zusätzlich zu den in der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen der Maschine, Rotorblätter und Tragstruktur, die zweijährlich durchzuführen ist, wird der Turm inklusive des Monitoringsystems einer halbjährlichen Sicht- und Funktionsprüfung unterzogen. Hierfür wurde in Abstimmung mit der Baubehörde und dem Gutachter Prof. Sieder eine Checkliste entwickelt, in der die Zustände und aktuellen Ergebnisse des Bauwerksmonitorings festgehalten werden.

## 6. Ausgewählte Ergebnisse des Monitorings

Die sich im Anlagenbetrieb einstellende Luftfeuchtigkeit im Turm ist bis auf «wenige Wochen im Jahr» unter 65% und entspricht somit der Definition der NKL 1. Abbildung 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeit im Turminneren für einen ausgewählten Aufzeichnungszeitraum.

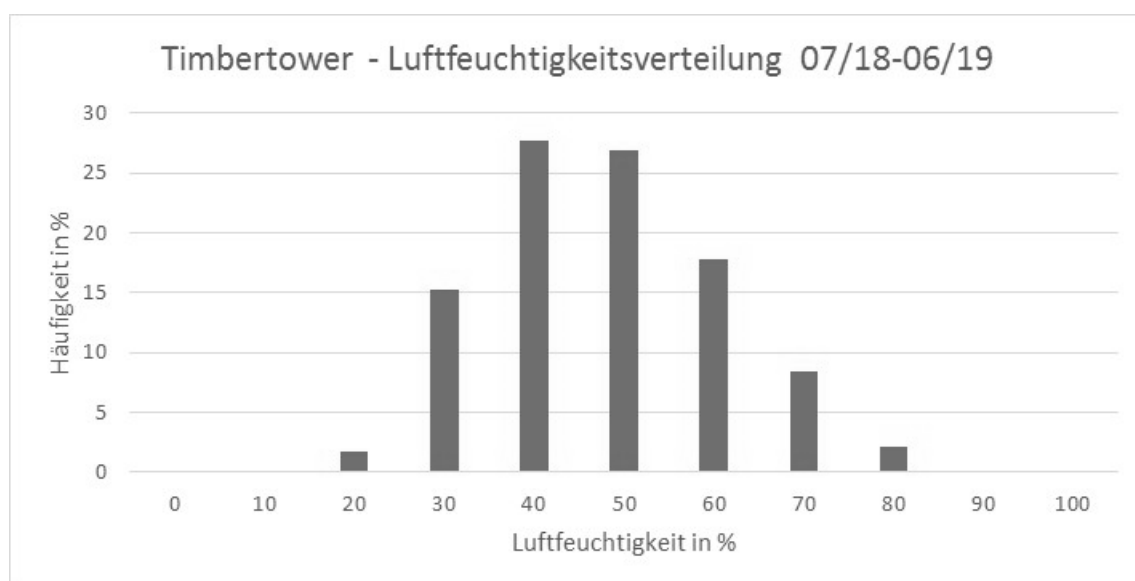


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeit im Turminneren

Seit Beginn des Anlagenbetriebes hat sich die Holzfeuchte so entwickelt, wie es aufgrund der Planung erwartet wurde. Im unteren Bereich des Turmes, in dem sich die elektrische Anlagentechnik befindet, d.h. ca. bis zu einer Höhe von 7,50 m ist das Holz über die Nutzungsdauer heruntergetrocknet – im Mittel ca. 6%. Im oberen Turmbereich, in dem die Außenluft angesaugt wird, sind erwartungsgemäß die höchsten Holzfeuchten zu verzeichnen – im Mittel ca. 12%. Im übrigen Turm befinden sich die Holzfeuchten im Bereich der Einbau-Holzfeuchten von ca. 10%. In Abbildung 4 ist die Häufigkeitsverteilung der aufgetretenen Holzfeuchten in den BSP-Elemente dargestellt. Es ist ersichtlich, dass Holzfeuchten mit der größten Häufigkeitsverteilung in einem Bereich zwischen 6% und 12 % aufgetreten sind.

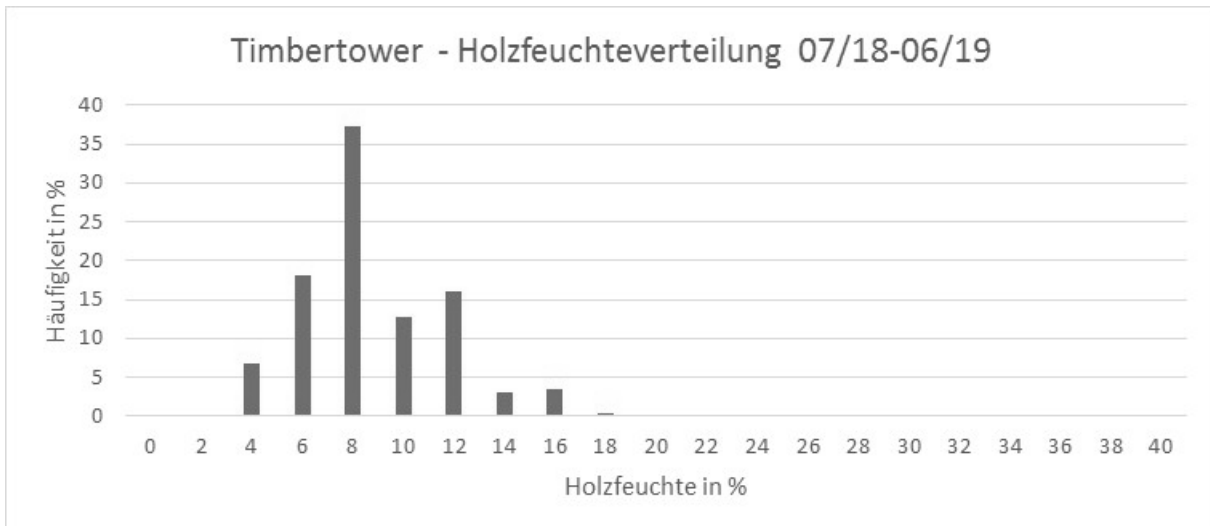


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der Holzfeuchte in den BSP-Elemente

Bei der Untersuchung der Verbindungsmittel im Hinblick auf eine statische Auslastung ist festzustellen, dass die Beanspruchung insgesamt betrachtet im bisherigen Anlagenbetrieb ca. 30% der Beanspruchung aus der Lastrechnung / Statischen Berechnung entspricht. Abbildung 5 zeigt die Häufigkeitsverteilung der aufgezeichneten Biegemomente im Bereich des Turmfußes. Dadurch, dass die Gondel der Windkraftanlage automatisch dem Wind nachgeführt wird, ergibt sich ein Relativwinkel zwischen der jeweils zu betrachtenden Messstelle auf dem Lochblech und der Gondel. Die Messstellen befinden sich nur in bestimmten Positionen der Horizontalstöße zweier Wandelemente – abhängig von der Höhe des Turmes. Um die gemessene Belastung des Lochblechs in die maximale Belastung des Querschnitts auf derselben Turmhöhe überführen zu können, sind die ermittelten Biegemomente aus den Dehnungen der Lochbleche zu faktorisieren (gondelmaximiertes Biegemoment).

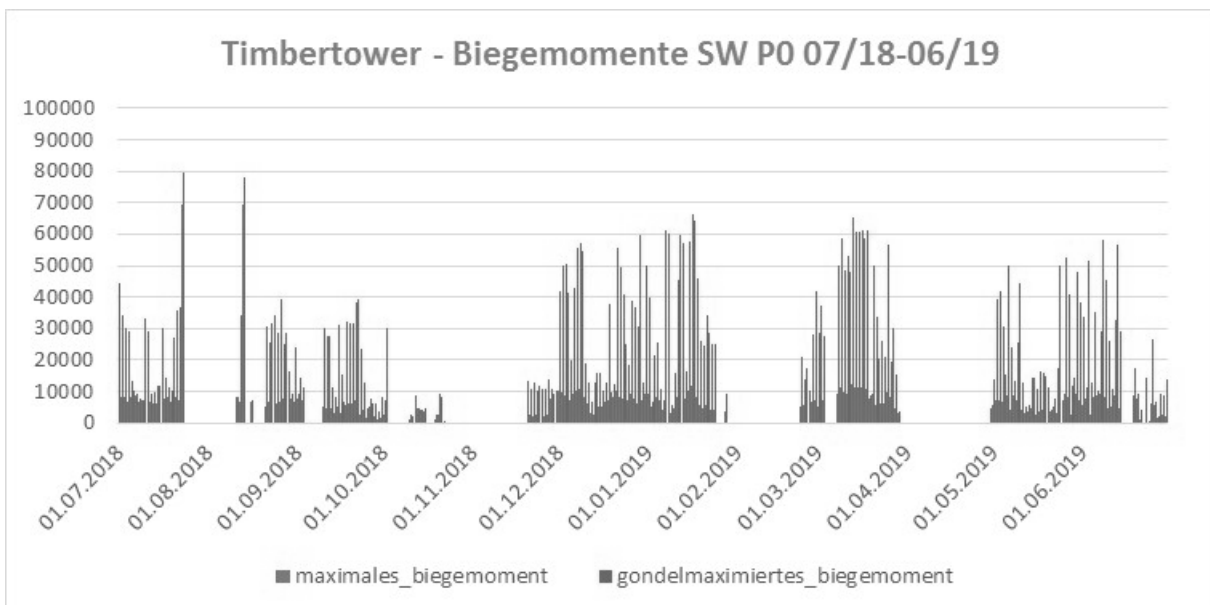


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Biegemomente am Turmfuß

Nach einem Anlagenbetrieb von ca. 7 Jahren beträgt die Ermüdung der Lochblechverbindung ca. 5%. Unter Annahme der bis zum betrachteten Zeitpunkt aufgezeichneten Beanspruchungen wird die Schädigung auf die veranschlagte Betriebsdauer von 20 Jahren hochgerechnet, diese Gesamtschädigung beträgt derzeit ca. 37%.

In Abbildung 6 ist die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Eigenfrequenz des Turmes dargestellt. Wie aus der Verteilung ersichtlich ist, verteilt sich die aufgezeichnete Eigenfrequenz zwischen dem angesetzten Minimal- und Maximalwert der Berechnung zwischen 0,330 Hz max. 0,369 Hz.

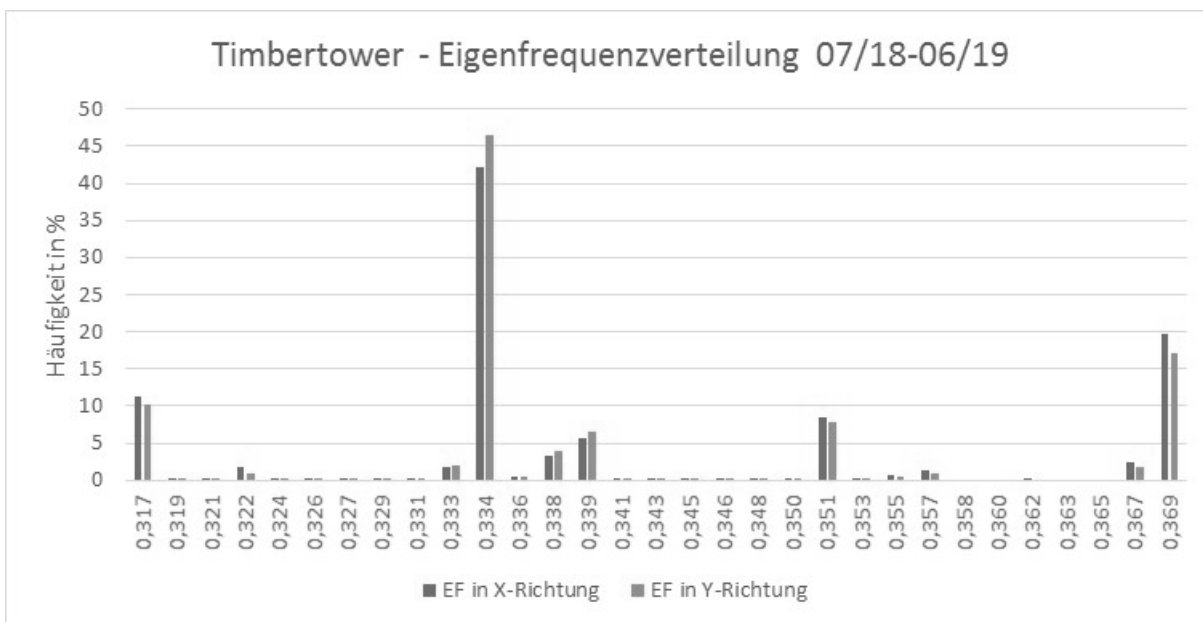


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Eigenfrequenz des Turmes

Die Strukturdämpfung von Holz ist laut gängiger Literatur höher als die von Stahl. Die Ermittlung der Dämpfung der Holzkonstruktion ist komplex, da sie sich aus dem Gesamtsystem der Windkraftanlage aus Gondel, Rotor, Fundament, Boden und dem Material zusammensetzt. Für die Berechnung des logarithmischen Dekrements wurde das Verhältnis vom ersten Maximalausschlag des Zug-DMS nach Not-Stopp der Anlage zum Maximum der Ausschwingkurve nach 30 Schwingungen gebildet. Abbildung 7 zeigt die aufgezeichnete Ausschwingkurve des TimberTowers für den in situ durchgeführten Fall eines Not-Stops der Anlage.

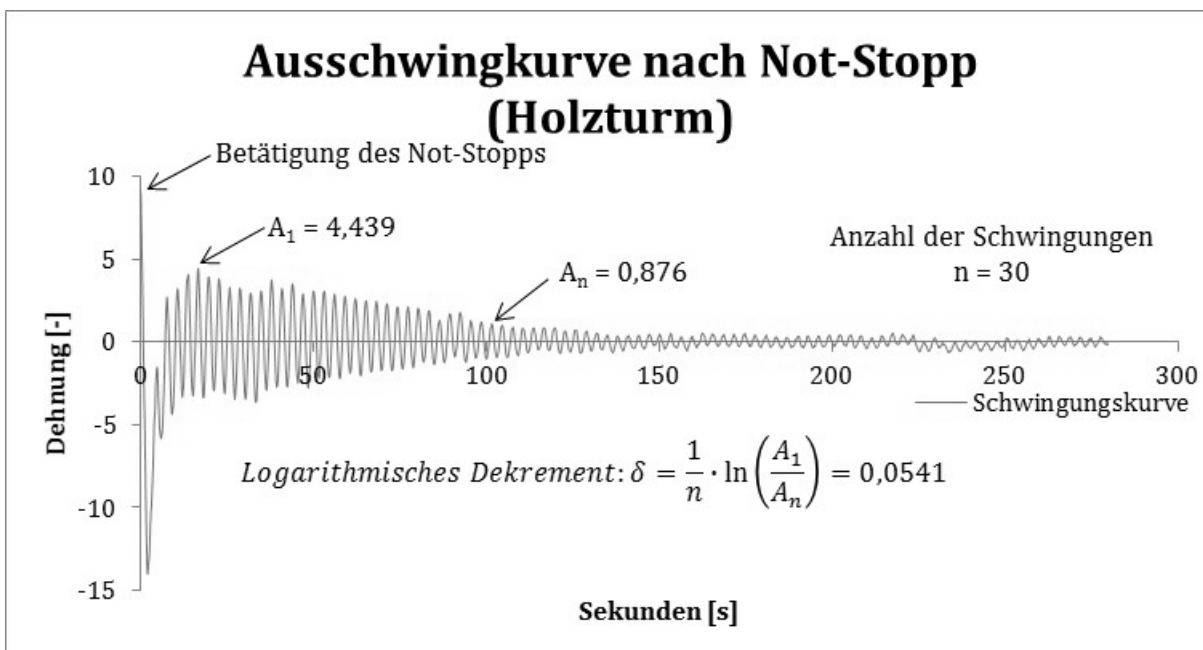


Abbildung 7: Ausschwingkurve des TimberTowers aus einem in situ durchgeführten Not-Stopp der Anlage

Vergleichend dazu ist in Abbildung 8 die aufgezeichnete Ausschwingkurve eines vergleichbaren Stahlturmes mit identischer Anlage (d.h. Anlagentyp ebenfalls Vensys 77, 1.5 MW, Nabenhöhe 100m, ähnliche Fundamentabmessungen) für den in situ durchgeführten Fall eines Not-Stopps der Anlage dargestellt. Es zeigt sich, dass die Dämpfung der Anlage mit Holzturm wesentlich größer als die der Anlage mit Stahlrohrturm ist. Dieser Effekt wurde bei der Auslegung und Lastrechnung des Turms nicht berücksichtigt, so dass auch hier noch ein Einsparpotential bei der Auslegung des Turmquerschnitts aufgrund geringer, anzunehmender Lasten zu erwarten ist.

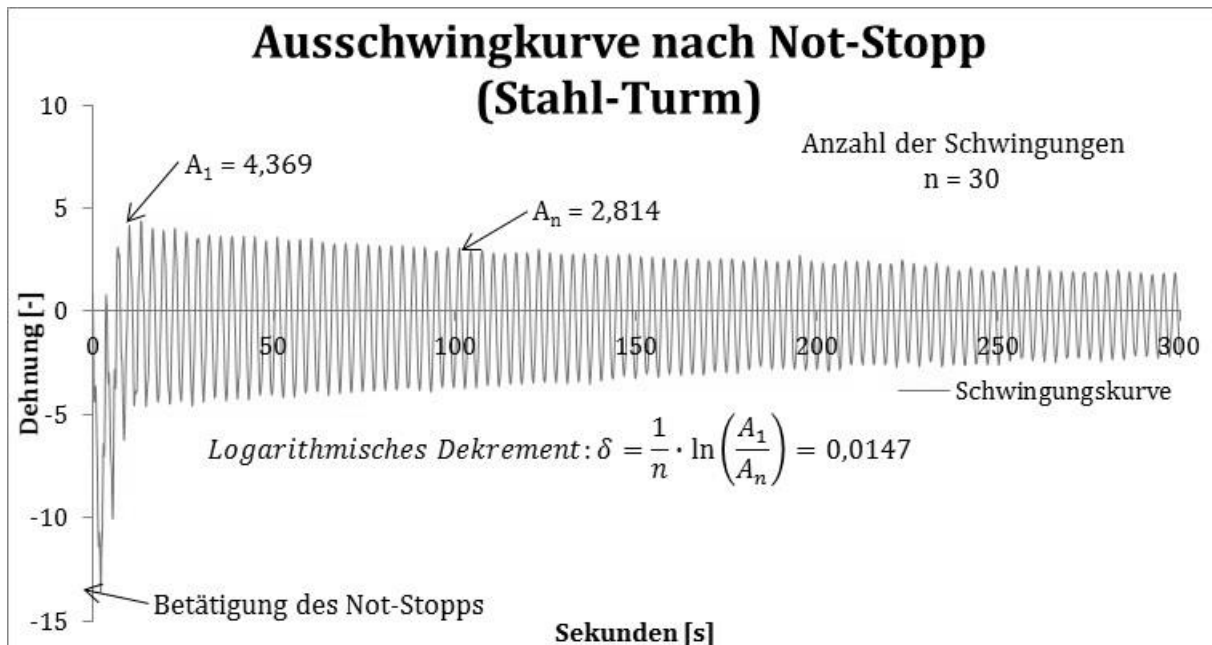


Abbildung 8: Ausschwingkurve eines vergleichbaren Stahlturmes aus einem in situ durchgeführten Not-Stopp der Anlage

Die im Inneren des Turmes über horizontalen Verbindungsstößen angebrachten Probekörper werden nach vorgegebenen Prüfintervallen auf ihre Resttragfähigkeit hin untersucht, PK 1 nach 2 Jahren (12/2014) / PK 2 nach 15 Jahren (12/2027) / PK 3 nach 1 Jahr (12/2013) / PK 4 nach 7 Jahren (12/2019) / PK 5 nach 5 Jahren (12/2017) / PK 6 nach 10 Jahren (12/2022). Unter Zugrundelegung der 3 bisher geprüften Probekörper ergibt sich bei statistischer Auswertung ein Wert der charakteristischen Tragfähigkeit von  $R_k \approx 123,40$  kN. Damit konnten die für die statische Berechnung getroffenen Annahmen im Hinblick auf eine maßgebende charakteristische Zugtragfähigkeit von  $R_k = 118,2$  kN bisher bestätigt werden.

## 7. Resümee aus technischer Sicht

Nach der Montage und den ersten sieben Betriebsjahren lässt sich aus Betriebsführungs-sicht festhalten, dass die WKA mit Holzturm aus technischer Sicht alle an sie gestellten Erwartungen erfüllt hat. Von der Fertigung einzelner Brettsperrholzplatten mit sehr hoher Genauigkeit des CNC-Abbaus bis zur Montage der eingeklebten Lochbleche als Verbindungsmittel der Holzelemente gibt es aus derzeitiger Sicht grundsätzlich keine Bedenken im Hinblick auf die technische Basis für die Umsetzung einer WKA mit Holzturm. Die Abstimmungen mit den Zertifizierungs- und Genehmigungsinstitutionen auf Ingenieurebene waren durchweg leichter zu führen, als die Erfüllung formalrechtlicher Anforderungen für viele unterschiedliche Teilgebiete.

Technische Optimierungspotentiale:

- Bauprodukt Brettsperrholz  
Der Einsatz von Brettsperrholz hat sich durchweg als positiv herausgestellt. Die statisch notwendigen Anforderungen an Festigkeit und Steifigkeit für die gegenständige Anwendung sind grundlegend erfüllt. Bei der Turmauslegung wurde aufgrund der bis dato

fehlenden Zulassung von BSP-Produkten aller Hersteller für dynamische Beanspruchung nicht mit den Festigkeits- und Steifigkeitswerten der Zulassung für BSP sondern mit denen von Bauholz der Festigkeitsklasse C24 gerechnet. Die durchgeführten experimentellen Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten des BSP sowie der Klebe-Verbindungstechnik zeigten durchweg positive Ergebnisse.

Es besteht daher großes Optimierungspotential, das Bauprodukt BSP mit dessen vorliegenden Eigenschaften auch adäquat einzusetzen. Die Wanddicken des Turmes könnten somit deutlich reduziert und der Turm dadurch kostengünstiger umgesetzt werden. Die guten Erfahrungen im Anlagenbetrieb sprechen eindeutig dafür, BSP auch unter Ermüdungsbeanspruchungen einzusetzen.

– Klebe-Verbindungstechnik

Auf Basis vielzähliger Versuche wurde die Tragfähigkeit der eingeklebten Lochbleche unter Ermüdungsbeanspruchungen ermittelt. Diese ist wiederum deutlich höher, als für die rechnerische Auslegung der Verbindungen zugrunde gelegt werden konnte, da Abminderungsfaktoren bzgl. der Tragfähigkeit der Lochbleche für deren Zulassung und die gutachterlichen Stellungnahmen für den Prototypen berücksichtigt werden mussten.

Daher besteht ebenfalls großes Optimierungspotential in Bezug auf die anwendbaren Tragfähigkeitskennwerte des Verbindungsmittels, die bereits in den Versuchen bestätigt wurden.

## 8. Warum ist das Projekt TimberTower ein Prototyp geblieben?

Dadurch, dass bis dato wenig Kenntnisse zum Ermüdungsverhalten von Holz und Holzprodukten vorliegen und keine Zulassungen für das eingesetzte BSP und die Klebe-Verbindungstechnik unter dynamisch Beanspruchung existierten, musste ein langer Zertifizierungs- und Zulassungsprozess durchschritten werden. Das Ergebnis war eine Typenprüfung, die in Verbindung mit einer ZiE nur für den aktuellen Standort des TimberTower umsetzbar war. Obgleich die technische Machbarkeit bestätigt wurde, muss für die Umsetzung eines weiteren Windenergieanlagenprojekt (zumindest für Standorte in Deutschland) erneut eine ZiE für den vorgesehenen Standort beantragt werden. Da dieses Verfahren nicht vereinheitlicht ist, kann der Turm so nicht kosteneffizient umgesetzt werden.

Die aus den Kurzeit- und Dauerschwingversuchen resultierende Tragfähigkeit der Lochblechverbindung wurde für deren bauaufsichtliche Verwendung im Projekt mit entsprechenden Sicherheitsfaktoren belegt. Die sich daraus für die Verwendung im Turm für WKA ergebende hohe Anzahl und größere Abmessungen und demzufolge entstehenden Kosten sind ebenfalls hinderlich.

Da für das Bauprodukt Brettsperholz zwar bauaufsichtliche Zulassungen vorliegen, ein Einsatz bis dato jedoch für ermüdungsbeanspruchte Bauteile baurechtlich nicht möglich war, mussten bei der Auslegung des Bauwerks mit bis dato verfügbaren normativ definierten Materialeigenschaften gerechnet werden. Dies hat einen größeren Querschnitt der eingesetzten BSP-Elemente und damit ebenfalls höhere Kosten zur Folge.

Um die Montage möglichst einfach zu gestalten, wurde der Wandquerschnitt nicht den Belastungen angepasst, sondern über die Höhe des Turmes konstant umgesetzt. Eine Optimierung der Bauteildicke und die Gestaltung der Verbindungsmittel korrespondierend zu den Einwirkungen birgt zusätzliches Einsparpotential.

Das für die Montage vorgesehene Lehrgerüst wurde mit nur sehr geringem Vorfertigungsgrad und ebenfalls mit konstanten Querschnitten der verwendeten KVH- und BSP-Elemente hergestellt. Eine Optimierung der Tragstruktur würde ebenfalls zur Kostenersparnis beitragen.

Das Montagekonzept, der Ablauf und die Logistik auf der Baustelle wirken sich direkt auf die Errichtungskosten der Windkraftanlage aus. Dadurch, dass die Montage durch gutachterlich notwendige Tätigkeiten zur Überwachung der Verklebung unterbrochen wurde, sind die Kosten für die Vorhaltung von Personal und Montagemittel überdurchschnittlich

angestiegen. Das Verfahren zum Einkleben der Lochbleche auf der Baustelle ist reproduzierbar und gut dokumentiert, so dass einer schnellen sukzessiven Montage der Turmkonstruktion nichts im Wege stehen sollte.

Die TimberTower GmbH trat als Entwickler und Vertreiber von Holztürmen für Windkraftanlagen am Markt auf. Letztendlich wird vom «Endkunden» eine errichtete WKA sozusagen «schlüsselfertig» erworben. Das wiederum bedeutet, dass ein Anlagenhersteller den Turm als Großkomponente für die gesamte WKA mit in sein Portfolio aufnehmen sollte, um ein passendes Gesamtpaket anbieten zu können. TimberTower ist kein Hersteller mit eigenen Produktionskapazitäten, sondern würde durch Zukaufen aller Komponenten einen entwickelten Turm vertreiben und errichten. Eine Serienfertigung mit speziell auf den Turmbau ausgerichteter Fertigungskonzept war somit im eigenen Unternehmen ebenso wenig möglich, wie den Großteil der Wertschöpfung im eigenen Unternehmen zu behalten.

# Viehtriebbrücke bei Bernried am Starnberger See

Bernhard Sailer  
Reiser Tragwerksplanung  
München, Deutschland







# Viehtriebbrücke bei Bernried am Starnberger See

## 1. Die Idee

### 1.1. Örtliche Situation

Bei Bernried am Starnberger See liegt, eingebettet in das Eberfinger Drumlinfeld, das Gestüt Gut Unterholz. Das Problem bei der Bewirtschaftung dieses landwirtschaftlichen Betriebes besteht darin, dass die Kreisstraße WM28 die Fläche des Guts mittig zerteilt. Dabei befinden sich die Stallungen auf der einen und die Koppeln auf der anderen Seite der Straße. Folglich war ein Viehtrieb von den Stallungen – über die viel befahrene Straße – zu den Koppeln lediglich unter großem personellen Aufwand möglich.

Dazu kommt, dass der Eigentümer kürzlich den Presse-Pavillon des G7 Gipfels in Elmau erworben hatte, um dessen Bauholz wiederzuverwenden. Schließlich kam die Idee auf, dieses Holz zu nutzen, um eine Viehtriebbrücke über die WM28 zu erbauen.

Da die Brücke also aus Altholz gefertigt werden sollte, war der Planungsansatz bei diesem Projekt grundlegend anders als bei einem herkömmlichen Ingenieurbauwerk. Dies bedeutet, dass die Holzliste vor dem eigentlichen Tragwerksentwurf feststand und diesen maßgeblich beeinflusste.



Abbildung 1: Presse-Pavillon für den G7 Gipfel 2015 in Elmau. Die Aufgabe: Als Zweitverwendung aus diesen demontierten Bauteilen/Hölzern eine Brücke zu konstruieren.

### 1.2. Entwurf

Um die Konstruktionszüge des Pavillons weitgehendst zu übernehmen rückte zunächst eine Dreifeldbrücke in den Fokus der Tragwerksplanung. Dieser Ansatz wurde aber rasch verworfen, aufgrund der Vorgaben des Straßenbauamts bezüglich der Verkehrssicherheit (Anpralllasten, 80 Meter Leitplankensysteme je Richtung etc.).

Nach einer umfassenden Variantenstudie fiel die Wahl final auf einen 24 Meter freispannenden Einfeldträger.

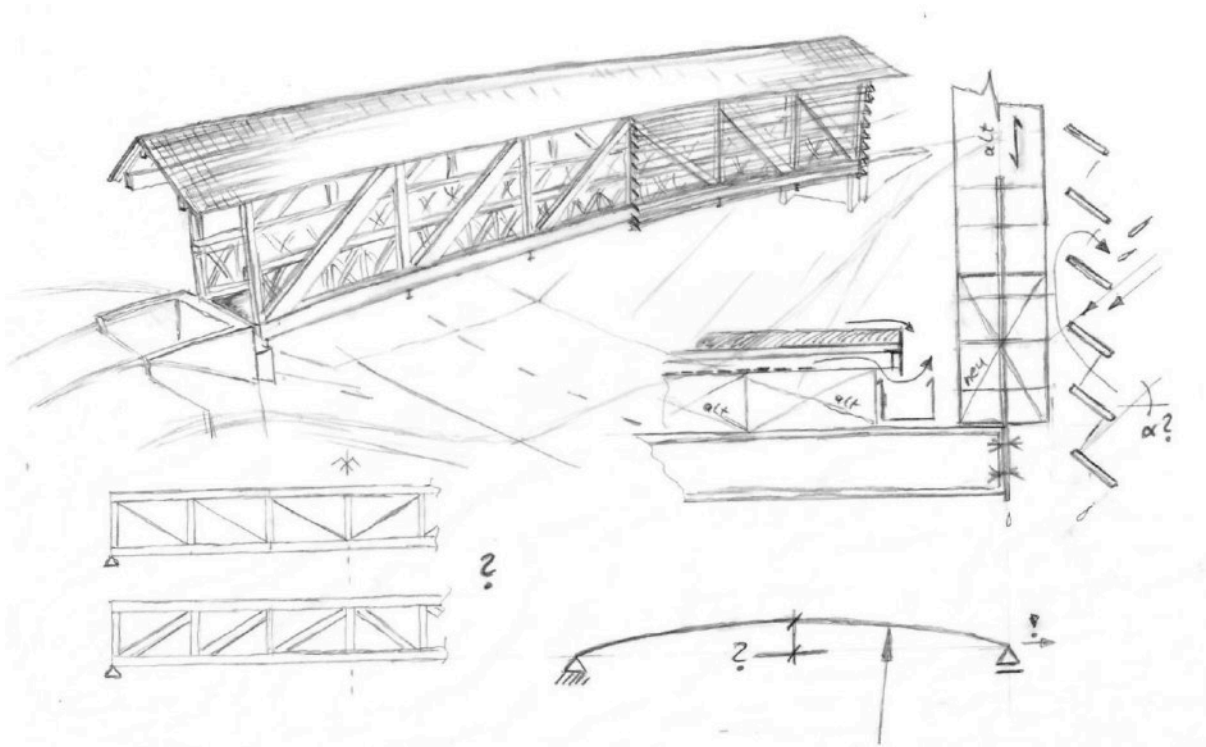


Abbildung 2: Systemfindung – Variantenskizze

Zusätzlich zu den üblichen Anforderungen musste auf eine artgerechte Konstruktionsweise (Viehbrücke) geachtet werden. Beispielsweise floss der Wendekreis eines geführten Pferdes ebenso in die Planung mit ein, wie die optimale Brustriegelhöhe für Pferdestallungen oder der nötige Haftreibbeiwert des Belages.

Spannweite	24,0 m
Außenmaße b/h	4,90 m / 4,16 m (ohne Vordach)
Lichte Innenmaße b/h	2,86 m / 3,15 m
Brüstungshöhe	1,45 m

Für den gewissen Schwung wurde zur berechneten Überhöhung noch ein kleiner Stich ( $l/120$ ) hinzugefügt.

## 2. Konstruktion

### 2.1. Bemessung / Statik

Lastannahmen:

- Nutzlast für Großviehställe bzw. Fußgängerbrücken
- Schnee SLZ II, 640m (NN),  $s_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$
- von Fußgängern angeregte Schwingungen wurden berücksichtigt. Die Frage, welche Schwingungen ein einzelnes Pferd oder gar eine Rinderherde anregt, ist nicht abschließend geklärt. Statische Reserven für einen Dämpfer sind einkalkuliert.
- der Lichtraum von  $\geq 6,0\text{m}$  Höhe erlaubt eine Konstruktion ohne Anpralllasten

### 2.2. Statisches System

Die über 24 m spannende Brücke ist als überdachte Fachwerkbrücke ausgeführt. Das Haupttragwerk bilden zwei Fachwerkträger, die aus überhöhten Ober- und Untergurten, Stützen und Druckstreben bestehen. Die einzelnen Stäbe aus Brettschichtholz sind über Schlitzbleche und Stabdübel miteinander verbunden.

Die Tragschicht aus flachen Brettschichtholzträgern ruht auf zwischen den Hauptträgern quergespannten Jochen. Diese Stahljoche wirken in Verbindung mit den biegesteif angeschlossenen Geländerpfosten queraussteifend. Ein horizontaler Fachwerksverband unter dem Belag leitet die Horizontalkräfte in die beiden Stahlbetonwiderlager.



Abbildung 3: Statisches System – Fachwerkträger ausgesteift über biegesteife «U-Rahmen» aus Stahl und horizontalen Verband unter der Tragschicht

- Dachstuhl klassisch, mit Holzschindeln, von innen sichtbar
- Unter- und Obergurt      22/40 cm, GL28c
- Pfosten                      22/22 cm, GL28c
- Streben                      22/44-36-22 cm, GL 28c
- Tragschicht                16 cm, GL24h
- Querjoch                    HEB 200, S235
- Diagonalen                16/16 cm, GL24h

### 2.3. Knotenausbildung

Die einzelnen Fachwerkstäbe sind mit Schlitzblechen und Stabdübeln verbunden.

Die rechtwinklig zur Faserrichtung eingedrehte Quersugbewehrung aus Vollgewindeschrauben verhindert das Spalten. Dies ermöglicht eine deutliche Reduzierung der erforderlichen Stabdübel:  $n = n_{ef}$ .

Die ausziehfesten Verbindungsmittel zur Verhinderung der Verkrümmung sind ebenfalls mit verstöpselten Vollgewindeschrauben ausgeführt. Somit konnten trotz konzentrierter Lasteinleitung optisch ansprechende Anschlüsse kreiert werden.

Eine einfach zu montierende Schraubenverbindung fügt die Querjoche und die Schlitzbleche.

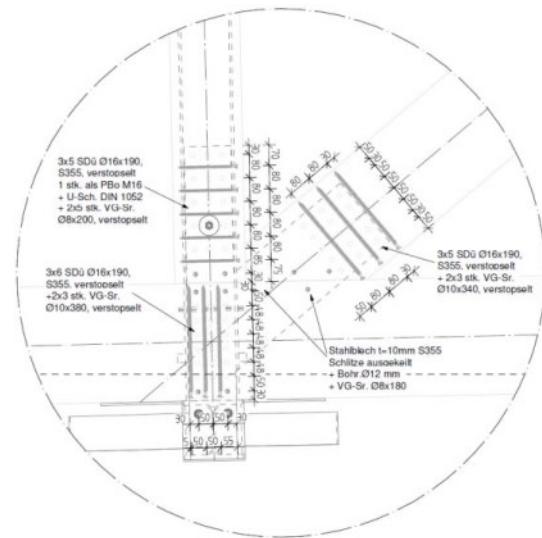
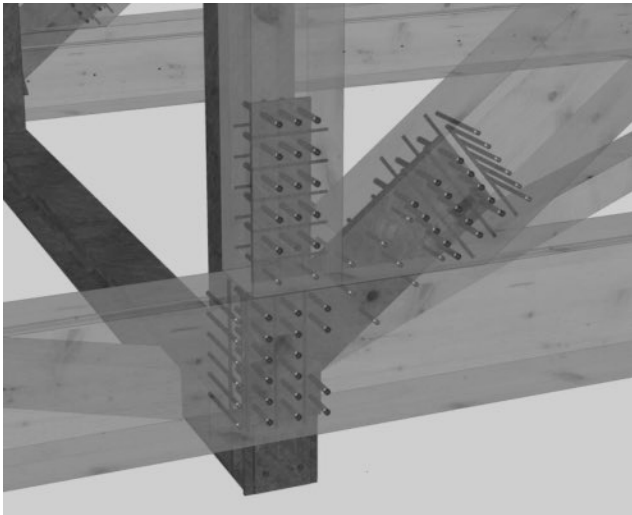


Abbildung 4: Auszug Werkplanung – sämtliche Stabdübelbilder sind, mit einer «Spaltbewehrung» nach NCI zu 8.6, mit Vollgewindeschrauben verstärkt  $\rightarrow n = n_{ef}$ . Die ausziehfesten Verbindungsmittel wurden nach NA.8.1.6 ebenfalls mit Vollgewindeschrauben ausgeführt. (Quelle: Grossman-Holzleimbau)

## 2.4. Konstruktiver Holzschutz

Konstruktiver Holzschutz ist fundamental für die Langlebigkeit von Holzbrücken. In diesem Zusammenhang ist ein schlüssiges Konzept zu entwickeln, das konsequent umzusetzen ist. Aus diesem Grund haben wir versucht jeden Wassertropfen, der auf irgendeine Art und Weise die Brücke berühren könnte, zu berücksichtigen.

Da uns die Anforderungen an geschützte Bauteile/NKL II der DIN EN 1992-2/NA «Schlagregen» (30° von der Lotrechten) wegen der exponierten Lage der Brücke nicht ausreichend erschien, ist der konstruktive Holzschutz in einem Winkel von 65° zur Lotrechten ausgeführt.

Die 30°-Regel der Norm ist generell neu zu überdenken.



Abbildung 5: Fassadenschalung aus Lärche – Schlagregenneigung 65°



Abbildung 6: Um einen möglichen Feuchteübertrag zu verhindern, sind die Fassadenelemente nur punktuell und mit Abstand an den Fachwerkträgern befestigt.

Alle tragenden Bauteile sind vor direkter Bewitterung geschützt (NKL II). Die bewitterten Bauteile sind aus Lärche gefertigt, hinterlüftet und austauschbar. Im Bereich der Auflager sind alle Holzbauteile durch hinterlüftete Bleche geschützt. Um mögliches Spritzwasser zu vermeiden befinden sich am Widerlager punktuelle Auflagerkonsolen anstelle von klassischen Auflagerbänken. Dadurch wird in diesem Bereich ein für die Dauerhaftigkeit enorm wichtiger «Raum» geschaffen, der luftig ist und Schmutzablagerungen verhindert.



Abbildung 7: Widerlager ohne klassische «Schmutzecken»

Der Bodenaufbau ist wie bei einer nicht überdachten Brücke «dicht» ausgeführt. Hier werden die Belag-Träger mit einer doppelten, voneinander unabhängigen, hinterlüfteten Abdichtungsebene geschützt. Die Entwässerung des Gussasphaltbelages erfolgt definiert über beidseitig verlaufende Rinnen.

Die Tauwasserbildung an der Brückenunterseite, die von unterschiedlichen Oberflächentemperaturen ausgelöst werden kann, ist keine Gefahr, da kein Fließgewässer, sondern eine Straße überspannt wird.

Die Brücke ist während ihrer gesamten Lebenszeit zu beobachten, um bei Bedarf nachbessern zu können.

Zusammenfassend ist der konstruktive Holzschutz im Holzbrückenbau einer der wichtigsten Punkte für eine gute Konstruktion.

### 3. Fertigung

#### 3.1. Vorfertigung

Die Hauptträger wurden im Werk in Rosenheim vorgefertigt und komplett montiert.



Abbildung 8: Zusammenfügen der einzelnen Stäbe mit Schlitzblech, Stabdübel und Vollgewindeschrauben



Abbildung 9: Vorfertigung der Fachwerkträger im Werk in Rosenheim

(Quelle: Grossman-Holzleimbau)

Mit Polizeischutz wurden die fertigen Fachwerkträger, mit einer Länge von 27,20 Meter und einer Höhe (Breite) von 4,05 Meter, liegend von Rosenheim bis zur Baustelle transportiert.

#### 3.2. Montage

Das Aufrichten der Brücke, das Montieren der Fassade und das Schindeln des Daches erfolgte unter optimalen Bedingungen auf dem Vorplatz der Brücke.



Abbildung 10: Montage auf dem Vorplatz

Die Hauptträger wurden über die aussteifenden Stahl-U-Rahmen zusammengefügt und anschließend ausgerichtet. Das Dach konnte klassisch aufgerichtet, der Belag und der darunterliegende, horizontale Verband sukzessive eingebaut werden.

Bereits nach dem ersten Tag war die Hauptkonstruktion fertig montiert.



Abbildung 11: Hauptträger – über die Querjoche miteinander verbunden

Neben der Fassade und den Schindelarbeiten am Dach wurden auch alle nötigen Spenglerarbeiten ausgeführt.

Im Dach befinden sich lediglich vier kleine Montageöffnungen – für das Anhängen an den bereits dafür vorgesehenen, verlängerten Schlitzblechen.



Abbildung 12: fertig vormontierte Brücke

### 3.3. Einheben

Die fertig montierte Brücke mit einem Gesamtgewicht von 31 t (ohne Gussasphalt) wurde an den vier dafür vorgesehenen Anschlagpunkten mit einem, auf der Straße platzierten Mobilkran eingehoben.



Abbildung 13: ohne Worte...

Um ein präzises Sitzen der Lager zu gewährleisten wurde das gesamte Lager (inklusive der Gleitlager und der später im Widerlager eingelassenen Einbauteile) an der Brücke vormontiert. Somit waren Maßtoleranzen zwischen den Lagerschalen absolut ausgeschlossen.

Eingegossener, hochfester Vergussmörtel bildet den Verbund zwischen Einbauteil und Betonköcher.



Abbildung 14: Positionierung der Brücke. Einsenken der Einbauteile in die (im Widerlager vorgesehenen) Köcher Abhängen...fertig...Richtfest!



## 4. Unterhalt

- jährliche Brückenuntersuchung nach DIN 1076/RI-ERH-ING
- einfaches Reinigen möglich, Auskehren der Knotenpunkte, Ausspülen der Rinne, alles ist zugänglich, keine Schmutzecken
- tragende Konstruktion an allen Stellen einsichtig; Feuchtemessungen an allen Stäben möglich (gemessene Holzfeuchte bei der ersten Jahresuntersuchung <14%, keine sichtbaren Wasserspuren)
- mittels anschraubbarer Konsolen, an vorhandenem Schraubanschluss, an den Widerlagern, ist ein Anheben der Brücke z.B. zum Wechseln der Lager problemlos möglich
- die komplette Fassade ist elementweise austauschbar



Abbildung 15: Innenansicht «Lichtspiel», Belag aus Gussasphalt



Abbildung 16: einfach schön...

## 5. Projektbeteiligte

Einer ist keiner.

...viel Herzblut, Hirnschmalz und Schweiß...ein super Team.

Bauherr	Bernried Gestüt GmbH & Co. KG
Entwurf und Tragwerksplanung	Reiser Tragwerksplanung, München <a href="http://www.tragwerksplanung-reiser.de">www.tragwerksplanung-reiser.de</a>
Koordination Eingabepplanung	Michal Wissnet, Tutzing
Prüfung	Dr.-Ing. Bernhard Behringer, München
Holzbau + Massivbau	Grossmann Bau GmbH & Co.KG, Rosenheim
Montage	Grossmann Bau GmbH & Co.KG, Rosenheim Zimmerei Sollerspöck, Bruckmühl
Erdbau	Georg Schuster, Wielenbach

Danke!



Abbildung 17: Brücke nach dem ersten Jahr

# Gletschersandbrücke: Brettschichtholz und Ultra-Hochleistungs-Faserbeton

Marc-André Berchtold  
Emch+Berger AG  
Bern, Schweiz



Armin Hemmi  
Emch+Berger AG  
Bern, Schweiz



Dr. Guido Lauber  
Emch+Berger AG  
Bern, Schweiz





# Gletschersandbrücke

## Zusammenfassung

Die durch Hochwasser zerstörten Vorgängerbauwerke im Gletschersand (Grindelwald, Schweiz) wurden durch die schweizweit erste Holz-UHFB-Verbundbaubrücke ersetzt. Die Konstruktion ist 40 m lang und führt als Teil eines Hauptwanderweges in eleganter Bogenform über die schwarze Lütschine. Im «Baukasten-Prinzip» und durch Anwendung von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) wurde das Projekt im Sommer 2018 erfolgreich abgeschlossen.

Die Verwendung von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton in Verbindung mit Brettschichtholzträgern brachte zahlreiche Vorteile mit sich. Der innovative UHFB überzeugt nicht nur durch seine mechanischen Eigenschaften, sondern ist zudem wasserundurchlässig und übernimmt daher neben der statischen Funktion auch die Brückenabdichtung.

## 1. Ausgangslage

Die Einwohnergemeinde Grindelwald plante das seit 2011 stehende, hochwassergefährdete Provisorium über die Schwarze Lütschine im Gletschersand (s. Abb. 1 und 2) durch eine neue Brücke zu ersetzen. Das Provisorium war weder durch wasserbauliche Massnahmen geschützt, noch auf einem stabilen Widerlager gegründet.

Die Gemeinde wünschte sich als beliebte Tourismusdestination ein attraktives und innovatives Ersatzbauwerk aus heimischen Materialien, welches zum überwiegenden Teil von lokalen Unternehmungen erstellt werden konnte.

Die Emch+Berger AG nahm diese Herausforderung an und erhielt von der Gemeinde den Gesamtauftrag für Konzeptentwicklung, Planung, Bemessung und Bauleitung. Nach dem Studium der lokalen Gegebenheiten und der historischen Vorgängerbauwerke, konnten der Gemeinde Grindelwald erste Brückenentwürfe präsentiert werden.



Abbildung 1: Projektstandort in Grindelwald, CH



Abbildung 2: Zu ersetzendes Brückenprovisorium

## 2. Konzept und Strategie

Im Rahmen des Vorprojektes wurden diverse Varianten studiert. Die Holzverbund-Brücke überzeugte aufgrund der optischen Anlehnung an die historischen Bogenformen (Attraktivität) und durch die Verwendung von Holz (heimisches Baumaterial). Innovativ wurde das Brückenprojekt durch den Miteinbezug von Ultra-Hochleistungs-Faserbeton. Schweizweit wurde dieser für eine Brücke im Verbund mit Holz erstmalig verwendet.

Der UHFB überzeugt in diesem Projekt sowohl durch seine mechanischen (Druckfestigkeit  $f_{Uck} \geq 120$  MPa; elastische Grenzzugspannung  $f_{Utek} \geq 7$  MPa [1]) als auch durch seine physikalischen Eigenschaften (wasserundurchlässig im elastischen Bereich). Die Strategie bestand darin, den innovativen Baustoff im Verbund mit dem Holz zur statischen Optimierung zu verwenden. Der UHFB sollte zudem als befahrbare Oberfläche zugleich auch die Abdichtung und damit den Witterungsschutz des Holzunterbaus übernehmen.

Um die Aufrichtzeit der Brücke im alpinen Gelände möglichst kurz zu halten, setzte man durch Vorfertigung diverser Bauteile auf das «Baukasten-Prinzip». Die pfahlfundierten Widerlager wurden deshalb im Herbst vorbereitet, damit die eigentliche Brückenplatte nach der Schnee- und Lawinensaison im Frühjahr rasch aufgerichtet und noch vor der Wanderzeit fertiggestellt und ins Wanderwegnetz integriert werden konnte.

### 3. Umsetzung und Ergebnis

Die Pfahlfundation inklusive Betonwiderlager wurde im Herbst 2017 erstellt. Im Winter konnten die 3 Brettschichtholz-Bogenträger mit je 2 Aufschieblingen (s. Abb. 3) vorgefertigt und mit den Schubverbindern versehen werden. Zudem wurden in der Winterzeit die Holzschalungselemente (12 Stück) sowie der seitliche Witterungsschutz produziert (s. Abb. 4). Vor Ort wurde der Witterungsschutz als vorgefertigter Holzrost an die äusseren Träger montiert und die so vorbereiteten Bauteile mit dem mobilen Kran direkt in die vorgesehenen Auflager positioniert. Anschliessend erfolgte die Montage der Holzschalungselemente auf die 3 Träger. Der Metallbauer befestigte danach den verzinkten Stahlrand mit dem integrierten Geländer direkt an den Schalungselementen. Damit konnten die Betonabschalung und die Absturzsicherheit gewährleistet werden, ohne ein aufwendiges Baugerüst über den Wildbach erstellen zu müssen (s. Abb. 5). Sogleich wurde der UHFB eingebracht.

#### 3.1. Holzbauteile

Der Holzunterbau besteht aus drei 25 m langen GL 24c Brettschichtholzträgern (60 cm x 30 cm) mit je 2 Aufschieblingen (40 cm x 30 cm). Die Träger mit einer Lamellenstärke von 4 cm sind auf einer Breite von 30 cm blockverleimt. Die Oberfläche wurde grundiert und mit einem Endanstrich versehen. Der vorgefertigte Holzrost wurde der Linienführung der Brücke angepasst. Er besteht aus Rhomboid förmigen Lamellen (C24) und schützt den Unterbau seitlich vor der Witterung. Die Fahrbahnplatte aus UHFB (wasserundurchlässig) übernimmt dabei den Witterungsschutz von oben. Die Holzschalungselemente wurden aus 4 cm starken Nut- und Kambrettern hergestellt und vor Ort auf die Längsträger montiert.



Abbildung 3: Holzunterbau



Abbildung 4: Seitliche Holzrostelemente

#### 3.2. Ultra-Hochleistungs-Faserbeton

Die Tragwerkstruktur von Holzbrücken wird häufig durch eine Überdachung oder mit aufwendigen Fahrbahnabdichtungen vor Nässe geschützt. Da sich die Gletschersandbrücke im hochalpinen Gelände befindet und in der näheren Umgebung regelmässig gewaltige Staublawinen niedergehen, musste eine Lösung mit einer möglichst geringen seitlichen Angriffsfläche gefunden werden. Eine Überdachung wurde deshalb verworfen und man fand mit der Verbundkonstruktion eine Möglichkeit, um die Brücke möglichst schlank zu halten.

Der Oberbau war ursprünglich mit Ortbeton oder Betonfertigelementen in Kombination mit einer herkömmlichen Abdichtung (PBD/Walzasphalt) geplant. Ortbeton oder vorgefertigte Betonelemente erwiesen sich für die Fussgängerbrücke aber einerseits als zu aufwändig, zu schwer und andererseits als zu teuer. Zudem ist ein Walzasphaltaufbau in der

Konstellation der vorgesehenen Bogenform technisch etwas schwierig einzubringen und auch leicht fragwürdig hinsichtlich «Wanderwegoptik». Deshalb erarbeitete man schrittweise weitere Varianten.

Vor allem im Querschnittaufbau der Fahrbahnplatte und im Verbund mit den Holzträgern bestand Optimierungspotential. Vermehrt wurde dann im Projektteam auch der innovative Ultra-Hochleistungs-Faserbeton zum Thema, mangels Erfahrungen mit diesem (noch) ungewohnten Baumaterial überwog zu Beginn eine allgemein skeptische Haltung.

Der UHFB zeichnete sich aber rasch als eine elegante Lösung für die Gletschersandbrücke ab, da er durch Verbund statisch mitwirkt, durch seine Wasserundurchlässigkeit die Abdichtung und den Witterungsschutz des Holzunterbaus übernimmt und zudem in beeindruckend geringer Schichtstärke gehalten werden kann. Von den Vorteilen des UHFB konnte man anschliessend auch den Bauherrn überzeugen. Er erklärte sich bereit, den neuartigen Baustoff UHFB im Verbund mit BSH als Schweizer Premiere ins Projekt zu integrieren.



Abbildung 5: Vorgefertigte Schalungselemente und eingeleimte Schubverbinder

Um die UHFB Menge möglichst gering zu halten, wurde der Querschnitt zwischen den Trägern zudem mit längslaufendem «Füllholz» belegt (s. Abb. 6). Auf diese Weise konnten Materialverbrauch und Ökobilanz weiter optimiert werden. In die auf drei Seiten hin dichte Unter- und Randkonstruktion wurde nach einem zusätzlichen Armierungseinbau der UHFB direkt hineingegossen. Insgesamt wurden ca. 10 m<sup>3</sup> UHFB verbaut.

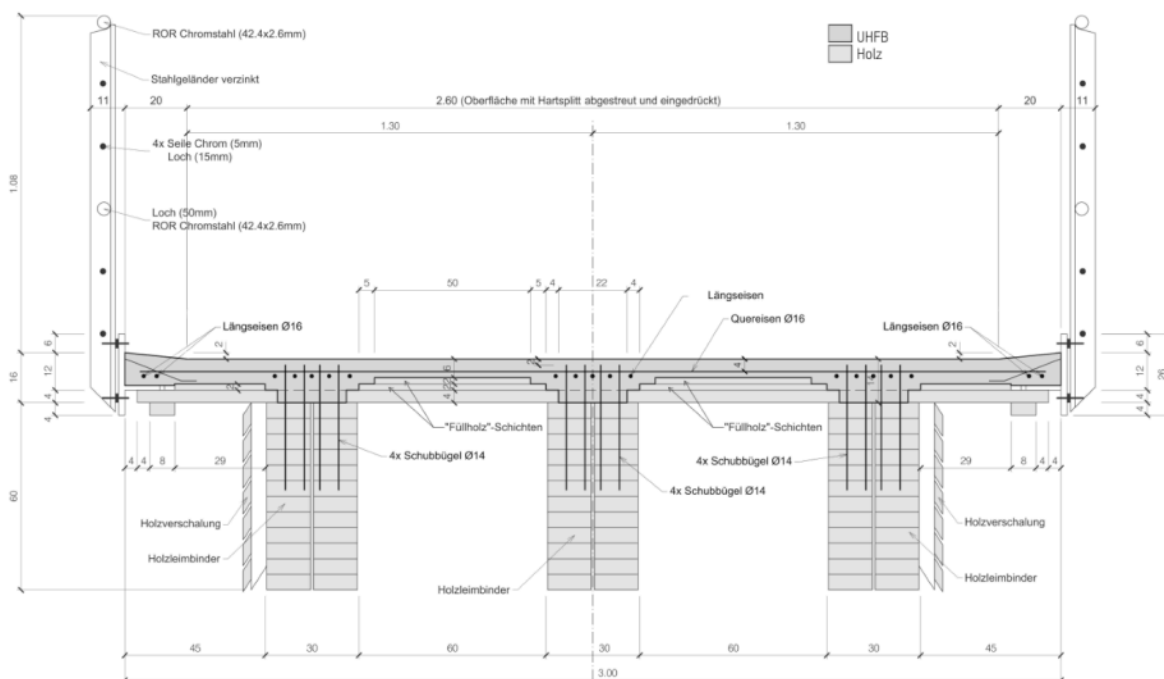


Abbildung 6: UHFB optimierter Querschnitt mit 2 cm resp. 2 x 2 cm dicken "Füllholz"-Schichten [2]

### 3.3. Schubverbindung

Die Schubverbindung verankert das BSH mit dem UHFB damit beide Baustoffe statisch zusammenwirken. Die Verbindung wird durch Stahl-Gewindestangen gewährleistet, die mit Epoxidharz in das Brettschichtholz eingeklebt wurden (GSA®-Technologie von der Firma «neue Holzbau» AG [3]). Die Bohrung und Verklebung der 14 mm-Gewindestangen wurden aufgrund der geringen Masstoleranzen (Überdeckung) im Holzwerk und nicht auf der Baustelle ausgeführt. Im Schnitt wurde ca. alle 60 cm eine Schubverbindung eingebaut. Eine Schubverbindung besteht dabei aus 4 Bügeln sowie einem Quereisen, um zusammen mit der Kerbe eine steife Verbundwirkung zu erreichen (s. Abb. 7).



Abbildung 7: Schubverbinder mit Bewehrung



Abbildung 8: Splitt-Einstreuung in UHFB Schlämme

### 3.4. Oberfläche

Die rutschfeste und befahrbare Oberfläche wird durch eine Splitt-Schicht gebildet, welche direkt in den UHFB eingestreut wurde (s. Abb. 8). So konnte optisch ein fließender Übergang vom Wanderweg auf die Brücke geschaffen werden. Dadurch und durch die moderne Umsetzung historischer Bogenformen integriert sich die Brücke ideal in die eindruckliche Berglandschaft.

Zu Aufbau und Gestaltung einer rutschfesten Oberfläche wurden eigens Versuche durchgeführt. Man entschied sich, auf ein Zwei-Schichtenprinzip zurückzugreifen. Dabei brachte man auf den erhärteten UHFB eine zweite, ca. 5 mm starke, faserlose UHFB-Schlämme auf, in welche das Splitt-Kies direkt eingepresst wurde.

In den Vorversuchen zeigte das Einstreuen einer 4-8 mm Splitt-Kies-Schicht optisch (Übergang zum Wanderweg) die besten Ergebnisse. In diesem Zusammenhang passte die Unternehmung die UHFB-Schlämme an die spezifischen Gegebenheiten an. Diese durfte auf Grund des Gefälles nicht zu dünnflüssig sein und musste eine genügende Haftung erzeugen. Mit der gefundenen Mischung wurden anschliessend Testplatten erstellt, welche bezüglich mechanischer Beanspruchung und bezüglich Zughaftung (Schichtenverbund/Splitt einbettung) getestet wurden. Die Versuche waren zufriedenstellend und entsprachen den Projektanforderungen.

Tabelle 1: Eckdaten und Projektbeteiligte Gletschersandbrücke

<b>Kategorie:</b>	Fussgängerbrücke	<b>Auftraggeber:</b>	Gemeinde Grindelwald
<b>Spannweite Hetzer:</b>	25.40 m	<b>Planerbüro:</b>	Emch+Berger AG Bern
<b>Brückenlänge:</b>	40.00 m	<b>Externe Beratung:</b>	Prof. Eugen Brühwiler, EPFL
<b>Breite:</b>	3.00 m	<b>Geotechnik:</b>	Geotechnisches Institut AG
<b>UHFB:</b>	ahadur (KIBAG)	<b>Bauunternehmer:</b>	Christian Zumbrunn, Hoch & Tiefbau
<b>BSH:</b>	GL24c (Schweiz)	Widerlager	Ghelma Spezialtiefbau AG
		Bohrpfähle	Brawand Zimmerei / neue Holzbau AG
		Holzbau	Bhend Metallbau
		Metallbau	Implenia Schweiz AG
<b>Termine:</b>	Projektierung: 2015 bis 2017	UHFB	
	Ausführung: 2017 bis 2018		



## 4. Fazit und Ausblick

Obwohl es anfangs schwierig war, den noch teilweise unbekanntem Baustoff UHFB ins Projekt einfließen zu lassen, überwiegen schlussendlich die Vorteile der statischen Mitwirkung und der passenden Oberfläche, welche zugleich als Brückenabdichtung dient.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich der Baustoff UHFB im Verbund mit den BSH-Trägern bei der Gletschersandbrücke als gelungene Kombination herausstellt, die einen innovativen mit einem heimischen Baustoff gewinnbringend verbindet.

Der UHFB bietet v.a. im Bereich der offenen Holzbrücken neue Möglichkeiten in Bezug auf die Fahrbahn resp. Oberflächenabdichtung. Im Gegensatz zu herkömmlichen Beton-Holz-Verbundbrücken kann man aufgrund der besseren mechanischen Eigenschaften des UHFB viel Material einsparen und auf eine zusätzliche Abdichtung verzichten.



Abbildung 9: Gletschersandbrücke

## 5. Danksagung

Bedanken möchten wir uns vor allem bei den Behördenvertretern und der Bauverwaltung der Gemeinde Grindelwald, die uns das Vertrauen geschenkt haben, mit ihnen zusammen dieses elegante und innovative Projekt auszuführen. Ebenfalls ein grosser Dank gilt Professor Brühwiler Eugen, der uns mit seinem Fachwissen beratend zur Seite stand und uns jederzeit unterstützte. Zudem bedanken wir uns für die gute Zusammenarbeit bei allen Projektbeteiligten, ohne deren Denkanstösse und Engagement dieses Projekt nicht hätte entstehen können.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Merkblatt SIA 2052:2016- Ultra-Hochleistungs-Faserbeton (UHFB) - Baustoffe, Bemessung und Ausführung, Zürich 2016
- [2] Emch+Berger AG Bern, Technischer Bericht Gletschersandbrücke, Bern 2018
- [3] Neue Holzbau AG, GSA-Technologie, <https://neueholzbau.ch/produkte/gsa-technologie>, Lungern 2018



# Die Grünbrücke bei Thyrow – Planung und Ausführung

Prof. Volker Schiermeyer  
Prüfingenieur für Baustatik

Fachhochschule Bielefeld, Campus Minden  
Bielefeld / Minden, Deutschland

Ingenieurbüro HSW-Ingenieure  
Bad Oeynhausen, Deutschland





# Die Grünbrücke bei Thyrow – Planung und Ausführung

Anmerkung: Der folgende Text wurde bereits weitgehend in der Zeitschrift «Konstruktiver Ingenieurbau – Heft 06/2019» veröffentlicht und jetzt lediglich durch Anmerkungen zur Abdichtung und Entwässerung (Kapitel 2.2) ergänzt sowie redaktionell überarbeitet.

## 1. Allgemeines

Grünbrücken, auch als Wildüberführung bezeichnet, dienen den vorkommenden Tierarten zur sicheren Querung größerer Straßen. Bei dem hier vorgestellten Bauwerk handelt es sich um eine Grünbrücke über die Bundesstraße B101 alt und B101 n.

Die Grünbrücke in der Nähe von Thyrow ist mittlerweile die fünfte Grünbrücke in Holzbauweise. Drei Grünbrücken sind schon länger fertiggestellt und seit Jahren im Betrieb (bei Wilmshagen in 2004, bei Wiesenhagen in 2012, bei Nettersheim in 2014), zwei sind in diesem Jahr errichtet (auf Rügen und bei Thyrow) und vor kurzem für den Verkehr freigegeben.

Gegenüber den anderen Grünbrücken weist das hier vorgestellte Bauwerk allerdings die Besonderheit auf, dass der Entwurf zwei parallele Bogentragwerke vorsieht.

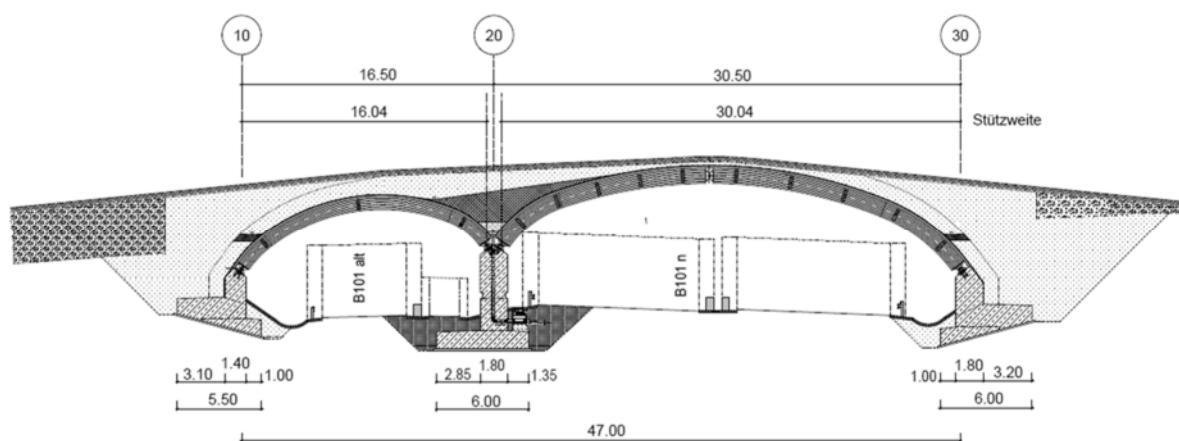


Abbildung 1: Längsschnitt der Grünbrücke Thyrow

## 2. Das Tragsystem

Das Tragwerk aus Bogenbindern in Holzbauweise ist in zwei Bogenzüge eingeteilt. Je ein Bogenzug verläuft über die Bundesstraße B101 alt (Achse 10 bis 20) bzw. über die Bundesstraße B101 n (Achse 20 bis 30). Diese tragenden Elemente des Überbaus werden in den Achsen 10 und 30 auf Widerlagern und in Achse 20 auf einen durchgehenden Mittelpfeiler aufgelegt. Das gesamte Bauwerk erhält auf der Oberseite eine Abdichtung und wird vollflächig mit einer Erdüberschüttung in unterschiedlicher Höhe überdeckt.

Um einen harmonischen Übergang im Gelände zu erreichen, werden die Einfahrbereiche der Bundesstraßen mit geneigten Portalbereichen ausgeführt.

Die Oberfläche wird zur Eingliederung in die vorhandene Flora mit Gräsern und niedrigen Gehölzen und Buschwerk bepflanzt. Um Beeinträchtigungen durch den vorhandenen Straßenverkehr beim Wildwechsel zu reduzieren, erhält die Grünbrücke beidseitig eine ca. 2,0 m hohe Irritationsschutzwand, deren Höhe in den angrenzenden Bereichen wieder kontinuierlich zurückgenommen wird.

## 2.1. Das Primärtragwerk aus Holz

Das Primärtragwerk besteht aus gebogenen Brett-schicht(BS)-Holz-Trägern mit einem oberseitigen, aussteifenden «Belag» aus Brettsperrholz(BSP)-Platten. Es kommt zwischen den Achsen 10 bis 20 bzw. 20 bis 30 eine Bogenform mit drei unterschiedlichen Radien in Form eines Korbbogens zur Ausführung. Die Einzelspannweiten betragen 16,50 m zwischen Achse 10 und 20 sowie 30,50 m zwischen den Achsen 20 und 30. Unter Berücksichtigung des Versatzes der Einzelsysteme am Mittelaufleger ergibt sich somit eine Brückenlänge von etwa 47 m.

Durch die geneigten Einfahr- bzw. Portalbereiche trägt die Brückenbreite an den Widerlagern in Achse 10 bzw. 30 etwa 64 m. Im Scheitel der Bögen ergibt sich eine Breite von etwa 53 m.

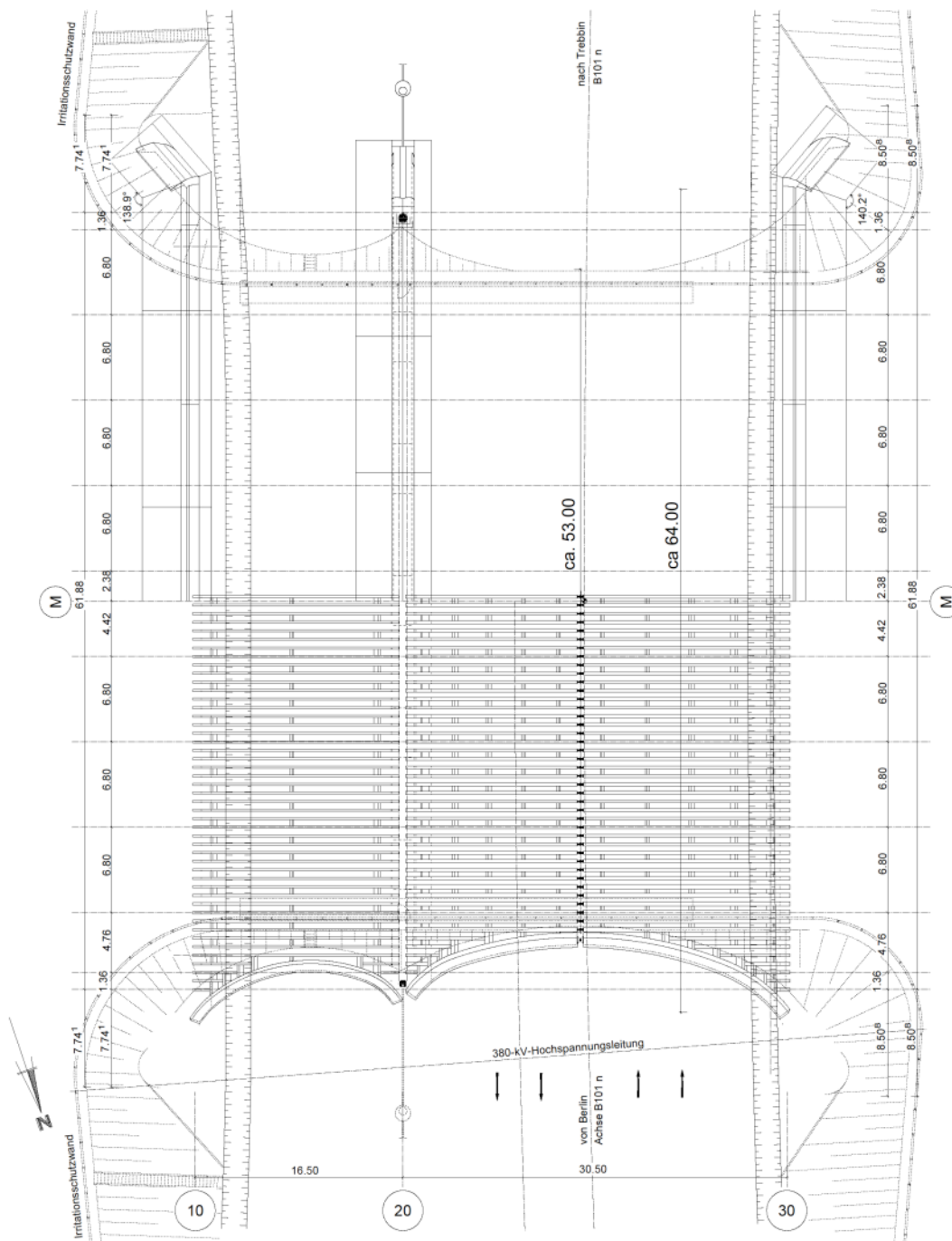


Abbildung 2: Grundriss der Grünbrücke Thyrow

Im Bereich zwischen den Achsen 10 und 20 werden die Bogenbinder mit Abmessungen von  $b/h = 18/80$  cm und zwischen den Achsen 20 und 30 mit Abmessungen von  $b/h = 24/100$  cm ausgeführt. Ihr Abstand beträgt einheitlich 68 cm. Im Bereich der Irritationsschutzwände werden aufgrund der größeren Lasten bei gleichem Abstand breitere Querschnitte eingesetzt ( $b/h = 22/80$  cm bzw.  $b/h = 36/100$  cm), die zwischen den Achsen 20 und 30 als blockverklebte Querschnitte ausgeführt werden.

Aus fertigungs- und transporttechnischen sowie aus statischen Gründen bestehen die Bogenbinder zwischen den Achsen 20 und 30 aus zwei Teilen. Stahlgelenke verbinden diese im Scheitelpunkt. Auch die Fußpunkte der Bogenbinder schließen beidseitig über Stahlgelenke an den Widerlagern an. Verschiebungs- oder Gleitlager sind nicht vorgesehen.

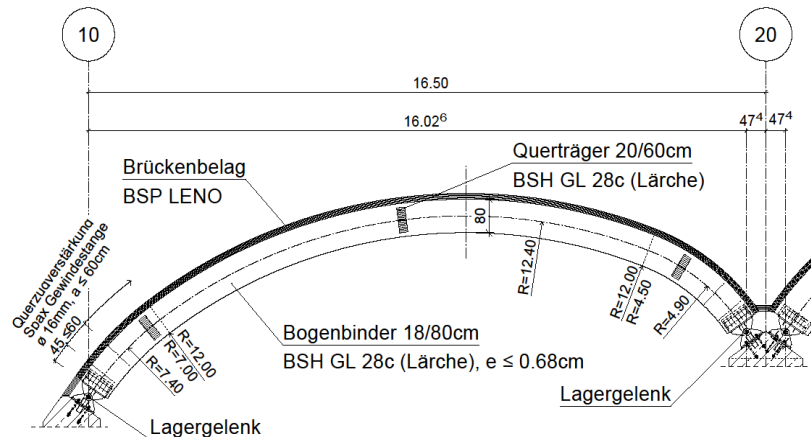


Abbildung 3.1: Querschnittsdarstellung der Bogenbinder zwischen Achse 10 und Achse 20

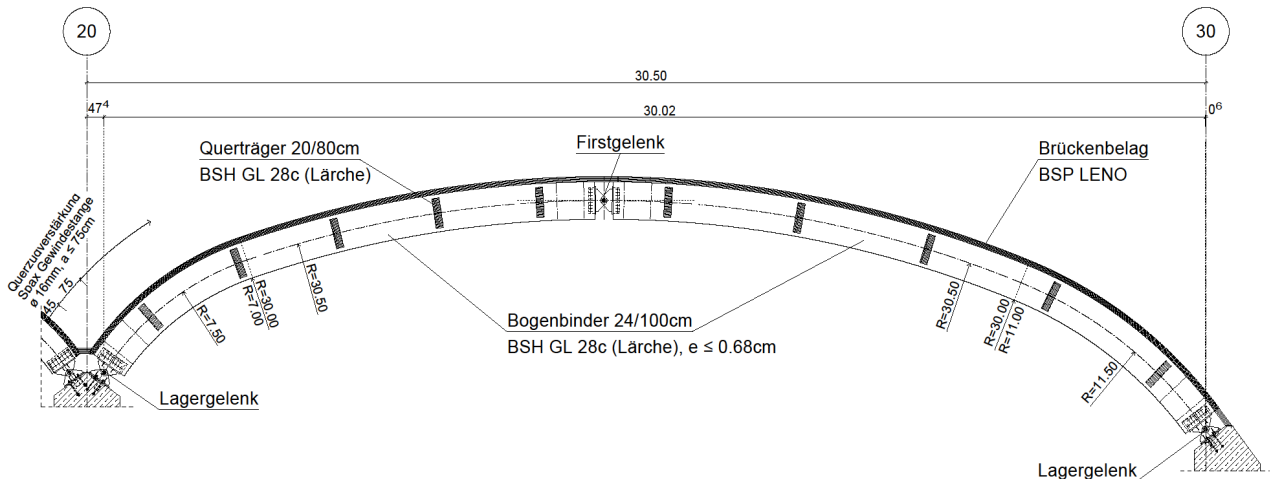


Abbildung 3.2: Querschnittsdarstellung der Bogenbinder zwischen Achse 20 und Achse 30



Abbildung 4.1: Firstgelenk zwischen Achse 20 und Achse 30

Abbildung 4.2: Auflagerpunkte Achse 20 – rechter Bereich unmittelbar nach Montage der Konstruktion mit aufgelegter Notdichtung



In den Einfahrbereichen der Grünbrücke werden geneigte Portalbögen mit den Querschnittsbreiten  $b = 20$  cm (Achse 10 bis 20) bzw.  $b = 28$  cm (zwischen Achse 20 und 30) eingebaut. Die Querschnittshöhe ergibt sich aus der Beanspruchung und aus den geometrischen Randbedingungen, z.B. den Höhen der jeweiligen Bogenbinder. Hieraus ergibt sich eine hyperbelartige Bogenform der Portalbögen. Die im Portalbereich einschiftenden und damit nicht durchlaufenden Bogenbinder werden jeweils über Wechsel an den Portalbogen bzw. den ersten durchlaufenden Bogenbinder angeschlossen. Diese Wechsel haben Querschnitte von  $b/h = 20/80$  cm bis zu  $b/h = 36/100$  cm und werden über Stahlteile angeschlossen.





Abbildung 5: Schifterbereiche zwischen Achse 20 und Achse 30

Alle stabförmigen Holzbauteile werden aus BS-Holz der Festigkeitsklasse GL 28 c ausgeführt. Für den Portalbalken, der als Abschluss der BSP-Holz-Platte dient, wird eine Festigkeitsklasse GL 24 h gewählt. Die einzelnen Lamellen haben je nach Krümmung unterschiedliche Dicken (20-30 mm) und bestehen aus Lärchenkernholz. Die gebogenen Holzbauteile erhalten eine Quersicherung aus eingeschraubten Gewindestangen mit einem Durchmesser von  $d = 16$  mm.

Auf den gekrümmten BS-Holz-Trägern werden BSP-Platten mit einer Dicke von 140 mm als «Brückenbelag» aufgelegt. Sie dienen einerseits als oberer Abschluss der Bogenkonstruktion und damit der Einleitung der Beanspruchungen aus der Überschüttung in selbige, andererseits dienen sie der Stabilisierung der Bogentragwerke. Dabei variieren Aufbau und Form der BSP-Platten: In Bereichen mit großen Krümmungen werden sie beispielsweise als gekrümmte Elemente gefertigt. In wenig gekrümmten Bereichen (Firstbereiche der Bögen) dagegen werden eben gefertigte BSP-Platten eingesetzt und über Verschraubungen in die notwendige Form «gebogen». Daraus entstehende Spannungszustände sind in der Bemessung erfasst.

Die gesamte Holzkonstruktion wird durch die oberseitige Abdichtung bzw. einer entsprechenden Verschalung in den Portalbereichen vor direkter Bewitterung geschützt und kann daher in die Nutzungsklasse 2 eingestuft werden. Im Bereich der Portalbogenverschalung sind Revisionsklappen zur Bauteilprüfung vorgesehen.

## 2.2. Abdichtung und Entwässerung

Die BSP-Platten erhalten als Schutz vor Feuchtigkeit einen Abdichtungsaufbau aus Elastomer-Bitumenschweißbahnen. Diesen mehrlagigen Aufbau ergänzen mehrere Trenn- und Schutzlagen, eine Wurzelschutzbahn, eine Drainagebahn sowie ein Nagetierschutz- und Geogitter. In der Summe ergibt sich ein zehnlageriger Aufbau.

Ein mehrlageriger Lasuranstrich für die vorhandene Gebrauchsklasse GK 3.1 nach DIN 68800 schützt die eigentliche Holzkonstruktion. Als Verschalung der direkt bewitterten Portalbögen dient widerstandsfähiges, acetyliertes Holz (Accoya), das zudem einen Anstrich erhält.

Die Form der parallel angeordneten Bogentragwerke erfordert eine besondere Lösung bei der Brückenentwässerung. So hat man den Bereich zwischen den Bögen mit Bodenmaterial verfüllt, das für Wasser schwer durchlässig ist. Gleichzeitig sorgen hier die oberseitige Gefälleausbildung und eine Drainageleitung dafür, dass evtl. Sickerwasser frühzeitig abgeführt werden kann. Im Sickerbereich über dem Mittelpfeiler wird das restliche anfallende Sickerwasser über einen Kiesfilter und ein Mehrzweckrohr abgeführt. Zum Ableiten von

Stauwasser, das im Fall von Undichtigkeiten der Abdichtung anfällt, sind in regelmäßigen Abständen Tropfüllen angeordnet. Zum frühzeitigen Erkennen von Undichtigkeiten wird ein Feuchtemonitoring eingesetzt.

### 2.3. Die Gründungsbauteile

Stahlbetonwiderlager dienen in Achse 10 und 30 als Unterbauten. Aufgrund der großen horizontalen Lasten aus dem Überbau werden die Gründungssohlen in Brückenlängsrichtung mit einer Neigung von 15 Grad gegenüber der Horizontalen ausgeführt. Die Widerlagerwände sind 1,40 m breit (Achse 10) bzw. 1,80 m (Achse 30). Die Auflagerbänke werden entsprechend den anzuschließenden Bogenbindern geneigt ausgeführt.

Der Unterbau in Achse 20 wird durch einen durchlaufenden Mittelpfeiler mit unterseitigem, ausmittigem Fundament und waagrecht verlaufender Gründungssohle gebildet. Die Breite des Mittelpfeilers variiert bereichsweise und beträgt in den Regelbereichen 1,80 m. Am Mittelpfeilerkopf verlaufen ebenfalls geneigte Auflagerbänke. Fensterartige, elliptische Öffnungen nehmen die Bogenform optisch auch in Brückenquerrichtung auf.

Die einzelnen Unterbauten in den Achsen 10, 20 und 30 werden in Brückenquerrichtung durch Bauwerksfugen bzw. die Widerlagerwände zusätzlich noch durch Schwindfugen unterteilt. Einzelne Blöcke werden aufgrund der Längsneigung der Bundesstraße gegeneinander abgetrepppt ausgeführt.



Abbildung 6: Ansicht Mittelpfeiler

## 3. Tragwerksplanung

### 3.1. Grundlagen für die Bemessung

Wie schon erwähnt, kann das Bauwerk aufgrund des oberseitigen Schutzes in die Nutzungsklasse 2 eingeordnet werden.

Für die Holzbauteile liegt damit gemäß DIN EN 1995-1-1 eine maximale Holzfeuchte von 20 % vor. Unterhalb dieses Grenzwertes besteht i.d.R. kein Risiko für Pilzbefall.

Nachweise zum konstruktiven Brandschutz sind auftragsgemäß nicht zu führen.

### 3.2. Einwirkungen

Neben den «normalen» Beanspruchungen aus Eigengewicht, Gewicht der Überschüttung und Verkehrslasten werden auch Temperatur- und Feuchteänderungen erfasst.

Windbeanspruchungen auf die Irritationsschutzwände und über Reibung entlang der Tragkonstruktion eingetragene Horizontalkräfte werden in Querrichtung der Grünbrücke bei der Dimensionierung der aussteifenden BSP-Scheibe berücksichtigt.

Anpralllasten aus Fahrzeuganprall auf die Bogentragwerke werden auftragsgemäß nicht angesetzt. Es ist allerdings zu überprüfen, dass der Ausfall eines Bogenbinders nicht zum Gesamtversagen der Konstruktion führt.

### 3.3. Materialien

Die verwendeten Materialien sind in der nachfolgenden Auflistung aufgeführt:

Holzbauteile:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| – Bogenbinder, Wechsel etc. | BS-Holz GL 28 c<br>nach DIN EN 14080          |
| – Portalbalken              | BS-Holz GL 24 h<br>nach DIN EN 14080          |
| – «Brückenbelag»            | BSP «LENO» nach Z-9.1-501 bzw.<br>ETA-10/0241 |

Beton und Betonstahl:

- |                         |              |
|-------------------------|--------------|
| – Unterbauten, Gründung | Beton C30/37 |
| – Sauberkeitsschichten  | Beton C12/15 |
| – Stabstahlbewehrung    | B500B        |

Baustahl:

- |                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| – Stahleinbauteile, Bogengelenke | S355 J2 |
|----------------------------------|---------|

Verbindungsmittel:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| – Stahlbauanschlüsse Geländer            | Festigkeit 70, Edelstahl A4, 1.4404 |
| – Holzbauanschlüsse (Passbolzen)         | Festigkeit 70, Edelstahl A4, 1.4404 |
| – Holzbauanschlüsse (Stabdübel)          | S235, Edelstahl A4, 1.4404          |
| – Querszugverstärkungen der Holzbauteile | galvanisch verzinkt                 |

Für die Verbindungsmittel ist ergänzend zu erwähnen, dass selbstbohrende Schrauben in der Ausführung in Edelstahl A2, Werkstoff-Nr. 1.4567, zum Einsatz kommen.

#### **Materialeinsatz**

Für die Gründungsbauteile:

- ca. 2900 m<sup>3</sup> Beton
- ca. 530 t Stabstahl

Für das Primärtragwerk aus Holz:

- ca. 1000 m<sup>3</sup> BS-Holz GL 28 c
- ca. 3200 m<sup>2</sup> bzw. 450 m<sup>3</sup> BSP
- ca. 150 t Stahleinbauteile

Die Vorfertigung der Bauteile des Primärtragwerks hat ca. 25 Kalenderwochen in Anspruch genommen.

### 3.4. Bemessung

Die Bestimmung der Schnittgrößen wird an einem 3D-Modell (Abbildung 7) vorgenommen, um auftretende Effekte wie die Wechselwirkung aus Beanspruchung, Nachgiebigkeit der Lagerung und Imperfektionen auch nach Theorie 2. Ordnung möglichst realitätsnah abbilden zu können.

Die erforderliche Abminderung der Steifigkeiten der Holzbauteile zur Erfassung des «Kriechens» der druckbeanspruchten Bauteile konnte hierdurch ebenfalls erfasst werden.

Wie bereits erwähnt, werden alle Holzbauteile in der Nutzungsklasse 2 nachgewiesen. Das Bauwerk wird insgesamt für die Schadensfolgeklasse CC2 bemessen.

Maßgebend für die Bemessung der Holzbauteile ist die Einwirkungskombination «ständig» (nur Beanspruchung aus Eigenlasten und Erdüberschüttung), da hier die kleinsten  $k_{mod}$ -Werte und damit die kleinsten Festigkeitswerte angesetzt werden müssen.

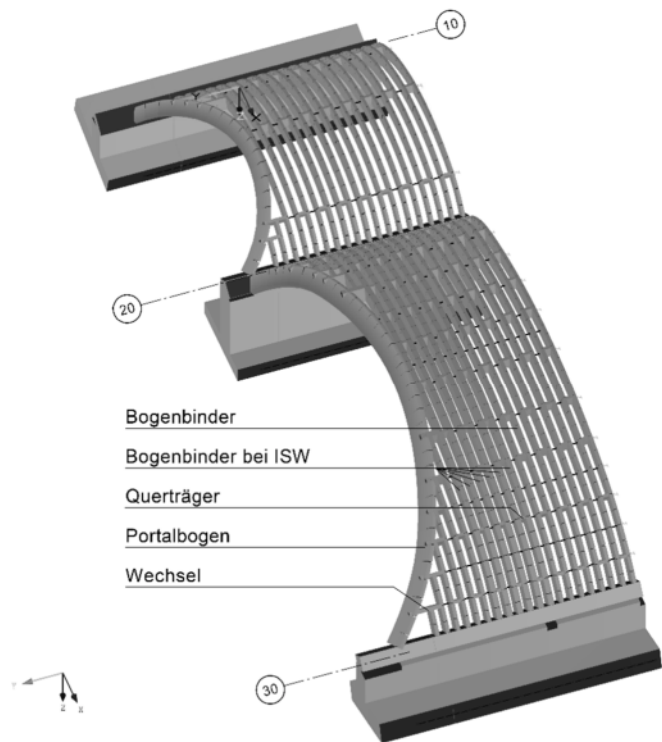


Abbildung 7: 3D-Modell für die Bemessung (Ausschnitt)

Für die Bemessung der Stahlbauteile und der Gründungskörper sind die Lastkombinationen aus der Gesamtlast, d.h. mit Wind und Verkehrslasten, für die Bemessung maßgebend.

Die Anordnung von Zwischenunterstützungen während der Montage (Bauzustände), die Arbeitsschritte bzw. das Vorgehen beim Anfüllen der zu überschüttenden Bereiche und die Größe der Geräte zum Anfüllen und Verdichten sollten so definiert werden, dass der eigentliche Endzustand für die Bemessung des Tragwerks maßgebend ist. Hierdurch soll eine Überdimensionierung der Konstruktion durch temporäre Lastzustände vermieden werden.

Von dieser Vorgehensweise musste bei der Auslegung der Widerlager mit geneigter Gründungsfläche beim Einbringen der Hinterfüllung im Bauzustand zum Zeitpunkt ohne aufgelegte Holzkonstruktion und damit ohne Druckbeanspruchung aus den Bogenbindern abgewichen werden, siehe Abbildung 8.

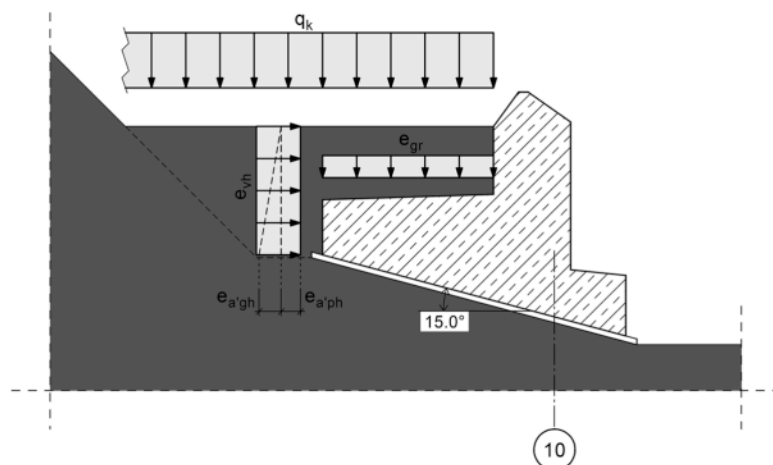


Abbildung 8: Erddruckansatz für die Widerlager mit geneigter Gründungsfläche im Bauzustand

Zwischen den Achsen 20 und 30 kommt ein Dreigelenksystem zur Ausführung. Dieses System birgt grundsätzliche Vorteile. Das statisch bestimmte System ist unempfindlich gegenüber Auflagerverschiebungen und unterschiedlichen Setzungen der Lagerungen. Ebenso ermöglicht die Teilung des Bogens einen unkomplizierten Transport der Bauteile zur Baustelle und dann auch eine schnelle Montage. Darüber hinaus können einzelne Bogenhälften nach Havarien einfacher ausgetauscht werden.

### 3.5. Besonderheit gegenüber bisherigen Grünbrücken

Durch die stark unterschiedliche Beanspruchung der Bögen aus der unsymmetrischen Erdüberschüttung ergeben sich maßgebliche «Biegestörungen» in den Primärtragwerken. Diese Störungen führen dazu, dass die Querkräfte am Mittelaufleger die bemessungsmaßgebenden Schnittgrößen für die Bogenbinder darstellen.

Aufgrund dieser gegenüber den bisherigen Grünbrücken erhöhten maßgebenden Beanspruchung werden damit etwas größere Querschnitte der Bogenbinder bei diesen, aus zwei parallel angeordneten Bogentragwerken erforderlich.

## 4. Von der Vormontage bis zur Ausführung

### 4.1. Vormontage

Im Werk von Fresenburg wurden die in Rosenheim hergestellten Bogenbinder für Achse 10 bis 20 bzw. die Bogenbinderhälften «Achse 20 bis Firstgelenk» sowie «Firstgelenk bis Achse 30» über kurze Querträger zu Doppelgebinden vormontiert, siehe Abbildung 9.



Abbildung 9: Vormontierte Bogenbinder in Doppelgebinden



Abbildung 10: Querkzugverstärkung für die Bogenbinder

Die Querkzugverstärkungen sowie die eingeschlitzten Bleche der Fußgelenke und des Firstgelenks wurden ebenfalls an den Doppelgebinden montiert.

Der Korrosionsschutz der Stahlteile und der Holzschutz der Holzbauteile sind bereits werkseitig aufgebracht.

Die Portalbögen, Schifferbögen und Wechsel im Portalbereich werden als abgebundene, zum Teil mit Anschlussbauteilen / Stahlteilen versehene Einzelbauteile vormontiert und auf die Baustelle transportiert.

Der Brückenbelag aus einzelnen BSP-Platten mit einer Länge von bis zu 12 m wird direkt aus dem Herstellerwerk auf die Baustelle geliefert.

## 4.2. Transport

Die Anlieferung der Bauelemente erfolgt mittels LKW bzw. Tieflader teilweise als Sondertransport.

Exemplarisch ist in Abbildung 11 die Ladeskizze der Doppelgebinde «Firstgelenk bis Achse 30» dargestellt.

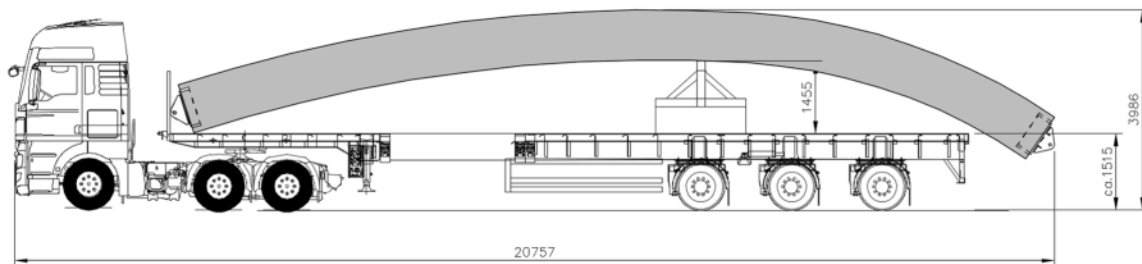


Abbildung 11: Ladeskizze Bogenbinder (Doppelgebinde) «Firstgelenk bis Achse 30»

Durch eine klare Terminierung der Transporte und einer engen Abstimmung zwischen Transportunternehmen und Montagekolonne wird ein möglichst geringer Platzbedarf für die Zwischenlagerung von Bauelementen auf der Baustelle erreicht.

## 4.3. Ausführung auf der Baustelle

Die Montage erfolgt grundsätzlich mit zwei Mobilkränen als «rückschreitende Vorkopfmontage», beginnend am Nordportal der großen Bogenkonstruktion. Sich gegenüberliegende Binderpaare werden mit den Kränen eingehoben und die Bolzen sowohl in den Fußgelenken als auch im Firstgelenk eingesetzt, siehe auch Abbildung 13.

In Brückenquerrichtung werden die aufgestellten Binderpaare erst mit Montagehilfen konstruktiv ausgesteift, bevor die aussteifenden BSP-Elemente aufgelegt und angeschlossen werden können, siehe Abbildung 14.

Bei der Montage galt es insbesondere zu beachten, dass am Nordportal eine Hochspannungsleitung direkt über dem Baufeld verläuft, siehe Abbildung 12. Montagereihenfolge, Gerätegrößen usw. waren hierauf abgestimmt, da ein Abschalten der Freileitung nicht vorgesehen war.



Abbildung 12: Blick auf die Baustelle von der Nordseite, Überlandleitung gut erkennbar



Abbildung 13: Aufrichten der Bogenbinder (Doppelgebände) zwischen den Achsen 20 und 30



Abbildung 14: Abdecken des ersten Bauabschnitts mit BSP-Elementen



Abbildung 15: Untersicht Bogenbinder zwischen den Achsen 20 und 30



Abbildung 16: Untersicht Bogenbinder zwischen den Achsen 20 und 30



Abbildung 17: Auflegen der BSP-Elemente auf die Bogenbinder zwischen Achse 20 und 30



Abbildung 18: Verbinden der BSP-Elemente auf der Konstruktion und untereinander

Nach Abschluss der Arbeiten an der großen Röhre werden die kleineren Bögen zwischen den Achsen 10 und 20 aufgerichtet.





Abbildung 19: Blick auf die gerichteten, parallel verlaufenden Bogentragwerke



Abbildung 20: Anbringen der Verschalung und der Regenrinnen am Portalbogen



Abbildung 21: Verschalte Portalbögen, aufgebrachte Abdichtung und Anfüllen



Abbildung 22: Verschalte Portalbögen, aufgebrauchte Abdichtung und Anfüllen

## 5. Zusammenfassung

Diese mittlerweile fünfte Grünbrücke in überwiegender Holzbauweise mit einer Brückenlänge von etwa 47 m bei einer Breite im Scheitel von rund 53 m stellt eine Neuerung gegenüber den bisherigen Planungen dar. Die bisherigen Grünbrücken wurden für einzelne Röhren geplant und sind annähernd symmetrisch belastet.

Da hier zwei nebeneinanderliegende Straßen überbaut werden, ergibt sich die dargestellte Doppelröhre. Hier treten aufgrund der unterschiedlichen Erdüberschüttung unsymmetrische Lastzustände auf, die bemessungsmaßgebend sind. Es werden gegenüber den bisherigen Bauwerken mit Einzelröhren etwas größere Binderquerschnitte erforderlich.

Das Gesamttragwerk ist in einem 3D-Modell abgebildet und für die Einwirkungen aus Eigengewicht, Gewicht der Überschüttung, Verkehrs- und Windlasten sowie Temperatur- und Feuchteänderungen dimensioniert.

Durch den hohen Grad an Vorfertigung und Vormontage konnte die Holzkonstruktion, bestehend aus gekrümmten BS-Holz-Bindern und aufgelegten BSP-Platten, termingerecht montiert und für die Abdichtungsarbeiten vorbereitet werden.

Das Bauwerk ist für den Verkehr freigegeben. Mittlerweile sind auch die restlichen Arbeiten durchgeführt. Die Irritationsschutzwand wurde aufgestellt und die restliche Überschüttung aufgebracht.

## 6. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Längsschnitt der Grünbrücke Thyrow, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 2: Grundriss der Grünbrücke Thyrow, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 3.1: Querschnittsdarstellung der Bogenbinder zwischen Achse 10 und Achse 20, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 3.2: Querschnittsdarstellung der Bogenbinder zwischen Achse 20 und Achse 30, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 4.1: Firstgelenk der Bogenbinder zwischen Achse 20 und 30, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 4.2: Auflagerpunkt Achse 20, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 5: Schifterbereiche zwischen Achse 20 und Achse 30, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 6: Ansicht Mittelpfeiler, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 7: 3D-Modell für die Bemessung (Ausschnitt), HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 8: Erddruckansatz für die Widerlager mit geneigter Gründungsfläche im Bauzustand, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 9: vormontierte Bogenbinder in Doppelgebänden, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 10: Querschnittsverstärkung für die Bogenbinder, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 11: Ladeskizze Bogenbinder (Doppelgebände) «Firstgelenk bis Achse 30», Gertzen Transporte
- Abbildung 12: Blick auf die Baustelle von der Nordseite, Überlandleitung gut erkennbar, Schwesig Ingenieure GmbH
- Abbildung 13: Aufrichten der Bogenbinder (Doppelgebände) zwischen den Achsen 20 und 30, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 14: Abdecken des ersten Bauabschnitts mit BSP-Elementen, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 15: Untersicht Bogenbinder zwischen den Achsen 20 und 30, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 16: Untersicht Bogenbinder zwischen den Achsen 20 und 30, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 17: Auflegen der BSP-Elemente auf die Bogenbinder zwischen Achse 20 und 30, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 18: Verbinden der BSP-Elemente auf der Konstruktion und untereinander, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 19: Blick auf die gerichteten Doppelbögen, Schwesig Ingenieure GmbH
- Abbildung 20: Anbringen der Verschalung am Portalbogen, HSW-Ingenieure GbR
- Abbildung 21: Verschaltete Portalbögen, aufgebrachte Abdichtung und Anfüllen, Schmees & Lühn Holz- und Stahlbauingenieur GmbH & Co. KG
- Abbildung 22: Verschaltete Portalbögen, aufgebrachte Abdichtung und Anfüllen, Schwesig Ingenieure GmbH

## 7. Projektbeteiligte

Bauherr:	Bundesrepublik Deutschland c/o DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH Im Auftrag des Landes Brandenburg Zimmerstraße 54 10117 Berlin
Entwurfsplanung:	Ing.-Büro Schwesig + Lindschulte GmbH August-Bebel-Straße 10 18055 Rostock
Tragwerks- und Ausführungsplanung:	HSW-Ingenieure Prof. Schiermeyer Dr.-Ing. Wiesner Kirchstraße 8 32547 Bad Oeynhausen
Prüfingenieur:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug Wilhemstraße 25 19322 Wittenberge
Bauüberwachung:	Schwesig Ingenieure GmbH August-Bebel-Straße 10 18055 Rostock
Ausführung Massivbau:	Matthäi Bauunternehmen GmbH & Co. KG Niederlassung Velten Berliner Straße 7d 16727 Velten
Ausführung Holzbau:	Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH & Co. KG Lathener Straße 5 49762 Fresenburg

## **Block B**

Hallenbau: Neu interpretiert



# Pyramidales Falwerk für beste Schweizer Edelschokolade

Thomas Strahm  
neue Holzbau AG  
Lungern, Schweiz







# Pyramidales Falwerk für beste Schweizer Edelschokolade

## 1. Projektbescrieb

Die Max Felchlin AG blickt auf eine über 100-jährige Unternehmensgeschichte zurück. Der Gründer, Kaufmann Max Felchlin, handelte zu Beginn 1908 zunächst noch mit Honig und baute die «Honigzentrale Schwyz» auf. Bereits 1920 stieg Felchlin ins Schokoladengeschäft ein. Seit 1962 liegt der Firmensitz auf dem 11'000 m<sup>2</sup> grossen Areal in Ibach – dort wo heute auch der neue fünfgeschossige Gewerbebau steht.

Das Projekt von Meili, Peter & Partner Architekten AG, Zürich gewann den Studienwettbewerb. Die Architekten realisierten gemeinsam mit der Pirmin Jung AG, der Hecht Holzbau AG, der Bisang Holzbau AG, der neuen Holzbau AG und weiteren Baupartnern den neuen Firmenhauptsitz.

### 1.1. Konstruktion

Das fünfgeschossige neue Gebäude und der Ergänzungsbau wurde in den unteren Bürogeschossen als Hybridbau konzipiert. Dabei sind die Stützen und Decken in Betonbauweise und die nichttragenden Aussenwandelemente in Holzsystembauweise ausgeführt. Da die Konstruktion und die Dämmung in einer Ebene liegen, können die Aussenwände sehr schlank gehalten werden. Die Decke des oberen Bürogeschosses sowie das Dach bildeten konstruktiv gesehen die wesentlichen Herausforderungen. Neben den grossen Spannweiten und Auskragungen bei der Decke, ist die Dachkonstruktion als räumliches Tragwerk ausgebildet. Der Boden hat Auskragungen von bis zu 4.5 m. Diese werden von einzelnen Brettschichtholzträgern mit Dimensionen von 400/1120 mm (braun) getragen. Teilweise werden über diese mächtigen Primärträger auch Lasten aus dem Dach abgetragen. Zwischen die Brettschichtholzträger sind Holzbeton-Verbunddecken (HBV-Decken) montiert. Deren Überbeton ist auch mit den Primärträgern verbunden, um deren Steifigkeit zu erhöhen. Der Deckenbereich über dem Altbau konnte nur an einzelnen Punkten belastet werden, was einen Stahl-Trägerrost mit 450mm hohen Stahlprofilen erforderte (grün). Die Verbindung zwischen dem Alt- und Neubau ist durch drei Fachwerke (rot) gelöst. In Sachen Holzbau besonders interessant sind die drei Dachhauben. Diese überspannen zwei grosse Schulungsräume (8.5 m x 16 m) und den Verpflegungsraum (13 m x 19.5 m) stützenfrei.

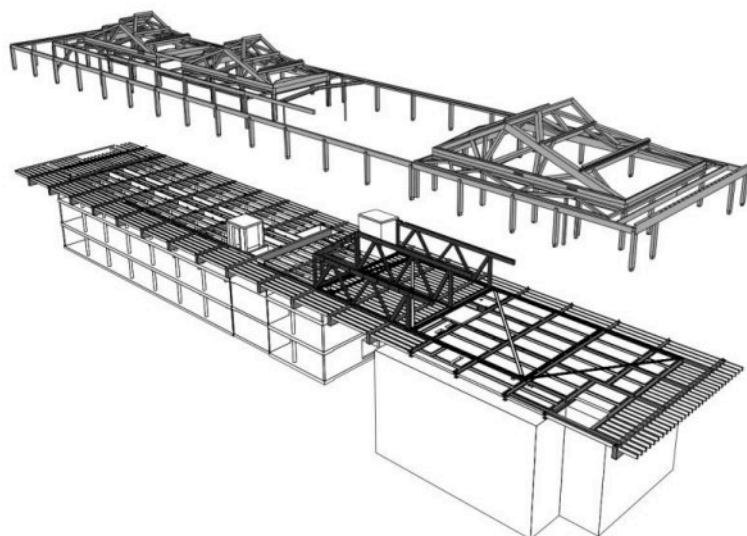


Abbildung 1: Konstruktion

## 2. Dachhauben

Der finalen Formfindung des Dachs ist eine intensive Zusammenarbeit zwischen Architekten (Meili, Peter und Partner Architekten) und Ingenieuren (Pirmin Jung) vorangegangen. In mehreren Workshops wurde die Konstruktion entwickelt, bemessen und an Modellen geprüft.

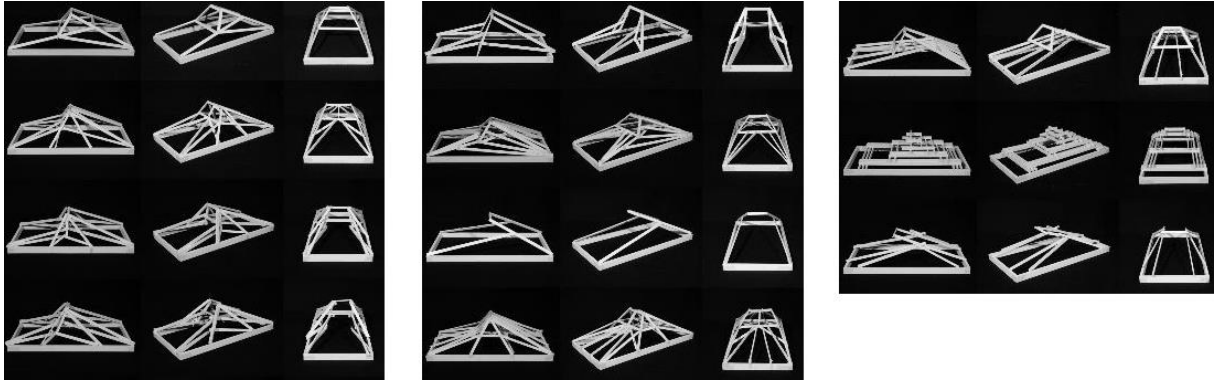


Abbildung 2: Studie Dachhauben

### 2.1. Statisches System

Die Dachhauben sind nur an ihren vier Eckpunkten auf tragende Stützen gestellt. Die Vertikallasten der Dachpfetten werden auf in der Dachfläche integrierte Fachwerke abgetragen. Die Knotenpunkte der Fachwerke stimmen jeweils mit den Auflagerpunkten der Pfetten überein.

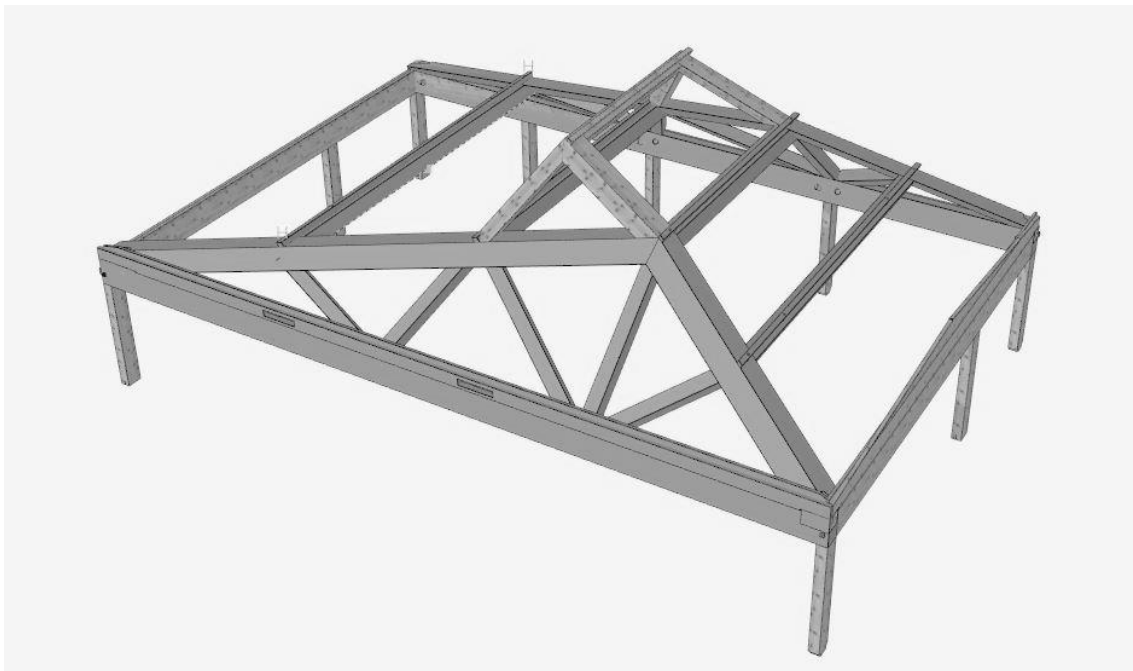


Abbildung 3: Hauptfachwerke

Da eine äusserst filigrane Pfettendimension gewünscht war, sind diese kombiniert Holz-Stahl und als Sprengwerk ausgebildet. Die Stahlträger sind dabei über den Holzpfetten angeordnet und tragen die Kräfte als Biegeträger auf die Knotenpunkte; dadurch erhalten die Holzpfetten nur Normalkräfte. Die aus dem Sprengwerk resultierenden Lasten sowie die Lasten aus der Schrägstellung der Fachwerke werden über zwei horizontale Fachwerke abgetragen und wiederum nach aussen geleitet. Über die äussersten Verbindungsträger sind die beiden Dachhälften zusammengehängt. Eine besondere Herausforderung ist jeweils der äusserste Auflagerpunkt. Einerseits ist bereits der Zusammenschluss von Ober-

und Untergurt schwierig, da diese nicht in der gleichen Ebene liegen (Untergurt im Senkel, der Rest in der Dachfläche verkantet). Zudem treffen sich in diesem Punkt auch noch einen Bug des Sprengwerks sowie das horizontale Fachwerk und der Verbindungsträger zur anderen Haubenseite.

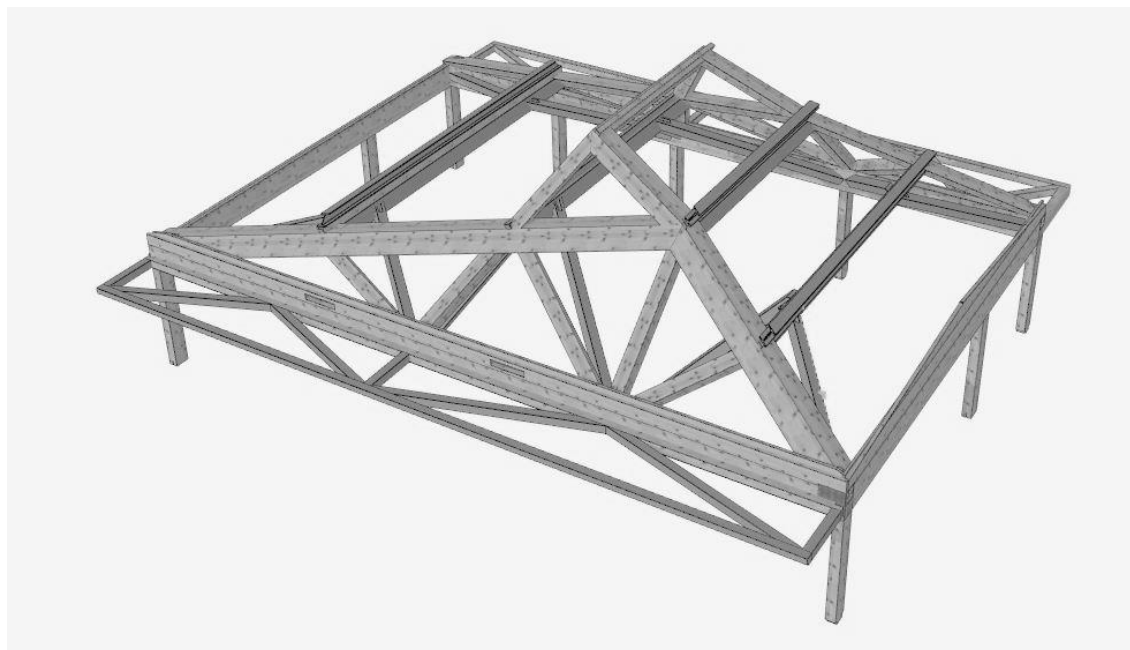


Abbildung 4: Sprengwerk mit horizontalen Fachwerken

### 3. Anschlüsse

#### 3.1. GSA®-Technologie

Zusammen mit Herrn Professor Ernst Gehri forscht und entwickelt die neue Holzbau AG (n'H) seit nun bald 20 Jahren im Bereich eingeklebter Gewindestangen. Unter dem Markennamen «GSA®-Technologie» sind dabei die verschiedensten Anschlussstücke entstanden, die erfolgreich in diversen Holztragwerken eingesetzt werden. Entscheidend ist, dass die Komponenten Stahlstab, Holz und Klebstoff, sowie alle geometrischen Parameter (Rand und Achsabstände) korrekt aufeinander abgestimmt werden. Um optimale Anschlüsse zu erhalten, gilt es zudem, gewisse Regeln und Voraussetzungen zu erfüllen: Die Verbindung muss so ausgelegt werden, dass im Bruchzustand die Stahlstangen (duktil) versagen und das spröde Versagen des Holzes (Schubbruch in der Klebfuge) oder des Klebstoffes (Kohäsions- und Adhäsionsbruch) ausgeschlossen bleiben. Bei Zugverbindungen mit mehreren gleichzeitig wirkenden Stäben ist die notwendige gleichmässige Kraftverteilung auf alle Stäbe nur bei ausreichender Duktilität des Einzelstabanschlusses erreichbar. Besonders für Anwendungen im Längsholz ist die Kenntnis der effektiven Stahlfestigkeit von entscheidender Bedeutung. Ohne dieses Wissen gelingt es nicht, dass der Stahl rechtzeitig fließt und es kommt zu sprödem Versagen. Dieses geschieht im Normalfall nicht im Klebstoff, sondern am Bohrlochrand. Der für die Bemessung massgebende Festigkeitswert bezieht sich demnach auf die Scherfestigkeit des Holzbaustoffes. Folglich lässt sich dieser durch die Wahl des Baustoffes (z.B. Laubholz) beeinflussen. Grundlage für Zulassungen bilden noch heute Tests an Einzelankern, indem das Ausziehverhalten in der gewünschten Konfiguration geprüft wird. Für die Baupraxis von besonderer Bedeutung ist jedoch das Verhalten in der Gruppe. Bei der Beanspruchung parallel zur Faser sind die Scherfestigkeiten am tiefsten. Folglich stellen Fachwerkstreben und biegesteife Stösse die echten Herausforderungen dar. In Rahmenecken kommen zur Interaktion von Normalkraft und Biegemoment auch noch Umlenkkräfte hinzu.

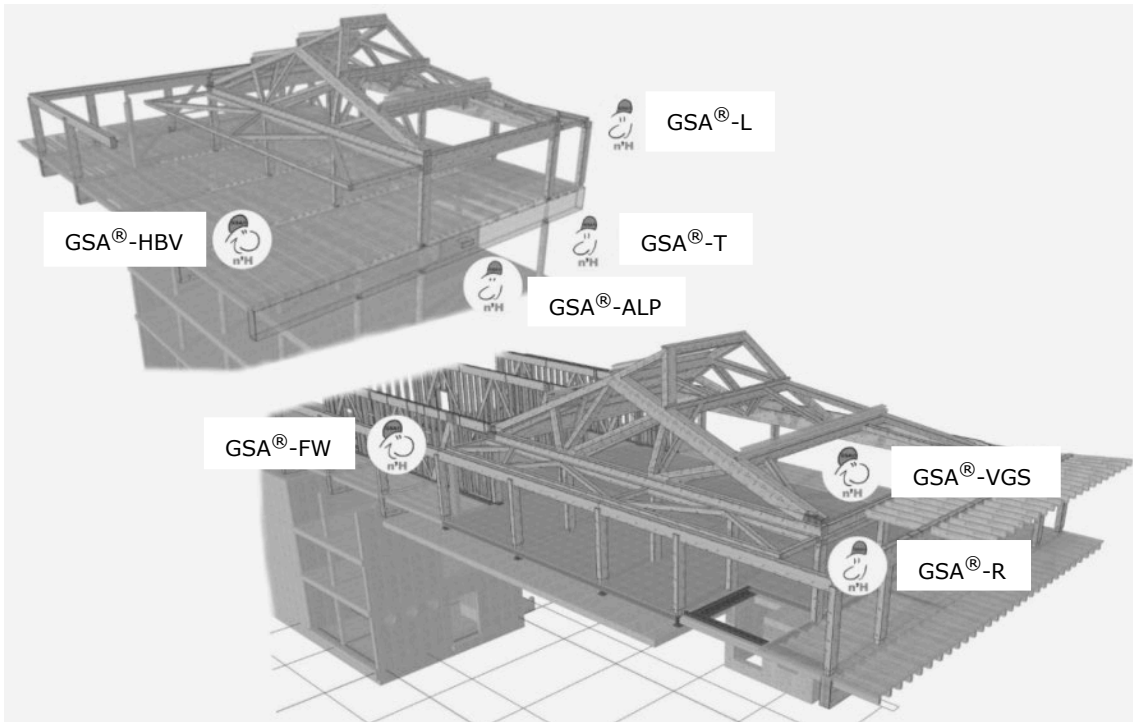


Abbildung 5: GSA® Anschlussteile in den Dachhauben

Wenn immer möglich versuchen wir die GSA®-Anschluss Teile in den von uns produzierten Bauteilen einzusetzen. Dies war auch bei der Dachkonstruktion der Firma Felchlin nicht anders. Wir konnten vom Holzbetonverbund, über Querdruck- (GSA-T), Durchbruchverstärkungen (ALP), Fachwerke, Vergussstöße sowie den Normteilen (GSA-L; GSA-R) einiges einsetzen. Weiterführende Informationen zur GSA®-Technologie sowie Beschreibungen zu den GSA®-Anschluss teilen können unserer neuen Homepage: [www.gsa-technologie.ch](http://www.gsa-technologie.ch) entnommen werden.

### 3.2. Anschluss Auflagerpunkt

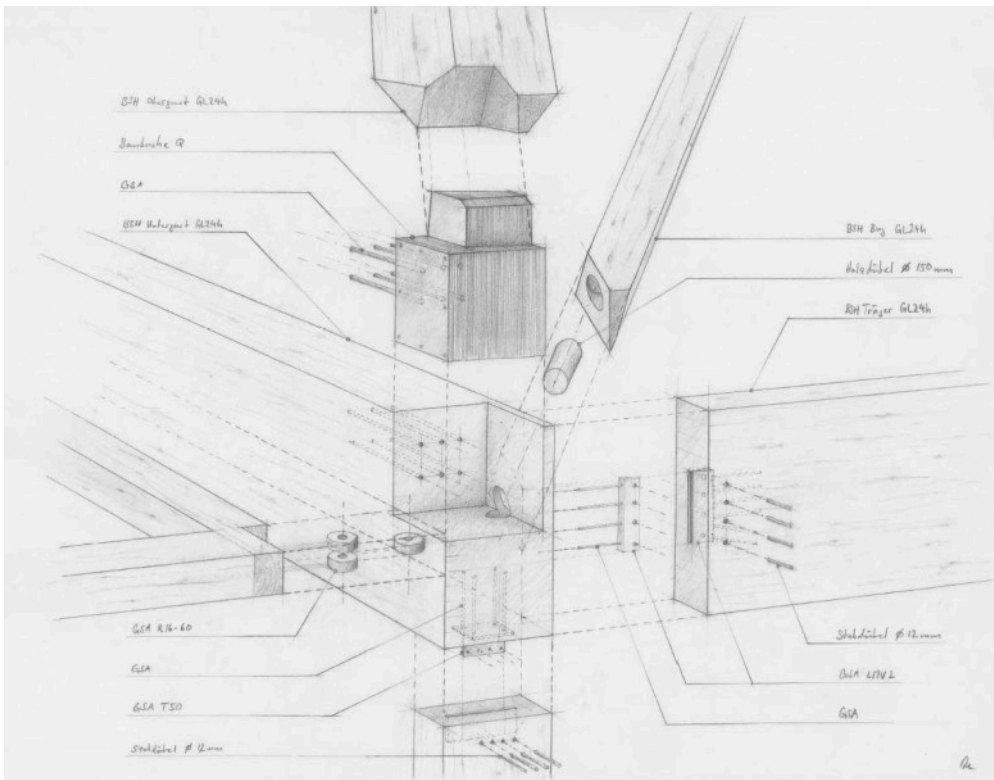


Abbildung 6: Auflagerknoten Skizze: Lukas Eschmann, Meili, Peter & Partner Architekten AG, Zürich

Die Hauptherausforderung war das Zusammenfügen von Ober- und Untergurt. Da diese nicht in der gleichen Ebene liegen (Untergurt im Senkel / Obergurt in Dachschräge) ist die Anschlussfläche äusserst klein. Auch sind gewisse Exzentrizitäten im Anschluss unumgänglich. Gelöst wurde dieser Anschluss durch einen mittels GSA auf dem Untergurt geklebten BauBuchenklotz. Die GSA leiten dabei die Druckkräfte des auf Kontakt aufgelegten Obergurts in den Zuggurt. Auch der schräge Bug hat nur Druck und wurde über einen grossen Fichtendübel  $d=150\text{ mm}$  mit dem Untergurt verbunden. Dieser «Versatz» ist so ausgelegt, dass der Bug trotz Vergussstoss oben nachträglich eingefahren werden konnte. Die Lasten aus dem Horizontalfachwerk werden über GSA<sup>®</sup>-R in die GSA<sup>®</sup>-Leiste geleitet, diese bringt zudem die Horizontallasten aus der Schrägstellung des Fachwerks in die Verbindungsträger. Die vertikalen GSA dienen der Querdruckverstärkung und leiten die Lasten über ein Stahlteil in die Eckstütze. Auch seitens Ästhetik erfüllt der Anschluss sehr hohe Anforderungen, denn trotz relativ grossen Lasten durfte von den Verbindungsmitteln nichts sichtbar sein.

#### 4. Ausführung und Montage

Die Fachwerke wurden als ganze Elemente im Werk der neuen Holzbau AG in Lungern vorgefertigt. Zu sehen auf den Bildern sind die Zapfen mit einem Durchmesser von 150 mm an die jeweils der Bug über einen Kontaktstoss angeschlossen ist. Aussen liegen die GSA-Leisten für den Verbindungsträger. Der BauBuchenknoten wurde so in den Untergurt integriert, dass dieser im verbauten Zustand nicht mehr sichtbar ist.



Abbildung 7: Fachwerkbauwerke Fotografie: neue Holzbau AG, Lungern

Die Dachhauben wurden vor Ort auf einem Montageplatz neben dem Gebäude zusammengestellt und dann als ganzes Bauteil auf die vorbereitenden Stützen im Dachgeschoss gehoben. Die Pfetten der Sprengwerke halten mit einer einfachen Schlitzblechverbindung an den Obergurten der Fachwerke. Der Anschluss der Büge an die Pfetten erfolgt mit GSA-VGS (in beiden Teilen eingeklebte «Bügel», die durch einen Querstab und Vergussmörtel miteinander verbunden sind).



Abbildung 8: zusammengesetzte Dachhaube Fotografie: Pirmin Jung AG, Rain



Abbildung 9: Neubau Firmensitz Max Felchlin AG, Ibach, Aussenansicht Betriebsgebäude  
Fotografie: Karin Gauch und Fabien Schwartz

Auffallend ist die zur Schokolade angepasste Farbgebung, die dem ganzen Bauwerk sowie insbesondere der Dachkonstruktion eine edle Ausstrahlung verleihen.



Abbildung 10: Neubau Firmensitz Max Felchlin AG, Ibach, Innenansicht Dachhaube Verpflegungsraum,  
Fotografie: Karin Gauch und Fabien Schwartz

# Long-span Timber Gridshells – The Taiyuan Domes

Lucas Epp  
Head of Engineering, StructureCraft  
Abbotsford, B.C. Canada



Brandon Sullivan  
Project Engineer, StructureCraft  
Abbotsford, B.C. Canada







# Long-span Timber Gridshells – The Taiyuan Domes

## 1. Introduction

The new botanical garden complex in Taiyuan, China features three long-span timber gridshell domes which function as greenhouses. From an early concept by Delugan Meissl Associated Architects (DMAA), StructureCraft took on the project in a design-build role, working with DMAA to devise a scheme which was both structurally efficient and buildable, and carrying out full structural design and supervision of fabrication and construction.

The three domes range from 11m to 30m in height, with diameters ranging from 43m to 90m. Once complete in 2019, the large dome will likely be the longest span non-triangular timber gridshell dome in the world. Each dome in the gardens also features a different plant biome; the smallest is an aquatic environment, the middle dome is desert, and the largest domes features a tropical biome.



Figure 1: Rendering of the Taiyuan Domes (DMAA)

## 2. Design and Optimization

All three parabolic gridshells comprise doubly-curved glulam beams, arranged in two or three crossing layers. The domes are glazed with doubly-curved glass with operable windows in some areas. When viewed from above the timber structures resemble sea-shells, with the primary members closely bunched on one end and then fanned out across the surface of the domes, driven by a desire to optimize solar gains by creating a gradient in skin transparency.



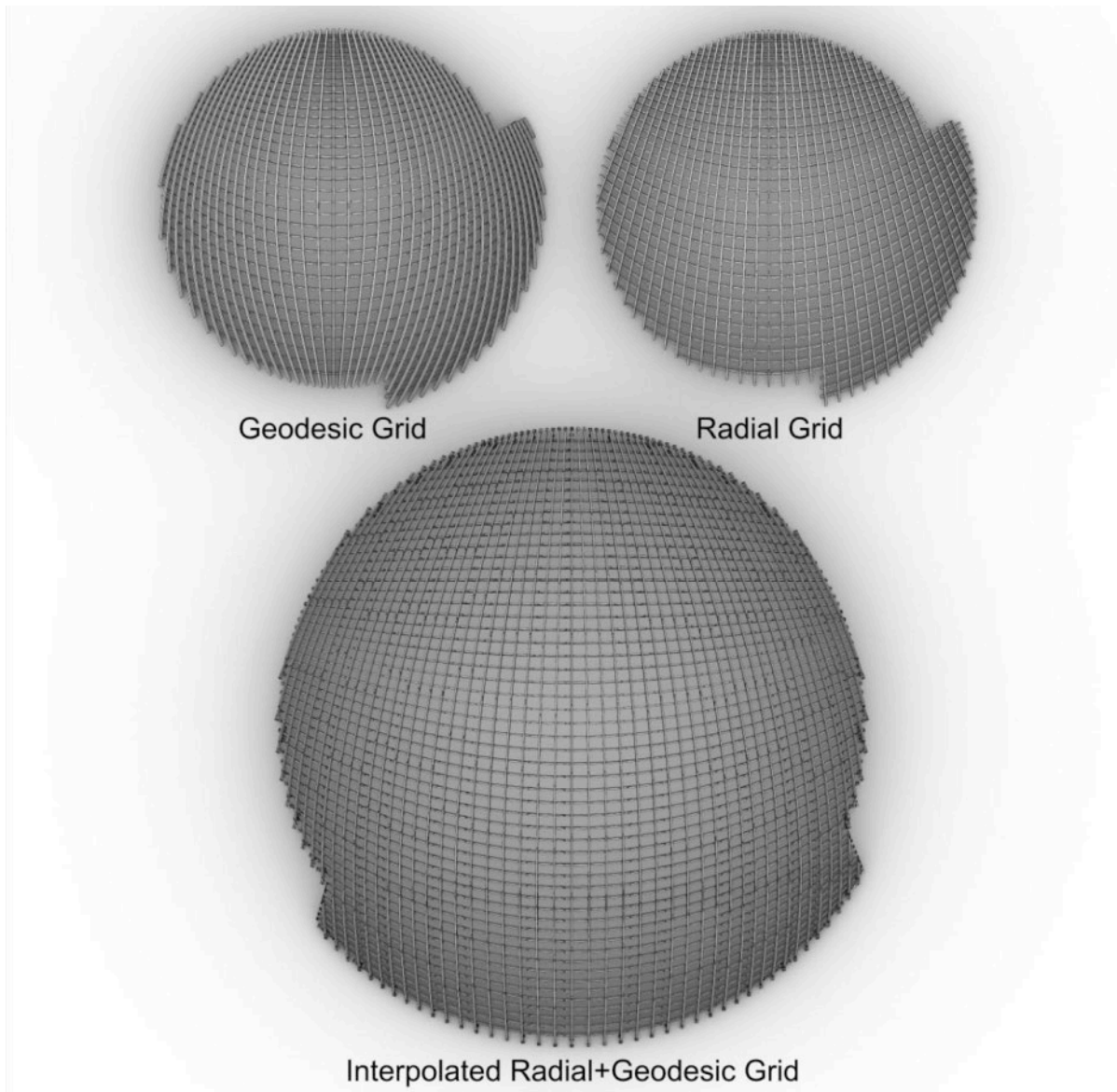


Figure 2: Geodesic Grid vs. Radial Grid for primary elements. Actual grid used was an interpolation between.

This complex geometrical arrangement means that every one of the 2,400 members is unique, so computational generation and digital fabrication techniques were paramount to the success of the project. The overall geometry and the details of all components were produced parametrically in Grasshopper and Rhino. The parametric model generation allowed the early-stage structural analysis models (Karamba) to quickly be updated and re-analyzed to test different shell geometries. Overall geometry was optimized for structural performance and fabrication constraints using Nelder-Mead optimization.

The gridshells are constructed in separate layers, with the primary layer on top running roughly north to south, and the secondary layer is below running east to west. The small dome includes only two layers of glulam, while the medium and large dome add a third layer; every third primary member has an additional beam below the secondary to create a double primary layer. Because the large dome is much longer in span and height, the member sizes are slightly larger and diagonal steel cables are added below the double primary layer to stiffen the structure against in-plane buckling of the dome.

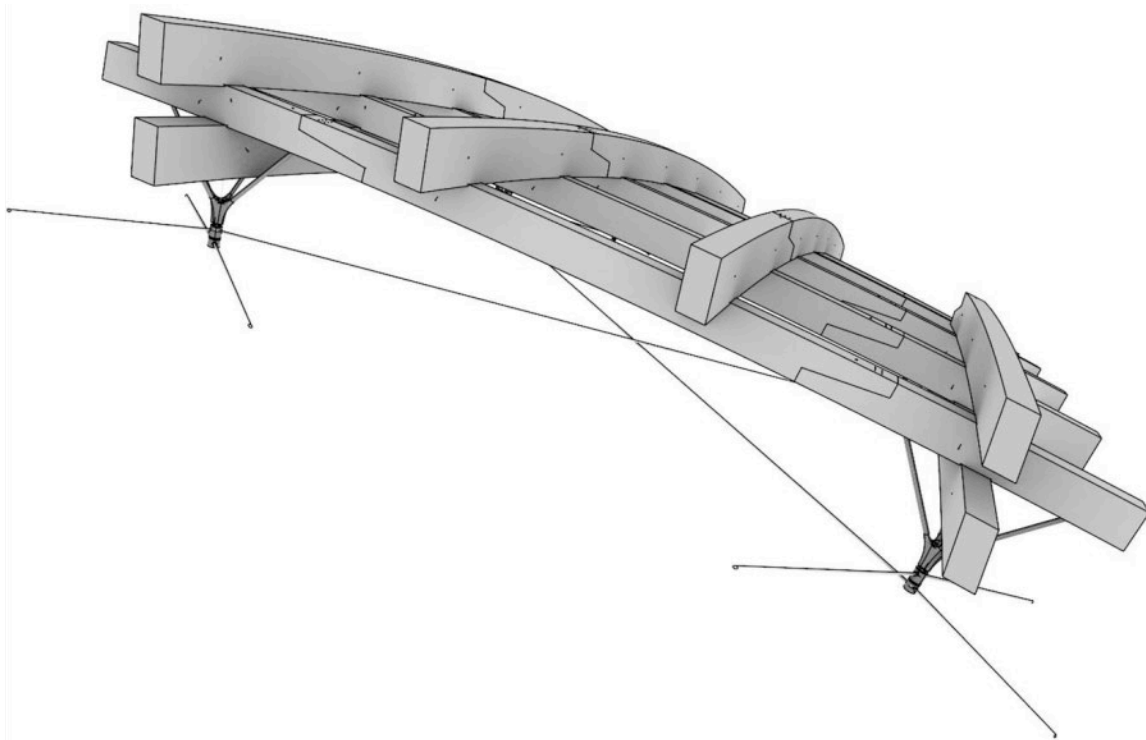


Figure 3: Typical gridshell cross section showing the three layers of the large dome

## 2.1. Member Orientation

The parabolic dome shape means each beam has a variable radius, and the double curvature of the domes adds a sweep in the weak-axis direction. For the primary beams, the cross-sections were rotated to be planar to minimize CNC cutting time. This meant that only the top and bottom surfaces required milling, rather than milling on all four sides to create doubly-curved cross sections. As a result the members in the primary direction have a parallelogram shape in order to keep the top and bottom surfaces parallel to the glass and to the surfaces of the secondary members.

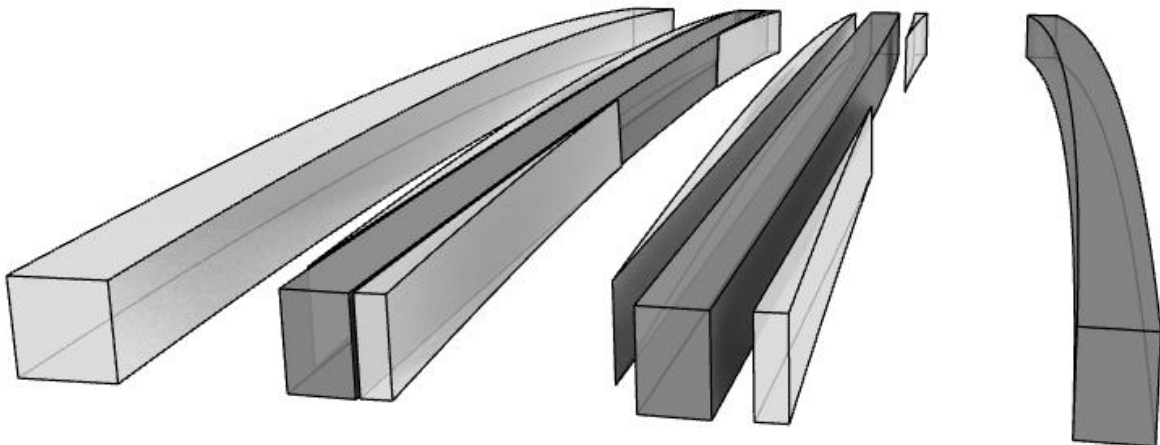


Figure 4: Doubly-curved Glulam elements made from singly-curved billets

The secondary members are doubly curved, so the billets were initially curved in the strong axis direction and the final shape was milled on all four sides. Many of the secondary billets needed to be block glued to create a wide enough section from which the doubly curved beams could be cut.

## 2.2. Connections

All members had to be divided into shippable lengths of 12m or less, so splice connections were required throughout each dome. The splices were located away from the crossing member connections in areas of lower moment wherever possible. Each connection still needed to support both tension and compression axial load, as well as strong-axis and weak axis moments.

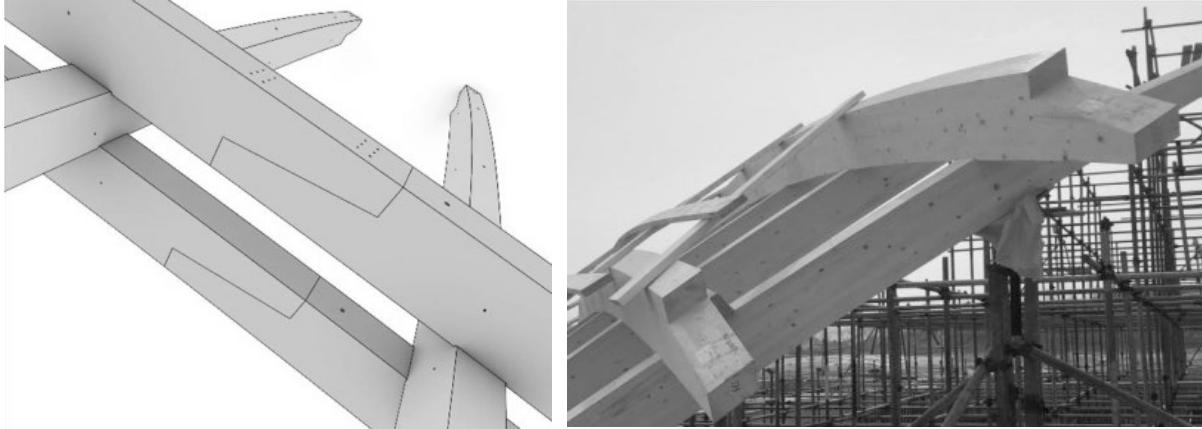


Figure 5: Half-lap splice structural details at end of a prefabricated panel

The domes are supported on concrete ring beam foundations, and each glulam member intersects the ring beam at a different angle. To resolve this connection steel HSS members were designed to attach to the glulam via internal steel knife plate. The bottom of the HSS members was cut at a double-bevelled angle to align with the concrete ring. A gap was left between the steel connections and steel plates embedded into the ring beam, which was used for construction tolerance during panel installation. Once the glulam members were connected and surveyed to be in the proper position, high-strength grout was placed beneath the steel connections and then loose plates were welded around the base to join them to the embedded plates. All the 3D geometry for the steel base connections and the 2D fabrication drawings were generated parametrically using Grasshopper and Rhino.

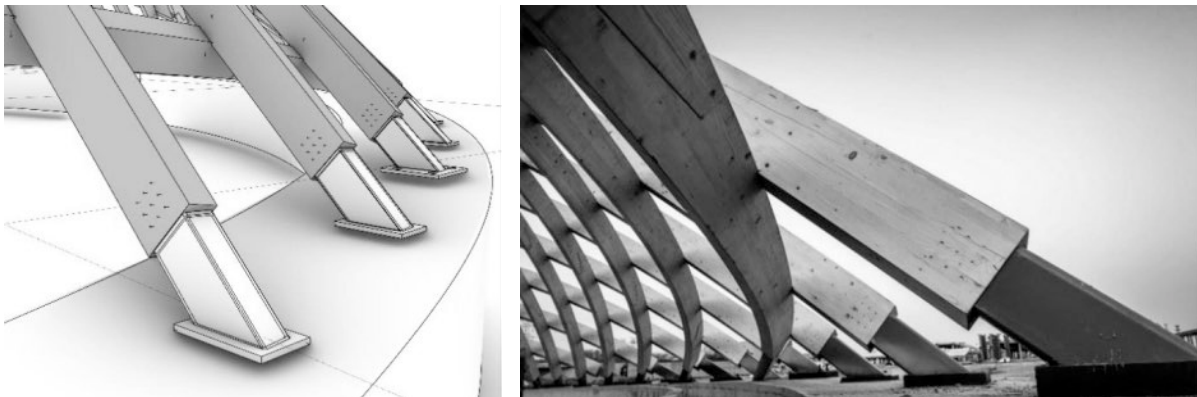


Figure 6: 3D model and Completed Base Connections

## 2.3. Cable net and Kingpost Design

The large dome includes diagonal steel cables to improve the in-plane buckling performance of the shell. The cables are connected to the Gridshell by highly visual king posts mounted below the glulam beams. Significant effort was put into the aesthetics of the king posts due to their prominence in the dome structure.



Figure 7: King post and cable arrangement in large dome

The cable net exists purely to increase the in-plane stiffness of the gridshell. These king-posts transfer the stiffness of the cable net up into the glulam, and thus the stiffness of the connection between the two systems is paramount.

Five different custom castings were created for fabrication of the king posts. There are two castings which hold the top and bottom cables in place and lock the cable against a central threaded rod. Those castings are the same for all king post locations, and they adapt to suit the various cable crossing angles by tightening or loosening them on the threaded rod. A binning algorithm was developed to group the various glulam intersection angles into angle ranges to minimize the number of unique castings required.

In a unique combination of utility and aesthetics, the casting's single central rod doubles as the prestressing mechanism for the entire cable net: by tightening each of the threaded rods, tension is induced into the entire cable net by lengthening each cable.

The central castings are connected to the glulam with four legs which thread into tapped holes in the casting body. The whole assembly is mounted to the glulam structure via fully-threaded screws in a base plate on each leg. The kingpost assemblies are made of brushed stainless steel and fabricated in China.

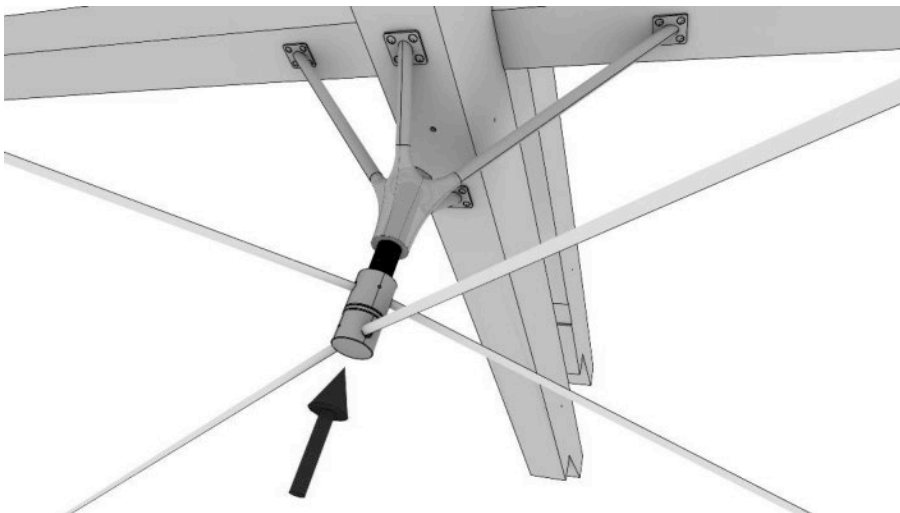


Figure 8: Kingpost. Illustrating tensioning of cable net via tightening a single threaded rod

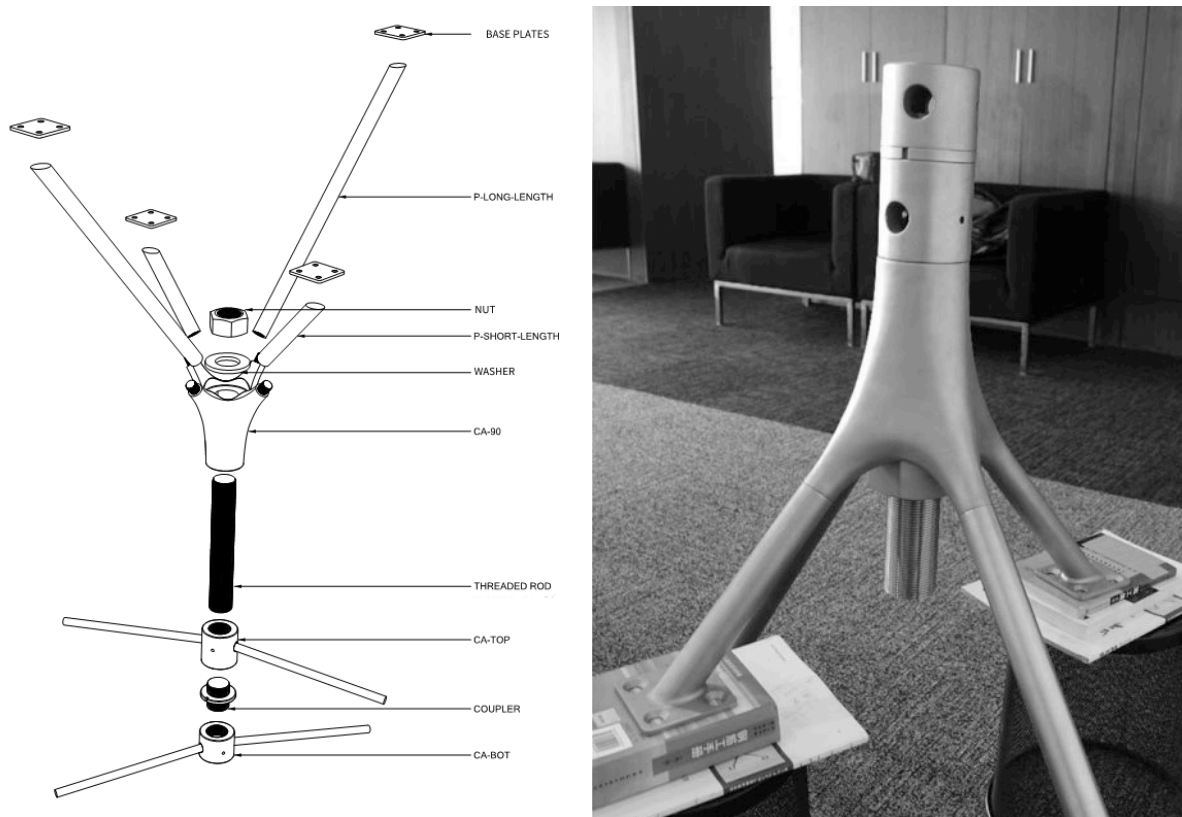


Figure 9: Arrangement of the King Post and Cable Assembly

The cable net is initially loose when it is attached to the 212 king posts. Once all cables are in place, the slack is taken out of the system by tightening the swaged threaded ends at each base connection. However, the cables cannot be fully tensioned by using only strand jacks at the base connections as there are up to 13 kinks in a given cable which would prevent free sliding and equalization of the tensions in each cable segment. The tightening mechanism using the threaded rod in each king post can be individually tightened to draw the cable net outward. The threaded rods have an initial free play during the cable installation, and then are tightened outward until the desired cable tensions are achieved throughout the cable net. Then the cable to king post connections are locked in place, but it is possible to retune the cable tensioning in the future as needed.

## 2.4. Designing for CNC Fabrication

The members were binned into fabrication groups based on their width and strong-axis radius so that the timber laminations could be pressed and glued on a constant radius jig, and then the final parabolic shape was milled into the curved glulam billets. C# scripts were used to automatically create BTL files, which drove two different types of 6-axis CNC machines that cut and shaped each beam at the two Glulam manufacturing facilities in Germany and Austria which produced for this project. As described in Section 2.1, the orientation of the beams was optimized to limit the amount of milling that was required, while still achieving the doubly curved shell geometry envisioned by the project architects. It was critical to work closely with the glulam manufacturer at an early stage to determine what CNC processes would be possible while achieving the very aggressive timelines for getting all material to site. In addition to milling the overall beam profiles and end connections, the CNC line predrilled each screw hole, notched the beams to align snugly at their intersection, and marked the north or east top ends of each member to help orient them during panel assembly.

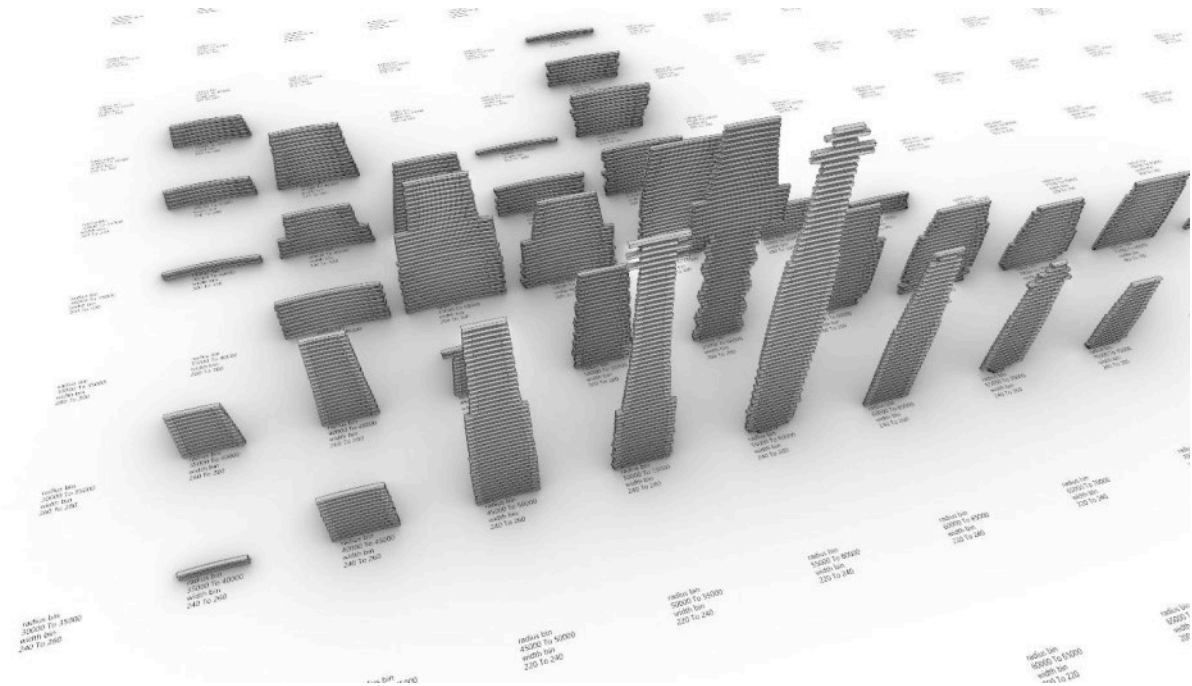


Figure 10: Beams binned by Billet Width and Radius to create consistent sections for Glulam production

## 2.5. Panelisation

Critical to the construction of a structure of this scale is consideration of site tolerances and the required speed of construction on a Chinese construction site. «Stick-building» this structure in the air was out of the question, and our strategy was to panelize as much of the structure as possible, while still allowing for construction tolerance. Infill sections were integrated between lines of prefabricated panels, allowing for tolerance take-up where necessary.

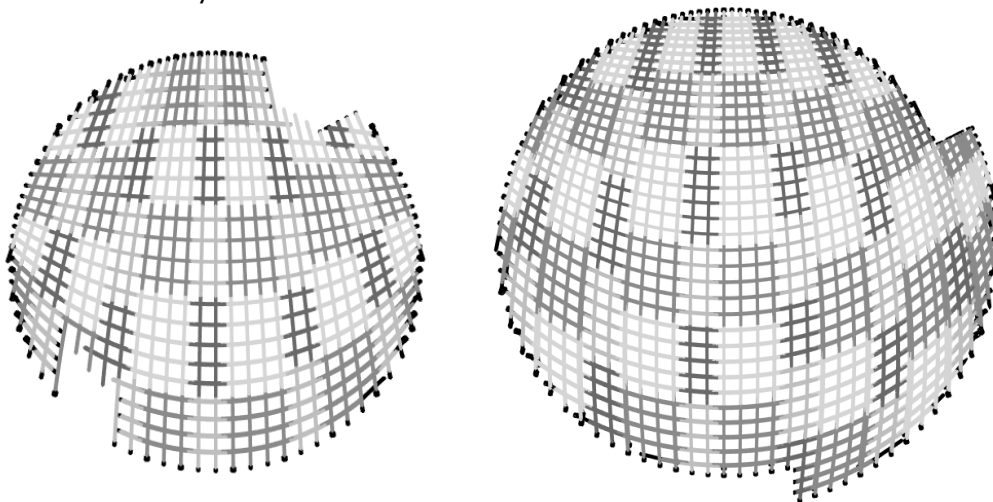


Figure 11: Prefabricated panels in brown and infill panels in gray

The crossing elements were notched to fit tightly together, and pre-drill hole locations were first mapped in Grasshopper and then drilled by CNC so workers on site could install approximately 60,000 screws in the required locations. A smooth steel dowel was provided in the center of each crossing connection to help locate the members in exactly the right position. After connecting the members by dowels and ensuring that the outer diagonals were measured correctly, each crossing connection received fully threaded screws to lock the geometry in place.

Prefabricated panels were designed to span from double primary to double primary in order to create a relatively rigid panel section bounded by the double elements. The length of the primaries in each panel was maximized to be as close to 12m as possible, while

also trying to avoid having all panels end along the same line (i.e. the half lap splice locations were staggered in adjacent panels). In between the pre-fabricated panels are shorter infill secondary members with two infill primary members. The construction sequence was based upon completing an entire arc of prefabricated panels, while installing infills as the panels are surveyed and verified to be in the correct position. The large prefabricated panels ensured that as much work as possible was built and verified in factory conditions on the ground, and the small infill sections allowed for some construction tolerance between the panels.

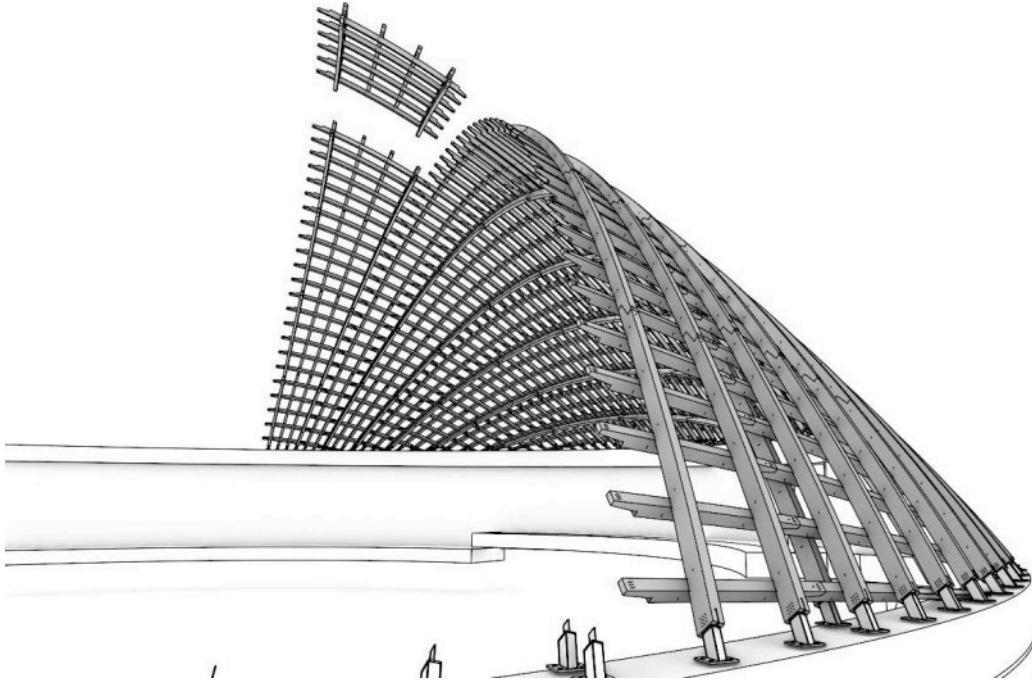


Figure 12: Pre-fabricated panel on the Large Dome

## 2.6. Drawing Production and Container Planning

Similar to the steel shop drawings, control plans for the glulam fabrication and the panel assembly were generated automatically from the 3D models using custom C# and Grasshopper scripts. The arranging and packing of the shipping containers was also done in a semi-automated process. The containers were planned in the order in which they would be required on site, and aligned with the order in which the glulam beams were fabricated. This allowed the material to be efficiently organized and shipped to Taiyuan. Each beam was labelled with a series of numbers which was used to identify which container it was in, as well as the final position of the beam in its dome.



Figure 13: Individual Container of doubly curved Glulams, result of packing algorithm





Figure 14: The many containers of Glulam shipped from Europe to China for these structures

### 3. Structural Analysis

Unique to these timber gridshells, the two smaller domes do not use any in-plane diagonalized bracing. This is highly atypical for a timber lattice gridshell (cf. Mannheim Multi-halle, Savill Garden, Weald & Downland) – most timber gridshells require diagonal stiffening elements to prevent in-plane shear deformation and resulting buckling issues. With steel gridshells these diagonal elements are routinely eliminated by creating moment connections between the elements in two directions. With timber this is much more challenging as creating moment connections between elements is difficult.

The primary structural analysis for this project was performed in Karamba and RFEM. The loads and member orientations for the analysis model were generated parametrically in Grasshopper, and the member and connection results were batch printed and post-processed in Excel. The structural analysis model required detailed spring stiffnesses for each connection type, including the rotational stiffness of the base connections, the torsional stiffness between crossing glulam beams, and the strong and weak axis bending stiffness of each half lap splice. These values were initially calculated based on Eurocode 5 formulae, and the stiffness values were later confirmed through physical testing. Throughout the analysis stage, the sensitivity to various parameters was investigated; for example, a calculated stiffness would be halved and doubled to test the effects on the non-linear buckling analysis. This allowed the design team to optimize the most structurally important parameters, while creating an elegant and light structure to meet the architectural objectives. The structural analysis model was also used to investigate construction sequencing, including the stresses during each stage of the cable tensioning process for the large dome.

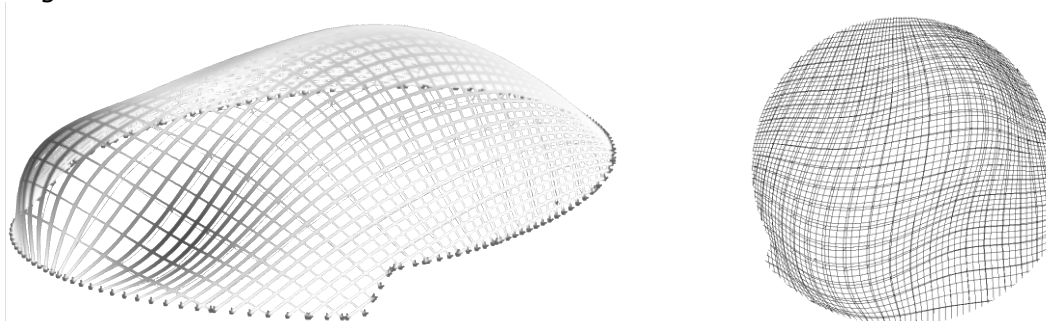


Figure 15: Non-linear buckling mode of the Large Dome. S-shape in-plane buckling restrained by cable net.

## 4. Physical Testing

Many of the important strength and stiffness parameters for this project were confirmed through extensive physical testing. The shear strength and stiffness between the multi-layer beams develops the composite action in the double primary members, which has significant impact on the buckling resistance of the domes. A full-scale test was performed by StructureCraft in British Columbia, where three connections were tested simultaneously with four different arrangements of screws and dowels. The results of this testing directly influenced the final design of the crossing connections between different layers of glulam beams. The rotational (torsional) stiffness of the crossing connections was also tested by StructureCraft.

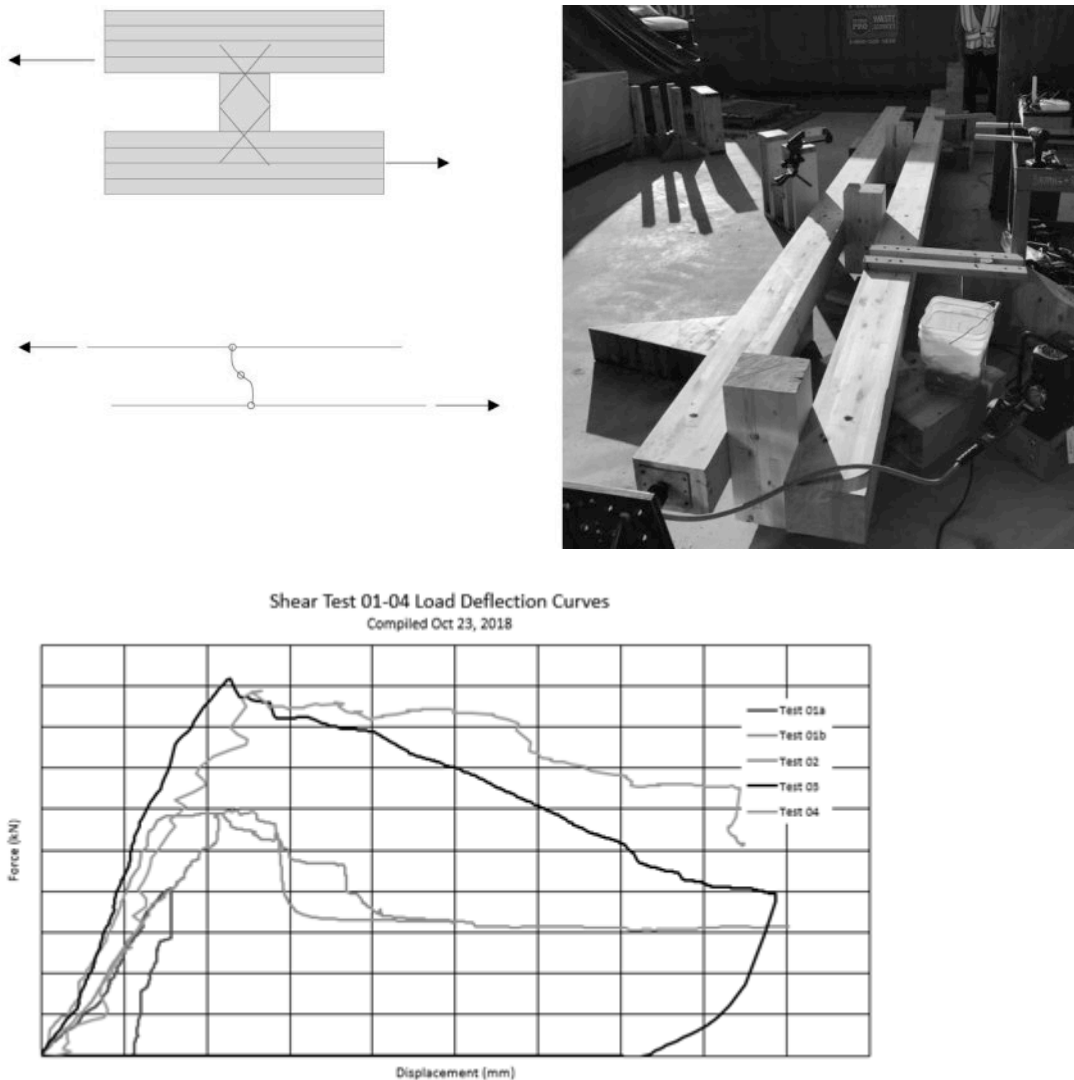


Figure 16: Force vs displacement for the composite-action physical testing

Other connections, including the moment capacity of the glulam to steel base connections and the strength and stiffness of each half-lap splice were also tested by a university in China. The results of these tests helped to give confidence to the owner and the Local Design Institute that the connection designs satisfied the Chinese building code requirements. It is planned that an overall test of the dome strength and stability will be performed by hanging weights throughout the structure while monitoring key survey points to track deformation of the dome.

## 5. Erection

The foundations and concrete ring beams, complete with cast-in steel plates, were constructed over the course of several months prior to the arrival of the glulam. StructureCraft carpenters led the installation process working closely with SKF construction crews.

Each gridshell was discretized into panels that could be pre-assembled on site or in a nearby warehouse and then trucked and craned into place. The installation sequence was well-planned to limit the number of connections that had to be aligned simultaneously, by essentially connecting just the primaries of one pre-assembled panel to the next. Adjustable jigs incorporating bottle jacks in the support points were used to temporarily support the preassembled panels during assembly. The panels were then screwed together at each CNC'd screw hole, and quality verifications were performed based on the checklists attached to each panel assembly drawing.

The entire footprint of each dome was filled with temporary steel scaffolding, which was primarily used to provide access to all points of the dome surface, and to provide lateral support for the panel support columns. Each panel was set upon two support points that continued directly to the foundation, and were laterally tied to the massive array of tube and clamp scaffolding. The preassembled panels were craned into place, and set on the custom adjustable support points. Then, three points on each panel were surveyed and adjusted until the proper positioning was achieved and the panel was then screwed in place. After the main panels were erected, the rest of the connections were in-filled piece by piece - a process which helped to minimize errors in construction, and provided sufficient tolerance to ensure that all pieces could be accurately fit together. Once a section of the dome was completed the base connections were packed with grout, and steel plates were welded to connect the base connections to the embed plates in the concrete.



Figure 17: Medium Dome (foreground) and Small Dome (background) in Construction

After completing the glulam structure, key survey points on each dome were recorded. Then the dome was de-propped and the scaffolding was removed, and then the survey points were rechecked. This process continued for the small and medium domes several times while the glazing was installed to check on any significant settlement or deformation of the glulam structure. No unexpected changes have been recorded in the survey monitoring process thus far.

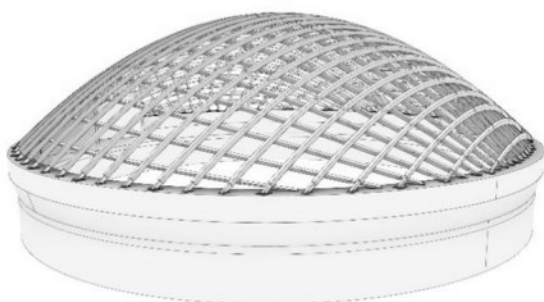


Figure 18: 3D model vs. reality: Small Dome

In parallel with the installation of the glass, the interior of each dome is being filled out with ramps, stairs, and paths, which will eventually be surrounded by the exotic plants for each dome's unique biome. The large dome structure is scheduled to be complete by the end of 2019, and the botanical garden complex will open to the public in the following months. While the fantastic plants are the ultimate purpose of these greenhouses, the structure itself is sure to please generations of patrons with its warmth, elegance, and fine craftsmanship.



Figure 19: View of the completed glulam in the Small Dome



Figure 20: View of the Small Dome with glazing complete



Figure 21: Current construction progress

### **Acknowledgements**

We thank the following companies for their part in the creation of these structures: DMAA Architects, Bollinger + Grohmann (competition concept), SKF Builders, Hasslacher Norica Timber, Mule Studio, One To One

# SWG Schraubenwerk Gaisbach – Buche LVL an den Grenzen des Möglichen

Henning Ernst  
SWG/Engineering  
Rülzheim, Deutschland



Christoph Dünser  
HK Architekten  
Schwarzach, Österreich





# SWG Schraubenwerk Gaisbach – Buche LVL an den Grenzen des Möglichen

## 1. Architektur



Das 1967 gegründete und zur Würth-Gruppe gehörende Unternehmen SWG Produktion Schraubenwerk Gaisbach GmbH zählt mit einem Ausstoß von täglich bis zu zwölf Millionen Schrauben zu den größten Produzenten Europas. Mehrfach in der Firmengeschichte gab der steigende Bedarf an Holzschrauben Anlass zur Erweiterung der Produktionskapazitäten und so viel 2017 die Entscheidung, durch Anbauten die bestehenden Betriebsgebäude um eine zusätzliche Härterei und eine Produktionshalle für lange Holzschrauben zu erweitern.

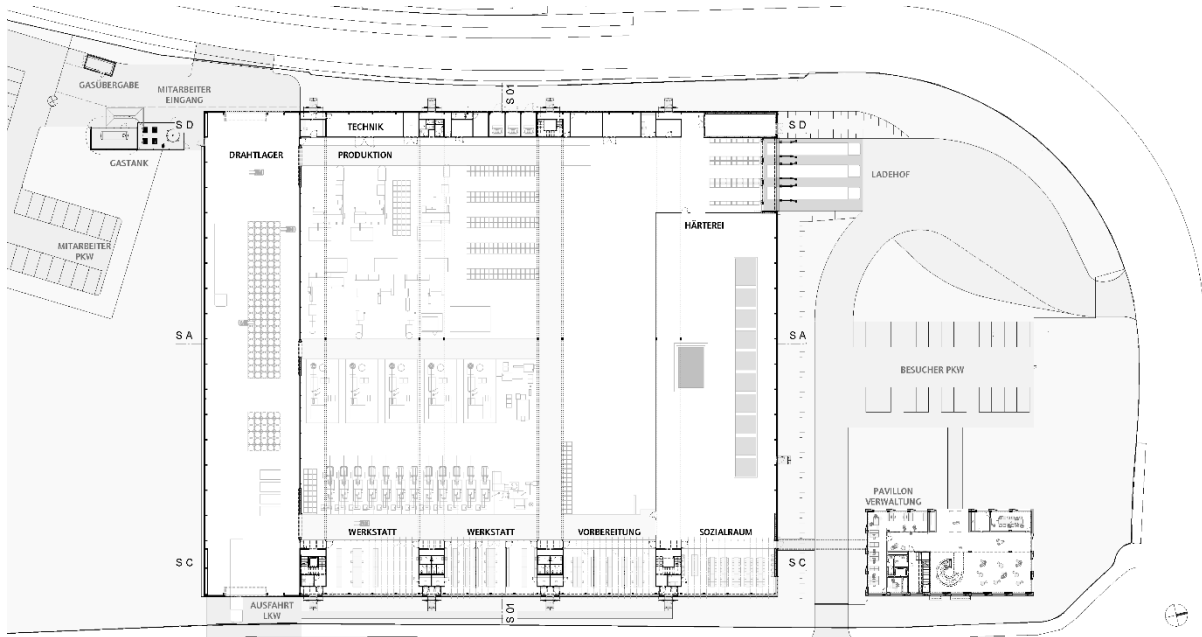
Konfrontiert mit dem Wunsch, dieses Gebäude nicht nur in Holz zu realisieren, sondern damit auch ein Demonstrationsobjekt für modernen Holzbau zu errichten, konnten wir den Bauherrn davon überzeugen, vorgängig zuerst über die Neuorganisation des Firmensitzes nachzudenken.

Nach einer intensiven Analyse des Bestandes war klar, dass die Erweiterung der für die Produktion von Schrauben notwendigen technischen Infrastruktur, die Adaptierungen der brandschutztechnischen Anlagen und die Lösung der zusätzlichen logistischen Anforderungen in Form von Zubauten an die bestehenden Gebäude nicht mehr sinnvoll umgesetzt werden können.

Da sich das im Osten befindliche Grundstück bereits im Besitz von SWG befand basiert das durch HK Architekten erarbeitete Konzept auf einem Neubau: einer mit 11.000 m<sup>2</sup> wesentlich größeren Produktionshalle, die an der Achse der Anlieferung um nochmals 11.000 m<sup>2</sup> erweitert werden kann und einem im Norden über eine Brücke mit der Halle verbundenen, sogenannten Besucher-Pavillon.

Die fünfschiffige Halle gliedert sich funktional in eine als «Durchfahrt» konzipierte Anlieferung, welche direkt an die 7.500 m<sup>2</sup> große Produktionsfläche angeschlossen ist und einer Ost- bzw. Westspange, in welcher die technische Infrastruktur, Werkstätten und Mitarbeiteräumlichkeiten untergebracht sind.

Die 18,3 m breiten Hallenschiffe, die formal durch Fugen abgesetzt sind, gliedern das große Volumen der Halle und machen einerseits das Tragwerkskonzept nach außen ablesbar und schaffen andererseits die Möglichkeit einer nordseitigen Belichtung und Belüftung. Der der Halle vorgelagerte dreigeschossige Besucher-Pavillon bietet Platz für Büro, Konferenz und Ausstellungsräumlichkeiten und macht über den Verbindungssteg und den angeschlossenen Besuchersteg die Produktion der hauseigenen Produkte sowie deren Anwendung in einem 3,80 m hohen Fachwerkbinder aus Baubuche, der die Tiefe der Produktionsfläche von 82 m mit nur einer Stütze überspannt, erlebbar.



Neben den filigranen Abmessungen der einzelnen Bauteile des Fachwerkbinders kann die Leistungsfähigkeit dieses Hochleistungsbaustoffes vor allem durch die Belastung der Hauptstütze demonstriert werden, in der auf dem Querschnitt von 32 cm auf 56 cm 2,533MN abgeleitet werden, was mehr oder minder dem Leergewicht eines Airbus 380 – 800 entspricht.

Auch für die Nebenträger mit einer Spannweite von 18,3 m kam Baubuche zum Einsatz und führte ebenfalls durch einen sehr hohen Ausnutzungsgrad zu einem sehr schlanken Fachwerkträger und zusammen mit den Hauptfachwerken zu einem suffizient geringen Volumen von etwa 420 m<sup>3</sup> Baubuche für die gesamte Dachkonstruktion.

Die Fachwerkbinder des Hauptfachwerks werden auf Treppentürmen aus CLT abelastet und ausgesteift, was durch die Freistellung der westseitigen Treppenhäuser im Erdgeschoss mittels großzügiger Verglasungen die Funktionsweise des Tragwerks ablesbar macht.





Auf Basis der kürzlich novellierten Industriebau-Verordnung wurde ein Brandschutzkonzept erarbeitet, welches es erstmalig in dieser Größenordnung ermöglichte, die Raumabschlüsse zur Anlieferung und zur Westspange als Brandwand-Ersatz-Wände in CLT auszuführen und damit einen Industriebau fast ausschließlich in Holzbauweise umzusetzen.

Auf speziellen Wunsch von Reinhold Würth tragen sowohl Halle als auch Besucher-Pavillon eine gefaltete, gelochte und eloxierte Aluminium-Fassade, um den Charakter von SWG als metallverarbeitendem Betrieb zu unterstreichen.

## 2. Allgemeine Beschreibung der Konstruktion

Die Halle ist ca. 114 m lang und 96,5 m breit. In Längsrichtung unterteilt sich der Bau in fünf Hallenschiffe mit einer jeweiligen Länge von ca. 18,7 m. Die Hauptschiffe sind durch tiefliegende Scheds, deren Breite ca. 5 m beträgt, unterbrochen. Auf der Ostseite wird die Halle durch einen ca. 9 m breiten Seitenbau mit Sozial-, Seminar- und Ausbildungsräumen begrenzt. Im Westen der Halle befindet sich eine ca. 5 m breite Technikspange.

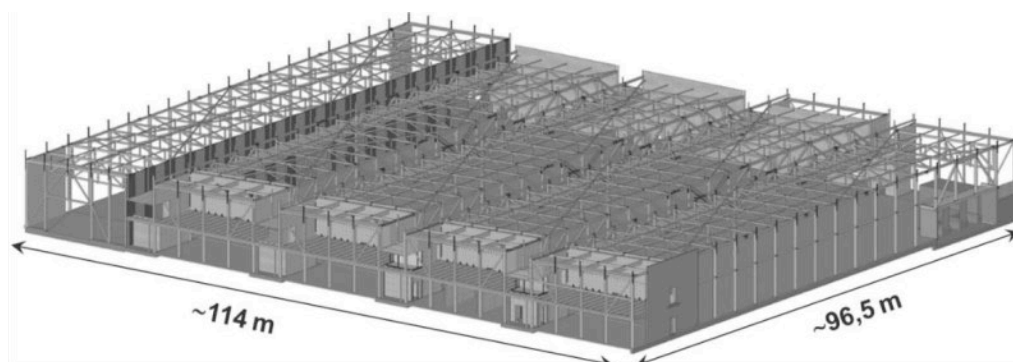


Abbildung 1: Gesamtansicht Holzbau.

### 2.1. Vertikale Lastabtragung

Die Haupthallenschiffe werden in Längsrichtung von unterspannten Nebenfachwerken (ca. 18,7 m) überspannt. Diese Nebenfachwerke werden jeweils an die Hauptfachwerke, an die Giebelstützen oder an die R90-Wand angeschlossen.

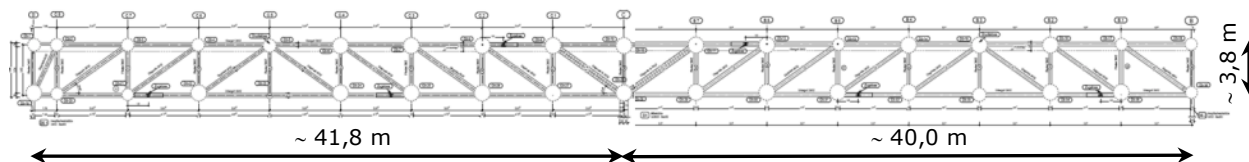


Abbildung 2: Hauptfachwerk.

Das Hauptfachwerk ist insgesamt 81,8 m lang und wird durch eine Stütze in zwei Felder der Längen 41,8 m bzw. 40 m unterteilt. Die Gurte sind jeweils mehrfach, biegesteif gestoßen, so dass sich als statisches System ein Zweifeldträger ergibt. Die Stabilisierung der Obergurte erfolgt jeweils über einen Dachverband. Die Untergurte werden über deren gesamte Länge mit den Brettsperrholz-Elementen, welche das Dach des tiefliegenden Scheds bilden, gekoppelt und ausgesteift.

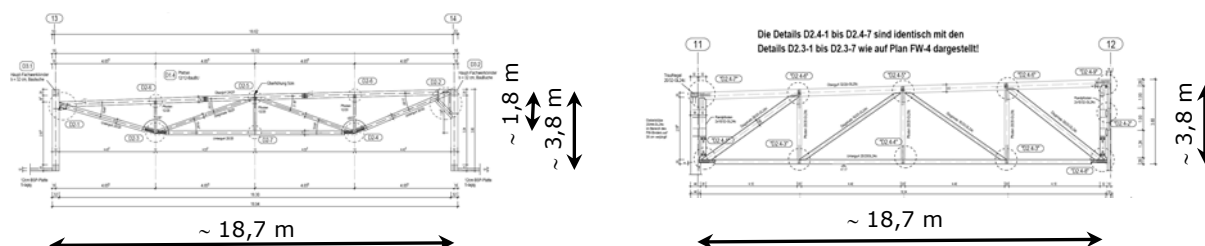


Abbildung 3: Links: Nebenfachwerk; Rechts Aussteifungsfachwerk

Haupt- und Nebenfachwerkträger, Dachverband sowie Rand- und Mittelstützen der Hauptfachwerke sind aus Buche Furnierschichtholz (Pollmeier-Baubuche=BauBuche) gefertigt.

Das statische System wurde so gewählt, dass die Diagonalstäbe in den Regellastfällen ausschließlich durch Druck beansprucht werden. Die erforderlichen Druckanschlüsse dieser Stäbe wurden als Kontaktanschlüsse entworfen und funktionieren ohne weitere Verbindungsmittel (außer zur Lage- und Montagesicherung). Die Zuganschlüsse der Vertikalstäbe sind mit auf Abscheren beanspruchte Würth ASSY Holzbauschrauben ausgeführt.

Für die Dacheindeckung kamen, quer zur Hallenlängsrichtung gespannte Trapezprofile zum Einsatz, die mit Schrauben auf den Nebenfachwerken befestigt wurden.

An den Seiten der Hallenschiffe wird die Dachkonstruktion der Produktionshalle durch Fachwerke aus BS-Holz oder durch Brettsperrholz-Wände eingefasst. Beide dienen neben der vertikalen Lastabtragung auch zur Ableitung der horizontalen, aus Wind und Dachaussteifung resultierenden Kräfte. In den östlichen und westlichen Seitenbauten befinden sich, in den Bereichen der tiefliegenden Schemas, die aus Brettsperrholz hergestellten Gebäudekerne. Diese und die darin integrierten Randstützen der Hauptfachwerke aus BauBuche übernehmen die Kräfte aus den Brettschichtholz-Fachwerken und aus den Brettsperrholz-Wandscheiben.

Die Deckenkonstruktion des westlichen Seitenbaus besteht aus Brettsperrholz-Platten (Spannweite ca. 5 m). Die Decke des Seitenbaus Ost spannt über 9m und wurde als Holz-Beton-Verbund-Konstruktion, mit teilweise vorgefertigten Stahlbetonplatten ausgeführt (Verbundsystem: Würth FT-Verbinder). An der Außenfassade ist die HBV-Decke auf einen Randunterzug gelagert. Innenseitig bildet eine Kombination aus Wandscheiben und Sprengwerk das Auflager der Decke. Die Decke ist in dieses 18,7 m überspannende System hochgehängt.

Die Fassade wurde als Pfosten-Riegel-Konstruktion ausgeführt. Die Abstände der Stützen betragen dabei ca. 5m. Vor die Stützen sind horizontale Fassadenkassetten montiert, welche den Stützenabstand frei überspannen. Die abschließende Gebäudehülle besteht aus metallischen, gelochten Profilen.

## 2.2. Aussteifungskonzept

Die Aussteifung der Produktionshalle erfolgt über Dachverbände, welche sich in der Obergutebene der Fachwerke befinden. Jedes Hallenschiff ist dabei durch einen separaten Dachverband ausgesteift.

In der Spange West werden die Horizontalkräfte aus der Dachebene über die, die Hallendachkonstruktion seitlich abschließenden Fachwerkträger aus Brettschichtholz und Wände aus Brettsperrholz in die aussteifenden Kerne aus Brettsperrholz abgeleitet. Am östlichen Rand der Produktionshalle sind über die gesamte Hallenlänge Fachwerkträger aus Brettschichtholz angeordnet, die die Horizontallasten aus der Obergutebene in die Untergutebene ableiten. Hier befindet sich über einem Besuchersteg eine Brettsperrholzdecke, welche ihrerseits die Horizontallasten in die Wandscheiben aus Brettsperrholz und in das darin (zwischen je zwei Wandscheiben) verbaute Sprengwerk einleitet. Das Sprengwerk und die Wandscheiben aus Brettsperrholz sind in die HBV-Decke eingebunden, welche die Horizontallasten über die Betonplatte weiter in die Aussteifungskerne aus Brettsperrholz ableitet.

Die innenliegenden Hallenschiffe erfahren aufgrund ausreichender Abschirmung durch die außenliegenden Hallenschiffe keine Windbeanspruchungen und mussten nur für die Aufnahme der Aussteifungskräfte der Konstruktion (Stabilisierung) dimensioniert werden.

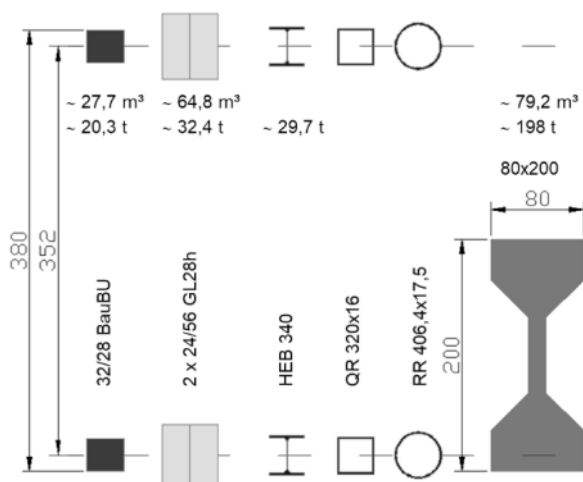
Die seitlich begrenzenden Fachwerkträger aus Brettschichtholz werden über die tiefliegenden Dachebene (Scheiben aus Brettsperrholz) bzw. über die Decken- und Dachscheiben der Seitenbauten ausreichend gekoppelt, so dass die aus den Dachverbänden abgeleiteten Horizontallasten über alle vier aussteifenden Kerne aus Brettsperrholz gleichmäßig verteilt angenommen werden können.

Für die Verteilung der Windlasten aus «Wind auf Traufe» wurden in der Dachebene der Seitenbauten entlang der Traufe liegende Brettschichtholz-Riegel ( $b/h=8/136$ ) angeordnet. Diese verteilen die Lasten auf die aussteifenden Wandscheiben in den Hauptachsen (aussteifende Kerne aus Brettsperrholz).

Horizontale Einwirkungen, die in Höhe der Deckenscheiben auf die Tragstruktur angreifen, werden über die Deckenscheiben aus Brettspertholz (Seitenbau West) bzw. über die Deckenscheiben in Holz-Beton-Verbundbauweise (Seitenbau Ost) in die aussteifenden Kerne aus Brettspertholz abgeleitet.

### 3. Dachtragwerk Produktionshalle

Die Überbrückung großer Spannweiten mit Vollwandträgern geht immer mit einem großen Eigengewicht des Tragwerks selbst einher. Unter diesem Aspekt fiel die Wahl des statischen Systems des Dachtragwerkes schnell auf eine Fachwerkkonstruktion, sowohl für die Haupt- und auch für die Nebenträger. Aufgrund der geplanten Produktionstechnik waren zudem zahlreiche, die Tragstruktur durchdringende Installationen zu erwarten. Dies und die gewünschte Beleuchtung über die Höhenversprünge der Dachebene in den Bereichen der Schems, begünstigten die Entscheidung für die Ausführung der Dachkonstruktion mit aufgelösten Strukturen.



Mit dem Ziel eine besonders schlanke und filigrane Konstruktion herzustellen, deren einzelne Stäbe und Komponenten untereinander über möglichst effiziente Verbindungen gekoppelt werden, fiel die Wahl für das Material des Dachtragwerkes auf Buche-Furnierschichtholz der Firma Pollmeier (BauBuche). Die Biege-, Druck- und Zugfestigkeit von BauBuche liegt im Vergleich zu Brettschichtholz ungefähr bei dem dreifachen Wert. Durch diese hohen Festigkeitswerte können die Stäbe der Fachwerkkonstruktionen vergleichsweise schlank ausgeführt werden.

Abbildung 4: Vergleich unterschiedlicher möglicher Gurtquerschnitte für das Hauptfachwerk, sowie des daraus resultierenden Gewichts.

Ein Vergleich mit möglichen anderen Konstruktionen bzw. Materialien zeigt, dass mit Stahl oder Spannbeton keine schlankeren und/oder leichteren Konstruktionen möglich sind.

Die Berücksichtigung des geforderten Feuerwiderstandes begünstigten zusätzlich den Einsatz von Bauteilen aus Holz.

Durch die hohe Querdruck- und Schubfestigkeit lassen sich zudem sehr effektive «zimmermannsmäßige» Kontaktanschlüsse ausführen. Ergänzend begünstigt die hohe Rohdichte des Materials Anschlüsse mit stiftförmigen Verbindungsmitteln. Speziell Schrauben erreichen bei Verwendung von BauBuche bereits bei geringen Einschraubängen ihre volle Tragfähigkeit. Bereits bei einer Einschraublänge von nur ca. dem zehnfachen des Nenn-durchmessers (10·d) kann die hohe Leistungsfähigkeit von Vollgewindeschrauben vollständig erreicht und ausgenutzt werden.

	Nadelholz		BauBU	Stahl
	C24	GL28h	GL75	S235JR
$f_{m,k}$	24,0	28,0	80,9	235
$f_{t,0,k}$	14,5	22,3	64,2	
$f_{c,0,k}$	21,0	28,0	68,0	
$f_{c,90,k}$	2,5	2,5	14,5	
$f_{v,k}^{(1)}$	2,0	2,5	4,5 / 8,0	136
$E_{mean}$	11000	12600	16700	210000

Abbildung 5: Vergleich der Festigkeitswerte (z.T. abhängig von den vorhandenen Querschnittsabmessungen) unterschiedlicher Materialien und Festigkeitsklassen.

Die das Dach des Produktionsbereichs seitlich begrenzenden Fachwerke dienen neben der vertikalen Lastabtragung auch der Ableitung der Lasten aus dem Aussteifungsverband. Da diese mit der doppelten statischen Höhe gegenüber den sonstigen Nebenfachwerkträgern ausgeführt werden konnten, wurde aus Gründen der Wirtschaftlichkeit für deren Ausführung Brettschichtholz verwendet.

Die Pfosten und Diagonalen der Dachverbände der Produktionshalle bestehen aus BauBuche. Die Diagonalen werden ausschließlich auf Druck beansprucht und wurden aus diesem Grund mittels Kontaktanschlüssen (in Form von Treppenversätzen) an die Gurte der Nebenfachwerkträger angeschlossen. Schrauben kamen hier ausschließlich zur Lage-sicherung und als Montagehilfe zum Einsatz. Die Pfosten aus BauBuche dienen nur zur Aussteifung der Obergurte der Nebenfachwerkträger. Da diese vorwiegend auf Druck beansprucht werden erfolgt deren Anschluss ebenfalls über Druck/Kontaktpressung. Die geringfügig auftretenden Zugkräfte können über die Anordnung von jeweils maximal vier Schrauben je Stabende aufgenommen werden.

### 3.1. Anschlussdetail - Hauptfachwerk, Mittelauflegerknoten

Am Mittelaufleger des Hauptfachwerkträgers treffen fünf Stäbe aufeinander. Jeder dieser Stäbe ist durch Druckkräfte beansprucht. Da der Untergurt durchlaufend angenommen wurde muss zudem die Übertragung der Momente im Untergurt gewährleistet werden.

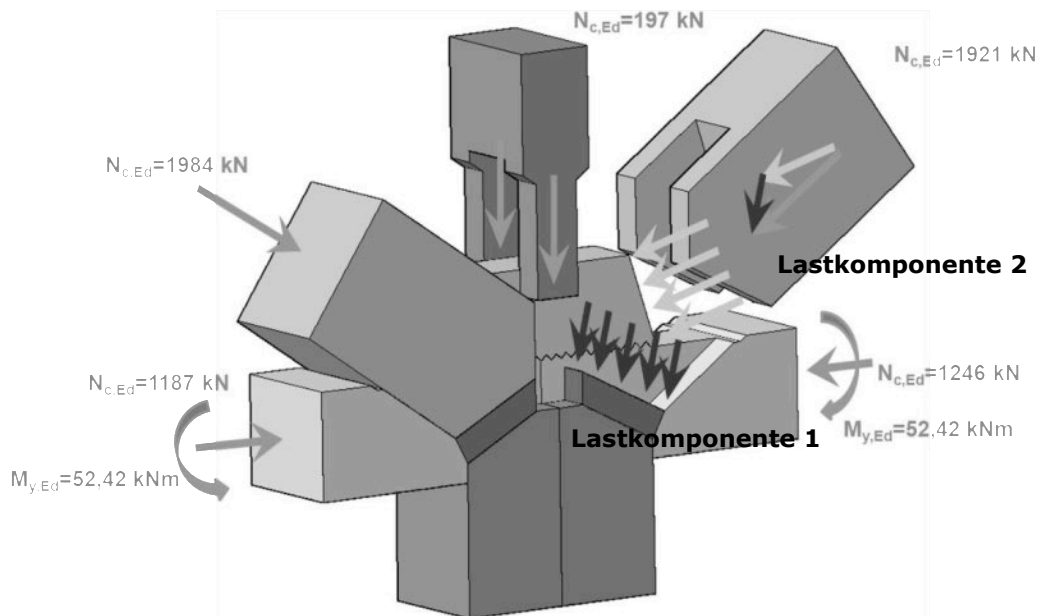


Abbildung 6: Lasteinwirkung am Mittelauflegerknoten.

Die Konstruktion dieses Anschlusses erfolgte unter der Berücksichtigung folgender Vorgaben:

- Druckkräfte aus vertikalen Stäben möglichst direkt in Stütze einleiten, d.h. Lastdurchleitungen über Querdruck im Untergurt vermeiden.
- Entgegengerichtete Lastkomponenten aus Stäben soweit möglich kurzschließen.
- Lastkomponenten der Auflagerkraft, welche aus den Diagonalen resultieren, möglichst direkt in Stütze einleiten, d.h. Lastdurchleitungen über Querdruck im Untergurt vermeiden.

Der Anschluss der Diagonalen erfolgt jeweils über zwei Druckpunkte. Hierdurch werden die Kräfte der Diagonalen im Anschlussbereich jeweils in zwei Komponenten aufgeteilt:

- Lastkomponente 1 wirkt senkrecht zur Winkelhalbierenden zwischen Diagonale und Stütze.
- Lastkomponente 2 wirkt senkrecht zur Winkelhalbierenden zwischen Diagonale und Gurtstab/Schubholz (siehe Abb. 6).

Um diese Aufteilung der Kräfte zu erreichen, wurden die Diagonalen innenseitig ausgenommen, die Untergurtstäbe außenseitig reduziert. Somit kann je ein Teil der Diagonalen außenseitig am Untergurt vorbeigeführt werden, und Teile der Untergurte können bis zum Schwerpunkt des Anschlusses durchlaufen und stumpf gestoßen werden. Für den Anschluss der Kräfte aus den Diagonalen ( $N_{c,Ed} \leq 1984 \text{ kN}$ ) werden die Kontaktflächen zwischen Stütze und die äußeren Laschen der Diagonalen auf deren gemeinsame Winkelhalbierende angeschnitten und stumpf gestoßen. Innenseitig stoßen die Diagonalen gegen eine Schubknagge, welche u.a. die beiden Diagonalen horizontal kurzschließen. Die Schubknagge und der innere Bereich der Diagonalen werden auf deren gemeinsame Winkelhalbierende angeschnitten und gestoßen.

Die Lastenkomponenten 1 der Diagonalen werden somit über deren äußere Laschen, per Schrägdruck direkt in die Stütze eingeleitet.

Die Lastenkomponenten 2 der Diagonalen werden über deren inneren, verbleibenden Querschnittsanteil, mittels Schrägdruck in die Knagge eingeleitet und kurzgeschlossen. Ein verbleibender Anteil dieser Lastkomponente, resultierend aus der Differenz der entgegengesetzt wirkenden Kräfte, wird über die an der Knagge unterseitig angeordnete Verzahnung in die Gurtstäbe eingeleitet. Durch den Lastabtrag über die Verzahnung entstehende Umlenkkräfte werden durch zusätzliche, vertikal angeordnete Schrauben aufgenommen und ebenfalls in die Gurte abgeleitet.

Die verhältnismäßig geringe Druckkraft aus dem Vertikalstab wird ebenfalls unmittelbar über äußere Laschen und Längsdruck in die Stütze eingeleitet (siehe Abb. 6).

Die Druckkraftkopplung der beiden Untergurtstäbe erfolgt durch den stumpfen Stoß der beiden Bauteile. Das an diesem Punkt wirkende Moment im Untergurt wird in ein horizontal wirkendes Kräftepaar aufgeteilt. Die an der Oberkante des Gurtholzes entstehende Zugkraftkomponente wird über die Verzahnung der Gurthölzer mit der darüber liegenden Knagge übertragen. Aus der Verzahnung resultierende Umlenkkräfte werden, wie bereits oben beschrieben, über zusätzlich angeordnete Schrauben aufgenommen.



Abbildung 7: Rechts: Abbund der Diagonalen und der zugehörigen Knagge des Mittelauflegerknotens; Links: montierter Knoten.

### 3.2. Anschlussdetail - Hauptfachwerk, Hauptdiagonale

Das statische System des Hauptfachwerkträgers wurde so gewählt, dass die Diagonalstäbe immer auf Druck und alle Vertikalstäbe auf Zug beansprucht werden.

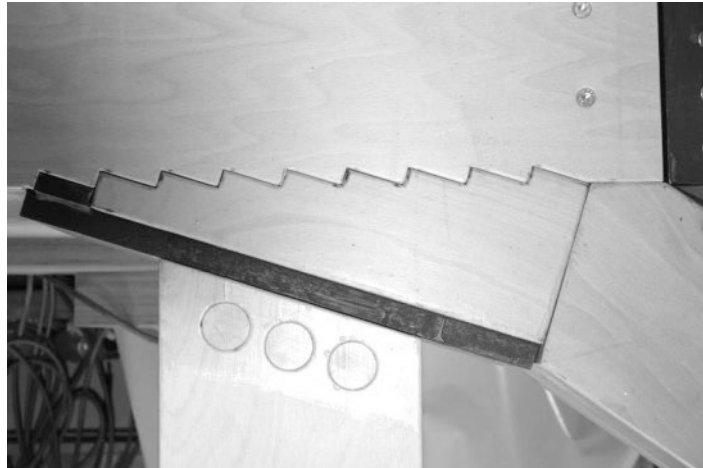
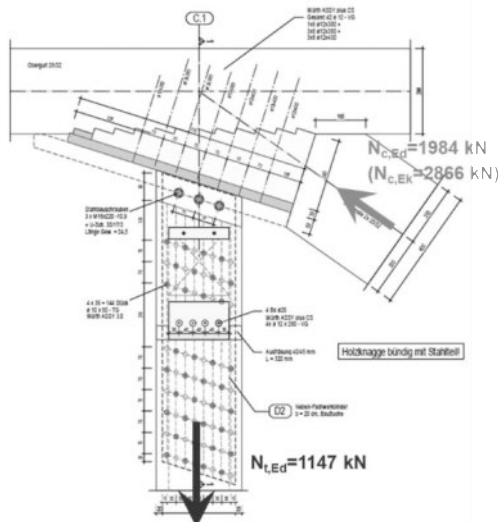


Abbildung 8: Beispiel eines «verlängerten» Treppenversatzes.

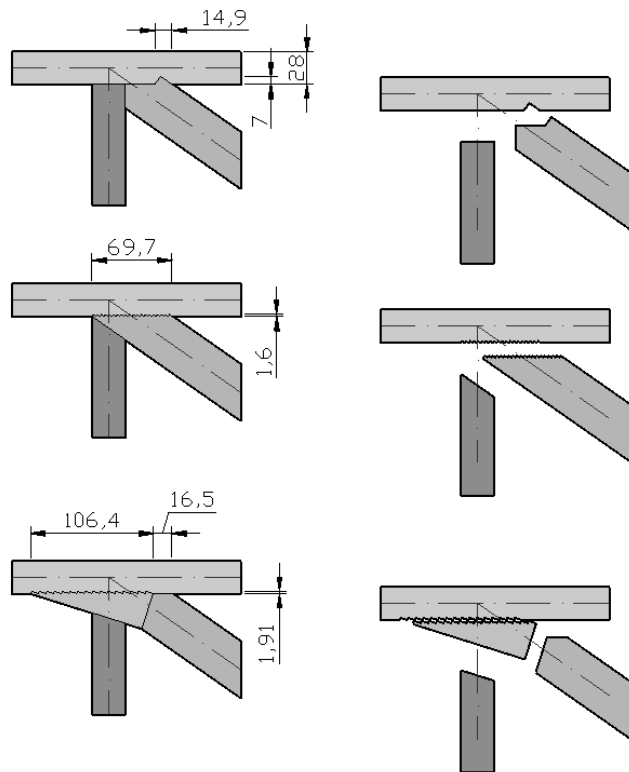
### Anschluss der Diagonalen

Der Anschluss der Diagonalen erfolgt in Abhängigkeit der anzuschließenden Kraft durch einen Treppen- oder einen «verlängerten» Treppenversatz. Der Treppenversatz entspricht dabei einer Aneinanderreihung von Fersenversätzen.

In der Regel wird beim Nachweis von Treppenversätzen das Abscheren der Treppenstufen am Gurt maßgebend. Eine Steigerung der Tragfähigkeit dieser Anschlüsse konnte durch folgende Überlegungen erreicht werden:

- Gemäß ETA-12/0354 ist die Schubfestigkeit von BauBuche mit  $4,5 \text{ N/mm}^2$  (unter Berücksichtigung der Querschnittsabmessungen hier mit ca.  $4,9 \text{ N/mm}^2$ ) anzunehmen. Werden die Furniere stehend angeordnet, kann für diese Variante der Anschlüsse die Schubfestigkeit mit  $8 \text{ N/mm}^2$  angenommen werden.
- Wenn die Schubfestigkeit nicht ausreichend ist, muss die Anschlussfläche vergrößert werden (z.B. durch verlängert der Anschlussfläche). Dies wird durch die Anordnung einer Anschlussknagge erreicht. Hierbei wird die Diagonalkraft in einen flacheren Winkel umgelenkt. Die korrespondierende, senkrecht zum Gurtholz wirkende Kraftkomponente wird über Querpressung in den Gurt eingeleitet.

Vergleicht man im vorliegenden Fall die Kapazität eines konventionellen Fersenversatzes mit der eines Treppenversatzes bzw. eines «verlängerten» Treppenversatzes ergeben sich folgende Tragfähigkeiten:

**Fersenversatz**

$$F_{c,Ek} = 998 \text{ kN}$$

**Treppenversatz**

$$F_{c,Ek} = 2178 \text{ kN}$$

Viele kleine Fersenversätze mit größerer Scher- und Druckfläche

**«Verlängerter» Treppenversatz**

$$F_{c,Ek} = 2178 \text{ kN}$$

Verlängerung der Anschlussfläche mit weiteren Fersenversätzen und zusätzlicher Anschlussfläche

Abbildung 9: Laststeigerung durch Variation des Fersenversätze – einfacher Fersenversatz, Treppenversatz, «verlängerter» Treppenversatz.

**Anschluss der Vertikalen**

Der Anschluss der Vertikalstäbe erfolgt in Abhängigkeit der jeweiligen maßgeblichen Kraft durch zwei Varianten:

- Bei «kleineren» Kräften werden ausschließlich lange Vollgewindeschrauben für den Anschluss verwendet. Hierzu werden die Schrauben senkrecht zum Gurtholz und faserparallel zum Vertikalstab angeordnet. Die hier verwendeten Vollgewindeschrauben Würth ASSY plus VG Ø10mm benötigen lediglich eine Verankerungslänge von 314 mm parallel zur Faserrichtung, um deren maximale Tragfähigkeit (Stahltragfähigkeit  $f_{tens,k}$ ) in den Vertikalstab einleiten zu können.

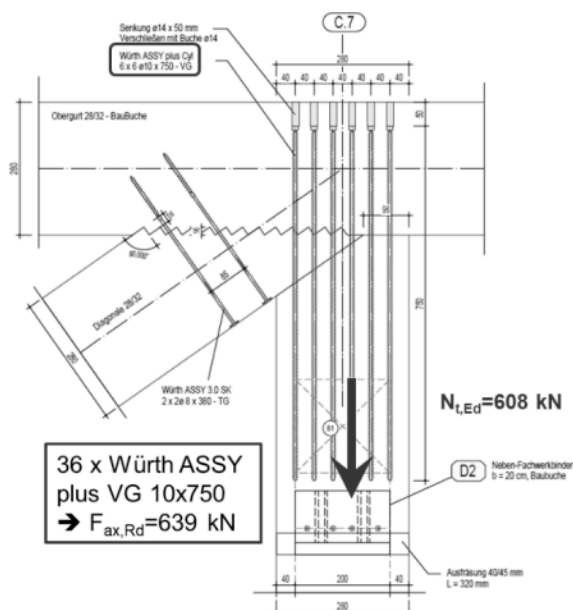


Abbildung 10: Zeichnung für einen Vertikalstabanschluss mit «kleineren» Kräften.

- Hochbeanspruchte Vertikalstäbe werden über Stahlteile angeschlossen. Die Vertikalstäbe werden dreiteilig (80mm/160mm/80mm) ausgeführt und für das Einlassen von Zuglaschen aus Stahl ausgenommen. In Kombination mit den senkrecht zur Scherfläche angeordneten Schrauben Würth ASSY 3.0 10x80 entsteht eine vierschnittige Verbindung mit innenliegenden, verdeckten Stahllaschen. Diese Zuglaschen werden mit drei Stahlbauschrauben M16 (10.9) an eine Kopfplatte angeschlossen, welche mit Vollgewindeschrauben Würth ASSY plus VG Ø 12 mm in das Gurtholz rückverankert wird. Da diese Schrauben nicht parallel zur Zugkraft aus dem Vertikalstab angeordnet werden, entsteht hier ergänzend zu der Kraft in Richtung der Schraubenachse eine Umlenkraft parallel zur Verlängerungsknagge. Diese Umlenkraft wird über die Kopfplatte unmittelbar mit den Kräften der Diagonalen kurzgeschlossen.

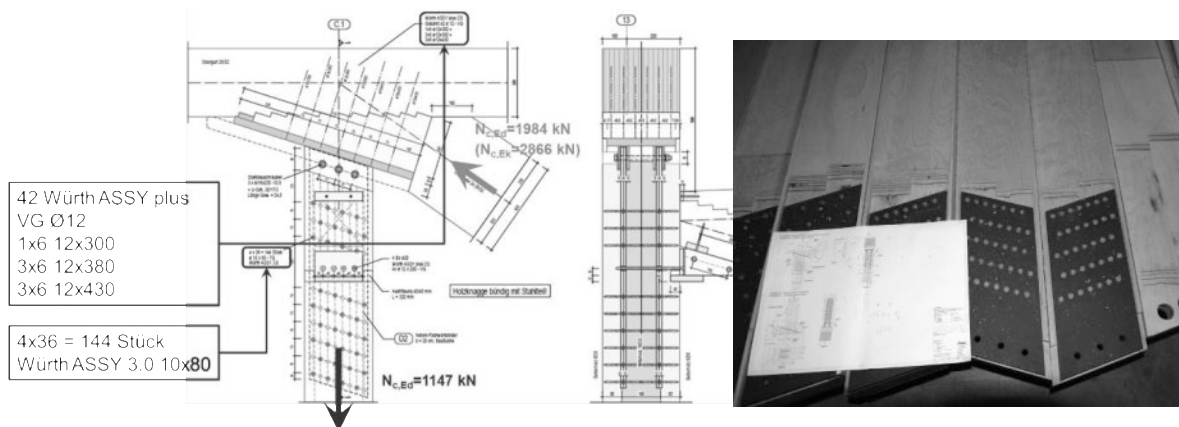


Abbildung 11: Hochbeanspruchter Vertikalstabanschluss (rechts: vormontierte Stahlplatten).

## 4. Decken

Die Decke des westlichen Seitenbaus hat eine Spannweite von 4,6 m und wurde mit einer 16 cm dicken Decke aus Brettsper Holz ausgeführt.

Die Decke über der Spange Ost überspannt 9 m und hat zudem noch einen Überstand von ca. 2 m, welcher als Balkon bzw. Besuchersteg für die Besichtigung der Produktion genutzt werden soll. Die Decke wurde in Holz-Beton-Verbundbauweise ausgeführt und besteht aus Deckenbalken 24/40, GL28c im Abstand von 1,25 m mit 12 cm Beton. Die Betonplatte besteht aus Fertigteile-Filigranplatten (Schalung) welche entsprechend Statik bewehrt und mit Ortbeton zu einer monolithischen Platte aufbetoniert wurde. Der Schubverbund zwischen Deckenbalken und Beton wurde mit Würth FT-Schubverbindern in Kombination mit Schrauben Würth ASSY plus VG 10x430 hergestellt.



Abbildung 12: HBV-Decke im Montagezustand vor dem betonieren.

Die Decke lagert an der Außenfassade auf einem deckengleichen Randunterzug. Innen-seitig wurde die Decke in eine Kombination aus Wandscheiben aus Brettsper Holz und abgestrebtem System hoch gehängt. Dabei spannen die Wandscheiben jeweils ca. 9,35 m



von den angrenzenden Aussteifungskernen bis zur Mitte eines Hallenschiffes. Hier binden die Wandscheiben in eine Abstrebung ein, welche sich wiederum in die Wandkrone der Aussteifungskerne rückverankert.

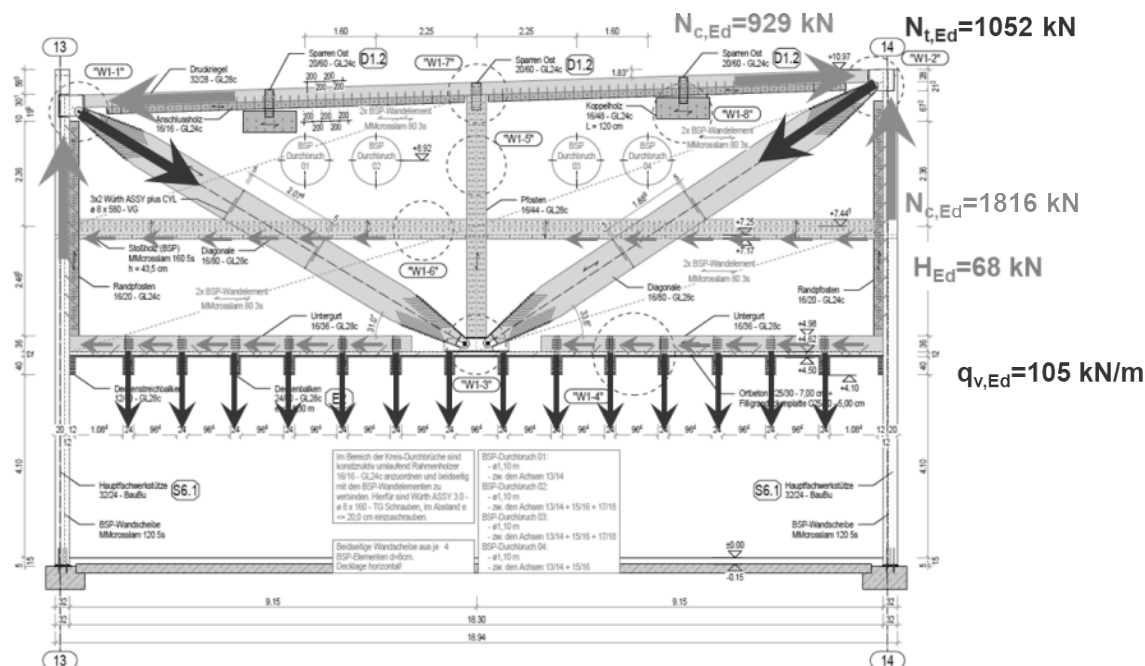


Abbildung 13: Kombination aus Wandscheiben und abgestrebtes System; Lasteinwirkung aus HBV-Decke «Spange Ost» (rot); Lasten aus Hauptfachwerkträger auf Randstütze und aus Aussteifung auf Wandscheibe (grün).

## 5. Aussteifende Kerne

Die aussteifenden Kerne bestehen aus Wandelementen aus Brettsperrholz der Dicken 12 cm, 16 cm und 24 cm (in dezidierten Bereichen aus Gründen des Feuerwiderstandes, der dort z.T. 90 Minuten beträgt).

Die Wandelemente sind vertikal gestoßen und bis zu 12 m hoch (ohne horizontalen Stoß). In den an die Produktionshalle angrenzende Ecken sind die Stützen aus BauBuche 32/24 des Hauptfachwerkträgers integriert. Die Stützen sind mit den Wandelementen verschraubt und werden durch diese gegen Knicken gehalten.

Ein integrierter Fahrstuhlschacht besteht ebenfalls aus 16 cm dicken Brettsperrholz-Elementen.

Treppenläufe und zugehöriges Podest wurden als Stahlbetonfertigteile ausgeführt.

Die Wandscheiben der Kerne übernehmen die Aussteifung der gesamten Halle. Deren Verankerung erfolgte ausschließlich mit Betonschrauben und Spreizdübel.

## 6. Zusammenfassung

Durch die Verwendung von BauBuche ist es gelungen, ein weit gespanntes Hallentragwerk zu bauen, dessen Konstruktion sehr schlank, filigran und leicht ist. Die Materialeigenschaften in Kombination mit Würth ASSY Holzbauschrauben ermöglichen zudem die Ausführung sehr kompakter und leistungsfähiger Anschlüsse. Dies wiederum ermöglicht den wirtschaftlichen Einsatz des Materials BauBuche – Querschnitte können bis zu 100% ausgenutzt werden. Material und Ressourcen werden effizient genutzt.

Unter Berücksichtigung der Anforderungen an den Feuerwiderstand ist das Bauen mit Holz und BauBuche bei solchen Projekten mehr als nur eine Alternative zum Bauen mit Stahl, Stahlbeton oder Spannbeton.



## **Block C**

Zukunftsfähige Konzepte für den  
mehrgeschossigen Holzbau



# Lateral Force Resisting Systems for 12 Story Timber structures – The Canadian Experience

Bernhard Gafner  
ASPECT Structural Engineers  
Vancouver / Toronto Canada  
Unterseen, Switzerland





# Lateral Stability Systems for 12 story Timber Structures – The Canadian Experience

## 1. Introduction

The use of mass timber in taller buildings is an ongoing international trend.

One of the reasons amongst many is the ability to prefabricate the structural elements and reduce the construction time. But in order to really harvest the schedule savings a prefabricated structural system can offer, both the gravity and lateral system need to be prefabricated.

Ideally, lateral systems used in these projects consist of prefabricated components that align with the tolerance and sequences typical for mass timber frames.

As traditional timber engineers, we didn't typically deal with design issues that accompany taller building structures (i.e. above 6 stories). It may be a surprise to many that the typical ULS and SLS design criteria may not govern the design – even at 12 stories. So, the addition of a different set of knowledge and skills is required.

This presentation will show two examples of buildings located in the west coast of Canada: One relying on a standard concrete core system and the other using an innovative approach to Eccentrically Braced Steel Frames.

## 2. Design Considerations

When designing lateral systems, several design checks need to be performed. Under Ultimate Limits States (ULS), these are as follows:

- Seismic Loads
  - Strength – does the system have enough strength to withstand the seismic loads
  - Stiffness – does the system have enough stiffness under ULS loads to not deform too much (drift)
  - Inelastic deformation capacity – can the system undergo adequate inelastic displacement to allow for energy dissipation without collapse
- Wind Loads
  - Strength – does the system have enough strength to withstand the wind loads

Under Serviceability Limits States (SLS), these are as follows:

- Wind Loads
  - Acceleration - does the system have enough stiffness to provide an appropriate level of user comfort
  - Stiffness - does the system have enough stiffness to not deform too much (drift)

Compared to heavier steel and concrete buildings, the lighter timber structures may exhibit wind accelerations that exceed the acceptable thresholds at a given building height. In other words, wind induced acceleration can become the governing consideration for buildings that are much shorter than similar steel or concrete structures.

### 3. Lateral Force Resisting Systems

There are multiple systems that can be considered as a lateral force resisting system. In this presentation, we'll have a look at the three most likely options.

#### 3.1. CLT Shear Walls

CLT Shear Walls consist of one or multiple CLT panels joined together. The system resists the lateral loads through their combined bending and shear resistance. The design of such a system is heavily based on first principles as the current Canadian Design Standard O86 – *Engineering Design in Wood* provides some but not a conclusive guidance.

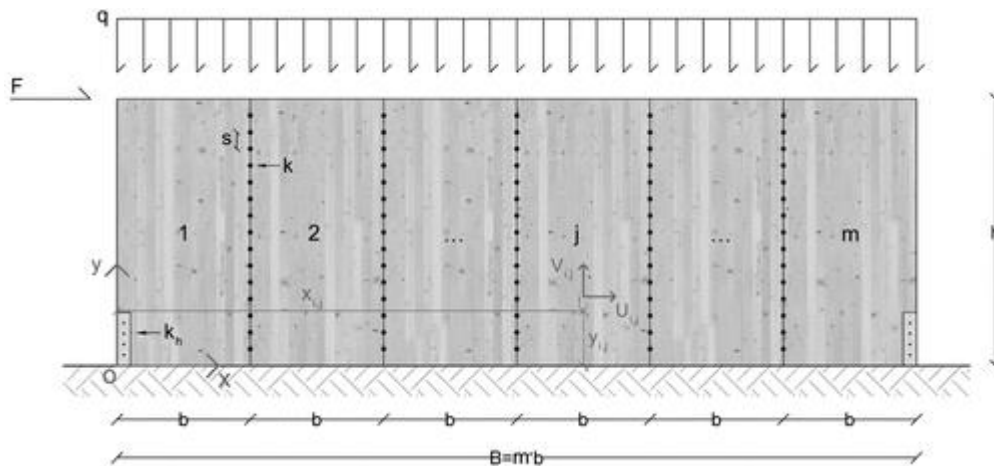


Figure 1: CLT Shear wall System<sup>1</sup>

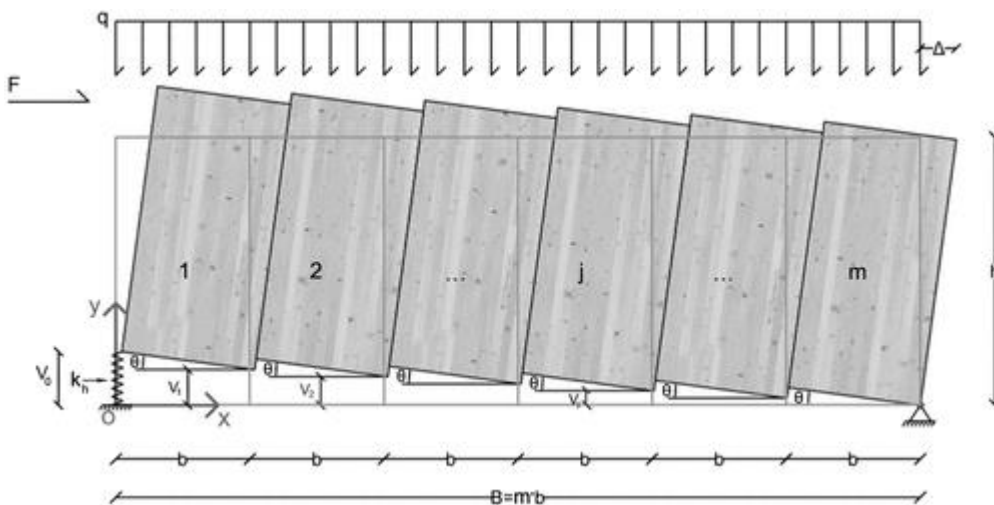


Figure 2: CLT Shear wall Deformation

In Canada the use of CLT as lateral force resisting system is currently limited by the building code to six stories only. Therefore, any use of the system in buildings taller than six stories would require special approvals.

<sup>1</sup> Analytical Approach to Establishing the Elastic Behavior of Multipanel CLT Shear Walls Subjected to Lateral Loads; Daniele Casagrande, Ph.D.; Ghasan Doudak, Ph.D., M.ASCE; Luigi Mauro; and Andrea Polastri, Ph.D



### 3.2. Concrete Shear Walls / Cores

Concrete shear walls and cores are very common and consist of individual concrete walls or walls forming to a square or rectangle in plan. The system resists the lateral loads through its bending and shear resistance. Given their shape and monolithic behavior, the system will typically act more like a tube rather than a single wall. The behavior and design of such systems is well understood and documented.

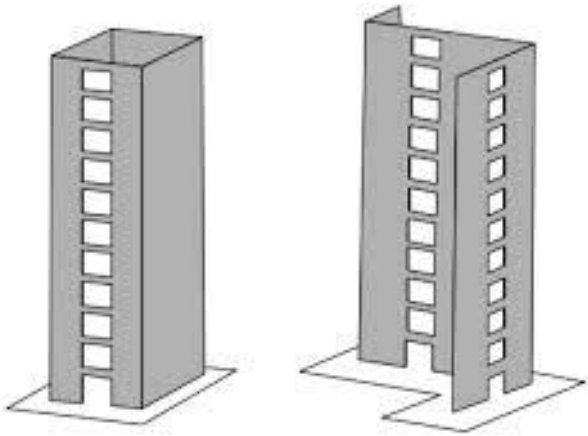


Figure 3: Concrete Shear Wall Configurations<sup>2</sup>

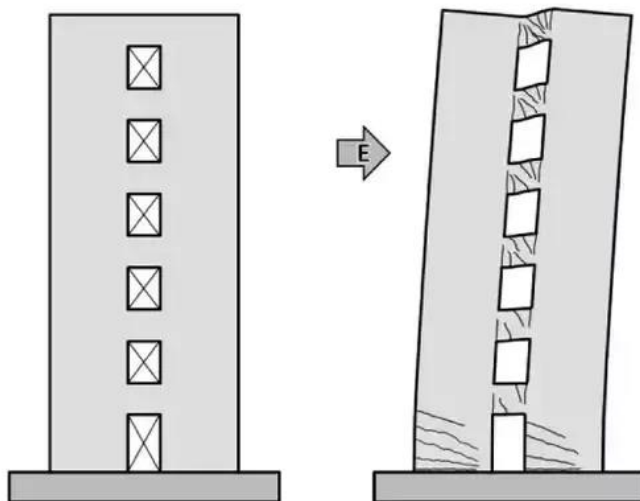


Figure 4: Concrete Shear Walls Deformation

In Canada, concrete walls have no code based height limitation (for most shear wall systems).

<sup>2</sup> <https://www.quora.com/What-is-boundary-element-in-Shear-Wall-or-Column>

### 3.3. Eccentrically Braced Steel Frames (EBF)

EBFs have a history of use in mid-rise and high-rise steel frame buildings in North America, including high seismic zones. EBFs possess high ductility and moderate stiffness. They are designed to dissipate energy by yielding links which form part of the beam in a braced frame. All elements of the braced frame, other than the yielding link, are designed to remain elastic. The figures below show the system and its behavior.

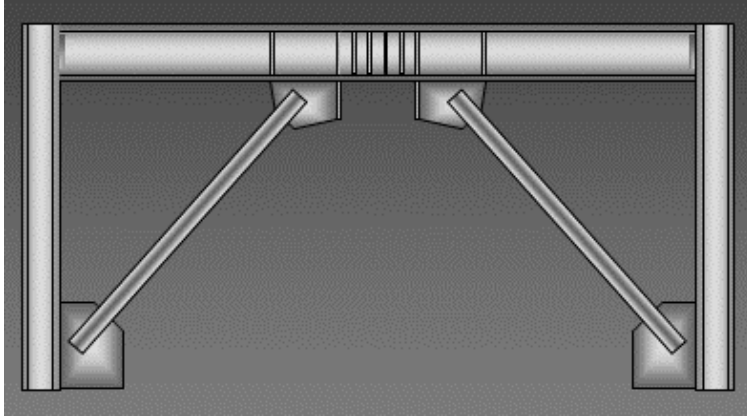


Figure 5: EBF System<sup>3</sup>

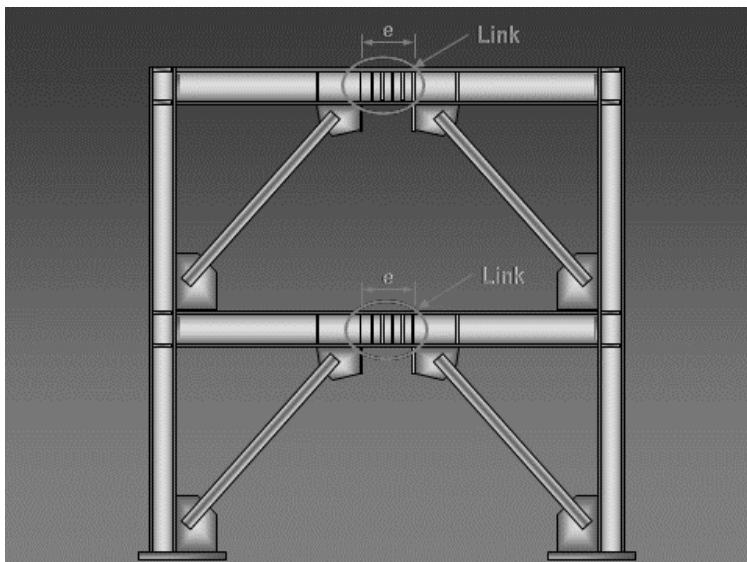


Figure 6: EBF Links

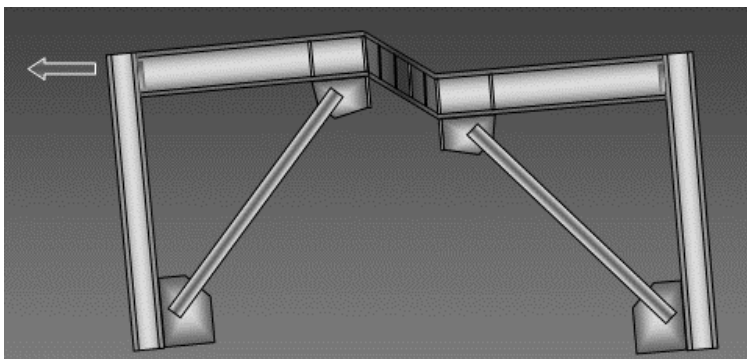


Figure 7: EBF Deformation

In Canada, EBF's have no code based height limitation.

<sup>3</sup> <https://civilhelper.com/Design-Parameters-of-Dual-Braced-Frame-System>

### 3.4. Practical Comparison

Table 1 provides a practical comparison of the three systems. The cost and time are through the lens of the Vancouver marketplace.

Table 1: Practical Comparison of the systems

	CLT Shear Walls	Central Concrete Core and Shear Walls	Eccentrically Braced Steel Frames
<b>Cost</b>	\$\$	\$\$\$	\$\$
<b>Time</b>	Quick	Slow	Quickest
<b>Quality/Prefab</b>	High	Low (Medium if slip forming is adopted)	Highest
<b>Availability</b>	Low	High	Medium
<b>Weight</b>	Light	Heavy	Medium
<b>Geometric flexibility</b>	Average	Good	Poor
<b>Other</b>	Does not meet the current building codes at this height and will require alternative solution. Challenging connection details	Efficient use of space	Inflexible in plan, additional fire protection, acoustics

## 4. 1001 Kingsway

### 4.1. Project Description

Location: Vancouver, Canada

Architect: ZGF

Owner: Vancouver Affordable Housing Agency's

As part of the Vancouver Affordable Housing Agency's seven-site program, the design of a new mixed-use tower at 1001 Kingsway, Vancouver, Canada is underway. The current proposal is for a seven-story tower which sits on top of a wider five-story base, with all but one of the twelve stories above ground designed for residential accommodation. The main floor level will house two commercial retail units (CRU) in addition to back of house operation space.

The combined twelve-story building will have three stories below ground to accommodate parking and ancillary spaces for mechanical and electrical services. The building will require a significant transfer structure which is currently assumed to be at level two (above the CRU level). Positioning the transfer structure at this level will allow for fewer, albeit larger, columns to be positioned within the CRU spaces which will be more accommodating to large structural members. The building will be designed to meet the Passive House requirements.

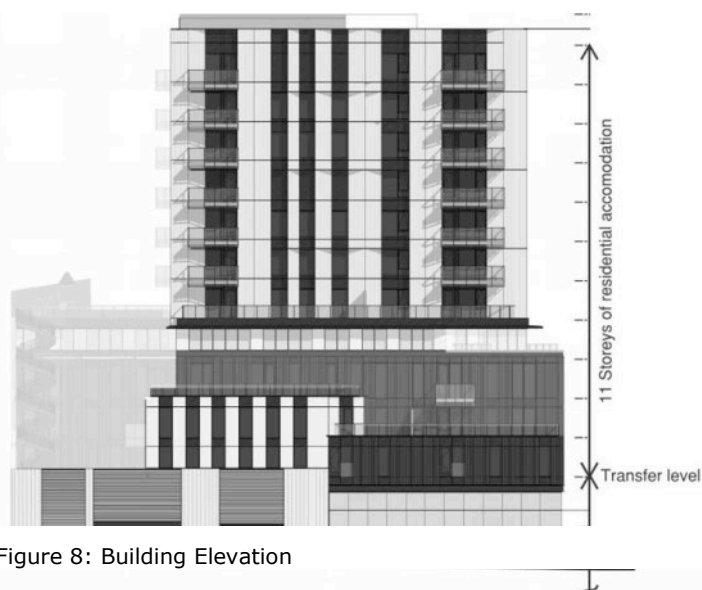


Figure 8: Building Elevation

The building will require a significant transfer structure which is currently assumed to be at level two (above the CRU level). Positioning the transfer structure at this level will allow for fewer, albeit larger, columns to be positioned within the CRU spaces which will be more accommodating to large structural members. The building will be designed to meet the Passive House requirements.

#### 4.1. Lateral Force Resisting System

The irregular shape of the building naturally lends itself to the use of a centralized core, as this closed shape is better suited to handle the torsional forces due to the geometric irregularities of the building. Figure 9 shows the extent the core on a typical floor plate

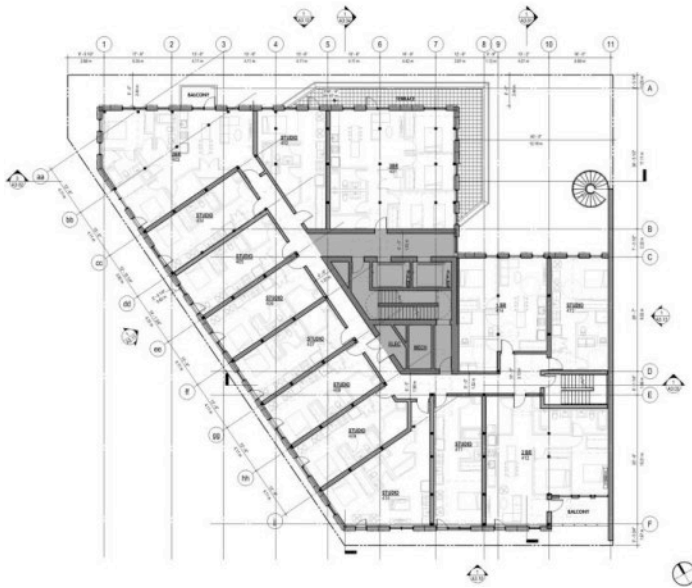


Figure 9: Typical Floorplan

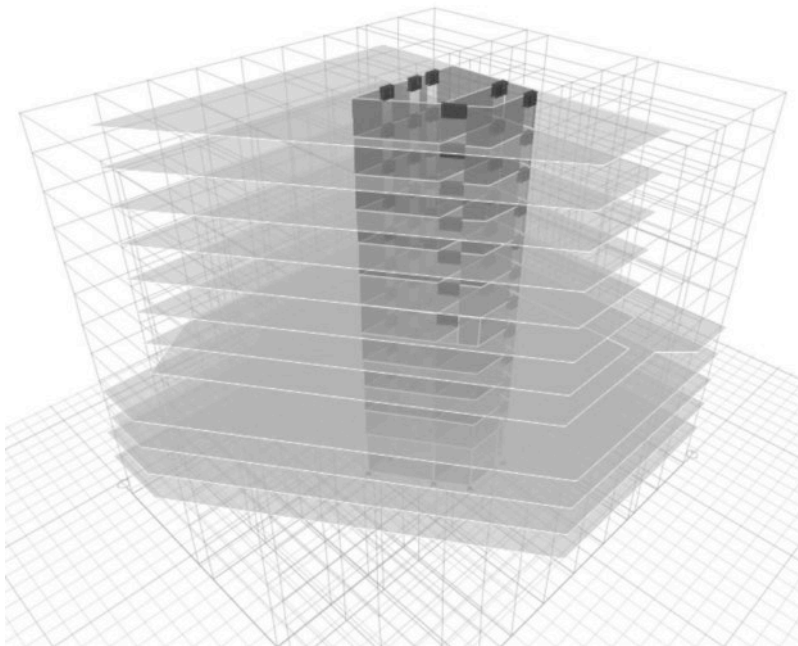


Figure 10: Lateral Model View (ETABS)

Furthermore, the use of a central concrete core results in design that has minimal impact on the usable floor area throughout all the levels of the building and especially at the CRU's on the lower level. Eccentrically Braced Steel Frames (EBF'S) would need to be concentric throughout the height of the building which would impact the architectural layout.

Although the construction of an eleven-story concrete core (above level 2) is slower in comparison to a braced steel frame, a concrete core is the more suitable system for this project. Given the heavy and stiff concrete core system, the design for this lateral forcing system is governed by seismic loads.

## 5. Langford TallWood

### 5.1. Project Description:

Location: Langford, Canada

Architect: DB Services

Owner: DB Services

TallWood 12 story mixed-use building with 11 stories of residential space, one level of commercial retail units at ground level, and two levels of underground parking. The residential levels will consist of point supported CLT floors on steel columns within partition walls. All structure below L2, including the L2 transfer slab, will consist of cast-in-place reinforced concrete.

One of the objectives of this project was to adjust the architectural massing and unit layout to suit the product supply and trade sequencing in order to reduce overall project cost.



Figure 11 & Figure 12: Architectural Renderings

### 5.2. Lateral Force Resisting System

In order to maximize the speed of construction of the structural system, the client and design team were looking for a solution that can keep pace with the installation of the gravity system. A cast-in-place concrete core system was therefore not desired. Prefabricated Eccentrically Braced Steel Frames located throughout the building were chosen. A good alternative would be the use of timber concentrically braced frames (CBF). But given the high ductility of the Steel EBF's compared to the Timber CBF's, Steel EBF's are more economical in this case.

In addition, this system allows for replacement of the ductile shear links after a major seismic event, increasing the likelihood of a relatively quick refurbishment of the structure. The figures below show the proposed layout of the lateral force resisting system.



Figure 13: Floor Plan with Brace Locations

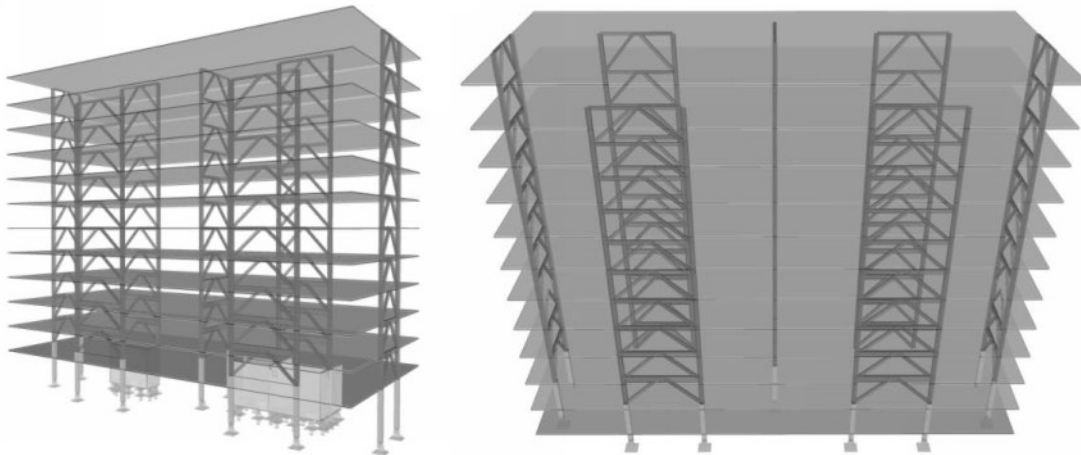


Figure 14 &amp; Figure 15: 3-D Model Views

The design of the link beams is governed by web shear demand due to seismic loading. Design of the braces and columns is governed by limiting inelastic inter-story drifts to 2.5% under seismic loading. Braces, columns, beams outside the link, and the concrete structure below are capacity protected to ensure yielding occurs in the link beams.

The building is located adjacent to Rough Terrain, as defined by the British Columbia Building Code. If the same building were located adjacent to Open Terrain (fields, water, etc.) wind induced accelerations would be one of the main design drivers for brace and column sizes.

In order to maximize the efficiency of the EBFs in regard to construction sequencing, ASPECT developed a concept that would maximize the prefabrication of the system. The figures below show a conceptual elevation of an EBF frame, the conceptual link detail and field splices for the column and brace . One vertical section would consist of two prefabricated frames and links at each level.

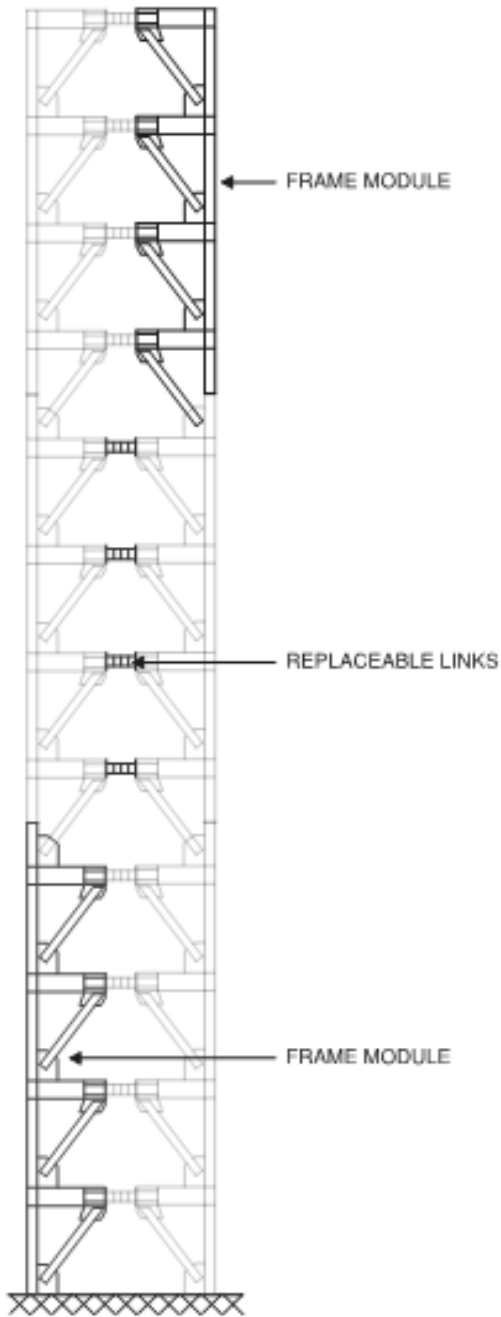


Figure 16: System

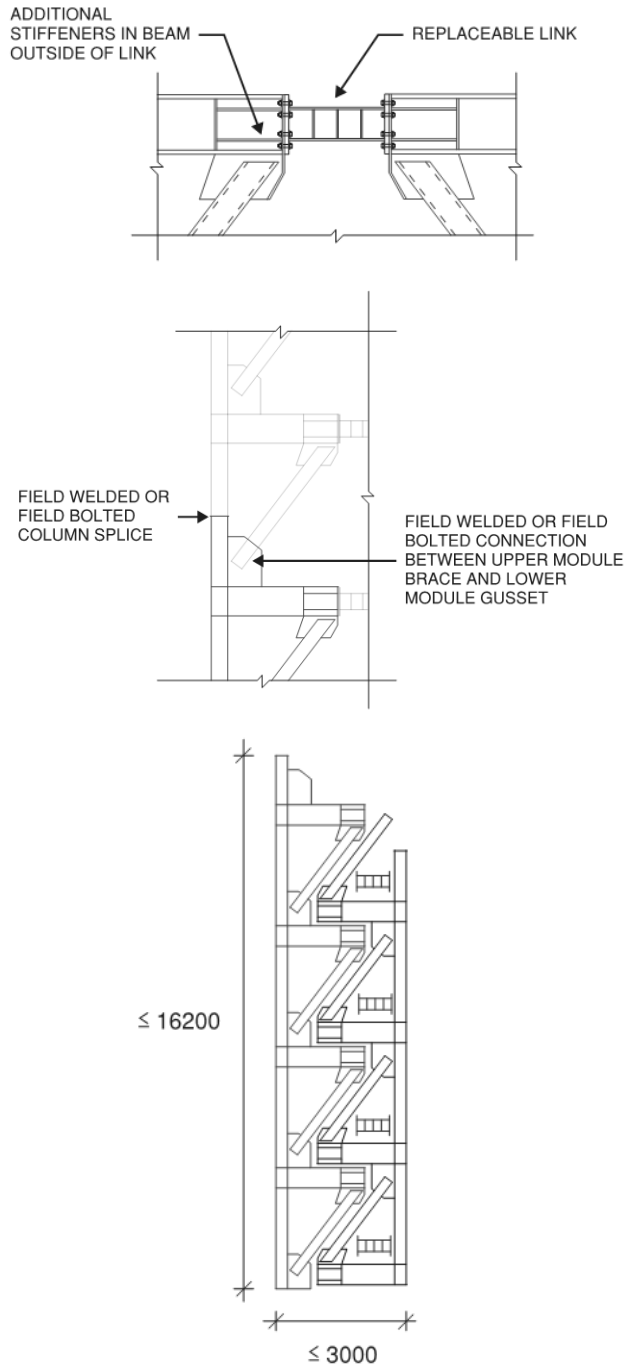


Figure 17, Figure 18 & Figure 19: Individual Components

## 6. Conclusion

Our experience based on these two projects and other tall wood projects shows, that a steel eccentrically braced frame is a very suitable lateral force resisting system to be integrated into a mass timber structure. This system provides the strength, ductility and stiffness needed and allows for a high degree of prefabrication while having similar construction tolerances.

Concrete shear walls & cores are very common and exhibit the necessary the strength, ductility and stiffness, but falls short on the construction sequencing as it's a field installed system and therefore much slower than EBF's. Concrete systems also have much larger construction tolerances than prefabricated steel or mass timber structures.

CLT shear walls are not well suited for taller buildings that need to rely on a minimized amount of shear walls. If a residential building would make use of all interior walls as shear walls, the necessary strength, ductility and stiffness could be achieved. But our experience shows that such structures are not cost effective – at least not on the Canadian westcoast.



# Der neue Erweiterungsbau des Steico Hauptsitzes

Stefan Rapp  
Freier Architekt BDA. Rapp Architekten  
Ulm, Deutschland





# Der neue Erweiterungsbau des Steico Hauptsitzes

## 1. Mehrgeschossiges Bürogebäude

### 1.1. Einleitung

Im Jahre 2012 wurden wir zusammen mit müllerblaustein Bauwerke beauftragt und begannen mit der Planung des neuen Hauptsitzes der Steico S.E. im Otto Lilienthal Ring in Feldkirchen. Zunächst wurde ein Gesamtplan sozusagen als Masterplan entwickelt, der auch die zukünftigen Erweiterungen und das Wachstum der Firmengruppe berücksichtigen sollte. Es wurde der erste Bauabschnitt als Hauptgebäude dreigeschossig (Gebäudeklasse 3) im Jahre 2013 als Energie-Plus Haus realisiert. Bereits kurz nach Fertigstellung wurden wir im Jahre 2014 beauftragt den zweiten Bauabschnitt in Angriff zu nehmen, zunächst wurde das ursprüngliche Konzept der dreigeschossigen Bebauung weiterverfolgt, sehr schnell wurde allerdings klar, dass weit mehr Flächen in Zukunft benötigt werden würden, daher wurde die Erweiterung viergeschossig weitergeplant. Das Erdgeschoss beinhaltet neben den überdachten PKW-Stellplätzen die öffentlichen Schulungsbereiche, sowie Archiv und Nebenflächen.

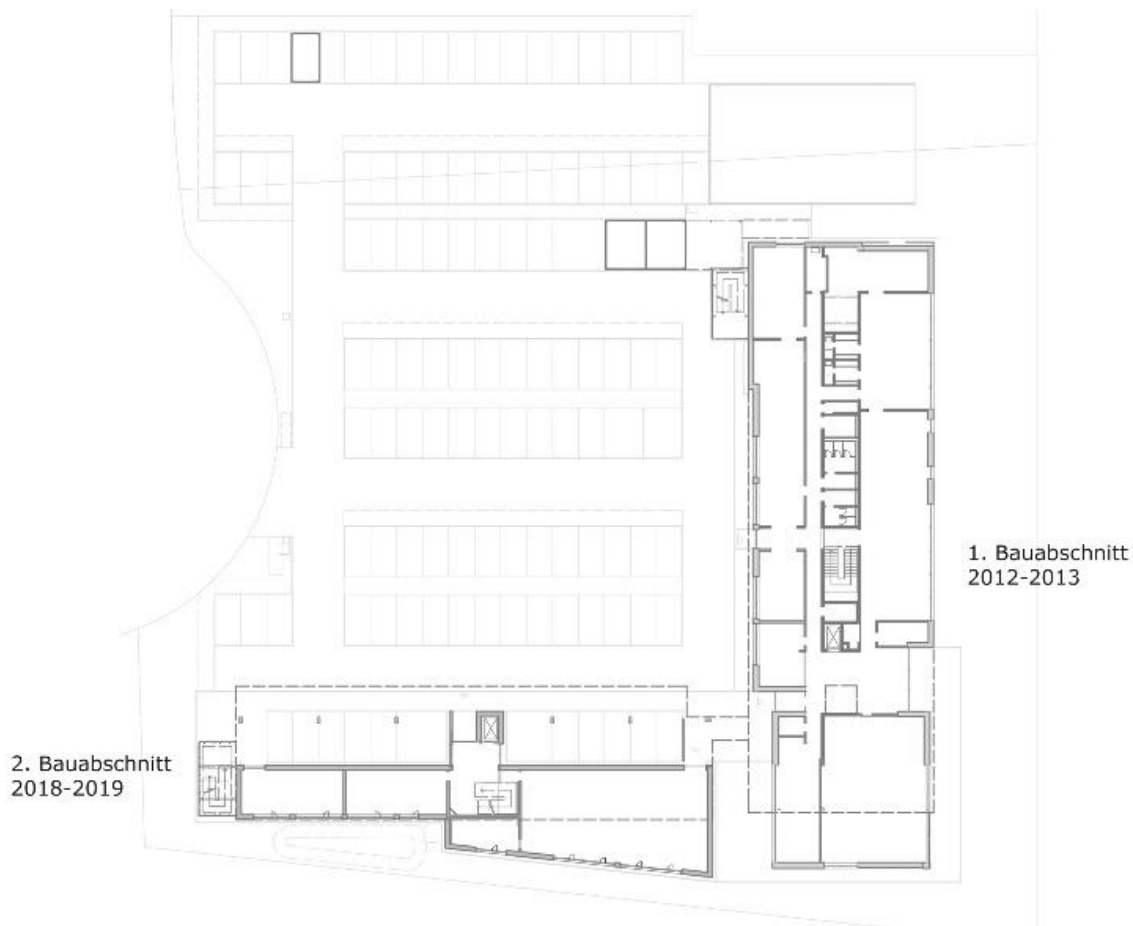


Abbildung 1: Grundriss Übersicht



Abbildung 2: Perspektive 1. Und 2. Bauabschnitt

Die Ausführung des Erdgeschosses erfolgte komplett in Stahlbeton, da es aus unserer Sicht nicht sinnvoll ist die mechanisch und brandschutztechnisch stark beanspruchten Bereiche in Holz zu errichten. Auf dem «Stahlbeton-Tisch» wurde das restliche Gebäude inklusive Treppenhaus und Aufzugsschacht in Holz erstellt. In den Obergeschossen sind Einzel- und Gruppenbüros untergebracht. Im obersten Geschoss wurde der Mitarbeiterbereich mit einer kleinen Kantine und für die körperliche Ertüchtigung ein Fitnessbereich angesiedelt. Über einen verglasten Steg ist der Neubau an das Bestandsgebäude angebunden.

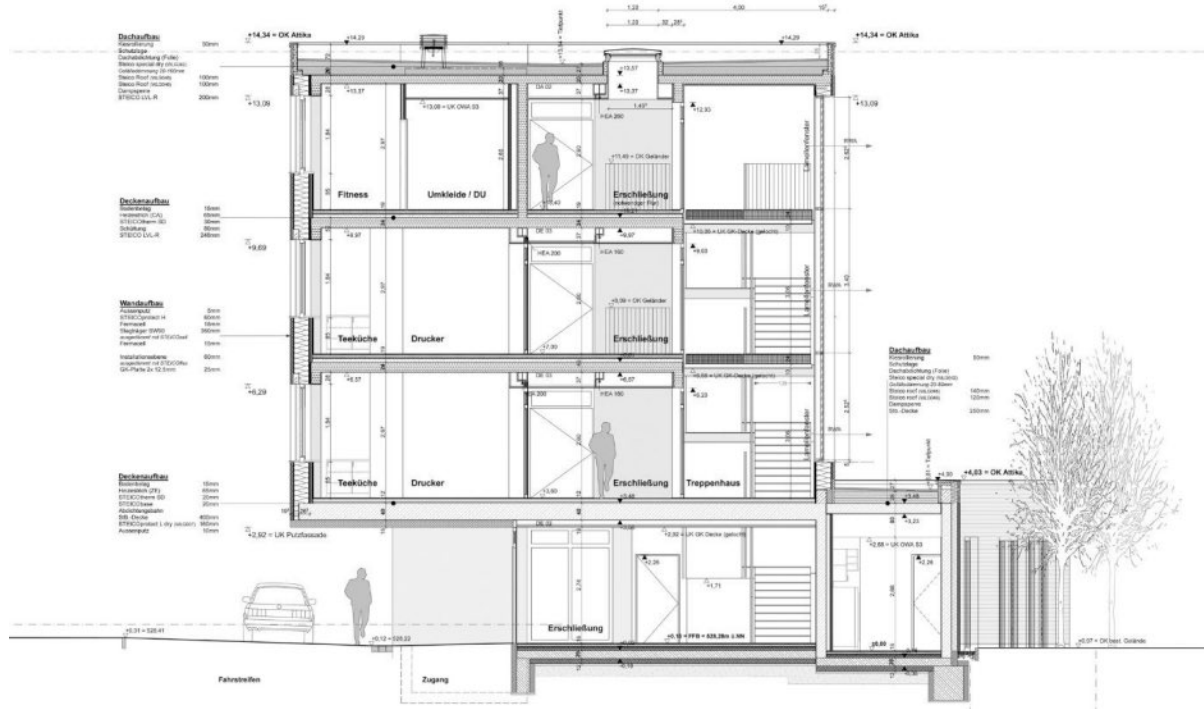


Abbildung 3: Querschnitt

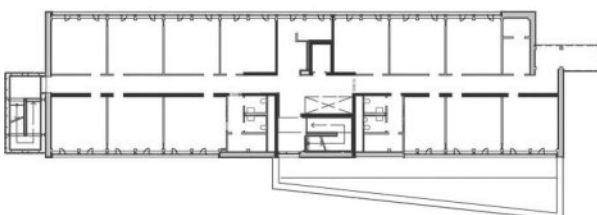


Abbildung 4: Grundriss Obergeschoss

## 1.2. Viergeschossiges Bürogebäude in Holzbauweise

Die Planung des viergeschossigen Holzbaus gestaltete sich dann doch deutlich länger als ursprünglich erwartet. Nach wie vor stellte der Brandschutz die größte Hürde im mehrgeschossigen Holzbau dar, da die Normgebung den Holzbau leider immer noch nicht angemessen berücksichtigt. Zunächst wurde die Idee verfolgt, das Gebäude in die Gebäudeklasse 4 einzustufen, dies hätte den großen Vorteil gehabt eine nur eine hochfeuerhemmende Tragkonstruktion vorsehen zu müssen. Die Einteilung in Nutzungseinheiten unter 400 qm war auch hinsichtlich einer flexiblen Vermietung in Zukunft wünschenswert. Ein Bauantrag wurde mit diesen Vorgaben erstellt und ein erstes Brandschutzgutachten erstellt. In der Abstimmung mit der Brandschutzprüfung wurde nach längeren Verhandlungen dieses Konzept wieder verworfen. Auch unter Berücksichtigung der neuen Vorgaben des Bauherrn, ausschließlich Produkte aus der eigenen Produktpalette des Hauses Steico zu verwenden und viele Holzoberflächen sichtbar zu belassen, war man zu dem Entschluss gekommen das Gebäude in die Gebäudeklasse 5 nach Art. 2(3) BayBO mit feuerbeständiger Tragkonstruktion einzustufen. Bei der weiteren Realisierung konnten Ausnahmen gegenüber der BayBO vereinbart werden: Wandanforderungen sind aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn sie als raumabschließende Bauteile feuerhemmend sind (gem. BayBO Art. 26(2), Baustoffklasse B2, brandschutztechnische Klassifizierung EI- 30. Anforderung an die Fassade, sind aus schwerentflammaren Baustoffen zulässig, Baustoffklasse B1. Es sollten keine Brandriegel in der Fassade eingebaut werden, dies konnte über das positive Glimmverhalten des WDVS Holzfaserdämmstoffes erreicht werden.

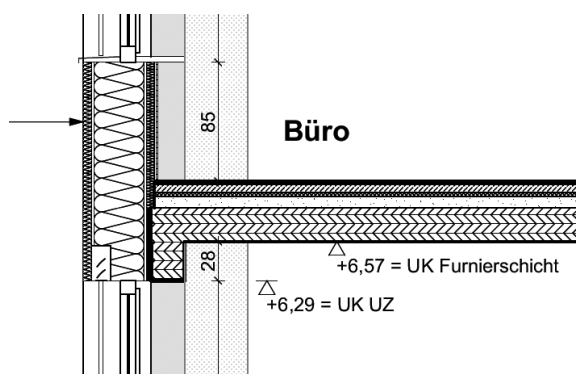


Abbildung 5: Systemschnitt Decke Wand

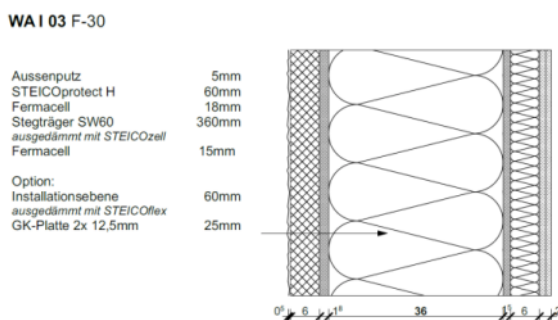


Abbildung 6: Wandaufbau Außenwand

## 1.3. Konstruktion

Das Gebäude wurde als Skelettkonstruktion ohne tragende Außenwand konstruiert. Der Holzwerkstoff sollte maximal sichtbar eingesetzt werden. Zum Einsatz kamen sowohl bei den tragenden Stützen als auch an den Massivholzdecken LVL Produkte aus dem Lieferprogramm des Bauherrn. Die Verbindung der tragenden Bauteile zwischen Stütze und Decke erfolgte über Holzapfen.

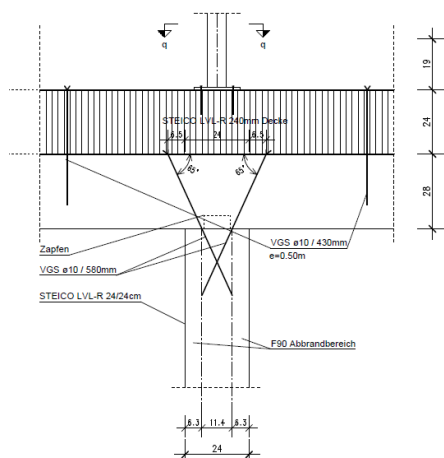


Abbildung 7: Zapfenverbindung



Abbildung 8: Montage Träger auf Stütze

LVL bzw. das Steico GLVL welches für die Deckenelemente, Unterzüge und Stützen eingesetzt wurde, verfügt über eine hohe Steifigkeit. Die Lastdurchleitung erfolgt sicher durch die Deckenelemente hindurch. Der Stahlanteil konnte deutlich reduziert werden. Ein weiterer Vorteil stellt die geringere Abbrandrate bei sichtbar eingebautem GLVL dar.

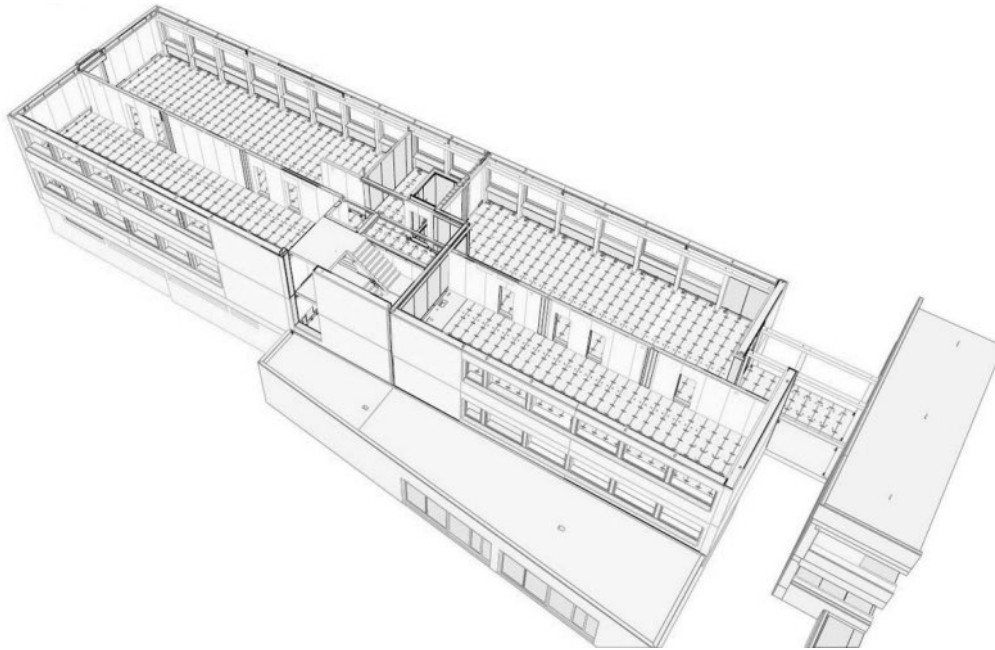


Abbildung 9: Konstruktion (©müllerblastein Holzbauwerke)

Die Aussteifung des Gebäudes erfolgte ebenfalls konsequent aus aussteifenden Scheiben, welche in den Deckenelementen über Schubverbinder hergestellt wurden.

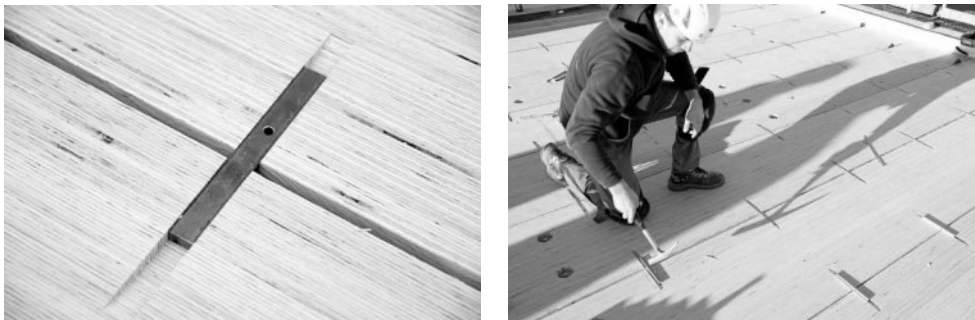


Abbildung 10,11: Schubverbinder

Der LVL Werkstoff verfügt unserer Meinung nach über eine interessante Oberfläche, die im Innenbereich eine ehrliche, besondere Ästhetik im Rohzustand ohne zusätzliche Holzverkleidungen erzeugt.



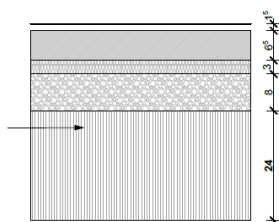
Abbildung 12: sichtbare GLVL Oberflächen

Der weitere Deckenaufbau erhielt für den Schallschutz eine Schüttung sowie eine Trittschalldämmung ebenfalls aus dem Hause Steico. Man entschied sich für den Einsatz eines konventionellen Nassestrichs als Heizestrich, da dieser eine zusätzliche Masse liefert und auch deutlich kostengünstiger herstellbar ist.

**DE I 03 LVL + Schüttung**

- Bodenbelag 15mm
- Heizestrich (CA) 65mm
- STEICOtherm SD 30mm
- Schüttung 80mm
- STEICO LVL-R 240mm

abgehängte Decke (in Teilbereichen)



**5 Messergebnisse**

Die auf der in den Abschnitten 1 bis 3 dieses Berichts beschriebenen Grundlage ermittelten Kennwerte sind nachfolgend für die Trittschall- und Luftschalldämmung tabellarisch zusammengefasst. Die Beurteilung ist rein informativ.

**5.1 Trittschalldämmung**

Die Trittschalldämmung wird charakterisiert durch den bewerteten Norm-Trittschallpegel  $L'_{nw}$ . Die Anforderung an den Trittschallschutz ist dann erfüllt, wenn der messtechnisch ermittelte Wert  $L'_{nw}$  dem Anforderungswert erf.  $L'_{nw}$  entspricht oder diesen unterschreitet.

Anlage	Bauteil / bauliche Situation	gemessen $L'_{nw}$ in dB	DIN 4109/11.89 Bbl. 2	
			Anforderung $L'_{nw}$ in dB	Beurteilung
2.1	<b>Geschossdecke</b> (genauer Aufbau siehe Anlage) Senderraum: Doppelbüro nordost, Achse 4 - 5, 2.OG Empfangsraum: Doppelbüro nordost, Achse 4 - 5, 1.OG	49	53	erfüllt

**5.2 Luftschalldämmung**

Die Luftschalldämmung wird charakterisiert durch das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w}$ . Die Anforderung an den Luftschallschutz ist dann erfüllt, wenn der messtechnisch ermittelte Wert  $R'_{w}$  dem Anforderungswert erf.  $R'_{w}$  entspricht oder diesen übersteigt.

Anlage	Bauteil / bauliche Situation	gemessen $R'_{w}$ / $D_{rw}$ in dB	DIN 4109/11.89 Bbl. 2	
			Anforderung $R'_{w}$ / $D_{rw}$ in dB	Beurteilung
3.1	<b>Geschossdecke</b> (genauer Aufbau siehe Anlage) Senderraum: Doppelbüro nordost, Achse 4 - 5, 2.OG Empfangsraum: Doppelbüro nordost, Achse 4 - 5, 1.OG	59	52	erfüllt

Abbildung 13: Deckenaufbau und Messergebnis (© Kurz & Fischer Ingenieure)

Die längere Austrocknungszeit war in diesem Fall kein Problem, da in der Trocknungszeit die Arbeiten der Haustechnik für die kontrollierte Komfortlüftung erledigt werden konnten. Die Deckenkonstruktion wurde schalltechnisch gemessen und bestätigte trotz der Schlankheit der gesamten Deckenkonstruktion hervorragende Werte. Das Dach erhielt eine Holzfaserdämmung mit Gefälleschnitt. Als Alternative zu nichtbrennbaren Baustoffen kann man ein Dach auch mit einer mindestens 5cm dicken Schicht aus mineralischen Baustoffen bedecken. Es wurde eine Kiesrollierung 16/32 eingebaut.

Wie bei der Realisierung des ersten Bauabschnitts wurde die Außenhülle in Passivhausqualität erstellt. Wasser/Wasser Wärmepumpe, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie großflächiger Einsatz von Photovoltaikanlagen runden das umweltbewusste Gesamtengagement ab. Die gesamte Holzkonstruktion wurde im Werk vorgefertigt, es wurden bereits im Werk die Fenster, Jalousiekästen und weite Teile der Fensterbank und der Laibungen eingebaut. Die Außenwandelemente erhielten werkseitig bereits den Grundputz, so dass die Montage in kürzester Zeit auch bei schlechter Witterung erfolgen konnte.



Abbildung 14: Vorfertigung der Elemente



Abbildung 15, 16: Montagearbeiten

Der Neubau der Fa. Steico wurde mittlerweile bezogen. Die Mitarbeiter fühlen sich in den neuen Räumen sehr wohl und erleben nun mittlerweile in allen Teilen die Produkte, die von ihnen entwickelt wurden.



Abbildung 17: Ansicht 10/2019

#### 1.4. Zusammenfassung

Mehrgeschossige Bürogebäude in Holzbauweise sind auch in der Gebäudeklasse 5 wirtschaftlich realisierbar. Bei der Planung ist unbedingt ein erfahrener Brandschutzsachverständiger hinzuzuziehen. Die Lösungen sind sehr individuell und derzeit noch im Einzelfall mit den Brandschutzbehörden abzustimmen. Eine Enge Abstimmung direkt mit der Feuerwehr sollte immer erfolgen, da diese aus ihren praktischen Erfahrungen wichtige Punkte in die Gesamtbewertung einbringen können. Wir haben bei diesem Bauvorhaben mit zwei verschiedenen Brandschutzsachverständigen zusammengearbeitet und völlig unterschiedliche Ergebnisse erhalten. Wobei zu betonen ist, dass keiner eine falsche Einschätzung abgegeben hat. So hätte das Gebäude einerseits in Gebäudeklasse 4 mit zwei Nutzungseinheiten je Geschoss genauso realisiert werden können, wie die nun gewählte Ausführung in Gebäudeklasse 5. Letztendlich wurde Entscheidung auf Grund der Forderung des Bauherrn, dass alle verwendeten Produkte aus dem Hause Steico stammen sollen gefällt.

Der Steico Campus soll weiter wachsen. Derzeit beschäftigen wir uns mit der möglichen Erweiterung um einen dritten Bauabschnitt, der auch ursprünglich bei der Masterplanung berücksichtigt war. Allerdings stoßen wir mittlerweile bei dem vorhandenen Grundstück an Grenzen. Insbesondere der notwendige Raum für die Parkierung muss berücksichtigt werden. Da individuelle Mobilitätskonzepte am Rande des Großraum-München kurzfristig nicht zur Verfügung stehen, sind derzeit leider aufwendige Tiefgaragenfläche unabdingbar erforderlich.

Wir werden auch in Zukunft weiter versuchen unsere Bürogebäude mit immer mehr sichtbaren unverkleideten Holzkonstruktionen zu planen, da wir den Holzbau zumindest im Innenbereich immer sichtbar erleben wollen. Auch wenn die ein oder andere etwas kräftigere Holzkonstruktion wegen Abbrand eingesetzt werden muss, ist diese immer noch ehrlicher als die brandschutztechnisch gekapselte Ausführung. Die Gesetzgebung in Deutschland, insbesondere in Baden-Württemberg ist hier auf einem guten Weg, so dass wir zuversichtlich sind, in Zukunft noch wirtschaftlicher reine Holzgebäude erstellen zu können.



# **Modulare Holzhochhäuser**

ein bewährtes Holz-Hybridsystem mit  
unterschiedlicher baulicher Umsetzung

Thomas Wehrle  
ERNE AG Holzbau  
Laufenburg, Schweiz





# Modulare Holzhozhäuser

## ein bewährtes Holz-Hybridsystem mit unterschiedlicher baulicher Umsetzung

### 1. Was bedeutet «Modular»

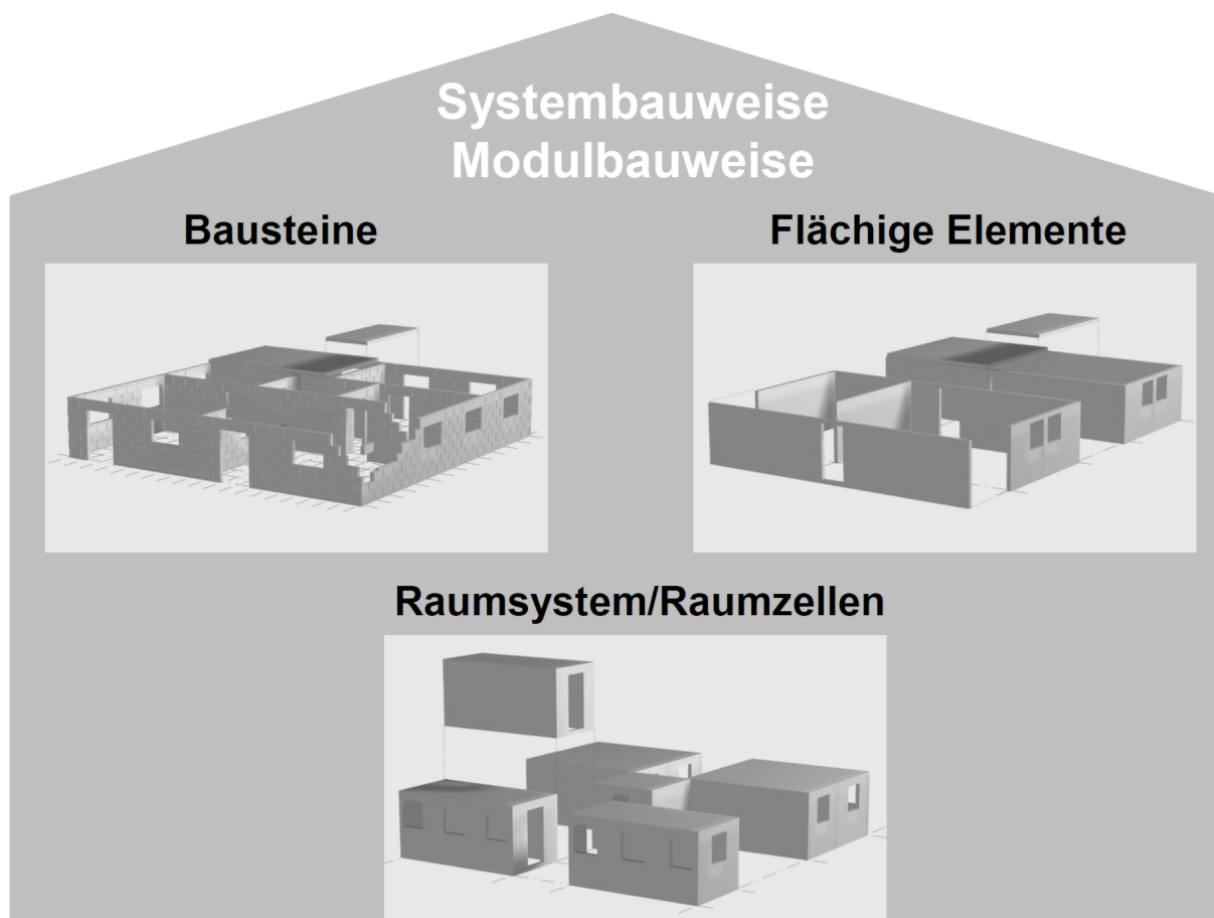
Suchbegriff «Modularität» bei Wikipedia:

«Modularität (auch Baustein- oder Baukastenprinzip) ist die Aufteilung eines Ganzen in Teile, die als Module, Komponenten, Bauelemente, Baugruppen oder Bausteine bezeichnet werden. Bei geeigneter Form und Funktion können sie zusammengefügt werden oder über entsprechende Schnittstellen interagieren.»

Bezogen auf den Holzbau spricht man hier je nach Grad der Vorfertigung von «Flächigen Elementen» oder sogar von ganzen «Raumsystemen/Raumzellen».

Die nachfolgenden beiden Projekte «S22» und «ARBO» beruhen auf dem Vorfertigungsprinzip der «Flächigen Elemente» und werden auf der Baustelle zu einem Ganzen zusammengefügt. Bei beiden Projekten wurden die Wand und Deckenelemente zu grossen Teilen bereits im Werk mit Installationen vorgefertigt und somit der Aufwand vor Ort erheblich reduziert.

Folgende Grafik zeigt die in der Baubranche übliche Differenzierung der einzelnen Vorfertigungsstufen.



© Stefan Graf, Bauart Architekten

## 2. Mit Holz hoch hinaus

### Bürogebäude S22 (Zug Estates)



© Roger Frei, ERNE AG Holzbau

Bauherrschaft:	Zug Estates AG, Zug
Architektur:	Burkard Meyer Architekten BSA, Baden
Brandschutzkonzept:	Makiol Wiederkehr AG, Ingenieure Holzbau Brandschutz
Holzbauingenieure:	Erne AG Holzbau, Laufenburg
Bürofläche:	11900 m <sup>2</sup> auf zehn Geschossen
Termine:	Baubeginn Juni 2016 Start Holzbau April 2017 Bezug Mieter Juni 2018

Der zehnstöckige, 36 Meter hohe Klotz aus zwei verschränkten Baukörpern besteht im Kern aus Stahlbeton. Auch darum herum wird neben Holz auch Beton und Metall verwendet. Dennoch: die tragenden Balken der Böden sind aus Fichte und die tragenden Säulen aus Baubuche.

«Was wir hier an Holz verbaut haben, würde im Schweizer Wald innerhalb von zweieinhalb Stunden nachwachsen», sagte ein Vertreter der Architekten Burkard Meyer. Aber der Nachhaltigkeitsgedanke hat beim Bau nicht Pate gestanden – sondern der Zeitdruck. Tobias Achermann, CEO der Zug Estates AG: «Wir müssen das Gebäude innerhalb von nur zwei Jahren realisieren. Wir hatten für die Suurstoffi 22 einen Ankermieter in Aussicht. Sie sagten uns: Wenn wir im Sommer 2018 einziehen können, dann kommen wir.» Also machte sich Zug Estates daran, in Windeseile – genauer: innerhalb von zwei Jahren – ein Hochhaus aus dem Nichts zu zaubern, das gut 50 Millionen Franken kostet.

## Baufeld 1 Haus A (ARBO)



© ERNE AG Holzbau

Bauherrschaft:	Zug Estates AG, Zug
Architektur:	Manetsch Meyer, Zürich
Brandschutzkonzept:	Pirmin Jung Ingenieure AG
Holzbauingenieure:	Pirmin Jung Ingenieure AG
Bürofläche:	16000 m <sup>2</sup> auf 14 Geschossen
Termine:	Baubeginn Februar 2018 Start Holzbau Juli 2018 Bezug Mieter September 2019

Gebaut wird der Turm ebenfalls in Holz-Beton-Hybridbauweise, um die Vorteile der jeweiligen Materialien optimal auszunutzen. Die beiden Untergeschosse sowie der Erschließungskern bestehen aus Beton. Die Decken sind als Holz-Beton-Verbunddecken konzipiert, als Decklage dient eine 16 cm dicke Betonplatte, die durch eingeklebte Lochbleche schubsteif mit den BSH-Rippen verbunden ist. Das Holz bleibt von unten sichtbar. Der Hohlraum wird für die Leitungsführung genutzt. Die Betonplatte übernimmt die Druckkräfte und gewährleistet die geforderten Brand- und Schallschutzeigenschaften, während die BSH-Rippen die Zugkräfte abtragen.

Die Fassade haben die Architekten als Metall-Glas-Konstruktion konzipiert – und damit materialtechnischen Herausforderungen etwa in puncto nicht brennbarer Materialisierung den Riegel vorgeschoben.

### **BIM und Lean**

Auf der Basis des Generalplanermodells wurde die Projektorganisation für das Baufeld 1 entsprechend der Arbeit mit BIM und Lean-Methoden angepasst. Generell konnten nicht nur eine hohe Terminalsicherheit durch den Einsatz von BIM/Lean gewonnen werden, sondern auch eine höhere Transparenz. Wesentlich dafür waren die tagesgenaue Planung und zudem die verbesserte Zusammenarbeit durch das kollaborative Arbeiten am 3D-Modell.

### 3. Der Digitale Unterschied

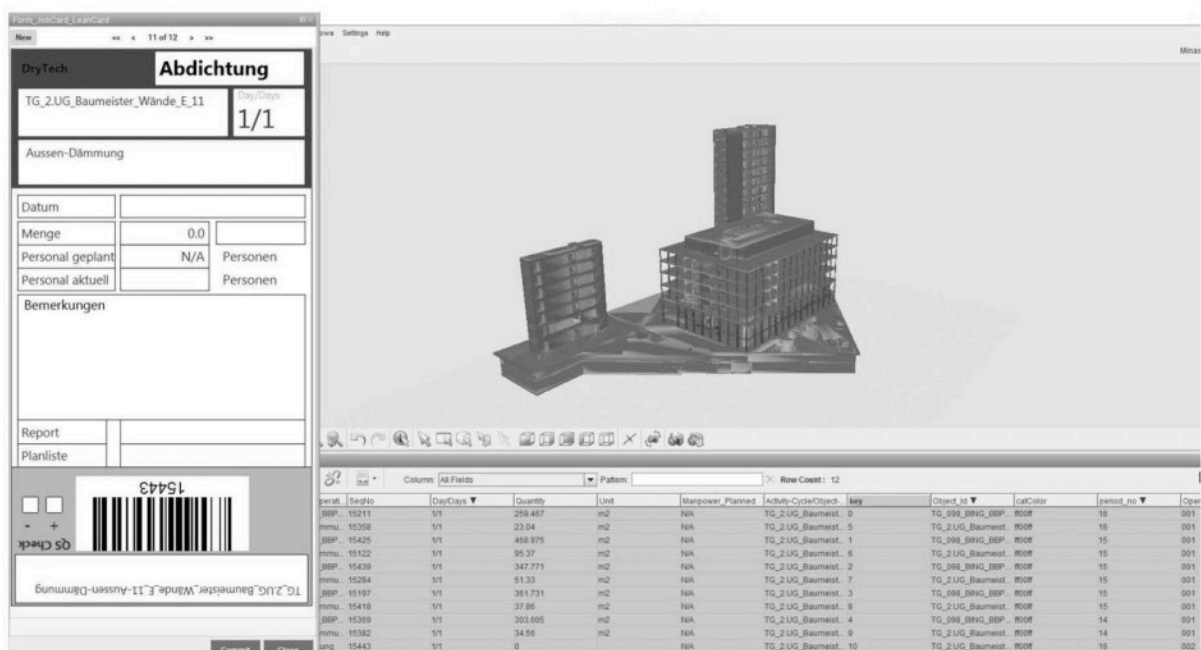
Beide Gebäude wurden als Holz-Hybrid Gebäude geplant und mit vorgefertigten Holz-Betonverbund-Decken mit bereits im Werk vorinstallierter Haustechnik erstellt. Beiden Gebäuden liegt ein Digitales Model zugrunde, welches für die Koordination sowie für die Fertigung und Materialbestellung verwendet wurde.

Beim S22 war ERNE Teil des Generalplanerteames und bei den Submissionen der Schnittstellen zu Massivbau und Haustechnik dabei, beim ARBO «nur» der Holzbauer.

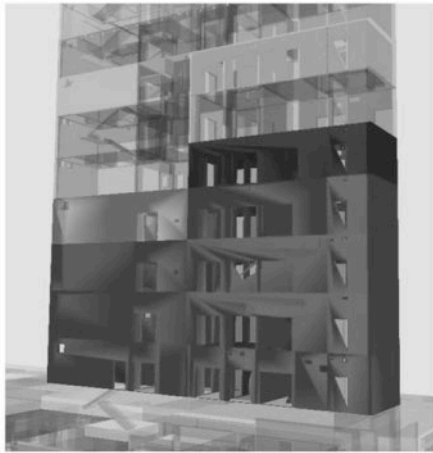


LEAN auf der Baustelle (S22), ICE-Session Massivbau und Holzbau

Während beim S22 die Lean-Methode lediglich zwischen Holzbau, Massivbau und Haustechnik angewendet wurde, gab es beim ARBO ein ganzes Lean-Team, welches mit dem BAP (BIM Abwicklungsplan) die Interoperabilität der Daten unterstützte und verbindlich eine Typisierung des Datenaustausches festlegte. Später wurde dieser noch mit den Lean Construction Prinzipien ergänzt und mit der Off- und Onsite Logistik verknüpft.



LEAN auf der Baustelle (ARBO), Daten verknüpft mit dem 3D-Modell

3D-Einfärbungen auf Basis des  
Fortschritts / 31.05.2018**Fortschritt-Status**

100 %    
  ca. 45 %  
 ca. 90 %

Aufnahme Haus A / 31.05.2018

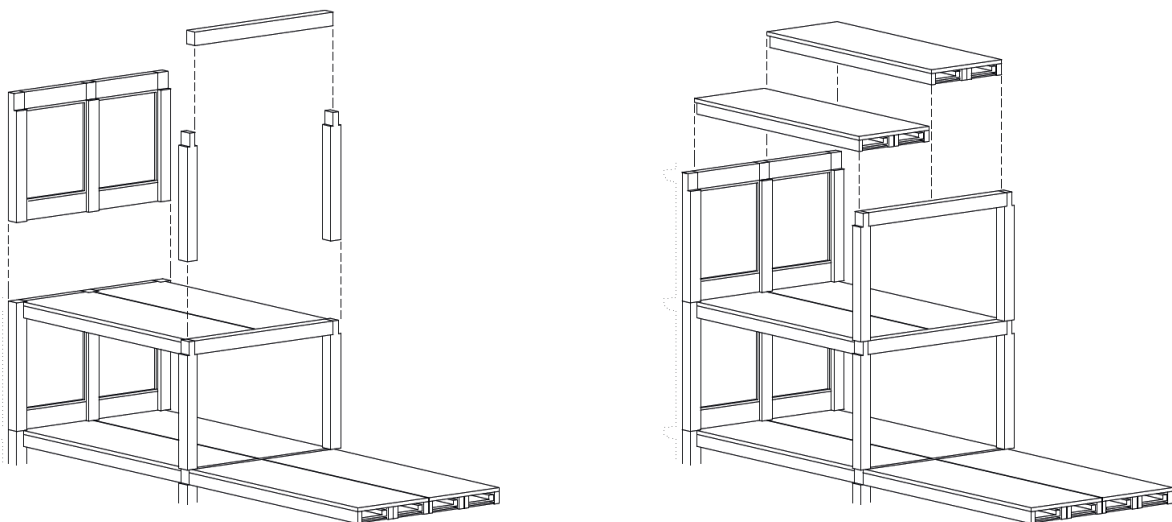


Live Abgleich vom Modellstand und Baustelle

## 4. Der Bauliche Unterschied

### Suurstoffi S22

Das 36m hohe Gebäude besteht aus zwei Betonkernen, welche im Wochenrhythmus parallel mit dem Holzbau hochgezogen wurde. Am Montag wurde eingemessen, Dienstag dann die vorgefertigten Aussenwandelemente mit den eingebauten Fenstern gesetzt, Mittwoch die Stützen mit den Unterzügen montiert und Donnerstag die vorgefertigten HBV-Decken mit der installierten Haustechnik verlegt. Damit konnten pro Woche 600m<sup>2</sup> Geschossfläche regendicht montiert werden, bzw. ein komplettes Geschoss von 1200m<sup>2</sup> wurde somit in zwei Wochen fertiggestellt.



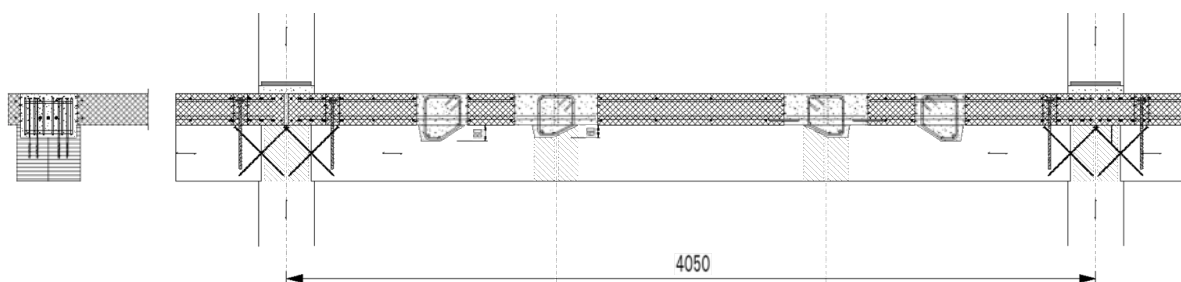
Prinzip des Elementbaues, Wandelemente, Stützen, Deckenelemente



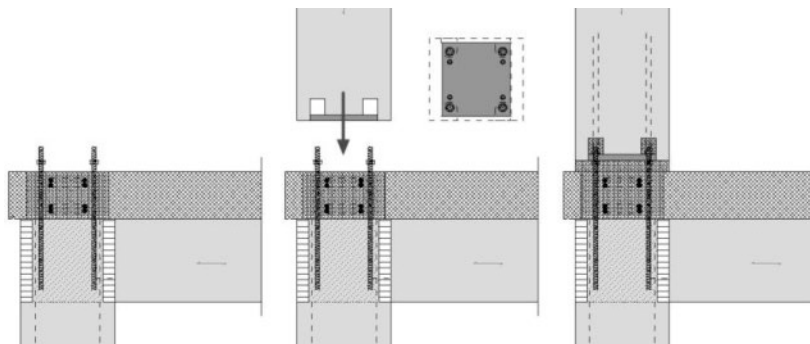
Paralleles Bauen, Holzbau gibt Position der Schalung vor, Wandelemente sind Regendicht

### Baufeld 1 (ARBO)

Beim 60m hohen Gebäude mit 14 Geschossen wurde der Betonkern mit einer Gleitschalung hochgezogen. Nach 6 Wochen Vorlauf startete der Holzbau, welcher dann zwei Geschosse in knapp drei Wochen aufrichten konnte. Während der Wartezeit für das Nachführen der Gleitschalung hat man die Glasfassade montiert sowie HBV-Kerfen der Unterzüge mit der HBV-Decke vergossen.



Aussenwand als Stützenkonstruktion mit Unterzug mittels HBV-Kerfen mit der HBV-Decke verbunden



Jedes Geschoss kann mittels Gewindestangen auf Höhe gerichtet werden

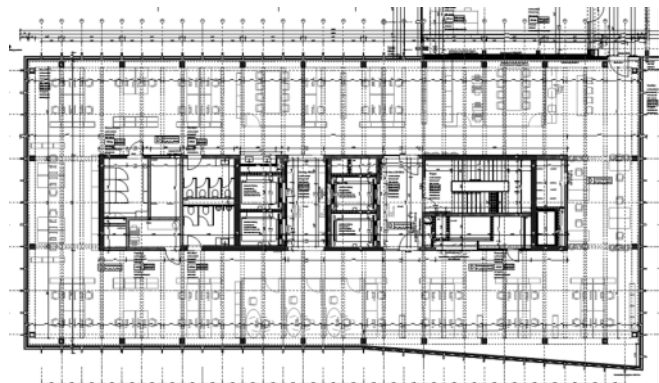




Hintereinander Bauen, Kern mit Gleitschalung, Holzbau folgt im 4 Wochen-Rhythmus, Fassade folgt Holzbau

## 5. Fazit

Durch die Kombination der digitalen Planung mit den LEAN Prinzipien konnte die Montagezeit bei beiden Gebäuden reduziert werden. Die Gesamteinsparung beim Suurstoffi S22 lagen bei 4 Monaten, beim Baufeld 1 (ARBO) sogar bei 9 Monaten. Dies aufgrund der strengen Umsetzung der LEAN Prinzipien über alle Gewerke bis hin zur Verknüpfung zum BIM Modell. Die hohe Vorfertigung der Bauteile ist in diesem Fall zwingend notwendig. Ob mit einer Gleitschalung oder parallel gebaut wird ist nicht alleine auf die Höhe bezogen, das Verhältnis Holzbau zu Massivbau ist hier ausschlaggebend. Da der Holzbau in der Regel schneller wie der Massivbau montiert, müssen die Taktzeiten aufeinander abgestimmt sein. Bei Gebäude S22 war dies besser möglich als beim Hochhaus ARBO.



Grundrisse S22 und ARBO

## 6. Ausblick / Modulare Raumzellen

Ergänzt man nun die Erfahrungen der vorgefertigten HBV-Decken mit integrierter Haustechnik um die digitale Planung mit den LEAN Prinzipien erhält man ein modulares Raumzellensystem, welches beim Bau des Campus Westend in Frankfurt am Main zum Einsatz kam. Ein Schulgebäude für 2221 Schüler, bestehend aus 351 Modulen in Holz-Hybridbauweise, schlüsselfertig erstellt in 10 Monaten ab Oberkante Betonplatte.



© gmp Architekten (Gerkan, Marg und Partner)



© ERNE AG Holzbau

# Raummodule in Holzleichtbauweise – in 4 Monaten zum Ziel

Max Renggli  
Renggli AG  
Schötz, Schweiz





# Raummodule in Holzleichtbauweise – in 4 Monaten zum Ziel

## 1. Einleitung

Die Baubranche sieht sich mit individuellen - also einzigartigen - und immer komplexeren Bauprojekten konfrontiert. Anforderungen in den Bereichen Infrastruktur, Technologie, Logistik und Prozesse steigen. Und der ökonomische Druck nimmt stetig zu. Rationalisierungseffekte in der Fertigung sowie auf dem Bau sind gefragt, wie auch das verdichtete Bauen neue Lösungen fordert.

Dabei bewegt der Gedanke des Modulbaus die Fachwelt immer wieder. Im modernen Holzbau nähern wir uns mit der industriellen Vorfertigung immer mehr der Produktion von Autos an: Die Wand-, Boden und Deckenelementen werden in der «geschützten» Werkhalle vorgefertigt. Die konsequente Weiterführung dieses Weges ist der Modulbau – also die serielle Produktion von fertigen Raummodulen. Dank Qualitätsüberwachung der Prozesskette vom Materialeinkauf bis zum fertigen Gebäude werden Baumängel schon im Werk auf das Minimum reduziert. Die industrielle Produktion von ganzen Bauteilen im Werk bietet klare Vorteile bezüglich Planung, Qualität und Terminalsicherheit. Diese Potenziale lassen sich umso stärker ausschöpfen, je mehr Prozesse unter kontrollierten Bedingungen in der Produktionshalle ausgeführt werden. Mit weiterführender Standardisierung und Optimierung der Prozesse lässt sich die Verdichtung der Arbeitsprozesse durch das Zusammenspiel sämtlicher Gewerke – wie Planung, Sanitär, Heizung, Klima und Elektro – weiterentwickeln (inkl. Innenausbau und Apparate). Es werden zwar immer mehr Bauten in Modulbauweise erstellt; der Marktanteil ist aber noch marginal.

## 2. Jede Bauweise hat ihre Vorzüge

Nachfolgende Abbildung illustriert die Vorteile der jeweiligen Bauweisen. Sie zeigt ebenso exemplarisch, dass je «fertiger» das Produkt in einem Werk produziert wird, umso mehr muss das Projekt im Vorfeld detailliert fertig geplant werden, bevor die Elemente bzw. Module gefertigt werden können. Während in der klassischen Massivbauweise rollierend im Bauprozess (um)geplant werden kann, ist es im Modulbau gegeben, dass bis zur Montage auf der Baustelle die gesamte Planung und Fertigung inkl. Innenausstattung abgeschlossen sind.

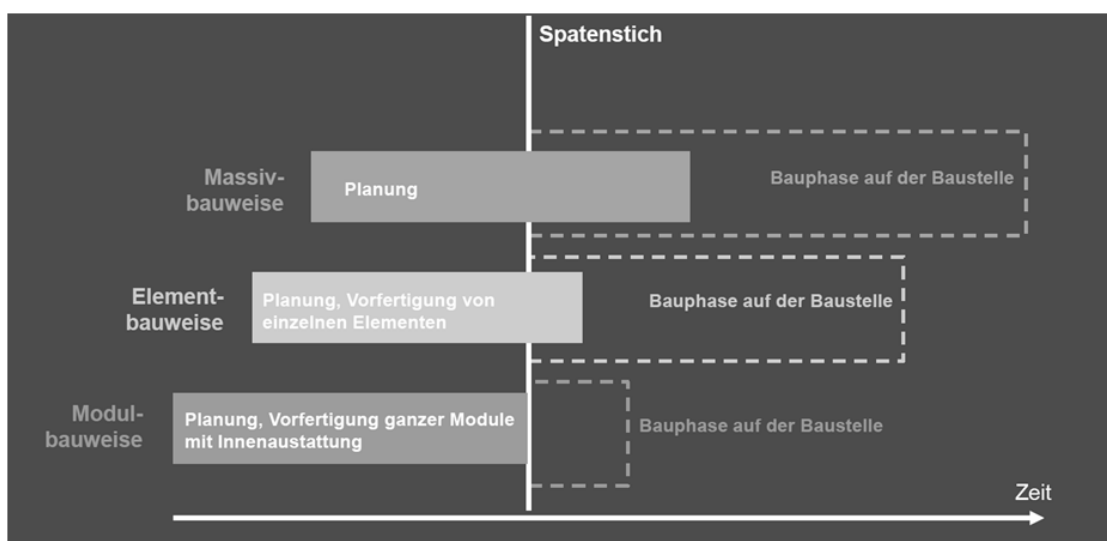


Abbildung 1: Illustration Planung, Fertigung, Montage der verschiedenen Bauweisen.

Hier spielen die Weiterentwicklungen im digitalen Bauprozess dem Modulbau ebenfalls in die Hände: Denn wenn die Daten phasengerecht, vom Entwurfsmodell bis in die Produktion, durchgehend verwendet werden, ist eine effiziente Produktion mit hoher Planungssicherheit und hoher Qualität gewährleistet.

### 3. Ein Blick zurück: Erfahrungen im Modulbau

Mit der Einfamilienhaus-Reihe «VISION:R1 bis 4» hat die Renggli AG schon früh die Produktion im Schutz des Werks auf ein Maximum ausgeweitet. Es stehen vier unterschiedliche Gestaltungstypen zur Auswahl: vom einfachen Modul als Bungalow bis zum zweistöckigen Einfamilienhaus im Minergie-Standard, das aus vier Raummodulen zusammengefügt wird und in drei unterschiedlichen Ausbaustufen erhältlich ist. Dabei sind alle Raummodule mit Wasser- und Elektroinstallationen, Böden, Treppen und Anschlüssen auch mit Bad, Küche und Schränken ausgestattet. Das Interesse zu diesem Modulhaus war zwar gross, der kommerzielle Erfolg aber (noch) bescheiden.



Abbildung 2: Einfamilienhaus-Reihe «VISION:R1 bis 4»

Immer mehr setzt auch die öffentliche Hand auf modulare Bauen - insbesondere bei Schulhäusern und Kindergärten. Hier kann der schnelle und kosteneffiziente Modulbau Lösungen für einen temporären Ausbau wie auch für den permanenten Einsatz von Schulräumen bieten.

Bei mehrgeschossigen Mehrfamilienhäusern aus Holz aber, scheint die serielle Produktion von Holzmodulbauten an die Grenzen zu kommen. Es erfordert also ein neuartiges Konzept der Tragstruktur, das die Lastabtragung eines Gebäudes mit mehreren Geschossen gewährt.

## 4. Neuartig: Hochleistungs-Hybridbausystem mit Holz und Stahl (HHHS)

Das neuartige Hochleistungs-Hybridbausystem mit Holz und Stahl wurde im Rahmen eines Projekts von innosuisse, in Zusammenarbeit der Berner Fachhochschule BFH, Schweizer KMU und der AXA als Bauherrin, entwickelt. Innosuisse ist die Schweizerische Agentur für Innovationsförderung. Sie ist eine öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes und hat zur Aufgabe, die wissenschaftsbasierte Innovation im Interesse von Wirtschaft und Gesellschaft zu fördern.

Die Grundidee des neuartigen Gebäudekonzepts: Es soll ein Hochleistungs-Hybridbausystem mit Stahl und Holz entwickelt werden, mit dem 4- bis 8-geschossige Mehrfamilienhäuser errichtet werden können. Das System erfordert Raummodule aus einem Holz-Stahl-Verbund und neuartige Tragwerke, die über schallentkoppelte, biegesteife Stahl-Rahmenecken verfügen.

Die Entwicklung des Bausystems fokussierte primär auf die Realisierung preiswerter, mehrgeschossiger Wohnbauten zum Ersatz von alter Bausubstanz. Aus Sicht der Architektur besteht die Innovation des Holz-Stahl-Hybridbausystems in der Kombination folgender zentraler Elemente: Flächeneffizienz, Flexibilität, Modularität und Installations-effizienz.

Die Flächeneffizienz der Grundrisse reduziert wohnungsinterne Erschliessungsflächen durch Überlagerung mit Hauptnutzflächen. Der aktuell sehr hohe Flächenbedarf im Wohnungsbau soll eingeschränkt werden. Der Mieter profitiert durch einen unterdurchschnittlichen Mietzins für eine kleine aber praktikable Wohnfläche. Die Flexibilität des Hybridbausystems ermöglicht nachhaltig nutzbare Wohnungsgrundrisse und damit stabile und langfristige Vermietbarkeit für den Investor sowie einen hohen Komfort- und Nutzungsstandard des Wohnraums für den Mieter.



Abbildung 3: Grundrisskonzept: Drei Modultypen - frei kombinierbar.

Die Nutzerbedürfnisse wurden anhand einer repräsentativen Mieterstudie (2-Personen- und Einzelhaushalte) bei den relevanten Kunden/Nutzergruppen durch die Bauherrin AXA ermittelt. Die Studie umfasst explorative sowie leitfadensbasierte Befragungen und darauf aufbauend eine breit abgestützte Umfrage mit Faktorenanalyse und Profilbildung.

## 5. Vom Endkunden lernen - Konzept optimieren

Ein wesentlicher Bestandteil des Forschungsprojekts war der Einbezug (zukünftiger) Mieterbedürfnisse. Dafür wurde Ende 2017 auf dem Werksgelände der Renggli AG ein Prototyp mit zwei Musterwohnungen erstellt. Im Januar 2018 fand ein Workshop inklusive Begehung mit knapp 20 Probanden statt. Die Prototypen wurden von potentiellen Mietern so auf Herz und Nieren geprüft.



Abbildung 4: Prototyp-Wohnungen auf dem Werksgelände der Renggli AG in Schötz

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse führten zu geringfügigen Anpassungen und Optimierungen im Innenbereich (z.B. Materialisierung der Böden).

In der gleichen Phase wurden umfangreiche Akustikmessungen und Luftdichtheitsmessungen durchgeführt. Diese Resultate waren grundsätzlich positiv. Die geplanten und anvisierten Werte wurden planmässig erfüllt. Einzig bei den Einheiten die in bzw. mit einem Modul zwei Wohnungen abdecken, musste der Wandaufbau verbessert werden um die gewünschte Qualität zu erreichen.

## 6. Das Gebäudekonzept: die Umsetzung in Lenzburg

Im Gegensatz zu bisherigen Modulbauten kommt in Lenzburg ein Stahlgerüst als Tragwerk zum Einsatz. Dieses Tragwerk fungiert als Skelettbau, bei dem die vertikalen und partiell die horizontalen Haupttragelemente aus Stahl bestehen. Die Raummodule, die in Holzbauweise erstellt werden, leiten die Dach- und Deckenlasten in die Primärstruktur aus Stahl und helfen zur Aussteifung des Gebäudes.

Die Verbindungen im Tragwerk stellen den Schlüsselpunkt des Bausystems dar. Neben der Lastübertragung am Knotenpunkt und den bauphysikalischen Anforderungen, sind die Knotenpunkte nicht konventionell geplant, sondern wurden so konzipiert, dass sie auf der Baustelle nur noch zusammengesteckt und gesichert werden können. Die Innovation liegt in der für die Montage steckbare Verbindung, die gleichzeitig schallentkoppelt wirkt und eine biegesteife Rahmenecke ausbildet. Diese Knotenanschlüsse minimieren die Arbeitsschritte auf der Baustelle. Ein weiterer neuartiger Vorteil ist die zerstörungsfreie Demontierbarkeit dieser Anschlüsse. Im Falle eines Rückbaus, kann man die Module und Elemente des Holz-Stahl-Hybridbausystems direkt in einem anderen Gebäude des gleichen Hochleistungs-Hybridbausystems wiederverwenden.



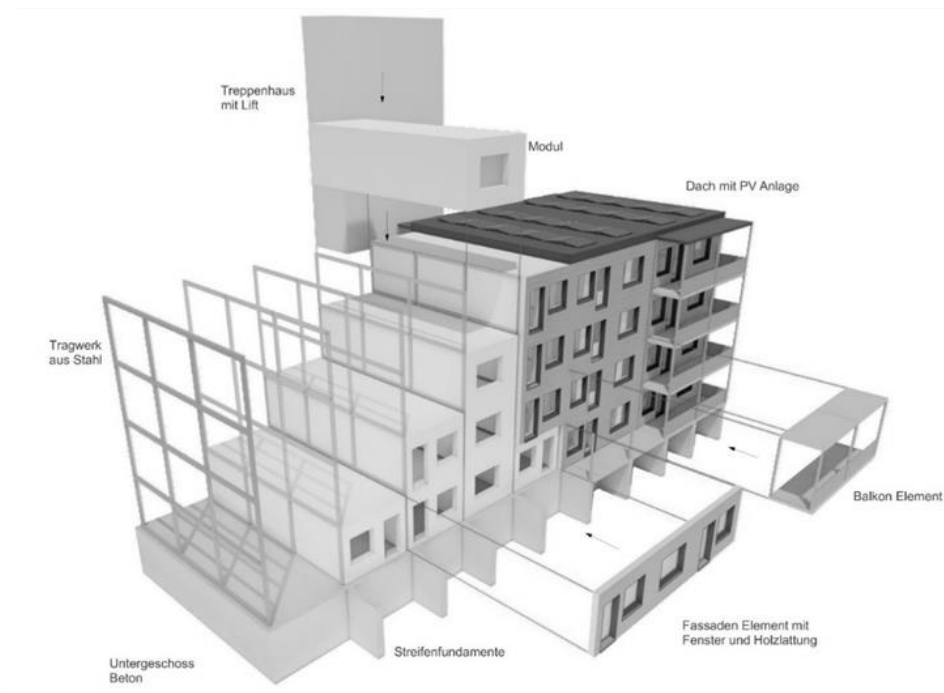


Abbildung 5: Illustration des HHHS-Gebäudesystems I.

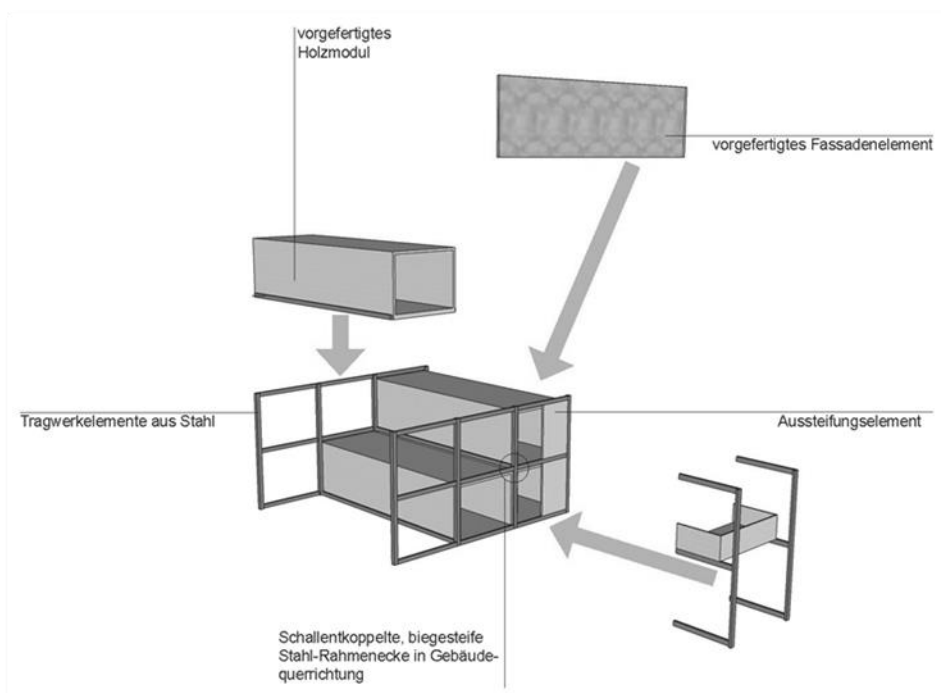


Abbildung 6: Illustration des HHHS-Gebäudesystems II.

Im Dezember 2018 startete die Fertigung der Raummodule bei der Renggli AG in Schötz. Die Bäder, Küchen, Türen, Fenster und Beläge wurden im Werk eingebaut, die Leitungen der Gebäudetechnik eingezogen.



Abbildung 7: Fertigung der Raummodule in der Werkhalle der Renggli AG in Schötz.

Parallel zur Produktion der Module wurde in Lenzburg das Untergeschoss erstellt und die Stahlstruktur aufgebaut. Die Unterkellerung unterscheidet sich nicht von einem konventionellen Mehrfamilienhaus.



Abbildung 8: Das Stahltragwerk wird in Lenzburg aufgebaut.

Die vorgefertigten Module wurden mit Tiefladern angeliefert und konnten innert Stunden montiert werden. Die fertigen Module mussten nur noch in das Stahlgerüst eingesetzt, miteinander verbunden und die Gebäudetechnik angeschlossen werden.



Abbildung 9: Die fertigen Module werden mit dem Tieflader «just in time» geliefert und ins Stahlgerüst eingesetzt.

Erschlossen werden die Wohnungen über einen Laubengang mit vorgesetztem Treppen- und Liftturm. Ein konventioneller Erschliessungskern wird somit nicht mehr benötigt.



Abbildung 10: Impressionen des fertigen Gebäudes «HELLO Lenzburg» I.



Abbildung 11: Impressionen des fertigen Gebäudes «HELLO Lenzburg» II.

## 7. Fazit und Ausblick

Dieses Hybridbausystem hat neben der vereinfachten und kompakten Bauweise zahlreiche weitere Vorteile: Der Bau ist deutlich schneller, im Fall von Lenzburg sparte man rund neun Monate Bauzeit. Lange Leerstände und Wohnungsknappheit können aus Sicht des Investors dadurch reduziert werden. Durch die Vorfertigung, die Standardisierung der Wohnungen und die resultierende Skalierung können die Kosten pro Wohnung in Zukunft deutlich gesenkt werden. Dies schlägt sich schliesslich im Mietzins nieder. Diese Bauweise erlaubt es langfristig denkenden Investoren, Mietwohnungen von schlechter Bausubstanz, bei denen sich eine Sanierung nicht mehr lohnt, mit preiswertem und modernem Wohnraum zu ersetzen.

Die Liegenschaft in Lenzburg hat Pioniercharakter und die Erfahrungen daraus dienen weiteren Projekten als Grundlage. Mit dem Wiederholungsfaktor kann diese Bauweise immer wieder bei unterschiedlichen Bauobjekten angewandt werden. In der Folge können der Entwicklungsaufwand und damit die Planungskosten pro Bauobjekt für den Bauherrn bzw. den Investor weiter reduziert werden.

## 8. Über Renggli AG

Die Renggli AG entwickelt und realisiert industriell gefertigte, hochwertige und klimagerechte Gebäude in Element- und Modulbauweise in Schweizer Qualität. Immer mit dem Ziel vor Augen, höchstmöglichen Wohnkomfort mit geringstmöglichem Energieaufwand zu erreichen. In ökologischer Holzbauweise entstehen architektonisch anspruchsvolle Bauvorhaben – vom Einfamilienhaus bis hin zum mehrstöckigen Wohn- oder Geschäftsgebäude – stets qualitätssicher und kosteneffizient. Immer gereu unserer Vision: **«Wir bauen für eine lebenswerte Zukunft.»**

# Vergleich der Raummodul-Bauweisen im mehrgeschossigen Holzbau

Konrad Merz  
merz kley partner  
Altenrhein, Schweiz / Dornbirn, Österreich





# Vergleich der Raummodul-Bauweisen im mehrgeschossigen Holzbau

## Einleitung und Abgrenzung

Das mehrgeschossige Bauen mit Raummodulen in Holzbauweise ist in den beiden letzten Jahrzehnten sowohl durch hervorragende Beispiele als auch durch seine Potenziale stärker in den Fokus des Baugeschehens gerückt. Die Gründe für diese Entwicklung sind vielschichtig: Das Bauen mit Holz erlebt – insbesondere wegen seiner ökologischen Qualitäten – einen seit Jahren anhaltenden Boom. Weiter befeuert wird die Entwicklung durch Engpässe beim urbanen Wohnraumangebot durch eine hohe Migrationsdynamik und den stetig wachsenden Wohnflächenbedarfs. Der Sog der Ballungsräume gepaart ein mit einem Renovations- und Innovationsstau führt vielerorts zu einer starken Nachfrage nach Schulraum.

Die technischen Möglichkeiten im vorgefertigten Holzbau erweitern sich stetig und die bislang lückenhafte digitale Kette von Entwurf, Konstruktionsplanung und Fertigung schließt sich. In einer stärkeren Industrialisierung und Modularisierung wird allgemein ein großes Potenzial zur Kostenreduzierung im Bauwesen gesehen. Raummodule in Holz bieten zu all diesen Themen interessante Ansätze.

Die Ausführungen beziehen sich im Wesentlichen auf Projekte mit einem traditionellen Bauablauf. Das heißt ein Bauherr sucht sich für seine Bauaufgabe einen Architekten, dieser plant ein individuelles Gebäude und entschließt sich aufgrund der projektspezifischen Randbedingungen für eine Raummodulbauweise in Holz. Diese Module sind dann immer «Spezialanfertigungen» auf das gegebene Projekt zugeschnitten. Sie werden in der Regel von mittelständischen Holzbauunternehmen hergestellt und montiert. Die Holzbaufirma tritt dabei als GU für das ganze Gebäude oder zumindest als «Teil-GU» für die am Einzelmodul benötigten Gewerke auf.

## 1. Entscheidungshilfe pro/contra Raummodulbauweise

Bevor man sich den Kopf über die Systemwahl zerbricht muss für jedes Projekt die Sinnhaftigkeit der Modulbauweise geprüft werden. Der Entscheid für oder gegen die Raummodulbauweise ist von vielen Faktoren und deren Gewichtung abhängig. Die untenstehende Tabelle kann als Entscheidungshilfe dienen. Je mehr der aufgelisteten Faktoren auf ein Projekt zutreffen umso wahrscheinlicher ist eine erfolgreiche Umsetzung in Raummodulbauweise.

Notwendige Voraussetzungen:

- In Raummodulen umsetzbares Raumprogramm
- Regelmässige Geometrie
- Offenheit aller Beteiligten (Bauherr, Architekt, Fachplaner) für die Bauweise
- Ausreichender Planungsvorlauf
- Interesse ausführender Firmen für das Projekt

Begünstigende Faktoren:

- Möglichst große Stückzahl gleicher Module
- Raummodul entspricht der Nutzungseinheit
- Module komplett vorfertigbar
- Hoher Installationsgrad in den Modulen
- Offenheit für «alternative» Vergabeverfahren, funktionale Ausschreibungen usw.

Explizite Stärken:

- Kurze Bauzeit
- Emissionsarme Baustelle
- Temporärer Charakter, Wiederverwendbarkeit
- Hohe Ausführungsqualität, wenig Mängel
- Große Kostensicherheit

## 2. Typen von Einzelmodulen

In der Regel sind Raummodule Quader. Sie haben also einen rechteckigen Grundriss und sechs Begrenzungsflächen, von denen jeweils zwei die gleiche Größe aufweisen. Konstruktiv wird zwischen Längswänden, Querwänden, Decke / Dach und Boden unterschieden. Sowohl aus konstruktiver als auch aus produktionstechnischer und logistischer Sicht sind im Idealfall alle sechs Seiten geschlossen. Das ist allerdings nur der Fall, wenn eine Nutzungseinheit mit den Abmessungen eines Raummoduls übereinstimmt. Dies trifft bei Anwendungen wie Hotelzimmern, Kleinwohnungen oder Studentenwohnanlagen zu.

Natürlich lassen sich von den sechs Seiten eines Quaders – je nach Entwurf – einzelne Flächen entfernen, um großzügige Raumverbindungen, die Verbindung mehrerer Module zu einem Raum oder Holzbaukonstruktion auch große Fensterflächen zu erlauben (Abb. 1). Allerdings ist der Quader nach dem Weglassen von mehr als einer Seitenfläche statisch nicht mehr stabil. Zumindest für den Transport muss die Zelle dann auf jeden Fall temporär versteift und provisorisch geschlossen werden, um Witterungseinflüsse auf den Innenausbau zu verhindern. Wie viele Seiten des Raummoduls offen sind, entscheidet meist auch darüber, in welche Richtung Boden und Decke spannen. Im Normalfall, d.h. bei geschlossenen Modulen, erfolgt die vertikale Lastabtragung über die Längswände (Abb. 2 a). Der Grund dafür ist in erster Linie die kürzere Spannweite. Zudem sind die Querwände – wenn wie üblich zu Flur und Fassade hin orientiert – infolge von Türen, Fenstern und Installationsführung zumindest partiell geöffnet. Decke und Boden tragen meistens unabhängig und zudem unterschiedliche Lasten: Der Boden die Nutzlast und den Fußbodenaufbau, die Decke nur sich selbst. Beim obersten Modul kommen je nach Konstruktion noch die Lasten aus dem Dach dazu. Fehlt bei ein- oder mehrseitig offenen Modulen mindestens eine Längswand, muss von der oben beschriebenen Regel abgewichen und die vertikale Lastabtragung anders gelöst werden. Dabei stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung: Die eine besteht darin, die Last über die Querwände abzutragen und die Decke bzw. den Boden längs zum Modul zu spannen (Abb. 2 b). Die zweite Möglichkeit ist die Anordnung von Unterzügen anstelle der fehlenden Wände (Abb. 2 c). Die Lastweiterleitung aus den Unterzügen erfolgt punktuell über Stützen an den Modulecken. In diesem Fall spannt die Decke wieder quer zum Modul und auch der darüberliegende, quer gespannte Boden liegt auf dem Unterzug des unteren Moduls auf (Abb. 2 c). In gewissen Fällen, vor allem bei Treppenhäusern oder wenn man sich die Dopplung bei der Decke sparen will, gibt es Raummodule ohne Boden und/oder Decke.

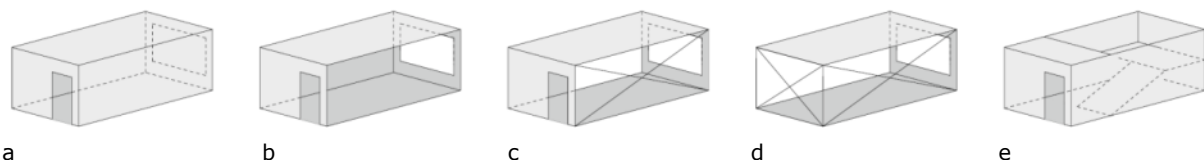


Abbildung 1: Öffnungsgrade von Raummodulen

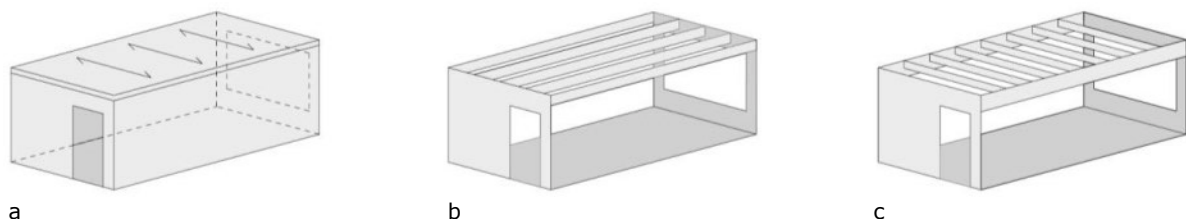
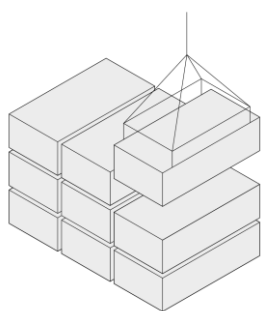


Abbildung 2: Deckenkonstruktionen bei geöffneten Raummodulen

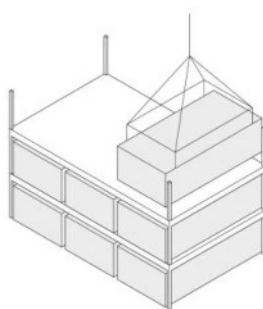


### 3. Anordnung der Module

Der Prozess der Vorfertigung prägt das Entwerfen im Raummodulbau so stark wie in keiner anderen Bauweise. Die Entscheidung für Raummodule muss bereits zu Beginn der Entwurfsphase getroffen werden, da das Raumgefüge immer der Logik des Moduls folgt. Die starken räumlichen Vorgaben, die die Bauweise vorgibt, prägen den gesamten Entwurfsprozess. Während das Entwerfen von Grundrissen mit abgeschlossenen Raumzellen (z. B. Hotelzimmer, Apartments) gut strukturierbar ist, gestaltet sich das Entwerfen mit offenen Raummodulen (z. B. Wohnungen über mehrere Module) relativ komplex, da die räumlich-funktionalen Anforderungen mit den Modulgrenzen in Übereinstimmung gebracht werden müssen. Die Vielfalt möglicher Lösungen ist dabei unbegrenzt. Raummodule sind in der Regel schon aus der Notwendigkeit des Transports heraus stabil genug, um ihr Eigengewicht abzutragen. Nicht immer jedoch sind die Module so konzipiert, dass sie über mehrere Geschosse hinweg übereinandergestapelt die Lasten aus anderen Modulen aufnehmen und weiterleiten können: Es gibt also die Grundtypen des tragenden und des eingestellten Raummoduls (Abb. 3)



lastabtragende Raummodule



selbsttragende, eingestellte Raummodule

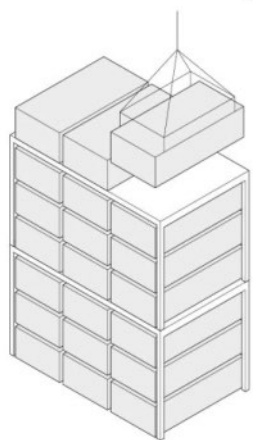
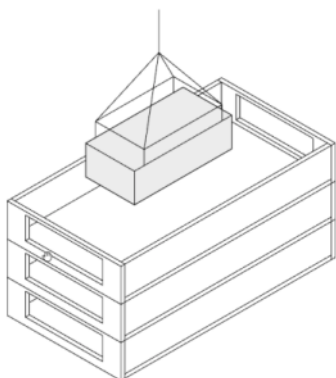
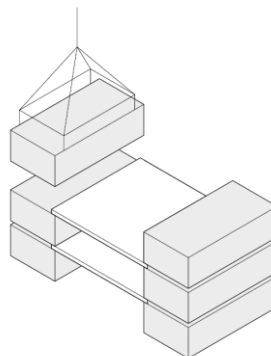
Kombination:  
sekundär tragende Raummodule  
in Primärstruktur eingestellert2D trägt 3D:  
eingestellte Raummodule in flächig  
aufgebauter Gebäudestruktur3D trägt 2D:  
Raummodule mit eingehängten  
Deckenscheiben

Abbildung 3: Typologie nach Tragwerkshierarchie

Der häufigste Fall des eingestellten Moduls ist die Sanitärzelle, die auf die Rohdecke vorgefertigter Holzbauten oder auch massiver Bauten gestellt wird. Es gibt aber auch Bauten oder Systeme, bei denen große Raummodule in eine übergeordnete, primäre Tragstruktur eingestellt werden. Ein Beispiel ist das 2015 fertiggestellte Hochhausprojekt «Treet» in Bergen. Ein regalartiges, primäres Holzskelett nimmt die Vertikal- und Horizontallasten der 14 Modulgeschosse auf. Jedes fünfte Geschoss ist als Sondergeschoss mit einer tragenden Plattform ausgebildet, auf die je vier Geschosse Raummodule gestapelt werden. Ein anderes Beispiel ist das oben in diesem Tagungsband vorgestellte Wohnbausystem der Firma Renggli, bei dem Raumzellen in eine primäre Struktur aus Stahlprofilen eingestellt werden.

Bei sehr vielen Raummodulbauten tragen die Raummodule die Last aus flächigen Elementen mit ab. Häufig ist das bei typischen Mittelflurtypen im Bereich der Erschließung der Fall. Das Konstruktionsprinzip bleibt jedoch nicht notwendigerweise auf diese Anwendung beschränkt, eine Vielzahl von Kombinationen aus flächigen Elementen und dreidimensionalen Modulen ist denkbar. Eine oft gebaute Variante sind Hotelbauten bei denen eine oder mehrere Nasszellen zusammen als Raummodulvorgefertigt werden und das eigentliche Zimmer in Elementbauweise ergänzt wird. (Abb. 4)

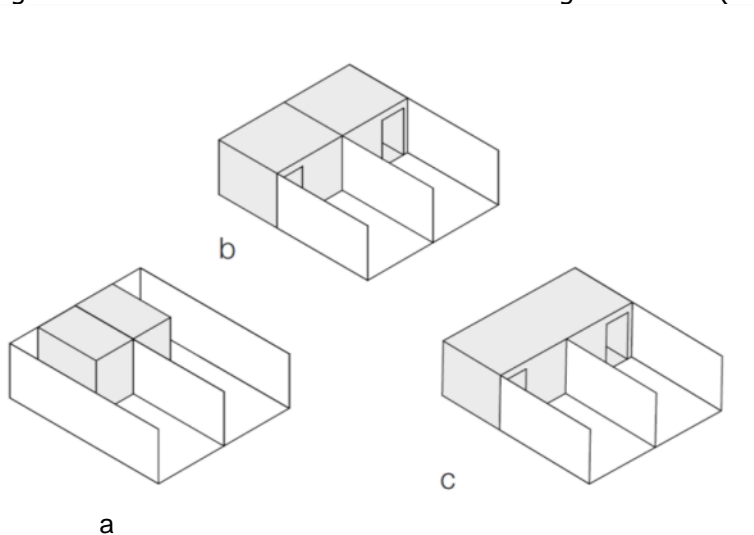


Abbildung 4: Kombination von Raummodulen und flächigen Elementen im Heim- und Hotelbau

### 3. Wahl des Bausystems

Rahmenbau, Brettstapel, Brettsperrholz, Hybridkonstruktionen – grundsätzlich steht die komplette Klaviatur der im heutigen Holzbau gängigen Systeme und Systemkombinationen auch für den Einsatz im Raummodulbau zur Verfügung. Allgemeingültige Regeln, wann welches System zum Einsatz kommt, gibt es nicht. Die Entscheidung ist sehr von den Rahmenbedingungen des spezifischen Projekts abhängig. Der folgende Abschnitt soll anhand einiger für die Wahl ausschlaggebender Kriterien eine Entscheidungshilfe liefern. Auch Holzbetonverbundsysteme sind denkbar, aufgrund der meist geringen Spannweite und aus Gewichtsgründen allerdings nicht sehr verbreitet. Bei der Verwendung von Beton werden eher dünne Stahlbetonfertigteile als Bodenelemente eingesetzt. Dabei liegt der Fokus auf Überlegungen zum Schallschutz und zur Wirtschaftlichkeit. Entscheidend für die Wahl des Bausystems von Boden und Decke sind folgende Kriterien:

- **Statik:** Bei kurzen Spannweiten stehen eher massive Holzkonstruktionen wie Brettsperrholz oder Brettstapelelemente im Vordergrund. Brettstapelelemente haben Nachteile in Bezug auf die Ausbildung von aussteifenden Scheiben. Sie müssen entweder als verleimte Elemente ausgeführt oder mit entsprechend verbundenen Holzwerkstoffplatten zusätzlich versteift werden. Bei größeren Spannweiten kommen aufgelöste Systeme zum Einsatz, z. B. Balkenlagen, Skelettkonstruktionen aus Haupt- und Nebenträgern sowie Hohlkastenelemente.

- **formale Anforderung an die Oberfläche:** Wenn eine Holzoberfläche gewünscht wird, eignen sich bei der Decke aufgrund der geringen Belastung je nach Spannweite in erster Linie Dreischichtplatten oder Brettsperrholz.
- **bauphysikalische Anforderungen:** Vor allem bei Bodenelementen gegenüber Außenluft sprechen die thermischen Anforderungen für den Einsatz von gedämmten Holzrahmenelementen. Schallschutzanforderungen haben hingegen keinen entscheidenden Einfluss auf die Systemwahl, da deren Erfüllung mehrheitlich durch den Bodenaufbau und die Entkoppelung der Module gewährleistet wird. Auch die Dämmung auf den Dachelementen ist nicht ausschlaggebend für die Wahl des Dachelements, da sie oft erst auf der Baustelle aufgebracht wird.
- **Brandschutz:** Die Tragkonstruktion der Bodenelemente ist in der Regel von oben durch den Fußbodenaufbau und von unten durch die Decke des darunterliegenden Moduls vor Brandeinwirkung geschützt. Darum hat der Brandschutz hier keinen Einfluss auf die Systemwahl. Bei den Decken ist die Situation anders. Sie sind direkt der Brandeinwirkung ausgesetzt. Ist eine Kapselung des Holzes erforderlich, spielt es keine Rolle, ob hinter der Kapselung eine Decke aus linearen oder flächigen Bauteilen folgt. Ohne Kapselung stehen eher plattenförmige Bauteile im Vordergrund, die direkt einen Beitrag zum Brandwiderstand und der Rauchdichtigkeit der horizontalen Modultrennung leisten.
- **Raumhöhe:** Die Höhe der Module ist aufgrund des Transports durch die Verkehrswege, insbesondere durch die Durchfahrts Höhe unter Brücken, beschränkt. Ab einer Außenhöhe von ca. 3,20 m erfordert der Transport Spezialfahrzeuge. Die Reduktion der Bauteilaufbauten zur Sicherung von maximalen Innenraummaßen bzw. erforderlichen Mindestraumhöhen ist oft ein entscheidendes Kriterium. Dieses wiederum hat einen Einfluss auf die Wahl des Systems für Boden und Decke.
- **ausführende Firma:** Die Präferenzen der ausführenden Firma und hier besonders der Aspekt der vertikalen Integration – ob also parallel zur Modulproduktion auch eine Elementproduktion angegliedert ist oder ob die Elemente zugekauft werden müssen – spielen bei der Wahl des Bausystems eine wichtige Rolle

Die Kriterien für die Wahl des Bausystems der Wände sind:

- **Statik:** Bei hochbelasteten Wänden sind massive Systeme sinnvoll, vor allem wenn die tragenden Wände keine größeren Öffnungen haben und die Lasten gleichmäßig verteilt werden können. So lassen sich sehr dünne Wandaufbauten erreichen. Brettsperrholzplatten sind zudem per se Scheiben und können dadurch hohe Aussteifungslasten übernehmen oder als wandartige Träger ausgebildet werden.
- **formale Anforderung an die Oberfläche:** Wenn eine Holzoberfläche gewünscht wird, stehen Brettsperrholz oder Brettstapelelemente im Vordergrund. Diese Produkte werden in Qualitäten angeboten, die direkt als fertige Oberfläche verwendet werden können. Holzrahmenelemente mit einer Beplankung aus Holz, die sich als fertige Oberfläche eignet, sind aufwendig in der Herstellung.
- **bauphysikalische Anforderungen:** Wände, die Teil der Gebäudehülle sind, werden wegen der erforderlichen Wärmedämmung oft in Holzrahmenbauweise ausgeführt. Des Weiteren beeinflussen die Schallschutzanforderungen zwischen den Modulen die Wahl des Wandaufbaus. Holzrahmenelemente mit mehreren dünnen Beplankungen haben ein vergleichsweise besseres Verhalten bezüglich Schallschutz als massive Platten.
- **Brandschutz:** Auch hinsichtlich des Brandschutzes ist die Frage nach der Kapselung zentral. Ist sie notwendig, spricht das tendenziell für die Ausführung der Wände in Holzrahmenbauweise. Sichtbare Holzoberflächen werden in der Regel als massive Holzkonstruktion ausgeführt. Bei solchen tragenden Holzwänden erfolgt der Nachweis der Anforderung an die Feuerwiderstandsdauer über eine Bemessung auf Abbrand: Der im Brandfall nach der zugrundeliegenden Zeitspanne verbleibende Restquerschnitt der Wand muss die Tragfähigkeit des Gebäudes gewährleisten.
- **ausführenden Firma:** Die bei den Auswahlkriterien für Boden und Decke formulierte Aussage gilt hier analog.

## 4. Gründung und Aussteifung

Module lassen sich direkt auf dem Bodenniveau oder auf einem massiven Gebäudesockel aufbauen. In beiden Fällen ist die bevorzugte Lagebedingung für Module ein Linienlager unter den tragenden Wänden (Abb. 5). Punktuelle Lagerungen auf Stützen oder Einzel-fundamenten sind auch möglich. In diesem Fall müssen allerdings die Modulwände als wandartige Träger ausgebildet und die Lastkonzentrationen in den Wänden (Pressungen und Normkraft) entsprechend berücksichtigt werden. Bei einer Aufstellung am Boden kann das Auflager eine Bodenplatte oder ein Streifenfundament sein. Beim Verzicht auf eine Bodenplatte aus Beton ist der Boden des untersten Moduls Teil der Gebäudehülle und muss bauphysikalisch und statisch entsprechend ausgebildet werden. In vielen Fällen stehen Module auf ein oder mehreren Sockelgeschossen. Oft sind diese aus Beton konstruiert, da sie aufgrund ihrer Nutzung Räume aufweisen, deren Größe nicht dem Rastermaß der Module folgt. Als häufigstes Beispiel seien Hotels mit offenen Zonen wie Lobby, Restaurants und Konferenzsälen im Erdgeschoss und den modularen Zimmern in den Obergeschossen genannt. In der Decke über dem Erdgeschoss oder einem der Obergeschosse erfolgt daher oft ein Lasttransfer, d. h. die Decke wird als Abfangdecke ausgeführt. Die Abfangkonstruktion muss neben der Tragfähigkeit vor allem auch eine große Steifigkeit aufweisen, damit es nicht zu ungewollten Lastkonzentrationen in den untersten Modulen kommt.

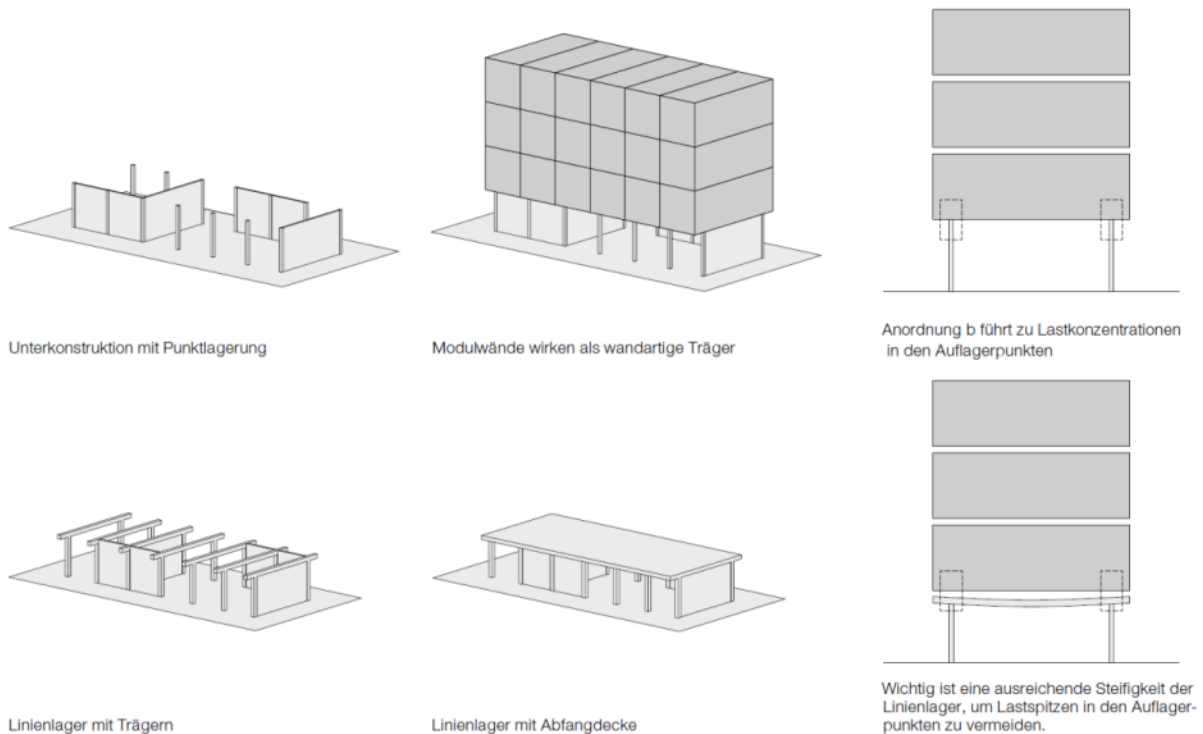


Abbildung 5: Systematik Auflager Modulgeschosse auf massivem Sockelgeschoss

Werden Module mehrgeschossig gestapelt, ist es erforderlich, neben den Vertikallasten auch horizontale Einwirkungen zu berücksichtigen. Diese müssen sicher in die Fundamente abgetragen werden. Dafür gibt es unterschiedliche Konzepte (Abb. 6): Meist werden die Module miteinander gekoppelt und wirken im Verbund. Je nach Anordnung entstehen dadurch in den einzelnen Modulen entsprechend der Lage im Verbund stark unterschiedliche Beanspruchungen. Insbesondere auf den Schmalseiten der Module, die in der Regel große Öffnung aufweisen, führt dies rasch zu aufwendigen Konstruktionen. Häufig wird darum versucht, die Module, vor allem in ihrer Querrichtung, über sowieso vorhandene angrenzende Bauteile wie Treppenhäuser etc. auszusteifen. In Längsrichtung der Module ist die Aussteifung über die meist große Anzahl von Wänden weniger ein Problem. Die Anordnung von biegesteifen Knoten in den Ecken der Raumzellen, wie sie im Stahlbau und vereinzelt auch im Holzbau zum Einsatz kommen, sollte vermieden werden. Denn biegesteife Knoten im Holzbau sind sehr aufwendig und wenig leistungsfähig, insbesondere was die Steifigkeit betrifft.

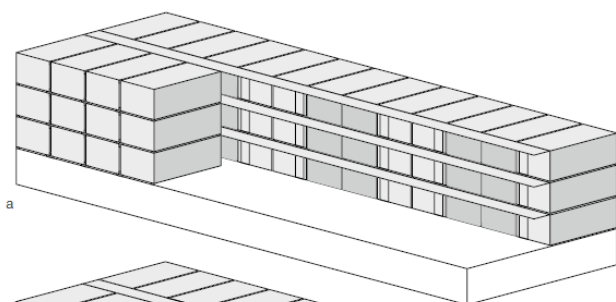


Abbildung a: Module werden in beiden Richtungen über die Modulwände aussteift.

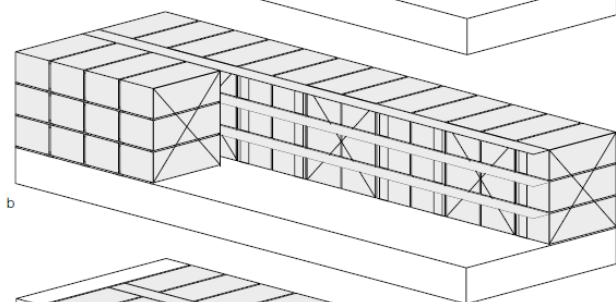


Abbildung b: Module werden mit einer zusätzlichen Konstruktion, in diesem Fall Zugdiagonalen, aussteift.

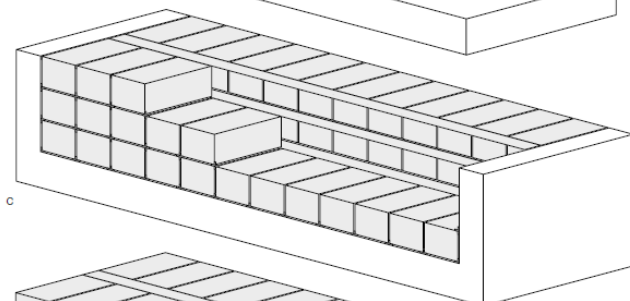


Abbildung c: Module werden in Längsrichtung des Gebäudes (Querrichtung Module) druckfest zwischen zwei Kerne eingeklemmt. In Querrichtung können, je nach Anordnung, Gebäude bis zur Hochhausgrenze über die Vielzahl von Modullängswänden aussteift werden.

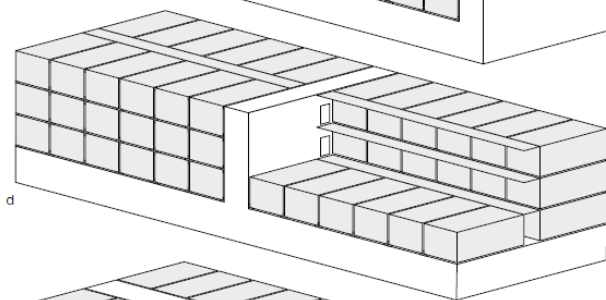


Abbildung d: Module werden in Längsrichtung des Gebäudes zug- und druckfest an den zentralen Kern angeschlossen (zur Aussteifung in Querrichtung der Module siehe c).

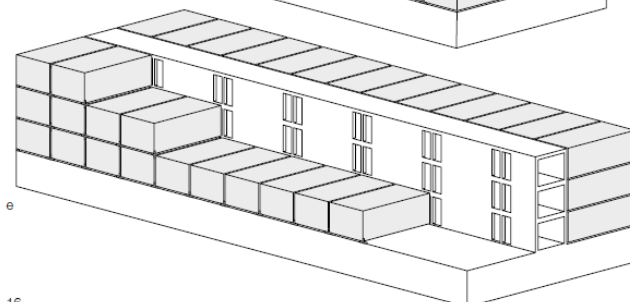
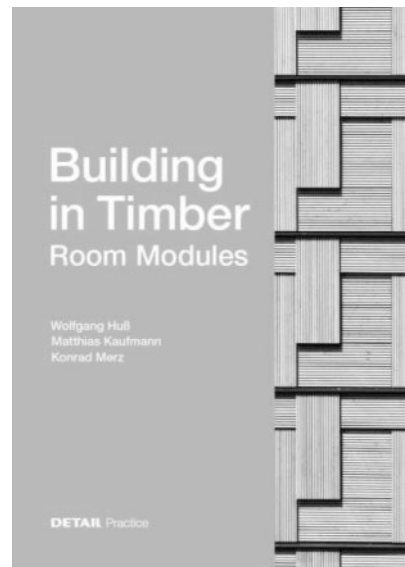
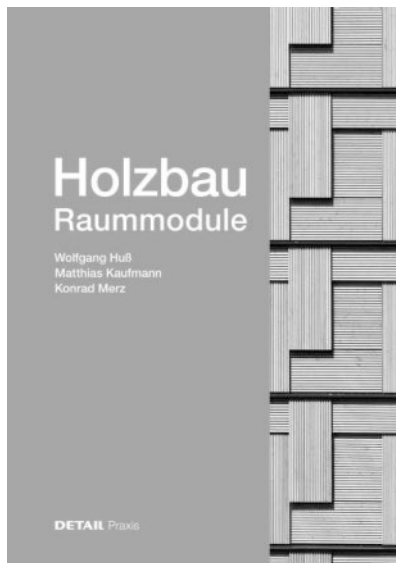


Abbildung e: Module werden in beide Richtungen an einen Kern angeschlossen.

Abbildung 6: Prinzipielle Möglichkeiten der Aussteifung von Raummodulen

## 5. Literatur



## **Epilog**

Holzbau: Rohstoffspeicher und  
dessen Kreislauffähigkeit





# Holz – ein zirkulärer Baustoff

Andrea Klinge  
ZRS Architekten Ingenieure  
Berlin, Deutschland



Eike Roswag-Klinge  
Natural Building Lab, Technische Universität Berlin  
ZRS Architekten Ingenieure  
Berlin, Deutschland





# Holz – ein zirkulärer Baustoff

## 1. Einleitung

2014 trug der Bausektor mit ca. 750 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfällen (Construction and Demolition Waste (CDW)) erheblich zum Abfallaufkommen in Europa bei [1]. Recyclingraten von ca. 50% sind als relativ niedrig zu bewerten, insbesondere da rezyklierte Materialien hauptsächlich in minderwertigen Anwendungen Einsatz finden (Straßenbau, Verfüllung von Baugruben) oder thermisch verwertet werden [2]. Beträchtliche Mengen von Gebäudeabriss werden nach wie vor deponiert, da die Demontage von Gebäuden bei deren Planung nicht berücksichtigt wurde. Der Rückbau von Holzelementen (Stützen, Balken, Holzböden etc.) aus Bestandsgebäuden zeigt deutlich, wie wenig nachhaltig die Baubranche nach wie vor mit Ressourcen umgeht. Um zeitaufwändige Untersuchungen bezüglich des Einsatzes von Holzschutzmitteln zu vermeiden, werden Holzelemente in den meisten Fällen in die Altholzkategorie AIV eingeordnet. Dies impliziert die Entsorgung in Müllverbrennungsanlagen als übliche «Verwertungsmethode». In der Folge geht nicht nur hochwertiges Holz für zukünftige Anwendungen im Baubereich und anderen Sektoren verloren, auch das im Bauteil gespeicherte CO<sub>2</sub> wird frühzeitig wieder freigesetzt. Angesichts der anstehenden gesetzlichen Änderungen, die eine Reduzierung von Abfällen aus Gebäudeabbruch um 70% nach Gewicht bis 2020 vorsehen (Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG), benötigt die Baubranche dringend innovative Konzepte um das zirkuläre Bauen zu stärken und um die Abhängigkeit von fossilen Ressourcen und High-Tech-Lösungen zu minimieren um diese ehrgeizigen Ziele der Europäischen Union zu erreichen [3].

## 2. Anforderungen

### 2.1. Voraussetzungen

Wenngleich Holz neben Lehm einer der wenigen Baustoffe ist, der einzigartige Möglichkeiten für eine direkte Wieder- oder Weiterverwendung ohne großen Energieeinsatz bietet, wird Altholz nicht als Ressource gesehen, sondern hauptsächlich auf Deponien entsorgt oder der energetischen Verwertung zugeführt (Abbildung 1 – Abbildung 2).

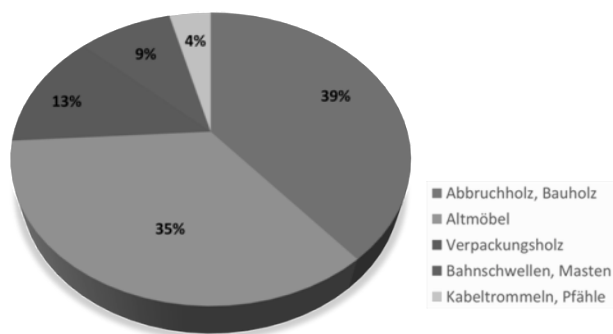


Abbildung 1: Herkunft Gebrauchtholz [4]

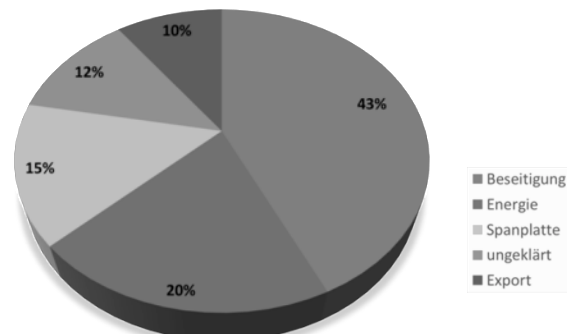


Abbildung 2: Entsorgungswege Altholz [4]

Der Zugang zu günstigem Frischholz, geringe Entsorgungskosten und zeitaufwändige Nachweismethoden für die Anwendung von Holzschutzmitteln sind derzeit die Hauptgründe warum im Holzbau der zirkuläre Ansatz aktuell so wenig verfolgt wird. Soll Altholz für Bauzwecke wiederverwendet oder rezykliert werden, so müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein. Wiedergewonnene Hölzer müssen frei sein von:

- Holzschutzmitteln;
- anderen Schadstoffe, die aus früheren Nutzungen stammen und möglicherweise in das Holz eingedrungen sind;
- holzerstörenden Pilzen und Insekten;
- Metallverunreinigungen, die Maschinen zur Wiederaufbereitung beschädigen könnten

Zudem müssen die gewonnenen Elemente eine ausreichende Festigkeit sowie ausreichend große Querschnitte und Längen aufweisen.

### 2.1.1 Holzschutzmittel

Die Altholzverordnung regelt den fachgerechten Umgang mit Altholz und sieht den Nachweis der Schadstofffreiheit von verbotenen Substanzen vor, um eine Wiederverwendung oder Wiederverwertung zu ermöglichen [5]. Da es am Markt bislang keine Baustellentests gibt, werden Materialproben an Bauteilen entnommen (Abbildung 3) und von einem zertifizierten Labor untersucht. In den Fällen, in denen Holzschutzmittel nachgewiesen werden, wird anhand der Eindringtiefe definiert werden, wieviel vom Holzquerschnitt durch Sägen oder Hobeln entfernt werden muss, um das Altholz nicht der thermischen Verwertung zuführen zu müssen.

### 2.1.2 Schadstoffe und Störstoffe aus früheren Nutzungen

Wurden in einem zu demontierenden Gebäude Schadstoffe eingebracht, müssen geeignete Untersuchungen nachweisen, dass das Holz, welches zur Wiederverwendung oder zum Recycling bestimmt ist, davon nicht verunreinigt ist.

### 2.1.3 Metallische Verunreinigungen

Metallische Verunreinigungen sind eine der Hauptgründe warum die Wiederverwendung und das Recycling von Altholz nur schleppend vorangeht. Bleiben solche Einschlüsse unentdeckt, können sie Holzbearbeitungsmaschinen erheblich beschädigen. Im Rahmen des Projektes wurden daher sämtliche Altholzabschnitte mit einfachen Metalldetektoren auf Metallverunreinigungen untersucht, die anschließend mit Handwerkzeugen entfernt wurden (Abbildung 4).

### 2.1.4 Festigkeitssortierung

Altholz, das für tragende Bauteile verwendet werden soll, muss nach harmonisierten Normen [6], [7], 0 und nationalen Regeln in Bezug auf seine Festigkeit sortiert werden. Vor-Ort-Inspektionen wurden von einem Experten durchgeführt, um das Holz zu kategorisieren, verfügbare Abschnitte in Bezug auf seine Abmessungen aufzunehmen sowie das Ausmaß des Verfalls, sonstige Mängel und Schäden festzuhalten. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden die Hölzer vor Ort sortiert und für die weitere Aufbereitung und Festigkeitsklassifizierung getrennt. Sämtliche Verunreinigungen (Farben, Beschichtungen usw.) wurden entfernt, um sauberes Rohmaterial zu erhalten, das in rechteckige Querschnitte geschnitten und gehobelt wurde. Da der Zugang zu einer Trockenkammer nicht gegeben war, konnte das Holz nicht technisch getrocknet werden. Der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt von 20%, der für die Festigkeitsklassifizierung erforderlich ist, wurde somit nicht immer erreicht.



Abbildung 3:  
Timber for recycling



Abbildung 4:  
Metall Detektor

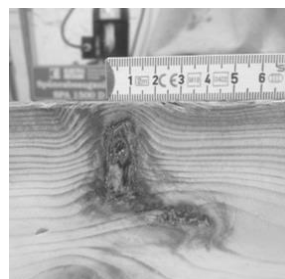
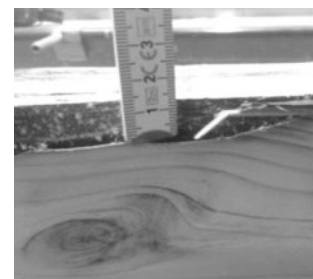


Abbildung 5: Festigkeitsklassifizierung: Beurteilung von Fehlstellen, Zerfall, Rissen, Aufnahme Abmessungen, Lage + Ausrichtung von Ästen



Die eigentliche Festigkeitssortierung wurde an abgerichteten und gehobelten Holzlamellen durchgeführt, die hinsichtlich Abmessungen und Lage von Rissen, Ästen und Zerfall bewertet wurden (Abbildung 5). Die Einteilung nach DIN 4074-1: 2012 0 in die jeweiligen Sortierklassen ergab wiederum die jeweilige Festigkeitsklasse nach EN 338: 2016 0. Zusätzliche Anforderungen an Lamellen, die für Brettschichtholz bestimmt und in übergeordneten Normen geregelt sind, wurden bei der Herstellung angewendet 0. Aus den einzelnen Lamellen wurden wiederum Holzbalken und -stützen sowie Schwelle, Rähm und Ständer für ein nicht-tragendes Fassadenelemente gefertigt.

### 3. Entwurfskonzepte

#### 3.1. Tragende Holzbalken und -stützen

Die allgemeine Konzeption für tragende Holzelemente für die Tragkonstruktion von Holzbauwerken entspricht der Norm EN 14080: 2013 0 und folgt dem Prinzip von Brettschichtholz, bei dem einzelne Lamellen miteinander verbunden werden. Leimfreie Verbindungen einzelner Lamellen die im Rahmen des Projektes ebenfalls untersucht wurden, werden in dieser Studie nicht näher erläutert. Das Entwurfskonzept für die Bauteile verfolgt die Idee der Maximierung und Optimierung von Nutzabschnitten aus Altholz (Abbildung 6).

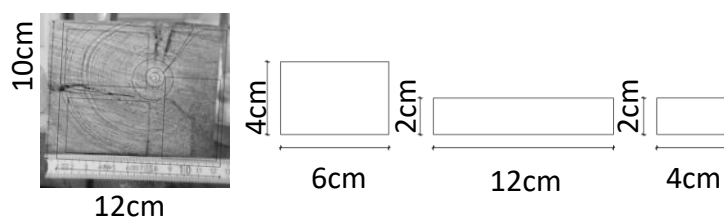


Abbildung 6: Materialeffiziente Aufteilung des gewonnenen Altholzes

Für den Bau der Elemente wurden Risse aus den gewonnenen Lamellen herausgeschnitten und die sich ergebenden Abmessungen für den Einsatz in Trägern und Stützen bewertet. Lamellen mit den Abmessungen 4/6/12 cm x 4 cm wurden in vertikaler und horizontaler Richtung verleimt. (Abbildung 7 - Abbildung 9).

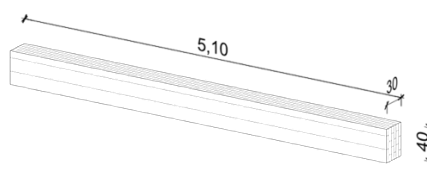


Abbildung 7: Designkonzept für Brettschichtholzbalken aus Altholz



Abbildung 8: Brettschichtholzbalken



Abbildung 9: Brettschichtholzbalken, Lamellen-verbund in vertikaler und horizontaler Richtung

#### 3.2. Nicht lastabtragendes, vorgefertigtes Fassadenelement aus Altholz

Das Konzept für ein vorgefertigtes, reversibles, hinterlüftetes Fassadenelement aus Altholz sieht eine nichttragende Holzrahmenkonstruktion vor. Ein selbsttragendes Holzständersystem ist beidseitig mit aussteifenden Holzfaserplatten verkleidet. In bestimmten Lastfällen kann aus statischen Gründen eine andersartige Platte als Bekleidung wie z.B. Diagonalschalung erforderlich sein, die die innenseitige Holzfaserplatte ersetzt. Das Element ist mit einer Einblasdämmung ausgedämmt, die auf rezyklierten Holzspänen oder -fasern basiert. Die Wetterschale wird mit Schrauben an einer Unterkonstruktion aus Latten befestigt, um eine spätere Demontage zwecks Wartung oder Reparatur zu ermöglichen. Ein Lehmputz auf Basis von rezyklierten Zuschlagstoffen wird als Endbeschichtung innen-seitig verwendet, um ein gesundes und angenehmes Raumklima zu erzeugen. Sämtliche Verbindungen sind entweder verschraubt oder als Zimmermannsverbindungen gesteckt. Abbildung 10 zeigt das Gestaltungskonzept für das vorgefertigte Holzfassadenelement sowie die einzelnen Komponenten.

Ähnlich wie bei den Trägern und Stützen zielt die Konstruktion darauf ab, den Materialverbrauch für das Bauteil zu minimieren. Darüber hinaus verfolgt das Konzept den Ansatz einer Kaskadennutzung und untersucht Möglichkeiten zur Verwendung von Holzabschnitten aus der Aufbereitung und Fertigung für die Herstellung anderer Bauteilkomponenten. Exemplarische Untersuchungen zum Ausgangsmaterial (Abbildung 11) und zum möglichen nutzbaren Abschnitten (Abbildung 12) nach dem Zuschnitt wurden an Bohlen aus dem Rückbau einer Binderkonstruktion durchgeführt, die die Hauptquelle für die Herstellung des Fassadenelements darstellten. Zunächst wurden die Bohlen von metallischen Einschlüssen gereinigt, abgerichtet und gehobelt. In einem zweiten Schritt wurden die

benötigten Profile für die Bauteile zugeschnitten. Im Ergebnis entstanden verschiedene nutzbare Querschnitte, Abschnitte, Sägespäne und auch Sägemehl. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Abschnitte sowie Einzelheiten zu Abmessungen und Mengen. Für die statisch wirksamen Komponenten des Bauteils (Schwelle, Rähm, Ständer) wurden größere Abschnitte verwendet, während kleinere Abschnitte als Wetterschale zum Einsatz kamen. Es ist vorgesehen, bei der Herstellung der aussteifenden Ebene (Holz-, Hartfaser-, oder OSB-Platten) Holzspäne oder Sägemehl und für die Dämmebene Hobel-späne oder Holzfasern (Holzweichfaserdämmatten) zu verwenden. Kleinere Abschnitte können für die Herstellung von Holzweichfaserplatten genutzt werden. Da die Produktion von aussteifenden Platten nicht im Projekt vorgesehen war, wurden für diese Komponenten vorerst handelsübliche Produkte eingesetzt.

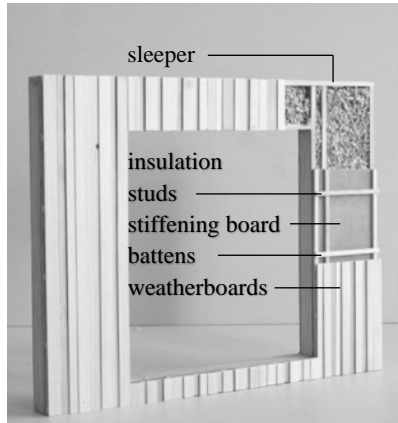


Abbildung 10: Design Konzept für Fassadenelement, Model: M. 1:20



Abbildung 11: Ausgangsmaterial (Bohle)

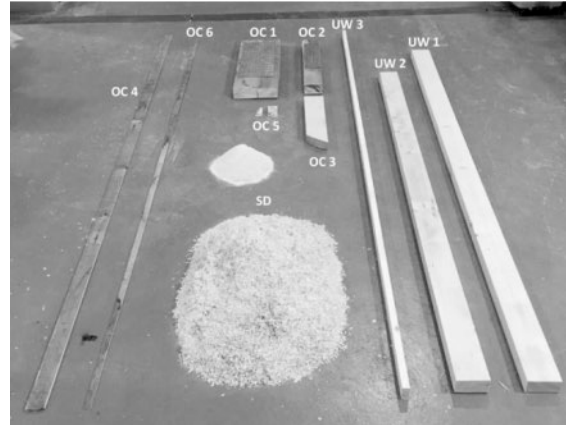


Abbildung 12: Mengen an nutzbarem und nicht nutzbarem Material

Wenn das Fassadenelement das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat, können einzelne Komponenten erneut genutzt oder recycelt werden. Die Wetterschale kann beispielsweise demontiert und abgerichtet werden, um verwitterte Schichten zu entfernen. Diese Resthölzer können dann weiter aufgespant und für die Produktion von Grobspan-, Holzweichfaserplatten oder -matten rezykliert werden. Die statisch wirksamen Komponenten bieten ein ähnliches Potenzial für eine solche Holzkaskade.

Tabelle 1: Mengen des verwendbaren Materials nach dem Reinigen und Besäumen

Abschnitt	Länge in dm	Breite in dm	Höhe in dm	Vol. in dm <sup>33</sup>	Vol. in %
<b>Gesamt</b>	<b>32.9</b>	<b>2.35</b>	<b>0.558</b>	<b>43.14</b>	<b>100</b>
Nutzbares Holz 1 (UW 1)	22.5	1	0.5	11.25	26
Nutzbares Holz 2 (UW 2)	19.73	0.92	0.55	9.98	23
Nutzbares Holz 3 (UW 3)	26	0.48	0.18	2.25	5
Restholz (Metall) (OC 1)	6.35	2.35	0.58	8.66	20
Restholz 2 (Metall) (OC 2)	6	0.95	0.58	3.31	8
Restholz 3 (Querschnitt) (OC 3)	4.1	1	0.5	2.05	5
Restholz 4 (Längsschnitt) (OC 4)	27.2	0.05	0.53	0.72	2
Restholz 5 (Querschnitt) (OC 5)	0.25	0.48	0.18	0.02	0.5
Restholz 6 (Längsschnitt) (OC 6)	26.7	0.05	0.22	0.29	0.5
<b>SUMME</b>				<b>38.53</b>	<b>90</b>
<b>Sägemehl</b>	<b>25 Liter / 1.74 kg</b>			<b>4.61</b>	<b>10</b>

Für die Produktion von materialeffizienten Ständern wurden verschiedene Designkonzepte entwickelt (Abbildung 14 - Abbildung 16). Ein Fachwerkständer ermöglicht die optimierte

Nutzung verschiedener Holzquerschnitte aus der Bearbeitung von Altholz. Die Abmessungen und Anordnung der einzelnen Stäbe und Bretter werden nach statischen Berechnungen festgelegt, wobei die Größe der gewonnenen Querschnitte und die mögliche Unterteilung berücksichtigt werden (Abbildung 13). Für Schwelle und Rähm wurden massive Profile hergestellt.

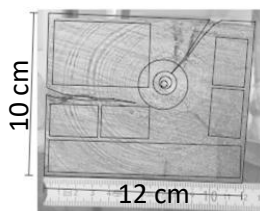


Abbildung 13: Rückgebaute Holzstütze, Unterteilung für materialoptimierte Ständer

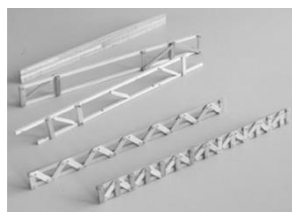


Abbildung 14: Modelle M 1:20 für materialeffiziente Ständer



Abbildung 15: Fachwerkständer, Stäbe mit unterschiedlichen oder gleichen Querschnitten, exzentrisch montiert



Abbildung 16: Fachwerkständer, Stäbe mit unterschiedlichen Querschnitten, zentrisch montiert

Für die endgültige Fertigung des Fassadenpanels wurden die statisch wirksamen Komponenten (Schwelle, Rähm, Ständer) auf Basis üblicher Holzbauraster zu einem Rahmen zusammengefügt. Der Rahmen wurde außenseitig mit einer Holzfaser- bzw. innenseitig mit einer Hartfaserplatte beplankt, um die erforderliche Steifigkeit für das Element zu gewährleisten. Im nächsten Schritt wurde die Einblasdämmung eingebracht und eine finale Holzfaserplatte als Putzträger innenseitig auf die Hartfaserplatte aufgebracht (Abbildung 17 - Abbildung 18). Als finaler Schritt wurde die Wetterschale an einer Tragkonstruktion aus Latten und Konterlatten befestigt (Abbildung 19). Der rezyklierte Lehmputz wird auf der Baustelle aufgetragen. Reversible Verbindungen wurden mit Hilfe von Schrauben hergestellt. Um zukünftig die Anzahl der Metallbefestigungen zu minimieren sollen in einem nächsten Schritt Zimmermannsverbindungen zum Einsatz kommen.



Abbildung 17: Holzrahmen mit Ständern, Einbringen der Einblasdämmung



Abbildung 18: Befestigung der Holzweichfaserplatten (außenseitig)



Abbildung 19: Wetterschale

### 3.3. Reversible Verbindungen

Reversible Verbindungen auf Komponenten- und Elementebene sind von zentraler Bedeutung, wenn es um die Wiederverwendung und das Recycling von Bauteilen geht. Im Rahmen des Projektes wurden dazu verschiedene Untersuchungen auf Komponenten- und Elementebene durchgeführt. Es wurden verschiedene Holzverbindungen (Zimmermannsverbindungen) oder Metallverbindungen getestet. Für Eckverbindungen des Rahmens (Fassadenelement) wurden erste Versuche mittels Schwalbenschwanzverbindungen durchgeführt (Bild 20 - Bild 21). Für die Verbindung von tragenden Elementen wurden am Markt verfügbare Verbindungen in Betracht gezogen, die praktikable Optionen bieten (Abbildung 22 - Abbildung 23).

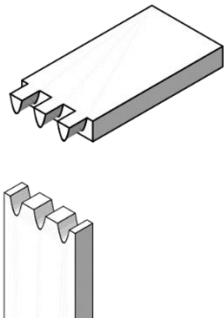


Abbildung 20:  
Zimmermanns-  
verbindung (Schwal-  
benschwanz)



Abbildung 21:  
Geschraubte Verbindung  
Fassadenelement



Abbildung 22: Geschraubte  
Verbindung Stütze -  
Fundament



Abbildung 23:  
Reversibler Balken-  
schuh (© Sherpa)

### 3.4. Design Konzept für ein zirkuläres Gebäude

Das Entwurfskonzept für ein reversibles Gebäude konzentriert sich auf die Lebensdauer verschiedener Gebäudeteile und ermöglicht sinnvolle Unterteilungen, so dass Elemente mit einer deutlich kürzeren Lebensdauer relativ einfach gewartet oder ausgetauscht werden können. Darüber hinaus sollen ein hohes Maß an Flexibilität, ausreichende Deckenhöhen und Adaptionsmöglichkeiten die Lebensdauer eines Gebäudes erhöhen (Bild 24). Obwohl Bauelemente modular aufgebaut sind, weisen sie unterschiedliche Größen auf und müssen so ausgelegt sein, dass sie in zukünftigen Anwendungen leicht zerlegt und wiederverwendet werden können. Darüber hinaus folgen sie dem Konzept der Materialreinheit oder ermöglichen eine einfache Demontage, sodass verschiedene Komponenten getrennt und bei Bedarf wiederverwendet oder recycelt werden können [8]. Darüber hinaus sollen durch die Verwendung hochwertiger Materialien die Haltbarkeit sowie die Lebensdauer des Bauteils und damit auch des Gebäudes weiter erhöht werden.

Der Entwurf sieht eine Konstruktion in Form eines Holzskeletts mit reversiblen Verbindungen in Kombination mit einem aussteifenden Kern und einem nicht tragenden Holzfassadensystem vor (Abbildung 25). Alle Elemente und Komponenten sind aus Altholz gefertigt. Das Stützensystem bietet bei Grundrissgestaltung ein Höchstmaß an Flexibilität (Abbildung 26). Das nicht tragende Fassadensystem ermöglicht einen vollständigen Austausch der Bauteile, sollten diese das Ende ihrer Lebensdauer erreicht haben oder bei einem Nutzungswechsel des Gebäudes eine andere Konfiguration erforderlich sein. Für alle Verbindungen sind ende reversible Verbindungen geplant, die noch weiter untersucht werden müssen. Es wird davon ausgegangen, dass sie entweder als Zimmermannsverbindungen oder durch reversible Metallverbindungen realisiert werden können.

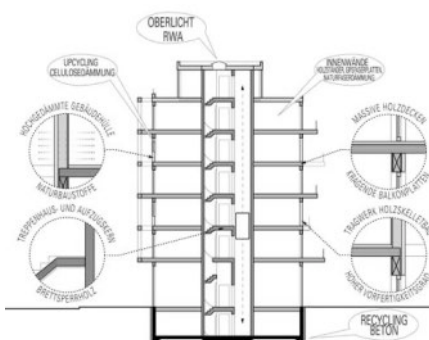


Abbildung 24: Entwurfskonzept für  
ein reversibles Holzskelettgebäude



Abbildung 25: Skelettkon-  
struktion mit aussteifendem  
Kern

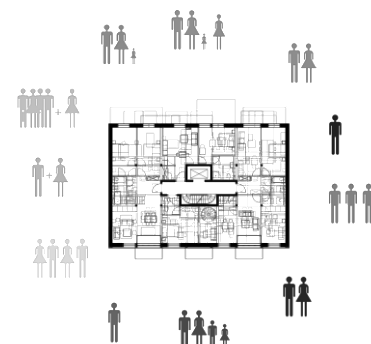


Abbildung 26: Adaptierbare  
Grundrisse bieten ein hohes Maß  
an Flexibilität



## **4. Ergebnisse und Diskussion**

### **4.1. Voraussetzungen**

Inspektionen vor Ort haben sich als geeignete Strategie erwiesen, um festzustellen, ob vorhandene Holzkonstruktionen für eine direkte Wiederverwendung oder ein Recycling geeignet sind. Obwohl bei gereinigten Holzteilen standardmäßig eine Festigkeitsbewertung durchgeführt wird, lieferten erste Beurteilungen vor Ort zuverlässige Ergebnisse hinsichtlich der allgemeinen Tragfähigkeit der verbauten Holzbauteile und -elemente. Darüber hinaus konnte durch Labortests festgestellt werden, dass nicht alle Konstruktionen mit Holzschutzmitteln behandelt wurden, so dass das Altholz direkt wiederverwendet werden konnte. Vor-Ort-Untersuchungen waren auch zur Beurteilung von Insekten- und Pilzbefall geeignet. Weiterhin konnten mittels einfacher Metalldetektoren alle Metallverunreinigungen identifiziert werden. Die endgültige Festigkeitsklasse des bewerteten Holzes erreichte entweder C16 oder C24, was für die Entwicklung von Konstruktionsholzelementen geeignet ist.

### **4.2. Material- und Entwurfskonzept für lastabtragende Holzelemente**

Das Material- und Gestaltungskonzept für tragende Holzbalken und -stützen konnte erfolgreich umgesetzt werden. Eine materialeffiziente Konstruktion könnte durch die Anwendung standardisierter Größen für Lamellen erreicht werden. Risse und Äste wurden ohne größere Materialverluste entfernt. Industriell gefertigte Keilzinkenverbindungen sind zwar nicht getestet worden, es wird jedoch davon ausgegangen, dass diese die Aufnahme kürzerer Abschnitte ermöglichen. Die Verwendung von Leim zum Verbinden von Einzellamellen hat sich als sehr zeit- und kosteneffizient erwiesen und liefert auch für Altholz kraftschlüssige Verbindungen. Da gefertigte Elemente nach DIN 68800 der Verwendungsklasse 0 zugeordnet werden können, ist der Einsatz von Holzschutzmitteln nicht erforderlich [9].

### **4.3. Material- und Entwurfskonzept für ein nicht-lastabtragendes, vorgefertigtes Holzfassadenelement**

Das Konzept der Kaskadennutzung von Holz für das Fassadenelement erscheint sehr vielversprechend. Das Gesamtmaterial, das aus verarbeiteten Brettern rezykliert werden konnte, summierte sich auf rd. 90%. Nagelplattenbinder mussten entfernt werden, um die mit Metall überzogenen Abschnitte wieder in den Materialkreislauf zu bringen. Obwohl bisher nur Vollprofile hergestellt wurden, scheint die Verwendung von Abschnitten für die Herstellung anderer Bauteile eine praktikable Lösung zu sein. Die Industrie folgt diesem Konzept bereits, allerdings mit Frischholz. Das Konzept für materialeffiziente Ständer lieferte ebenfalls vielversprechende Ergebnisse. Dieser Ansatz war jedoch zeitaufwendiger als die Herstellung von massiven Alternativen. Erfreulicherweise wurde die Herstellung des finalen Elements vollständig mit Handmaschinen durchgeführt. Ähnlich wie Balken und Stützen kann das Fassadenelement aufgrund besonderer konstruktiver Maßnahmen gemäß [9] nach DIN 68800 in die Nutzungsklasse 0 eingestuft werden. Daher ist der Einsatz von Holzschutzmitteln nicht erforderlich. Der Nutzen für die Umwelt hinsichtlich der Verringerung der Umweltbelastung durch Wiederverwendung und Recycling wird derzeit untersucht.

### **4.4. Reversible Verbindungen**

Erste Studien wurden bislang nur im Labor durchgeführt. Beide Konzepte, Holz in Holz aber auch Metallverbindungen, sind jedoch geeignet, um reversible Verbindungen auf Bauteil- aber auch Elementebene zu ermöglichen. Zimmermannsverbindungen waren aufgrund des Mangels an geeigneten Maschinen zeitaufwändiger. Zusätzliche Studien und Tests sind erforderlich, um Lösungen für die verschiedenen Anwendungen zu untersuchen und bereitzustellen. Die bisherigen Ergebnisse ermöglichten jedoch die vollständige Demontage von Elementen und Bauteilen.

## 4.5. Entwurfskonzept für ein reversibles Gebäude

Obwohl sich das Konzept in der Praxis bewähren muss, zeichnet sich die Skelettbauweise durch ein höheres Maß an Flexibilität aus. Auch die Möglichkeit der Trennung der unterschiedlichen Elemente nach ihrer Lebensdauer scheint die Lebensdauer von Gebäuden zu verlängern. Die Verwendung von Holz im Bauwesen bietet im Allgemeinen ein deutlich höheres Potenzial für zirkuläre Gebäude im Vergleich zu massiven Konstruktionen. Zum einen ist der Baustoff Holz sehr viel leichter und ermöglicht zudem trockene Verbindungen. Darüber hinaus ist das Konzept der Materialreinheit für tragende Bauteile sehr viel einfacher zu erreichen, da Holz Druck-, Zug- und Scherbelastungen aufnehmen kann. In Bezug auf die Lebensdauer der entwickelten Einzelelemente wird erwartet, dass die Verwendung von Altholz, das im Vergleich zu heutigem Holz unter weniger Umweltbelastungen gewachsen ist, die Lebensdauer der einzelnen Elemente und damit des gesamten Gebäudes verlängert. Diese These muss jedoch durch weitere Untersuchungen überprüft werden.

## 5. Praxisbeispiele

### 5.1. Wohnen und arbeiten in der Torfremise

Das Projekt Torfremise zeigt beispielhaft wie wertvoll in der Vergangenheit Rohstoffe und Bauelemente waren und wie diese immer wieder verwendet wurden. In diesem Fall handelt es sich um mehrfache Translozierung und Weiternutzung des Gebäudes in seiner weitgehend ursprünglichen Form. Anhand einer dendrochronologischen Untersuchung wurden nachgewiesen, dass die verwendeten Hölzer um 1810 eingeschlagen wurden. Über die an den Hölzern vorgefundenen Zimmermannszeichen und der Holzverbindungen konnte nachgewiesen werden, dass das Gebäude voraussichtlich schon zweimal wieder aufgebaut und voraussichtlich auch versetzt wurde, da es ursprünglich länger und voraussichtlich auch zweigeschossig war.

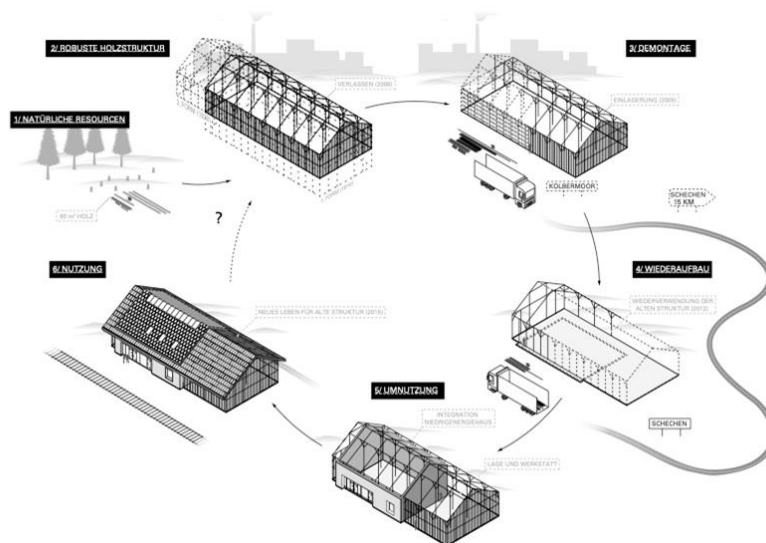


Abbildung 27. Lebenszyklusdiagramm Torfremise

Die Bauherren haben das Gebäude 2005 vor der Zerstörung und thermischen «Verwertung» gerettet, es am ehemaligen Standort Kolbermoor rückgebaut eingelagert und später in Schechen nördlich von Rosenheim wieder errichtet.

Bis 2005 wurde das ursprünglich als Torftrockenremise errichtete Gebäude als Lager-schuppen genutzt, in dem unter anderem der jetzige Besitzer, der Korbflechter Emmanuel Heringer seine Weiden eingelagert hatte. Ziel der Translozierung war die Integration eines Wohn- und Werkstattgebäudes für den Korbflechter und seine Frau eine Schmidemeisterin. Die Neue Nutzung wurde als reversible Holz-Lehm Konstruktion zu den Tragachsen des historischen Gebäudes versetzt um das historisch Tragwerk möglichst weitgehend zu

erhalten. So entstand ein westlicher Umgang in dem man trockenen Fußes zwischen Wohnen und Werkstatt wechseln kann. Der verbliebene Kaltbereich der Remise wird wie ursprünglich als Lagerraum, aber auch überdachter Arbeitsplatz genutzt.

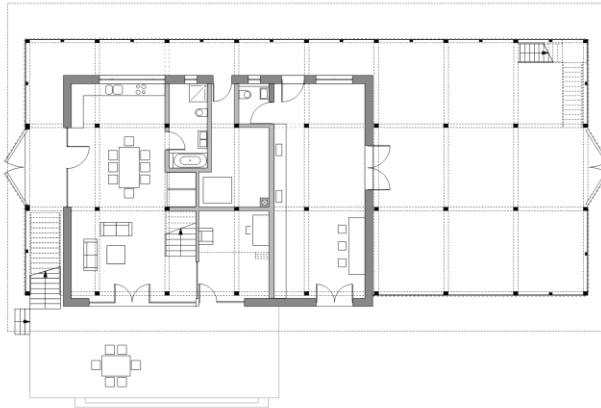
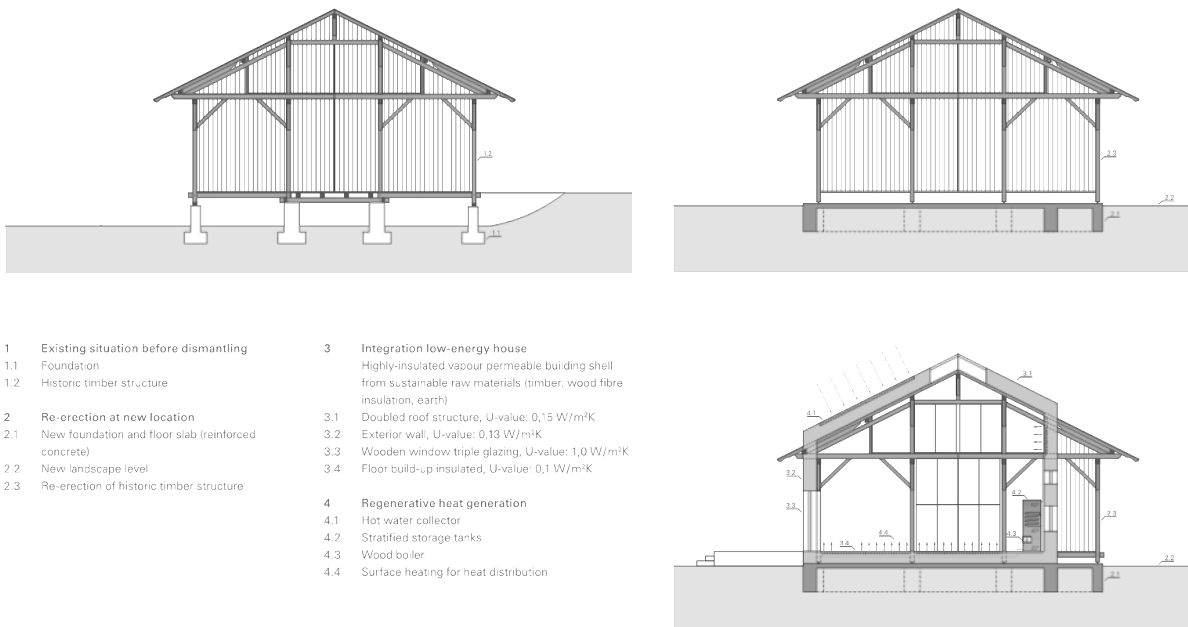


Abbildung 28: Grundriss EG Torfremise

Das historische Tragwerk wurde im Rahmen einer Master Thesis an der FH Potsdam statisch neu berechnet und trägt auch heute die vertikalen Lasten der neuen Nutzung und des neu eingefügten dämmenden Dachaufbaues. Die Außenwände sind nichttragende Außenwände die nur die Eigen- und Windlasten tragen.

Konstruktiv wurde das Gebäude auf eine neue Bodenplatte gestellt die auch die ganzjährige Nutzung zu Wohn- und Arbeitszwecken ermöglicht.



- |   |  |
|---|--|
| 1 Existing situation before dismantling                 | 3 Integration low-energy house   |
| 1.1 Foundation  | Highly-insulated vapour permeable building shell from sustainable raw materials (timber, wood fibre insulation, earth) |
| 1.2 Historic timber structure                           | 3.1 Doubled roof structure, U-value: 0,15 W/m <sup>2</sup> K   |
| 2 Re-erection at new location                           | 3.2 Exterior wall, U-value: 0,13 W/m <sup>2</sup> K  |
| 2.1 New foundation and floor slab (reinforced concrete) | 3.3 Wooden window triple glazing, U-value: 1,0 W/m <sup>2</sup> K  |
| 2.2 New landscape level                                 | 3.4 Floor build-up insulated, U-value: 0,1 W/m <sup>2</sup> K  |
| 2.3 Re-erection of historic timber structure            | 4 Regenerative heat generation   |
|   | 4.1 Hot water collector  |
|   | 4.2 Stratified storage tanks   |
|   | 4.3 Wood boiler  |
|   | 4.4 Surface heating for heat distribution  |

Abbildung 29: Gebäudesystemschnitt Torfremise

In einer zweiten Bauphase wurde der historische Stadel mit größter Sorgfalt durchrepariert, auf der Bodenplatte wiedererrichtet und neu mit Tonziegeln eingedeckt. In einem letzten Schritt wurde die neue, «Warme» Nutzung über hochdämmende Holz-Lehm-Wände integriert. Hierzu wurden Holzständerwände eingefügt, beidseitig mit Holzfaserplatten bekleidet und mit Lehm verputzt. Als Dämmung kam eine Holzfaser-Einblasdämmung zum Einsatz. Die Bodenplatte wurde im warmen Bereich mit Glasschotter gedämmt. Die Innenwände wurden als Holzständer errichtet, mit Lehmsteinen ausgefacht und mit Lehm verputzt. In Teilen der Innenputze wurde ein Wandheizsystem integriert, das über einen Stückgutkessel versorgt wird.



Abbildung 30: Bauprozess Innenwände mit Lehmsteinen und Lehmputzen

Auch wenn die neuen Wände nicht voll reversibel geplant wurden sind sie aufgrund der Lehmputze und der Holzkonstruktion im Wesentlichen reversibel und nachnutzbar ausgeführt. Die Oberflächen sind weitgehend aus Naturbaustoffen errichtet. Die Lehmoberflächen sind weiße Lehmmedelputze die aus weißen Sanden und weißen Tonmialien gemischt wurden, aber die lehmübliche Feuchteperformance aufweisen. Die Böden sind Tannendielen aus einem nahegelegenen Wald die weiß geseift wurden und auch feuchtesteuernd, also klimaaktiv wirken. Aufgrund der sorptionsfähigen Oberflächen und diffusionsoffenen Wandaufbauten pegelt sich das Haus in Bereich einer gesunden Innenraumluftfeuchte zwischen 40 bis 60% relative Luftfeuchte ein und kann so bei zweimaligem Stoßlüften pro Tag auf Lüftungsanlagen verzichten, also als robustes LowTech Gebäude eingestuft werden



Abbildung 30: Umgang EG

Abbildung 31: Innenraum EG, Oberflächen aus Naturbaustoffen

## 5.2. Experimentengebäude Infozentrale auf dem Rollberg

Das von Studierenden am Natural Building Lab der TU Berlin 2017/ 18 entwickelte Gebäude basiert auf den Ergebnissen des oben beschriebenen Forschungsvorhabens RE4. Die Studierenden haben in ihrem Entwurfsstudio mit der Suche nach Abfallmaterialien und der Nutzungen für diese begonnen, also Bauelemente aus Abfall entwickelt bevor sie begonnen haben für diese Elemente ein prototypisches Gebäude zu entwerfen. Das Dachtragwerk ist analog der RE4 Forschung aus dem Abbruch verschiedener Holzkonstruktionen entstanden. Da dies eher kurz Stäbe mit geringen Querschnitten waren basiert das Konzept auf einem Holzquerschnitt von 6 auf 11 cm. Aufgrund der kurzen Lamellen wurde ein Trägerrost konzipiert der vielfach gestoßen werden konnte, 8 x 10 Meter überspannt und auf vier eingespannten Kreuzstützen auflagert. Im inneren Bereich des Daches, zwischen den Stützen, wurden zur Ermöglichung einer ganzjährigen Nutzung Kästen mit Zellulosedämmung

aufgesetzt. Da das Gebäude auf einer bestehenden Kellerdecke der ehemaligen Kindl Brauerei errichtet wurde sind die Stützenfüße durch die Decke verschraubt. Die Wände zur ganzjährigen Nutzung des Gebäudes wurden aus Gemüseboxen gebaut, die von den Studierenden als urbane Stohballen bezeichnet und über einen längeren Zeitraum in der Stadt gesammelt wurden. In die Pappboxen wurde geschreddertes Papier als Dämmstoff eingefüllt. Die Boxen wurden mit selber «geernteten» und angeweichten Werbeplakaten zu geschosshohen Wandelementen zusammengefügt. Die Wandelemente wurden von den Studierenden während der «Entwicklungsphase» in Bezug auf Entflammbarkeit und die Aufnahme von Windlasten getestet.

Ebenfalls aus Holzabfällen, gefundenem Glas und Fahrradschläuchen als Dichtung wurden Fenster und Türen hergestellt. Die Dachabdichtung ist aus neuem Material hergestellt das aber reversibel über Klettbander an der Konstruktion befestigt und nicht mit der Holzkonstruktion wie üblich verschweißt wurde.

Das Gebäude, insbesondere die Außenwände aus Pappe und Papier haben die mindestens einjährig geplante Nutzung bislang erstaunlich gut überstanden. Die Notfalloption einer zusätzlichen Wetterbekleidung wurde bislang nicht notwendig.

Das Gebäude dient heute als Nachbarschaftstreff für diverse soziale Gruppen im Umfeld des Rollberggeländes.



Abbildung 31: Trägerrost aus Altholz



Abbildung 32: Rohbau Holztragwerk aus Altholz

## 6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

### 6.1. Voraussetzungen

Bei der Untersuchung von Altholz müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Der Erhaltungszustand, Schäden durch den Rückbau und der vorherige Lastfall können die Tragfähigkeit des Holzes beeinflussen. In verschiedenen Forschungsprojekten wurde seit den 1950er Jahren festgestellt, dass der Einfluss des Alters vernachlässigt werden kann, wenn der Erhaltungszustand und andere Verunreinigungen sorgfältig untersucht werden [10].

Die Verwendung standardisierter Querschnitte kann dazu beitragen, Lagerkosten zu reduzieren und die Marktakzeptanz für Altholz zu erhöhen. Keilzinken machen das Recycling von Altholz sehr attraktiv, da Fehlstellen herausgeschnitten werden können und kürzere Stücke zu einer Endloslamelle verbunden werden können, die wiederum auf die erforderliche Länge zugeschnitten werden kann.

Die visuelle Festigkeitsbewertung kann heute maschinell unterstützt werden, was in höheren Festigkeitsklassen zu einer besseren Ausbeute führen kann. Üblicherweise arbeiten Sortiermaschinen damit, das Holz zu biegen und die Steifigkeit zu bewerten. Heutzutage umfasst die Maschinensortierung auch Technologien wie Biegeresonanzfrequenz, Röntgenmessungen und Ultraschallwellengeschwindigkeit.

Um das Problem der Holzschutzmittel aufzugreifen, wäre eine Art Schnelltest für die Baustelle wünschenswert, da Probenahme und Laboranalyse teuer und zeitintensiv sind. Das Fraunhofer-Institut entwickelte im Rahmen des EU finanzierten CaReWood Projektes einen Prototyp für ein Vor-Ort-Messgerät, mit dem die Klassifizierung von Altholz aus dem Rückbau von Gebäuden verbessert werden könnte [11].

## 6.2. Material- und Entwurfskonzept für lastabtragende und nicht-lastabtragende Elemente aus Altholz

Der hohe Anteil an Altholz, der in alle Komponenten und Elementen integriert werden konnte, zeigt das enorme Potenzial dieses Ansatzes zur Minimierung sowohl in Bezug auf die Abfallerzeugung als auch den Ressourcenverbrauch. Solange jedoch keine ganzheitlichen Kostenermittlungen für die Errichtung und den Rückbau von Gebäuden angesetzt werden oder Anreize für nachhaltigere Lösungen geschaffen werden, werden solche Lösungen Schwierigkeiten haben, in den stark wirtschaftlich getriebenen Markt Einzug zu nehmen.

## 6.3. Reversible Verbindungen

Reversible Verbindungen auf Basis von Metallbeschlägen sind im modernen Holzbau bisher nicht üblich. Tischleranschlüsse sind ohne moderne Industrie-Abgratmaschinen wirtschaftlich nicht realisierbar. Wenn jedoch eine kreisförmige Konstruktion obligatorisch wird, soll eine geeignete Lösung relativ einfach implementiert werden können.

## 6.4. Entwurfskonzept für reversible Gebäude

Neue Material- und Konstruktionskonzepte müssen entwickelt werden, um die Anpassung von Gebäuden an sich verändernde Lebensbedingungen zu ermöglichen. Darüber hinaus muss der heutige Planungsprozess für Holzbauten eine zukünftige Demontage und Wiederverwendung berücksichtigen. Reversible Verbindungen, die meistens teurer sind, sind der Schlüssel zum Erfolg solcher Konzepte. Die zunehmende Digitalisierung und der verstärkte Einsatz von Building Information Modeling (BIM) im Bauwesen können die Implementierung des zirkulären Bauens unterstützen. Insbesondere im Holzbau ist die 3D-Modellierung ein gängiger Ansatz. Engagierte Komponentenhersteller und -lieferanten bieten für Produkte Rücknahmesysteme für Baureste und möglicherweise nicht mehr benötigte Produkte an. Ohne staatliche Vorgaben werden Versuche zum zirkulären Bauen jedoch auf Pilotenebene verbleiben.

## 7. References

- [1] EUROPEAN COMMISSION ENV.A.2/ETU/2014/0049 - Resource Efficient Use of Mixed Wastes
- [2] Implementing EU waste legislation for green growth, DG ENV (2011)
- [3] <https://www.bmu.de/en/law/abfallrahmenrichtlinie/>, zuletzt besucht am 23.03.19 um 18:29
- [4] Thienel, Karl Christian, BNaustoffe aus Recyclaten und Nebenprodukten Holz, Universität München
- [5] Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz sowie des Bundesamts für Justiz (2003) *Altholzverordnung – AltholzV, Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz*
- [6] DIN EN 14081-1:2016. Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [7] DIN EN 14081-2:2018. Holzbauwerke - Nach Festigkeit sortiertes Bauholz für tragende Zwecke mit rechteckigem Querschnitt - Teil 2: Maschinelle Sortierung; zusätzliche Anforderungen an die Erstprüfung, Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2018.  
EN14080:2013. Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen, Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2018. DIN 4074-1:2012. Sortierung von Holz nach der Tragfähigkeit - Teil 1: Nadelschnittholz, Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2012. EN 338:2016. Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen, Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2016.
- [8] Weimann, K.; et al.: Optimierung des Rückbaus/Abbaus von Gebäuden zur Rückgewinnung und Aufbereitung von Baustoffen unter Schadstoffentfrachtung (insbes. Sulfat) des RC-Materials sowie ökobilanzieller Vergleich von Primär- und Sekundärrohstoffeinsatz inkl. Wiederverwertung, Umweltbundesamt (Federal Environment Agency), 2013, <http://www.uba.de/uba-info-medien/4430.html>
- [9] DIN 68800-2019. Holzschutz. Deutsches Institut für Normung, Berlin. 2019.
- [10] Cavalli A, Cibechhini D, Togni M, Sousa HS. 2016: A review on the mechanical properties of aged wood and salvaged timber.
- [11] <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2017/oktober/altholz-neues-leben-als-sekundaer-rohstoff.html>, zuletzt besucht am 23.03.19 um 18:20

# Nothing is lost, nothing is created, everything is transformed

Jacques Anglade  
Atelier NAO  
Arles, France







# Nothing is lost, nothing is created, everything is transformed

Recycling has always existed, as proven by the Cathedral of Pisa...



## 1. How to dress to talk about recycling?

With recycled fabric!

## 2. How to recycle a quote?

*«No complex entity comes to be or perish, but is formed by mixing and separating from pre-existing entities. Therefore one should more correctly describe the birth by mixing and the death of separation.»*

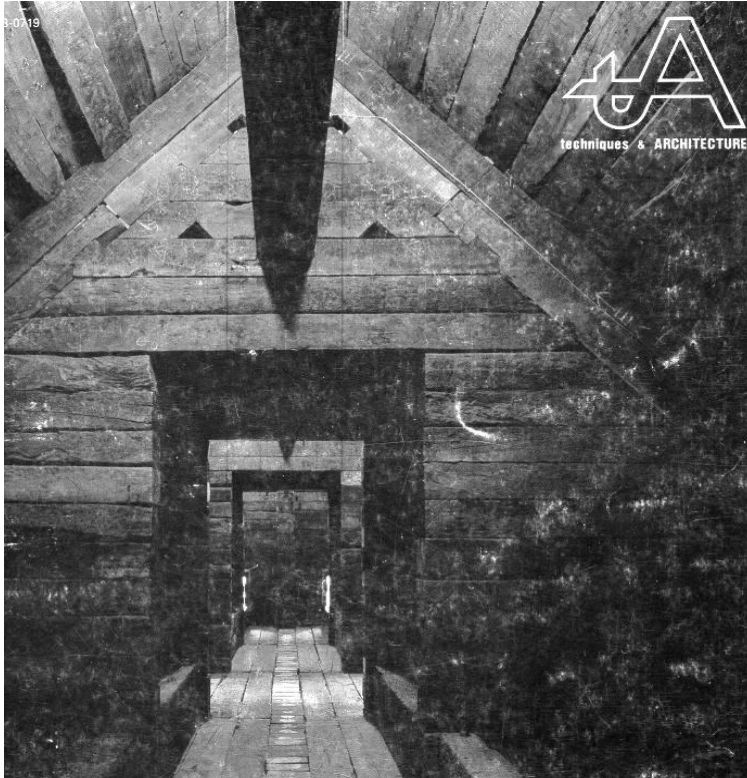
Anaxagoras, fragment 17.

*«Nothing is lost, nothing is created, everything is transformed.»*

Lavoisier, An elementary treaty on chemistry.

### 3. How to recycle a carpenter? 1986

One day, in my life as a carpenter, I met «The School of Life Fighting» by Susumu Takasuka.



I knew then that there existed a powerful, simple and serene contemporary architecture, the one I was waiting for.

All the wood used on this project comes from railway sleepers. The building is therefore also a perfect wood recycling.

This made me decide to go to an architecture school, in Paris.

### 4. How to recycle an industrial site? 1991

This is the purpose of this ornithological observatory project, built on an ancient gravel pit. Architects Atelier de l'Entre.



## 5. How to recycle an exhibition? 2010

The one organized in Paris at the City of Architecture, under the name «Don't throw away any more!»

The principle is that the whole structure is just a stack of boxes, open-bottomed or not, that the exhibition visitors are invited to take home as soon as the exhibition is over.

Architects Nicola and Adelaide Marchi



## 6. How to recycle a theatre? 2011

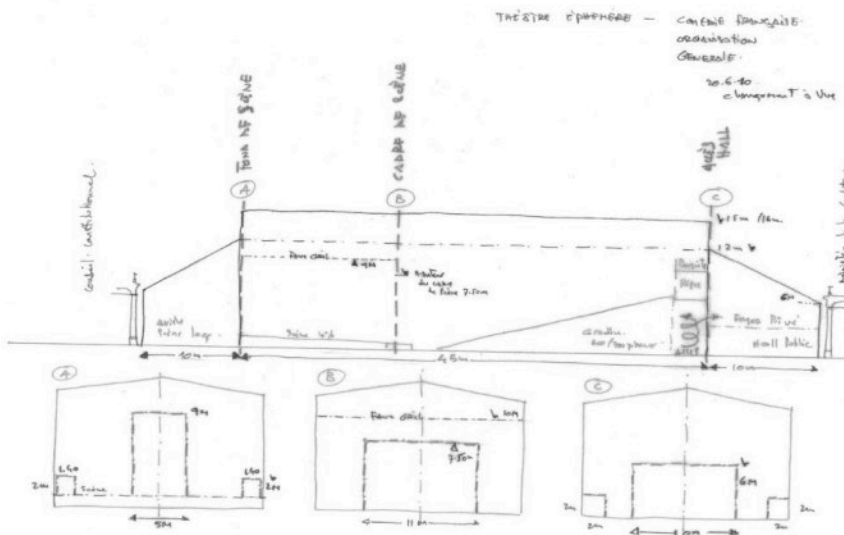
The construction of the ephemeral theatre of Comédie Française at the Palais Royal in Paris in 2011 was based on the initial idea of a resale.

The aim was to temporarily replace the historical Richelieu Theatre for a year and a half, as it was going under reconstruction.

All the assemblies of the main structure, and the prefabrication that followed, are designed according to a dismantling, and a subsequent reassembly.

The difficulty was similar to that of getting a boat into a bottle.

The study started with these elements, purely scenographic, which guided the entire design.





Our references were the *temporary museum* built by Auguste

Perret in Paris in 1924, but also the *music halls* that we've built in Crolles (the wood structure), the project in Fontaine (for the principles of prefabricated high walls), and the *Music Hall* in Pontet (with the walls out of boxes filled with clay balls).

The CLT-type panels, already used 60 years ago by Jean Prouvé, were the basic element, because of their mass favoring good sound insulation, highly necessary for a theater.

This place is prestigious, and obviously does not allow permanent construction.

No foundation was possible: the structure is only laid over, with the exception of the anchors of the stage frame, which stabilizes a large part of the structure.

The prefabricated wall and roof elements are rasterized to the rhythm of the underlying vaults. They are also the largest elements that can be passed through the narrow entrance of the site.



The fact of bringing prefabricated roof panels already waterproofed made it possible to advance each day by more than 120 m<sup>2</sup> (*hundred twenty squared meters*) covered and closed.

In the end, the whole complex was delivered on time, creating a theatre with all the stage installations and chairs in less than 5 months.



After a year and a half of service, the theatre was sold to the city of Geneva for a rather paltry sum. For the Grand Théâtre de Genève, which is an opera house, also facing reconstruction work, an ephemeral hall was favoured, in exchange for a precarious installation in another part of the city.

But this required:

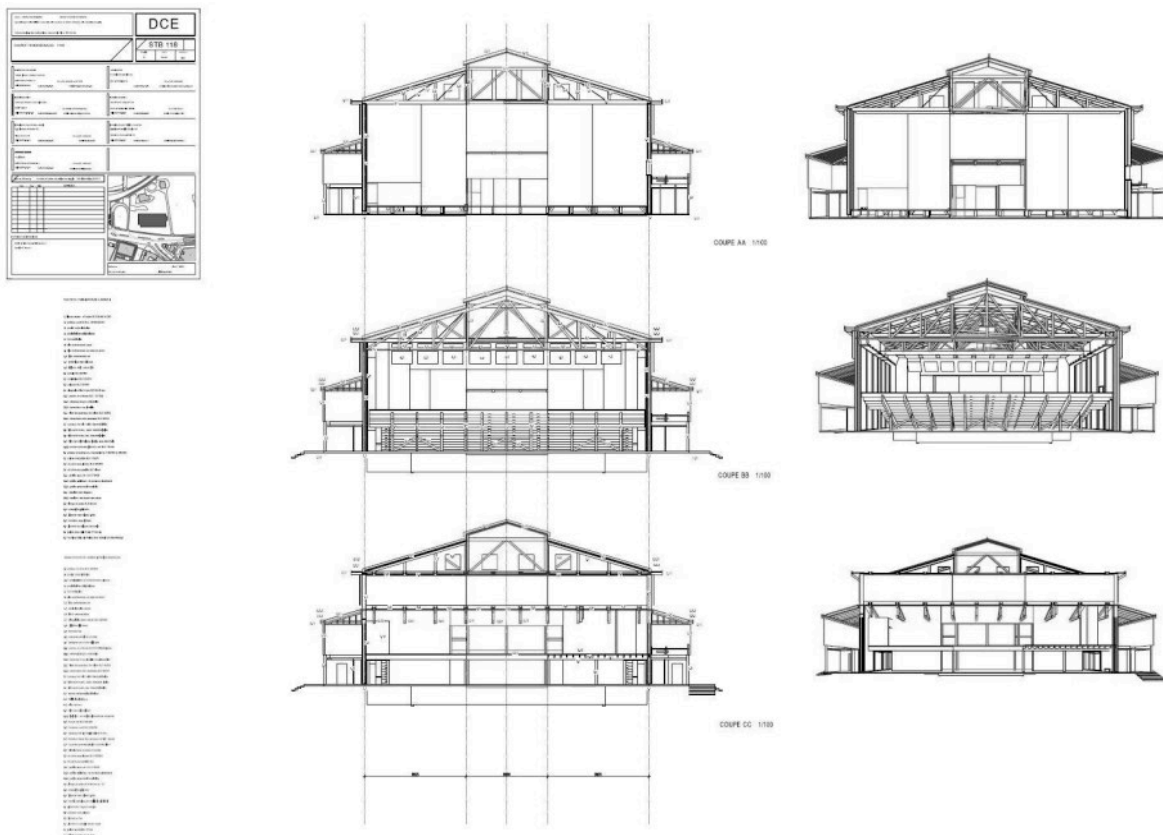
Increase the gauge from 750 to 1000 spectators.

To add an orchestra pit.

Finally, to increase the width from 20 m to 28 m.

If you want shoes size 45, here is a tip: don't buy in size 38, to enlarge them.

However, I did imagine structural solutions: a large longitudinal lattice beam, where the roof sections of the first hall could be hung up, in particular. Solutions that were finally adopted, after many tremors. The plans made for the contractors show how little of the original elements was finally saved, compared to those modified or added.



Among the elements not preserved, after the first architect, the scenographer, and the company, finally the engineer!

My friends at Charpente Concept, once in charge of the rest of the project, decided to use glued rod joints for the new elements, which are the least demountable in the world.

The Theatre was born, in Swiss style.  
Then it was sold in 2018, on the way to China this year.  
Good luck with that! Since 2015, I was starting new adventures as well.

## 7. How to recycle an engineer?

After these theatrical adventures, the return to engineering life lacked spiciness.  
A lucky encounter will allow the creation of a transversal agency, with engineers and architects, breaking this habit, unfortunately very French, of separate agencies.  
From this collegial conception, many projects were born, for the most part demonstration projects, including:

The footbridge on the Restonica in Corte, made of laricio pine and local chestnut.



The Lamure sur Azergues hall, made of local Douglas wood, supported on monolithic stone pillars, and bearing stone tiles.



The Vinsobres childcare building, with massif wood structure, straw insulation and earth and lime plasters on the walls.

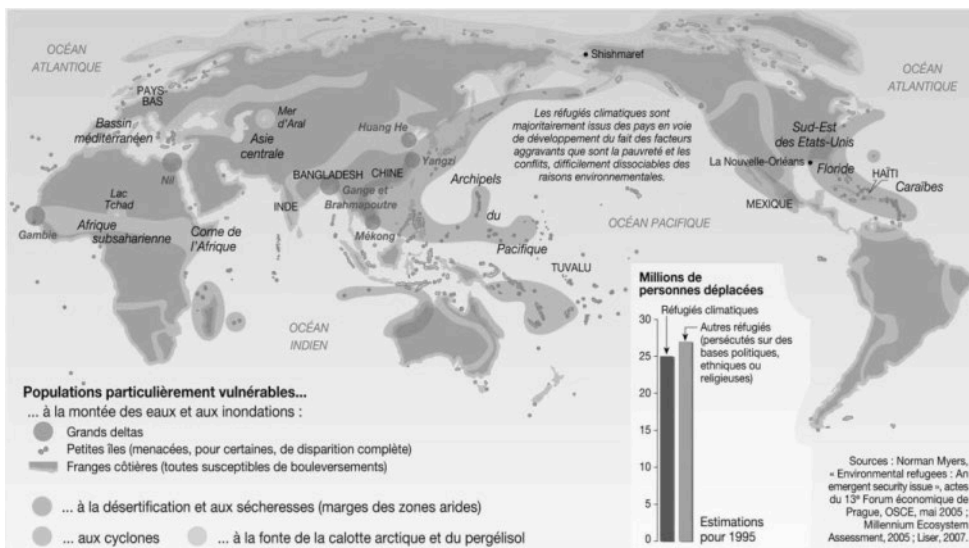


The Faverges hall, all wooden, up to the roof. This project gives a second life to the heart of the village, by recycling an old tower, which marked an ancient fortification.



## 8. How to recycle a world? Now!

We are on the eve of major changes that the use of wood, as I learned 32 years ago from Wolfgang Winter, can certainly slow down a little, but without this being decisive. It is not even a given that forests are resistant to these changes. Let us broaden the scope of our reflections a little, and prioritize the emergencies.



Populations in danger.

To summarize in two quotes, here recycled:

Walter Benjamin

*«In Homer's time, humanity made a spectacle of itself to the gods of Olympus; it is to itself today that it makes a spectacle of itself. It has alienated itself enough to be able to experience its own destruction as a first-rate aesthetic pleasure.»*

The work of art at the time of its technical reproducibility, 1936.

Man, which is after all only a form of recycling of monkeys (and lots of other life forms) is in danger of disappearing, leaving (well, we can suppose) place for others...

Unless we consider in a cold way the crime of non-assistance to people in danger that Benjamin already envisaged, it is time to think together on how to organize the arrival of climate migrants, especially in Europe.

Here is a small shelter for 6 people, built illegally in France: it is time to build 6 million of them, legally, and in the best possible ecological conditions, for, and with, the climate refugees we will welcome.

This raises questions of an urban, agronomic, hydraulic, sociological, anthropological, philosophical, religious, political, geographical, etc. nature.

I hope to spend the rest of my time on this now.

Yes, other alternatives are possible:

Let's listen to Philippe Descola

*«What I am calling for is quite simple: it is that real collective intellectual dynamics emerge that are capable of thinking about the organization and propagation of new forms of collectives in order to better inhabit the earth and accommodate, with more justice than in the current capitalist system, the human and non-human occupants of our common home.»*

A common ground, 2019.

To start another story is to try first of all to tie another relationship with all living beings: other animals, human and non-human, plants, etc.

Humanism, which is very necessary, has become a very narrow form of thought.

Decentering: this is undoubtedly the key word: the attitude that consists in getting into the skin, the clothes of the other.

Leaving the anthropocentrism. To renew another contract, another contact with the living world around us.

For the last project we, Atelier NAO and Ugo Nocera, are working on, the Argelliers school, we use wood, straw and earth of course, but what has also mobilized our energy was to organize a day for the children : the future pupils of the school came to get acquainted with the other inhabitants of the site, these trees that we have tried to protect as much as possible.

We have asked them to choose a companion, a partner, from among these trees. This young girl chose a pine tree, and gave it something to drink.



This gives me hope. To you too?



# **Cradle to Cradle, Entwerfen und Konstruieren mit Holz: Erfahrungen, Erwartungen, Visionen**

Jörg Finkbeiner  
Partner und Partner Architekten  
Berlin, Deutschland





# Cradle to Cradle, Entwerfen und Konstruieren mit Holz: Erfahrungen, Erwartungen, Visionen

## 1. Einführung – Reboot Architecture

### 1.1. Globale Fakten

Die Welt befindet sich in der größten Transformation der Menschheitsgeschichte: Ressourcenverknappung, Klimawandel und Bevölkerungswachstum mit einhergehender Urbanisierung, die Dynamisierung der Wirtschaft und Lebensmodelle, Digitalisierung etc., sind hinlänglich bekannt und stellen die Bauindustrie vor immense Herausforderungen. Mit der Frage nach zukunftsfähigen Bauweisen rücken innovative Konzepte, die sowohl der zunehmenden Rohstoffverknappung, der notwendigen Energieeffizienz als auch dem Flächenverbrauch gerecht werden, immer mehr in den Fokus gesellschaftlichen Interesses. Die Architektur und die Bauwirtschaft, muss dabei ihre gesellschaftliche Verantwortung in der kommenden postfossilen Welt durch einen notwendigen Paradigmenwechsel in Stadtplanung und Architektur erfüllen. Denn dass die gebaute Umwelt bei diesen Fragen eine wesentliche Rolle spielt, ist unstrittig. Die Frage, ob zirkuläres Bauen lediglich einen Trend darstellt, der bestenfalls eine Nische besetzen wird, erübrigt sich bei der genauen Betrachtung der Fakten:

Die Erde ist ein stofflich geschlossenes System. Gleichzeitig werden in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weltweit neue Mega-Metropolregionen in einem Umfang entstehen, die in etwa der Weltbevölkerung von 1930 entsprechen. Der zusätzliche Ressourcenbedarf ist enorm und wird bei global vernetzten Rohstoffmärkten zu Verteilungsfragen und Preissteigerungen führen. Auch die europäischen Städte werden weiterwachsen, im Wesentlichen aber umgebaut und angepasst werden müssen. Wie gehen wir mit den dort jetzt schon gebundenen Ressourcen um? Ein Übergang vom derzeitigen linearen Wirtschaften zu einem zirkulären System der Wieder- und Weiterverwertung wird unvermeidlich sein.

Allerdings ist es notwendig, genau hinzuschauen: Die bereits verbauten Rohstoffe, die sich teilweise als «urban mining» wiedergewinnen lassen, eignen sich nur sehr eingeschränkt für eine echte Weiterverwertung im Sinne des zirkulären Bauens. Sie wurden nicht für eine spätere Wiederverwendung erzeugt. Dies gilt vor allem für die Bauten der Nachkriegszeit. Viele Baustoffe lassen sich nicht sortenrein voneinander trennen. Sie sind oftmals schadstoffbelastet oder enthalten undefinierte Inhaltsstoffe. Upcycling aus diesen Rohstoffen wird deshalb das Problem der Ressourcenknappheit lediglich verzögern können. Früher oder später erreichen diese Baustoffe ihr End-of-Life und werden Abfall im klassischen Sinne sein, in der Regel ist schon die erste Wiederverwendung ein Downcycling-Prozess indem Baustoffe in ihrem «zweiten Leben» nicht auf demselben Qualitätsniveau wiederverwendet werden können.

### 1.2. Nicht-kreislauffähige Fakten: Von der zirkulären Zukunft weit entfernt

Die Handlungsanforderungen für eine zirkuläre Zukunft liegen auf der Hand: Gebäude und Städte müssen zu Rohstofflagern transformiert werden, in denen sich alle Baustoffe in gleichbleibender Qualität in Kreisläufen führen lassen. Zudem wird den nachwachsenden Baustoffen eine wesentlich höhere Bedeutung zukommen, um die zusätzlichen Bedarfe umweltverträglich bereitstellen zu können. Unsere Energieversorgung muss zu hundert Prozent regenerativ organisiert werden. Davon sind wir heute weit entfernt. Der überwiegende Teil der aktuell in Planung und Bau befindlichen Gebäude wird diesen Anforderungen nicht gerecht. Stattdessen schafft jedes neue Gebäude «nicht-kreislauffähige Fakten» für mehrere Jahrzehnte.

Unsere Architekturpraxis widmet sich deshalb der Frage, wie ganzheitlich zirkuläres Bauen heute möglich ist. Wir verfolgen einen integralen Planungsansatz und legen wesentliche

Parameter fest. Das Ziel ist es, «ressourcen-positive» Gebäude zu konzipieren, die maximal kreislauffähig sind. Dazu gehört die größtmögliche Flexibilität der primären Gebäudestruktur, der zerstörungsfreie Rückbau der wesentlichen Gebäudekomponenten (ohne Minderung der statischen und konstruktiven Eigenschaften) mit dem Ziel, diese wiederverwenden zu können: Bauteile sollten am End of Life wieder in die jeweiligen Kreisläufe rückführbar sein. Fassaden- und/oder Dachflächen müssen zur Energiegewinnung geeignet sein! Natürliche Potenziale des Gebäudes tragen zu einer schlankeren Haustechnik bei und steigern seine Resilienz im Betrieb.

Davon sind wir heute weit entfernt. Der überwiegende Teil der aktuell in Planung und Bau befindlichen Gebäude wird diesen Anforderungen nicht gerecht. Stattdessen schafft jedes neue Gebäude «nicht-kreislauffähige Fakten» für mehrere Jahrzehnte.

### 1.3. Eine kreislauffähige Zukunft

Die Handlungsanforderungen für eine zirkuläre Zukunft liegen auf der Hand: Gebäude und Städte müssen zu Rohstofflagern transformiert werden, in denen sich alle Baustoffe in gleichbleibender Qualität in Kreisläufen führen lassen. Zudem wird den nachwachsenden Baustoffen eine wesentlich höhere Bedeutung zukommen, um die zusätzlichen Bedarfe umweltverträglich bereitstellen zu können. Unsere Energieversorgung muss zu hundert Prozent regenerativ organisiert werden. Damit Architektur diesen komplexen Anforderungen gerecht werden kann, sind im Wesentlichen drei Voraussetzungen zu erfüllen:

- Abfall wird zu einer Ressource  
Alle verwendeten stofflichen Ressourcen lassen sich entweder in den biologischen Kreislauf (Biosphäre) oder den technologischen Kreislauf (Technosphäre) zurückführen und auf gleichbleibendem Qualitätsniveau immer wieder recyceln. Um dies zu gewährleisten, müssen rückbaubare Konstruktionen systemimmanent sein. Verbundwerkstoffe sind zu vermeiden. Inhaltsstoffe der einzelnen Baustoffe müssen transparent verfügbar sein.
- Regenerative Energien nutzen  
Die Energieversorgung muss zu 100% aus erneuerbaren Energien stammen.  
Die Verwendung von fossilen Energieträgern ist zu vermeiden
- Diversität fördern  
Gebäude müssen einen Beitrag zur Diversität leisten. Dies umfasst einerseits konzeptionelle Diversität, die sich in kontextbezogener Architektur und baukulturellem einem Diskurs zeigen kann. Darüber hinaus müssen Gebäude einen aktiven Beitrag zur Biodiversität leisten, anstatt diese z.B. durch Versiegelung und Verwendung toxischer Inhaltsstoffe in Bauteilen zu vermindern (z.B. Fungizide in Wärmedämmverbundfassaden oder Weichmacher in Bitumenbahnen)

Zusätzlich ist es unerlässlich, dass wir beim Planen und Bauen lernen müssen, Effizienz- von Effektivitätsstrategien zu unterscheiden. Selbstverständlich ist es wesentlich, Flächen, Energie und stoffliche Ressourcen effizienter zu nutzen. Gleichwohl sollte uns klar sein, dass in den vergangenen Jahrzehnten alle Effizienzstrategien nicht dazu geführt haben, dass die Bedarfe und damit der Verbrauch gesunken wären. Vielmehr wurden durch eine erhöhte Effizienz Ressourcen verfügbar, die direkt für die Steigerung des Konsums verwendet wurden. Der Ressourcenverbrauch sank in der Summe nicht und verschob lediglich den Zeitpunkt der jeweiligen Ressourcenknappheit auf einen späteren Zeitpunkt in der Zukunft. Wir können davon ausgehen, dass im Jahr 2050 - trotz weiter gesteigerter Effizienz- die Nachfrage nach Ressourcen, das vorhandene Angebot um ca.80 Milliarden Tonnen übersteigen und wird. In einem linearen Wirtschaftsmodell, das Ressourcen lediglich verbraucht und an deren End-of-Life als Müll unbrauchbar zurücklässt und damit vernichtet, wird die Nachfrage nach Ressourcen nicht mehr bedient werden können.

Es ist deshalb wesentlich zu verstehen, dass wir -zusätzlich zur Effizienzsteigerungen- effektive Maßnahmen zum Erhalt von Ressourcen brauchen werden. Dies kann nur über die Entwicklung kreislauffähiger Wirtschaftsstrategien erfolgen und muss beim Planen und Bauen die Grundlage aller konzeptionellen und entwurflichen Strategien sein.

## **2. (Vor-)Bauen für die postfossile Epoche**

### **2.1. Herausforderung in einem komplexen Umfeld**

Gebäude sind komplexe «Produkte», die in der Regel in einem ebenso komplexen Umfeld entstehen. Die Hürden in der Umsetzung liegen dabei nicht an fehlenden technischen Lösungen oder Baustoffen. Problematischer ist vielmehr ein Gesamtsystem, das für eine zirkuläre Zukunft nicht gedacht ist: Pfadabhängigkeiten, etablierte Planungs- und Bauprozesse und eine – wenn auch gut gemeinte – Gesetzgebung verhindern echte Innovation. Neben rein konstruktiven Anforderungen stellen sich bei der Umsetzung des Prinzips auch grundlegende Fragen an die Finanzierungssysteme, die Einpreisung von Klimafolgekosten in die Errichtung von Gebäuden, sowie an die Organisation der Bepreisung und fehlgeleiteter Subventionen in eine fossile Energieversorgung.

Die Transformation von einem linearen zu einem kreislaufgerechten System ist grundlegend und umfassend und stellt unsere Gesellschaft sowie das Bauen vor große Herausforderungen. Sie betrifft Planer\*innen genauso wie Baustoffindustrie, Entsorgungsunternehmen, Gesetzgebung, Bauherr\*innen und Investor\*innen. Denn neben einer kreislauffähigen Konstruktion müssen Wertstoffkreisläufe entwickelt werden, sich etablieren und dafür neue Geschäftsmodelle entstehen. Erforderlich ist eine ganzheitliche Planungskultur, die integral und transdisziplinär funktioniert. Wir stehen erst am Anfang einer umfassenden Transformation die notwendig werden wird, wenn die notwendigen baulichen Entwicklungen möglich werden sollen, ohne unsere Ökosysteme und unsere Ressourcenkapazitäten zu überfordern.

### **2.2. Ressourcenpositives Bauen ist möglich: Beispiel WOODSCRAPER**

Nach einer umfassenden Lebenszyklusbetrachtung und Ökobilanzierung bei dem von der Deutschen Bundestiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes «WOODSCRAPER – Kreislauffähige Hochhäuser aus Holz» können wir sagen, dass ein ressourcenpositives Gebäude möglich ist. Die WOODSCRAPER+ belegen mit ihrem ganzheitlichen Ansatz, dass Nachhaltigkeit und Design keinen Widerspruch darstellen, sondern Design ein Schlüssel für die Herausforderungen der Zukunft ist. Mittels rationalisierter und integraler Planung, sowie der Integration von Investitions- und Lebenszykluskosten sowie Ökobilanzanalysen in den Entwurfsprozess, konnte belegt werden, dass ressourcenpositives Bauen mit schlanker Gebäudetechnik selbst in der Typologie Hochhaus ohne Mehrkosten heute schon möglich ist. Ressourcenpositiv bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Gebäude über ihre Lebenszeit mehr Ressourcen erzeugen als sie für ihre Errichtung und Instandsetzung benötigen. Es bedeutet auch, dass die eingesetzten Ressourcen sich sortenrein zurückgewinnen lassen und im besten Fall in dieser Zeit wieder komplett nachgewachsen sind.

Die eingesetzten Ressourcen lassen sich sortenrein zur Weiterverwendung zurückbauen, um Stoffkreisläufe zu schließen. Die Entstehung von Müll gehört damit der Vergangenheit an. Darüber hinaus dienen die eingesetzten, nachwachsenden Rohstoffe als Speicher für Klimagase. Schon während der Errichtung speichern die WOODSCRAPER+ mehr Klimagase in ihrer Konstruktion ein, als für ihre Errichtung benötigt wird. Die WOODSCRAPER+ zeigen: «Vom Ende her zu denken» ist die Prämisse für den Beginn des Bauens der Zukunft.



Abbildung 1: Visualisierung WOODSCRAPER, Wolfsburg

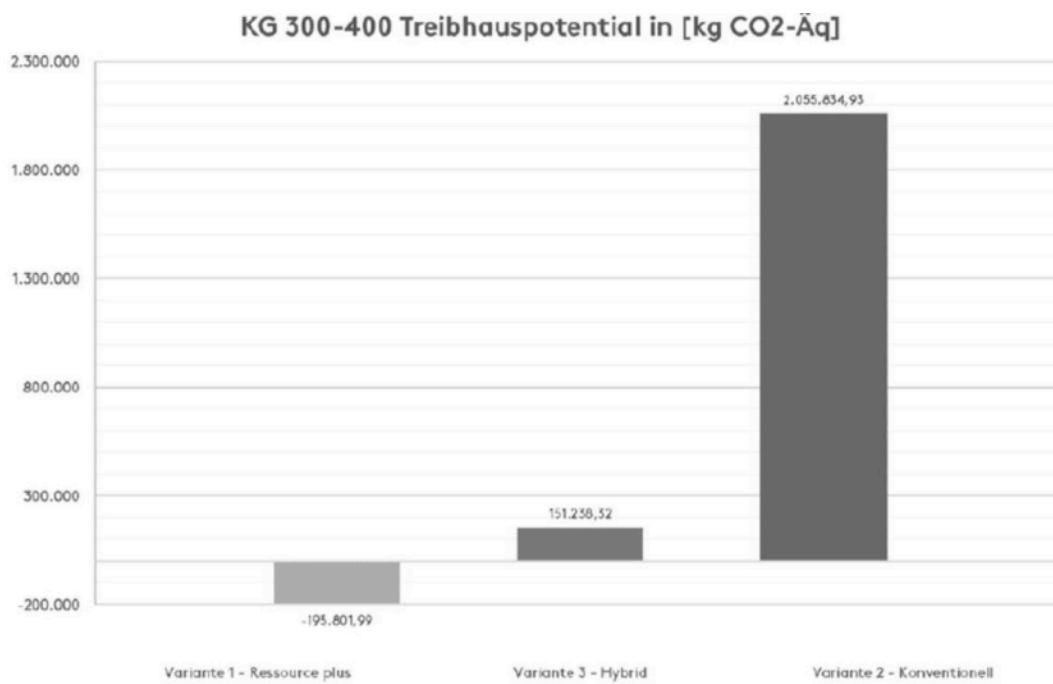


Abbildung 2: Treibhausgaspotential der WOODSCRAPER im Vergleich mit Referenzgebäude

### 3. Zusammenfassung

Eine zirkulär organisierte Welt wird in der kommenden postfossilen Epoche eine wesentliche Rolle spielen. «Reboot Architecture» steht aus unserer Sicht für den notwendigen Paradigmenwechsel. Dafür ist eine breite Debatte notwendig. Wir verstehen diesen Prozess auch als eine große Chance, der gebauten Umwelt eine neue Sinnhaftigkeit und inhaltliche Tiefe zu verleihen. Nur so kann Architektur ihrer gesamtgesellschaftlichen Verantwortung gerecht werden.

**Aussteller**





**adkälis®**

NEW PERSPECTIVES IN CONSTRUCTION WITH  
**DURABLE CLT ARTICLES PROTECTED  
BY PERFORMANT ADKALIS SOLUTIONS**



## **AXIL CLT SYSTEM**

**COMPLETE INNOVATIVE  
INDUSTRIAL TURNKEY SYSTEM**

- Fungicidal and insecticidal protection
- Waterproofing power
- Transparent midcoat and tinting possible



## **XILIX GEL**

**IN COMPLEMENT: PREVENTIVE  
INSECTICIDAL GEL**

- Fully effective against wood eating insect larvae, termites and fungi
- Thixotropic, does not drip
- Discreet, does not stain wood nor leaves any odor

**FACTORY**

**IN SITU**

[www.adkalis.com](http://www.adkalis.com)



adkälis is a subsidiary of  
**b** groupe berkem

20, Rue Jean Duvert  
33290 Blanquefort - FRANCE  
+33 (0)5 64 31 06 60  
adkalis@berkem.com

**adkälis®**

# INNOVATION BEGINNT IM KOPF.

**NEUER ANTRIEB.  
NOCH MEHR POWER.**



**Die neue ASSY®PLUS4  
mit patentiertem RW-Antrieb.**



**ASSY®4**

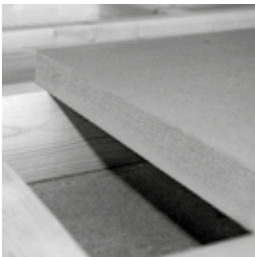
MADE FOR YOUR  
PERFORMANCE



## DAS ASYMMETRISCHE ROHDICHTEPROFIL EINZIGARTIG!

Definiertes, asymmetrisches Rohdichteprofil aller AGEPAN® THD Produkte für bessere technische Eigenschaften.  
Unsere Holzfaserdämmplatten zeichnen sich durch ihre hohe Druckfestigkeit, Belastbarkeit und Strapazierfähigkeit aus.

## HIGHLIGHTS AUS DER AGEPAN® THD PRODUKTFAMILIE:



### AGEPAN® THD STATIC AUSSTEIFEND UND MITTRAGEND

- Neubau Fassadensanierung mit vorgefertigten Elementen
- Bauaufsichtlich zugelassen gemäß abZ Z-9.1-725
- Schnelle und zeitsparende Verarbeitung
- Ideal für einseitig beplankte Holzrahmenwände und Ausbauhäuser
- AGEPAN® THD Static Putz: Temporär aussteifend und verputzbar im WDVS



Konsollasten bis zu 25 kg  
pro Schraube (6x50 mm)



### AGEPAN® THD INSTALL DRUCKFEST UND STABIL

- „Massive“ Schicht – kein Hohlraum (Raumakustik)
- F 90-B (REI 90) Konstruktionen im AGEPAN® SYSTEM
- Montage der GKB direkt in die AGEPAN® THD Install, kein Durchschrauben
- Schnelles Einarbeiten der Installationskanäle
- Direkte Befestigung auf AGEPAN® OSB ECOBOARD



Druckfest und stabil    Qualität aus Deutschland    Umweltverträglich    Alles aus einer Hand    Einfach zu verarbeiten    Wohngesund    Wind & Wetter trotzend    Brandschutz    Schallschutz



## NEUE ZULASSUNGSVORAUSSETZUNGEN FÜR DIE ENERGIEEFFIZIENZ-EXPERTENLISTE

Seit November 2019 gelten neue Weiterbildungsanforderungen an die Inhalte und den Weiterbildungsumfang für die Listung auf der Energieeffizienz-Expertenliste. Die Fachkurskonzeption der Akademie der Hochschule Biberach wird den Erfordernissen gemäß den Neuregelungen der dena gerecht und ermöglicht den Zugang auf die Energieeffizienz-Expertenliste für die Energieberatung für Wohngebäude (BAFA & KfW), Nichtwohngebäude und die Energieberatung im Mittelstand.

Nach den aktuellen Änderungen reduziert sich der Weiterbildungsaufwand beispielsweise für die Energieberatung für Wohngebäude von ursprünglich 200 Unterrichtseinheiten (UE) auf 120 UE. Mit verschiedenen Weiterbildungsmodulen können die Teilnehmenden die Qualifikation für alle Kategorien erwerben. Die Grundlage bildet dabei das „Basismodul - Grundlagen der Energieberatung“ mit 80 UE. Aufbauend darauf kann mit dem Besuch der Vertiefungsmodule Wohngebäude oder Nichtwohngebäude die entsprechende Ausrichtung gewählt werden. Das Basismodul startet ab dem 3. Februar 2020 in Biberach.

Weitere Informationen unter:  
[www.akademie-biberach.de/energieeffizienzexperte](http://www.akademie-biberach.de/energieeffizienzexperte)

### Die nächsten Weiterbildungstermine:

- ab 10.02.2020  
Energieberatung im Mittelstand  
Energieberater für KMU &  
Energieauditor gem. DIN EN 16247
- ab 02.03.2020  
Energieeffizienz-Experte | Basismodul  
Grundlagen der Energieberatung
- ab 09.03.2020  
Energieeffizienz-Experte | Vertiefungsmodul  
Energieberatung für Nichtwohngebäude - DIN V 18599
- ab 26.03.2020  
Energieberatung im Mittelstand  
Praxisseminar für KMU-Berater
- ab 30.03.2020  
Energieeffizienz-Experte | Vertiefungsmodul  
Energieberatung für Wohngebäude
- ab 01.04.2019  
Bauphysikseminar - Wärmebrückenberechnung &  
Wärmebrücken-Workshop

Fortlaufend  
 Energiefachseminare (Wohngebäude, Nichtwohngebäude, Energieberatung im Mittelstand)

Weitere Veranstaltungen finden Sie unter:  
[www.akademie-biberach.de/termine](http://www.akademie-biberach.de/termine)

Bis zu 50% Fachkursförderung sind derzeit möglich.



# Das Dach der Welt

**Starke Produkte. Starke Mannschaft. Starkes Ergebnis.**

**So geht Flachdach:** Profitieren Sie bei alwitra von den Vorteilen eines starken Teams mit persönlicher Beratung und Lösungen vom Spezialisten. Und einem starken Produktsystem, das alle Flachdachanforderungen abdeckt. Für starke Ergebnisse, die dauerhaft überzeugen.

# NEU drauf & dicht



Immer das richtige Band für den Fensteranschluss zur Hand!



Für innen und aussen!



[fenax.ampack.biz](https://fenax.ampack.biz)

Pascal Kohlbrenner  
Fenstermonteur

# ANHÄNGER FÜR BRETTSPERRHOLZ? X-SW370.

**DACH+HOLZ**  
**BESUCHEN SIE UNS**  
**HALLE 10 / 227**



**Auwärter**  
TELE-CARGO-SYSTEMS

Informationen unter  
[www.auwaerter.com](http://www.auwaerter.com)

# AVOLA

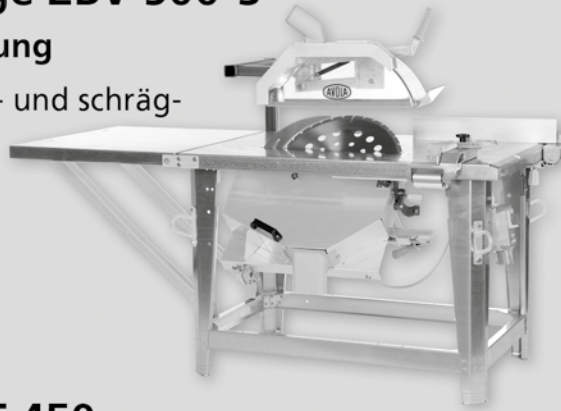
## der Spezialist für leistungsstarke Kreissägen



### Baustellen-Tischkreissäge ZBV 500-S

mit Höhen- und Schrägverstellung

Die neue ZBV 500-S ist eine höhen- und schrägverstellbare Baustellen-Kreissäge mit 500 mm großem Sägeblatt, mit der auch Schrägschnitte mit hoher Schnitthöhe möglich sind.



## KREISSÄGEN

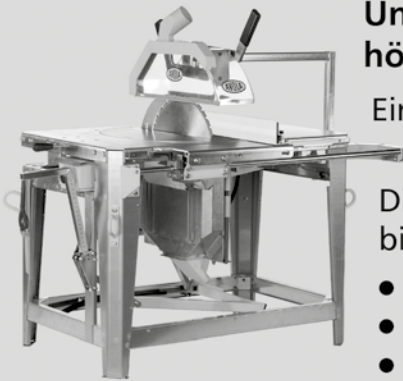
### Tischkreissäge VARIANT 450

Untertisch-Kappsäge mit Drehteller 0-150°, höhenverstellbar und schrägverstellbar 90°-30°

Eine spezielle Konstruktion garantiert vielseitige Einsatzmöglichkeiten bei härtester Belastung.

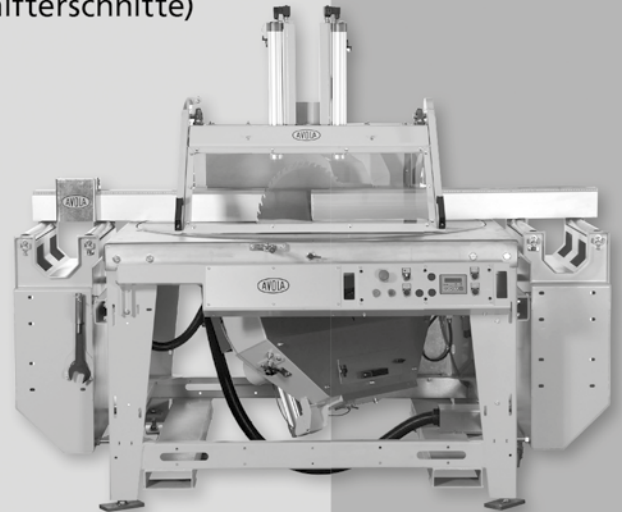
Die Bedienung der Maschine ist genial einfach und bietet u. a. folgende Anwendungsmöglichkeiten:

- Kapp- und Gehrungsschnitte
- Doppelgehrungsschnitte (Schifterschnitte)
- Längsschnitte



### Untertischkappsäge GAMA 65 K

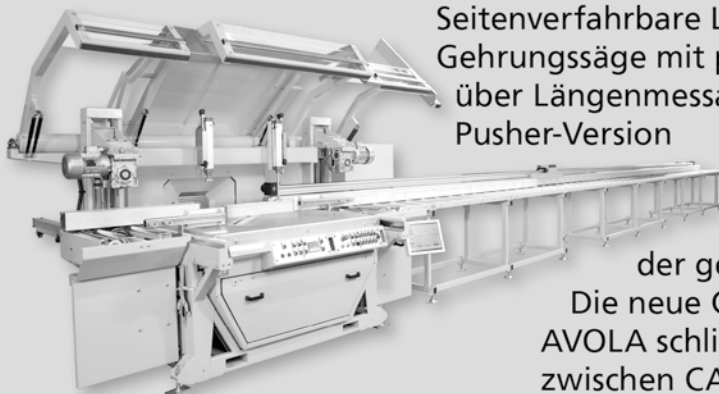
Die AVOLA 65 K ist eine Untertischkappsäge mit Drehteller und schrägstellbarem Sägeblatt. Kappschnitt mit Winkeln von 90° bis 30° sind ebenso möglich wie der für die doppelte Gehrung herzustellende Schnitt (Schifterschnitt).



### Untertischkappsäge GAMA 65 V3

Kappvollautomat für den Holzrahmenbau

Seitenverfahrbare Längsschnitt-, Kapp- und Gehrungssäge mit präziser Positionierung über Längenmessanschlag Exenso Comfort, Pusher-Version



Hohe Wirtschaftlichkeit

der gesamten Fertigungskette

Die neue COMPASS BTL Software von AVOLA schließt perfekt die Kette zwischen CAD-System und Maschine.

**AVOLA MASCHINENFABRIK**

A. Volkenborn GmbH & Co. KG

Heiskampstraße 11

D-45527 Hattingen

Postfach 80 02 28

D-45502 Hattingen

Telefon +49 / 23 24 - 96 36-0

Telefax +49 / 23 24 - 96 36-50

E-mail info@avola.de

[www.avola.de](http://www.avola.de)



THE POWER OF FASTENING

**BeA**<sup>®</sup>

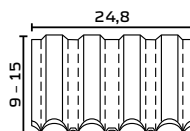
## BeA Autotec Automatisierungstechnik Pusher

0° Nägel in automatisierten Produktionsstraßen für Holzrahmenbau, Fertighausbau und Plattenherstellung.

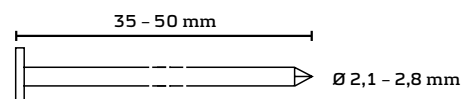
Auch erhältlich für BeA Wellennägel W12



BeA Wellennägel W12



BeA TCIN Nägel (0°)  
Kunststoffbindung



BeA – Industrielle Geräte und Befestigungsmittel

Joh. Friedrich Behrens AG  
Bogenstraße 43 - 45, 22926 Ahrensburg, Germany  
Tel. +49 (0) 4102 78 - 444, Fax +49 (0) 4102 78 - 270  
info@behrens-group.com

[www.bea-group.com](http://www.bea-group.com)



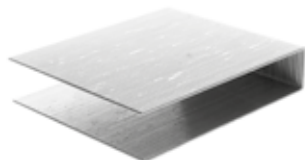
**KMR**

Der Partner des Handwerks

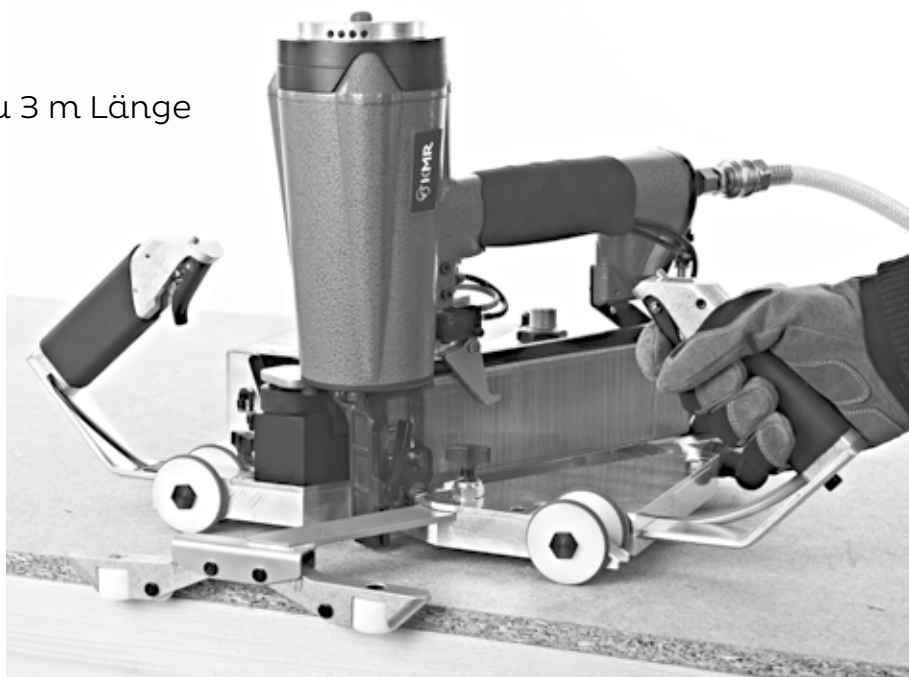
### KMR Skater für KG Klammern

für 2-Mann Einsätze für Platten bis zu 3 m Länge

- Beide Handgriffe mit Auslösesicherung
- Auslösesicherung auf der Platte
- Leerschlagsperre
- Frontplattenöffnung zur schnellen Störungs-beseitigung
- Drehbarer Abluftdeckel für komfortables Arbeiten
- Stufenlose Höhenverstellung
- Peilnuten für exaktes Arbeiten mitten auf der Platte
- Leichtlaufräder, hinterlassen keine Spuren



KG-Klammern  
passend auch  
für andere  
Gerätemarken



Joh. Friedrich Behrens AG, Bogenstr. 43 - 45, 22926 Ahrensburg  
Tel. 04102 78-444, info@kmreich.com

[www.kmreich.com](http://www.kmreich.com)



# Trade Commissioner Service

We help companies successfully navigate the complexities of international markets.

## SAVE TIME & MONEY

The TCS helps your company to save time and money.



## RESOLVE BUSINESS PROBLEMS

We can help you resolve problems in foreign markets.



## REDUCE RISKS

We can help reduce risks and avoid costly mistakes.



## CONNECT YOUR BUSINESS

Tap into the TCS network of business professionals.



## EXPAND TO GLOBAL MARKETS

We can help your business navigate the complexities of global markets.



## GAIN BUSINESS INSIGHT

We provide key market insight and practical business advice.



## FIND NEW OPPORTUNITIES

The TCS opens the door to a world of business opportunities.

## FIND KEY CONTACTS

Trade Commissioners can help you find qualified contacts.



## Contact Our Trade Team - Vienna

Embassy of Canada  
Laurenzerberg 2  
Vienna, A-1010  
Austria

Nicole Mothes, Trade Commissioner

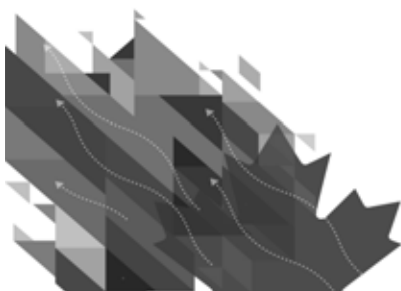
Tel: (+43-1) 531-38-3356

Fax: (+43-1) 531-38-3906

E-Mail: [vienn-td@international.gc.ca](mailto:vienn-td@international.gc.ca)

Website: [www.tradecommissioner.gc.ca/at](http://www.tradecommissioner.gc.ca/at)

Other URL: <http://www.kanada.at>





## **CLT** PLUS

CROSS LAMINATED TIMBER  
BY THEURL

ab 2020

Energieeffizient, langlebig, recycelbar, hoch belastbar, CO<sub>2</sub>-neutral und massiv: Kann ein Baustoff noch vielseitiger sein? Mindestens drei Schichten kreuzverleimte Einschichtplatten machen CLTPLUS zu einem fast universell einsetzbaren, besonders tragfähigen Produkt: Aus den großformatigen CLT-Massivholzplatten entstehen Wände-, Decken- oder Dachelemente. Der hohe Vorfertigungsgrad ermöglicht kurze Bauzeiten ohne Trocknungsphasen. CLTPLUS in Sichtholzqualität schafft darüber hinaus eine behagliche Atmosphäre und eine hohe Raumqualität.

# BAUEN SIE AUF ORANGE. MIT BTI.



BTI gehört zu den führenden Direktvertriebern für das Bauhandwerk. Unser Sortiment umfasst mehr als 100.000 Artikel für Profi-Handwerker. Dabei bietet BTI Werkzeuge, Betriebsausstattung, Produkte aus den Bereichen Chemie, Befestigung, Sanitär, Heizung und Klima sowie Arbeitskleidung und Arbeitsschutz. Individuelle Systemlösungen für die Dach- und Fenstermontage sowie für den Brandschutz runden unser Angebot ab. Das überzeugt mittlerweile über 100.000 zufriedene Kunden, die nicht nur auf, sondern vor allem mit dem Spezialisten BTI bauen.

**WIR VERSTEHEN IHR HANDWERK.**



# Ihr durchgängiges 3D-CAD/CAM-System für alle Bereiche des Holzbaus

## durchgängig

von der Architektur über die Konstruktion bis hin zur Fertigung

## flexibel

durch freie Konstruktion in der Schreinerei, Zimmerei, im Ingenieurholzbau und in allen anderen Bereichen des Holzbaus

## schnell

Kurze Einarbeitungs- und Bearbeitungszeit durch praxisgerechte Werkzeuge des Holzbaus. Hoher Automatisierungsgrad in allen Ein- und Ausgaben.

## testen

Überzeugen Sie sich selber! Wir stellen Ihnen cadwork zum Testen als Vollversion mit Hotline zur Verfügung.

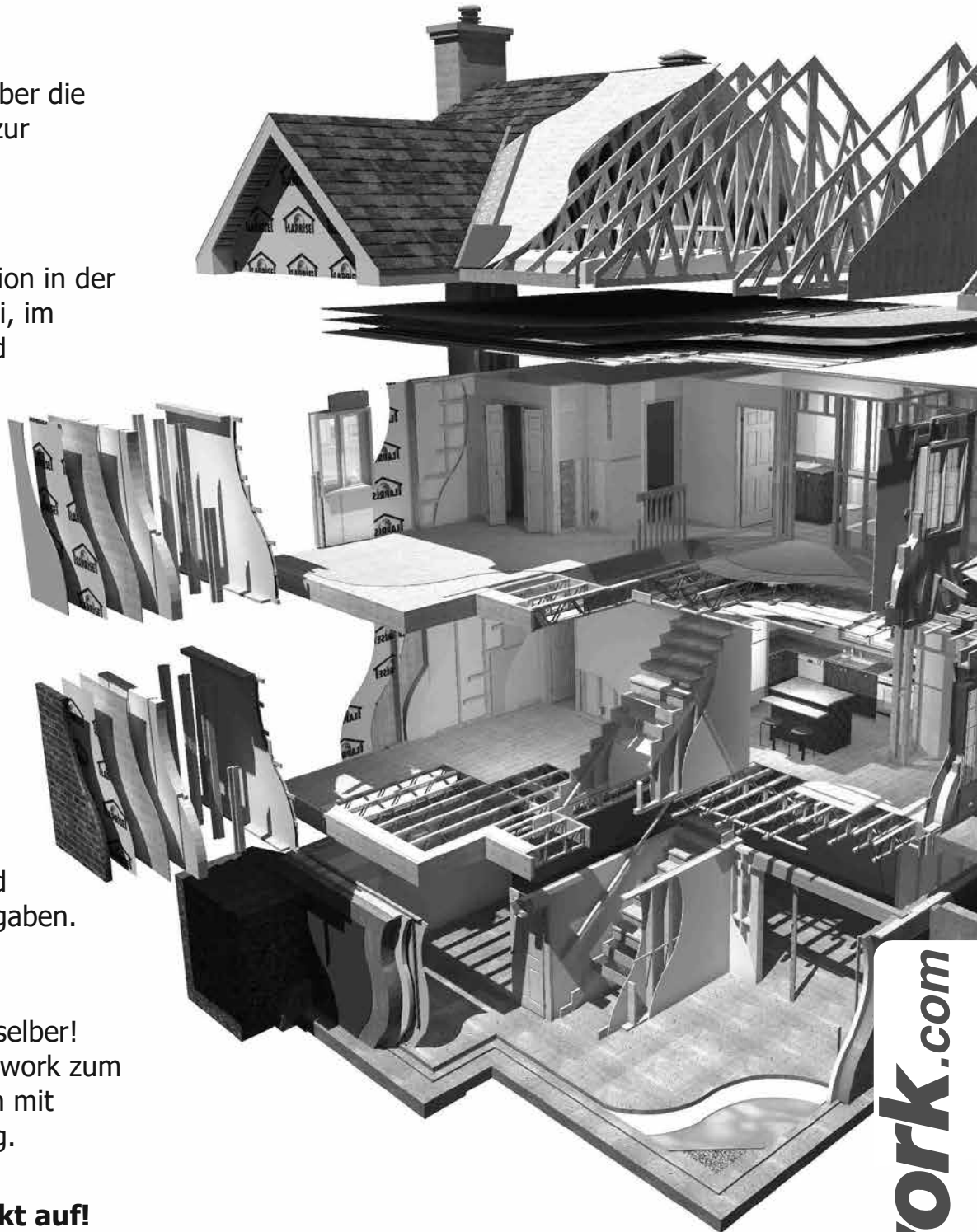
## Nehmen Sie Kontakt auf!

**cadwork informatik Software GmbH**  
Lavesstraße 4, D-31137 Hildesheim  
Tel. +49 (5121) 919990  
Fax +49 (5121) 919960  
info@cadwork.com

**Cadwork Holz AG**  
Industriestraße 28, CH-9100 Herisau  
Tel. +41 (71) 242 00 30  
Fax +41 (71) 242 00 39  
holz@cadwork.ch

**Cadwork SA**  
Route du Devin 2, CH-1623 Semsales  
Tel. +41 (21) 943 00 40  
Fax +41 (21) 943 00 50  
admin@cadwork-04.ch

**Projekt:**  
Maisons Laprise  
Quebec, Kanada



CEMWOOD 

Mineralisch ummantelte Holzspäne



1m<sup>3</sup> Schüttung bindet  
**95 kg CO<sub>2</sub>**  
Mehr als die Produktion verbraucht

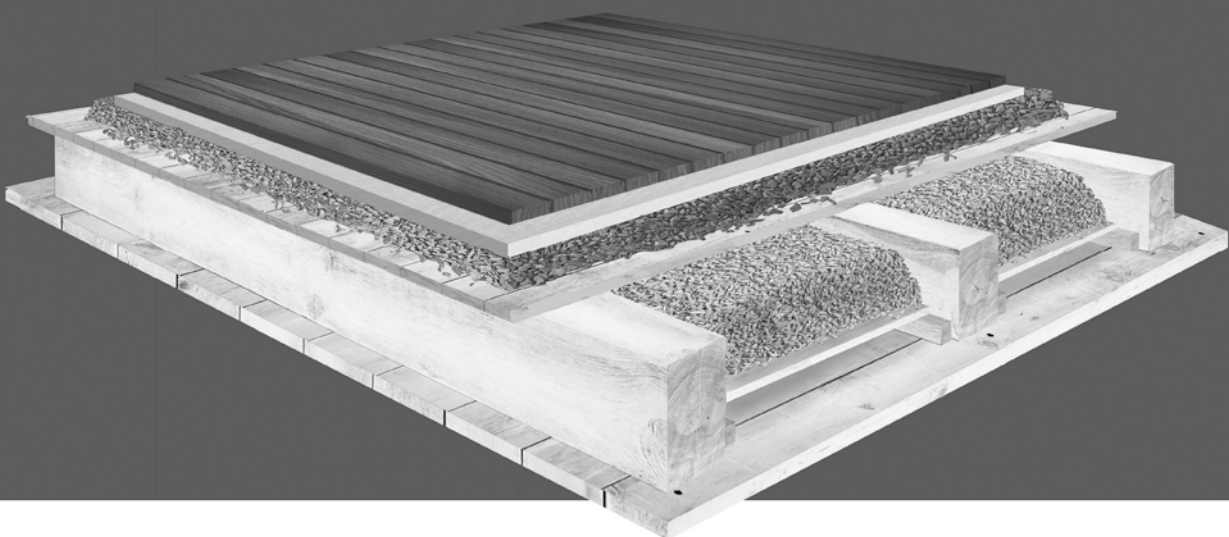


## Hand in Hand mit der Natur

Für wohngesundes Bauen und gelebten Umweltschutz

**CEMWOOD Ausgleichsschüttungen. Das macht sie so einzigartig:**

- **POSITIVE CO<sub>2</sub> BILANZ:** bindet mehr CO<sub>2</sub> als die Produktion verbraucht
- **EXTREME LAGESTABILITÄT:** setzungssicher, nicht wandernd
- **SCHNELLE VERARBEITUNG:** ohne Wasser oder Bindemittel
- **WOHLFÜHLKLIMA:** trittschallmindernd, wärmedämmend, diffusionsoffen
- **LANGLEBIGKEIT:** resistent gegen Schimmel, Pilze, Fäulnis
- **PURE ÖKOLOGIE:** chemiefrei und VOC-geprüft, recyclebar und wiederverwendbar

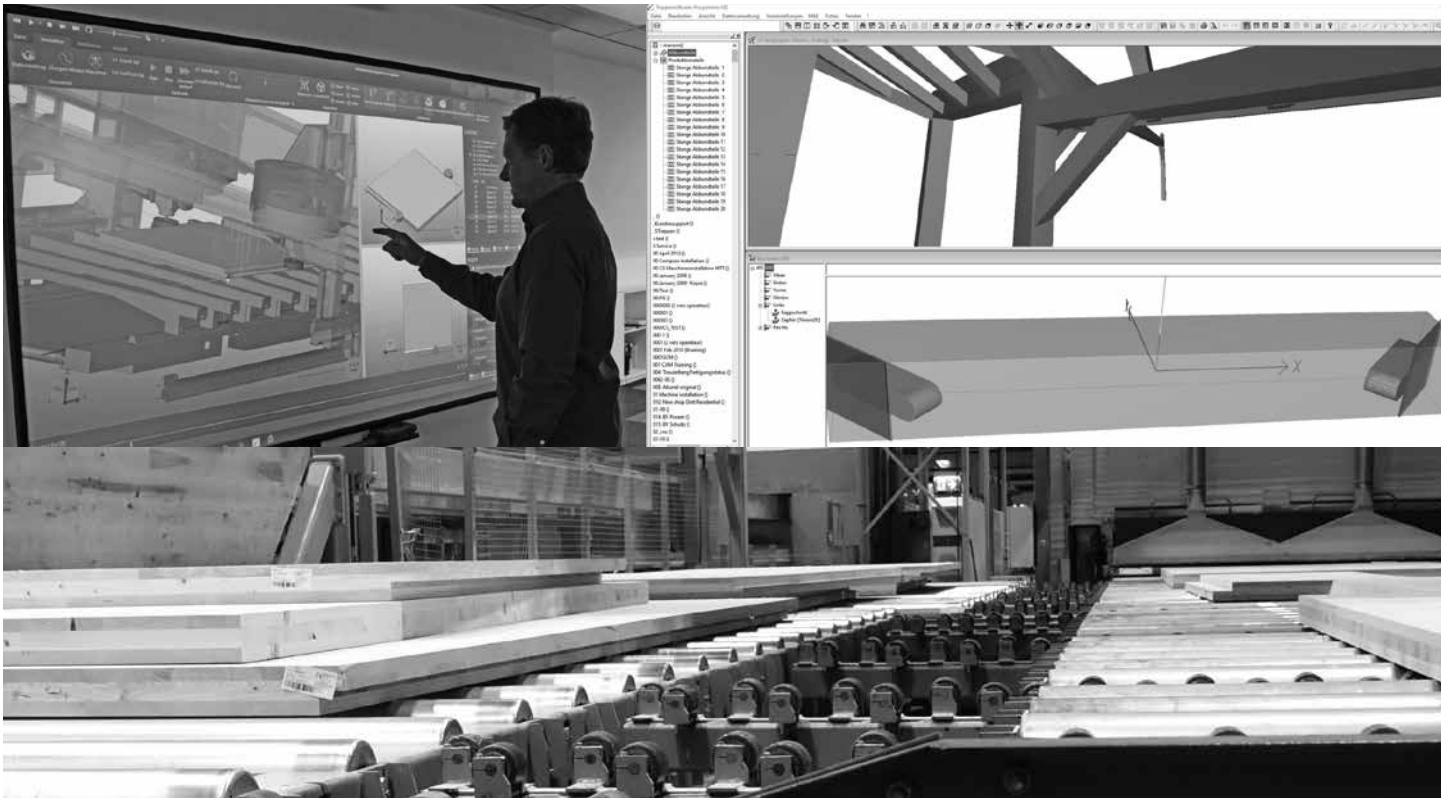


**Hochbelastbare Trockenschüttungen für professionelle Fußböden**

[www.cemwood.de](http://www.cemwood.de)

[info@cemwood.de](mailto:info@cemwood.de)

## FERTIGUNGSORGANISATION UND MASCHINENANSTEUERUNG IM HOLZBAU AUF BASIS VON BTL-DATEN



Mit mehr als 30 Jahren Erfahrung liefern wir maschinenneutrale CAM/CNC-Lösungen für den Holzbau. Wir sind Spezialisten auf dem Gebiet der CNC-Ansteuerung.

### **Fertigungsorganisation**

Wir liefern die komplette Fertigungsorganisation in der Werkstatt und haben die volle Kontrolle über die Fertigungswege.

### **Brettsperrholzverarbeitung**

Unsere Plattenoptimierung für BSH garantiert bestmögliche Materialausnutzung bei minimalem Verschnitt.

### **BTL-Import**

Wir verarbeiten BTL-Daten aus den unterschiedlichsten CAD-Programmen. Andere Schnittstellen sind möglich.

### **Staboptimierung**

Wir berechnen die optimale Anordnung der Balken in dem Stab, sodass möglichst wenig Restmaterial entsteht.

Wir können Maschinen der unterschiedlichsten Hersteller und unterschiedlicher Generationen in einem System miteinander verknüpfen und in Fertigungslinien zusammenarbeiten lassen.



# SaarGummi

## Construction

### Starke Partner für umweltfreundliche Dichtungslösungen aus EPDM

Über 60 Jahre Erfahrung in der Produktion nachhaltiger Abdichtungssysteme.

Ganz individuell statt 08/15: die NovoProof®-Linie von SaarGummi.

Mehr als 3,5 Millionen Quadratmeter zuverlässige Qualität pro Jahr für Dächer und Fassaden.

Der Erfolg einer dauerhaft starken Partnerschaft der Marke



NovoProof®  
das Original



**COVERIT**  
ABDICHTUNGSSYSTEME GMBH



contec



# COVERIT

Planung • Beratung • Konfektionierung • Schulung

Alles ist möglich:

Einfach.  
Spektakulär.



Mit **COVERIT** realisieren Sie jedes Abdichtungsprojekt am Dach, an der Fassade oder bei einer individuellen Sonderlösung – zuverlässig & dauerhaft dicht. Neubau, Modernisierung oder Sanierung – spektakulär einfach gelöst – mit maßgenau konfektionierten Abdichtungsplanen und -bahnen für Flachdächer und Fassaden sowie Sonderteilen und Systemprodukten für perfekte Anschlusslösungen. Mit Sicherheit von **COVERIT**.



COVERIT Flachdachabdichtungstechnik GmbH  
A-4611 Buchkirchen • Kalzitstraße 3  
Tel. 07243 / 5 23 20 • office@coverit.at

COVERIT Abdichtungssysteme GmbH  
D-83109 Großkarolinenfeld, Wendelsteinstr. 5  
Tel. +49 (0)8031 94 11 833, office@coverit.de

[www.coverit.at](http://www.coverit.at)

[www.coverit.de](http://www.coverit.de)

# Betonhohldecke trifft Holzwand

## Mehrgeschossiger Hybridbau – schnell, flexibel, wirtschaftlich

Mit der Hybridbauweise entstehen Gebäude mit optimaler ökologischer und bauphysikalischer Qualität, die die Stärken der Baustoffe Beton und Holz kombiniert – ideal geeignet für hohe Anforderungen und größere Holzgebäude.

Dennert hat dazu die bewährte DX-Decke entscheidend weiterentwickelt. Besonders bei Schallschutz und Schwingungsverhalten sind bei Holzbalkendecken bekanntlich nur mit sehr hohem Aufwand zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Gegenüber diesen herkömmlichen Decken verfügt die bahnbrechende DX-Betonfertigdecke nicht nur über einen ausgezeichneten Schallschutz, sondern auch über eine wesentlich bessere Aufnahme von Einzellasten, größere Spannweiten und einen höheren Brandschutz.

Die in die Decke integrierten Hohlräume sorgen für die besondere Leichtigkeit und Holzbau-Kompatibilität der Geschossdecken. Sie können außerdem bei Bedarf optimal als Versorgungs- und Kabelkanäle verwendet werden, ohne die Statik der Decke zu beeinträchtigen.

### Individuell vorproduziert, blitzschnell montiert

Jedes DX-Deckenelement wird individuell und präzise, exakt nach Plan, im Werk gefertigt und just-in-time an die Baustelle geliefert und in kurzer Zeit montiert. Dabei werden alle Besonderheiten – wie beispielsweise integrierte Stürze, Rundungen, Durchbrüche für Versorgungsleitungen,

passgenaue Auflagen für Treppen u. a. – bereits im Werk in die Deckenplatten integriert. Ein speziell entwickeltes Verschlussystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

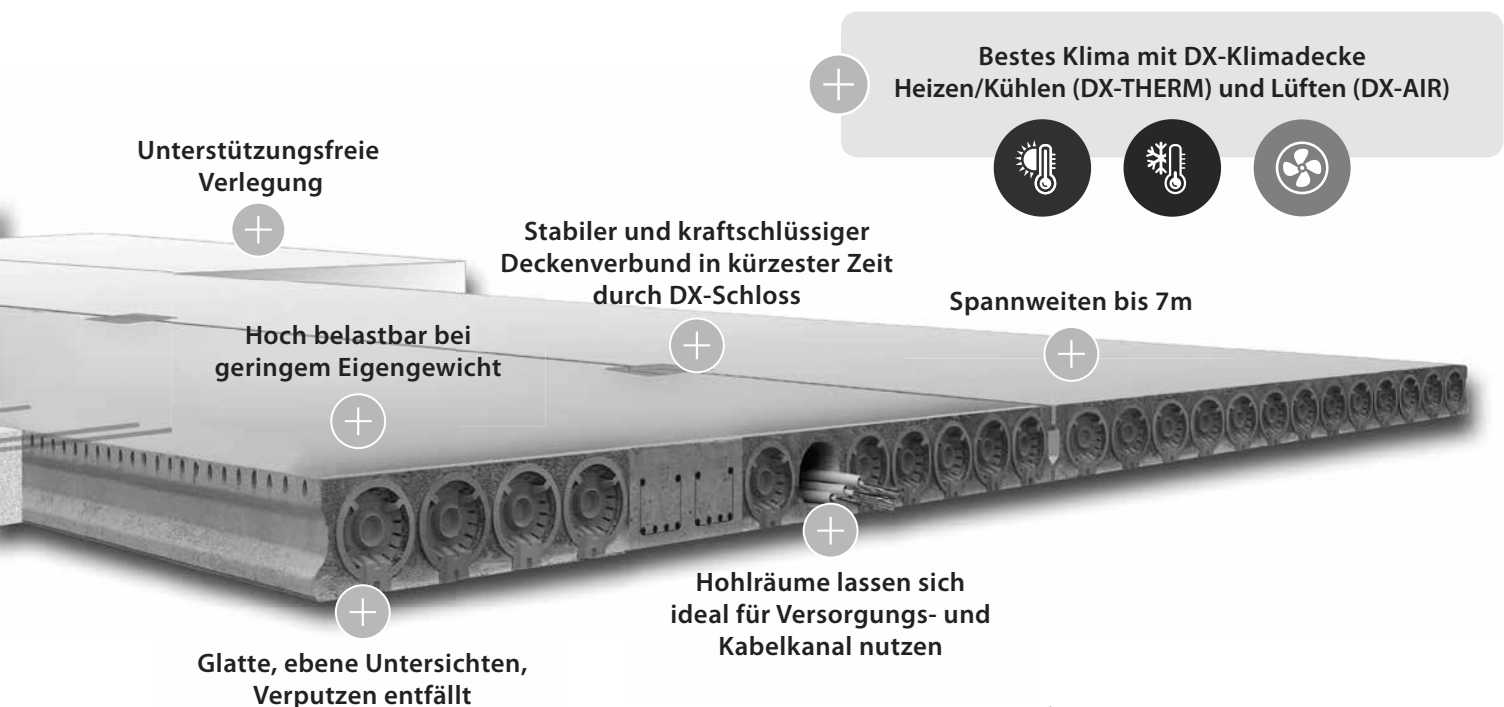
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begehbar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

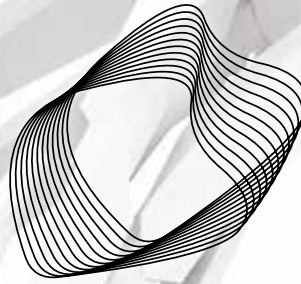
### Multifunktionales Deckenkonzept

Die DX-Decken gibt es auch als energieeffiziente, behagliche Raumklimadecken mit integrierter Flächenheizung bzw. -kühlung (DX-THERM). Die wohlige Wärme wird in Form von Wärmestrahlungswellen gleichmäßig in jeden Winkel des Raumes geführt. Die Heizschlangen werden bereits im Werk in den Deckenspiegel der Fertigdecke eingegossen und auf der Baustelle mit dem Heizkreislauf verbunden.

Mit einer reversiblen Wärmepumpe wird im Sommer aus der DX-Klimadecke eine flächendeckende Raumkühlung, ohne lästige Geräusche oder Zugerscheinungen.

Eine weitere Option ist die wahlweise Ausstattung für den schnellen und wirtschaftlichen Einbau einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage (DX-AIR).





design  
to  
production

we master  
complexity

## BIM to Fabrication

Digitale Planung vom Entwurf bis zur CNC-Maschine



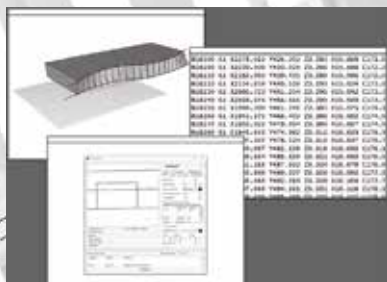
**Komplexe Holztragwerke**  
complex timber-structures



**Freiform-Fassaden**  
free-form façades



**Ausstellungsbau**  
event architecture



**Software-Entwicklung**  
software-development

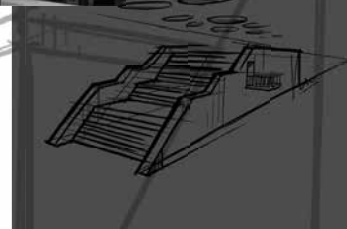
Besuchen Sie uns am IHF 2019 Innsbruck  
an unserem Stand DG050 im Erdgeschoss

Design-to-Production GmbH  
Seestrasse 78  
CH-8703 Erlenbach/Zürich

T +41 (44) 914 74 91  
www.designtoproduction.com  
info@designtoproduction.com

# ROCKWOOL und Rockpanel: Ihre zuverlässigen Partner

Wir bei der ROCKWOOL Gruppe möchten das Leben der Menschen mit unseren innovativen, nachhaltigen und feuersicheren und Dämm- und Fassadenbekleidungsprodukten aus Steinwolle bereichern.





# SCHRAUB PFAHL FUNDAMENT

DAS MODULARE FUNDAMENTBAUSYSTEM MIT SCHRAUBPFÄHLEN



## Moderner Fundamentbau

Wir bieten Ihnen für Ihre Holzbauprojekte die beste Lösung im Fundamentbau!

betonlos / umweltschonend / statische geprüft / für alle Bodenklassen / zeit- und kostensparend

Schraubpfehlfundamente sind die nachhaltige und zukunftsorientierte Lösung im modernen Fundamentbau. Das Baugelände bleibt ohne Eingriff in die Natur im ursprünglichen Zustand erhalten. Das von der DFG entwickelte SPF-Fundamentbausystem mit seinen modular verlängerbaren Fundamenten aus feuerverzinktem Stahl für alle Bodenklassen und hohe Lasteinwirkungen ist statisch geprüft, bietet hohe Standsicherheit und eine lange Lebensdauer.

- Moderner Fundamentbau ohne Beton mit Schraubpfehlfundamenten
- Pfehlbau mit Verdrängungspfählen nach DIN EN 12699/2015
- Bohrpfähle für Tiefengründungen
- Pfehlgründungen für hohe Lastaufnahmen

### Die Vorteile für Sie:

- Bauzeit verkürzen (keine Wartezeiten, Fundamente können sofort nach dem Einbau belastet werden.)
- Vorteile im Bauablauf
- Kosten einsparen
- Ohne Erdaushub und betonlos
- Ständige Qualitätskontrolle, Qualitätssicherung und Drehmomenterfassung durch automatisch überwachte und dokumentierte Einbauparameter für den statischen Nachweis

### Die Vorteile für unsere Umwelt:

- Umwelt schützen und CO2 Emissionen vermeiden
- Nachhaltig und umweltfreundlich
- Betonflut eindämmen
- Flächenversiegelung vermeiden

Probebelastungen der Schraubpfehlfundamente nach EURO CODE 7 DIN 1054/2010 EA Pfähle durch gutachterliche Begleitung durch Prüfinstitut.

*Innovative und umweltschonende Alternative zum Betonfundament*

Zertifiziertes Grundbausystem nach DIN EN 12699 (Zulassung) Deutsche Fassung 07/2015 für Verdrängungspfähle / Bohrpfähle



**Deutsche  
Fundamentbaugesellschaft**

Telefon: +49 9971-80 90 13-0  
Telefax: +49 9971-80 90 13-9

info@deutsche-fundamentbau.com  
www.schraub-pfehl-fundament.de



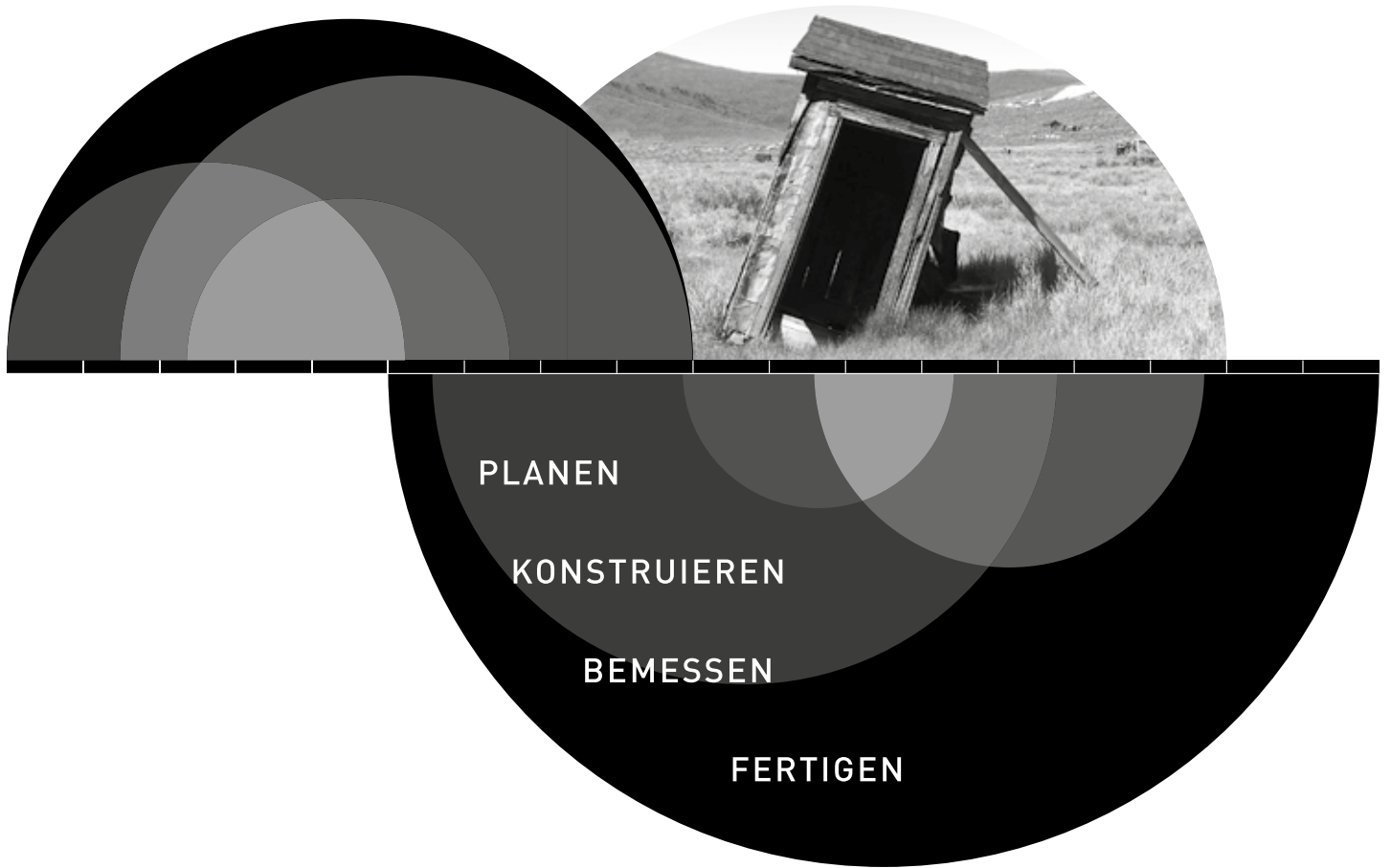


Bauen  
mit Holz:

Deutscher  
Holzfertigbau-  
Verband e.V.

**Gemeinsam  
MEHR erreichen.**

► Werden Sie jetzt  
Mitglied im DHV  
**[www.d-h-v.de](http://www.d-h-v.de)**



**Sie haben die Idee,  
wir das Werkzeug.**

**Einfach stabil.**

Die DC-Statik ist unser umfassendes Werkzeug für die Bemessung von Holzbaukonstruktionen. Klingt gut, aber was genau haben Sie davon?

Durch die dialoggeführte Software erstellen Sie im Handumdrehen statische Vorbemessungen und prüffähige Nachweise. Und das für alle Bauteile, Konstruktionen und Holzbauanschlüsse sowie deren Befestigung auf Punkt- oder Streifenfundamenten. Wenn Sie möchten, bekommen Sie zusätzlich auch einen ausführlichen Brandschutznachweis!

Wollen Sie noch mehr? Mit der Gebäudeaussteifung stellen Sie sicher, dass optimierte Holzrahmenbauten auch extremen Windlasten standhalten. Einfach stabil eben.

Genau das ist Ihr Nutzen: Wir helfen Ihnen bei der Umsetzung Ihrer Ideen!

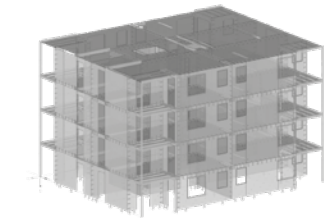
**Holzbau ist unser Programm.**

Neugierig? Besuchen Sie uns auf [dietrichs.com](http://dietrichs.com) oder schreiben Sie uns: [experten@dietrichs.com](mailto:experten@dietrichs.com)

**DC Statik**

# RFEM 5

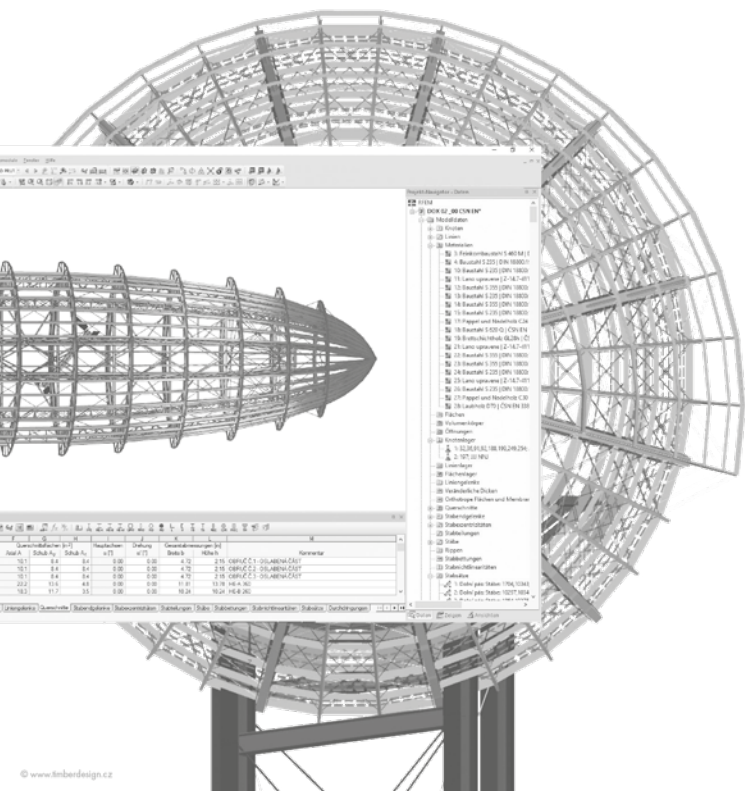
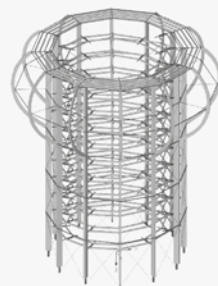
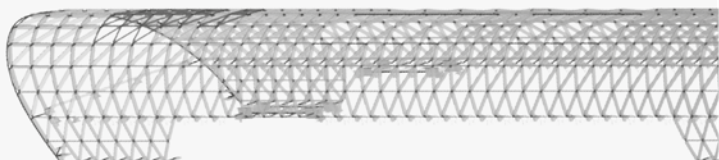
Das ultimative FEM-Programm



**Statik,  
die Spaß  
macht...**

# RSTAB 8

Das räumliche Stabwerksprogramm



- ➔ Holzbau
- ➔ 3D-Finite Elemente
- ➔ BIM/Eurocodes
- ➔ Verbindungen
- ➔ Formfindung
- ➔ Stahlbau
- ➔ 3D-Stabwerke
- ➔ Massivbau
- ➔ Stabilität
- ➔ Brückenbau

**KOSTENLOSE 90-TAGE-  
TESTVERSION**

[www.dlubal.de](http://www.dlubal.de)



**Software für Statik  
und Dynamik**



DELTA® schützt Werte

**DELTA®**

# Lassen Sie UV-Strahlung nicht das Dach ruinieren!

DELTA®-PENTAXX. Bis zu  
vier Monate UV Stabilität.



**NEU**

[www.doerken.com/pentaxx-ch](http://www.doerken.com/pentaxx-ch)

Online weitere Vorteile von  
DELTA®-PENTAXX entdecken.  
Profitieren Sie von einer Funktions-  
garantie\* und drei starken Typen  
aus der innovativen DELTA®-  
PENTAXX Familie.

\* gemäß DELTA®-Garantiebedingungen

Dörken AG, Arlesheim  
[www.doerken.ch](http://www.doerken.ch)

Besuchen Sie uns:

### 25. Internationales Holzbau-Forum IHF 2019

04.-06. Dezember 2019 | Congress Innsbruck



## Mit Special zum 15. »Branchentag Holz« in Köln Holz-Zentralblatt

UNABHÄNGIGES ORGAN FÜR DIE FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT

**Heute mit**  
Special  
Branchentag Holz

### Waldschäden: Hilfe soll schnell in der Fläche ankommen

Kongress der Zusammenschlüsse in Wernigerode

Vom 5. bis 7. November fand in Wernigerode der Kongress der Zusammenschlüsse der Forstwirtschaft in der Fläche statt. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diskutierten über die aktuellen Herausforderungen der Forstwirtschaft in der Fläche und die Rolle der Zusammenschlüsse.



Holz besteht auch unter Designaffinen

Vom 5. bis 7. November fand in Wernigerode der Kongress der Zusammenschlüsse der Forstwirtschaft in der Fläche statt. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diskutierten über die aktuellen Herausforderungen der Forstwirtschaft in der Fläche und die Rolle der Zusammenschlüsse.

**Branchentag Holz**  
Holzindustrie  
Sitzende Bilanzzahlen  
Holzhandel  
Weitere konjunkturelle Abkühlung erwartet  
Forstwirtschaft  
Nur leichte Besserung beim Rundholzausatz

**Waldschäden: Hilfe soll schnell in der Fläche ankommen**  
Kongress der Zusammenschlüsse in Wernigerode  
Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer diskutierten über die aktuellen Herausforderungen der Forstwirtschaft in der Fläche und die Rolle der Zusammenschlüsse.

An unserem Stand finden Sie ein breites Angebot an Fachbüchern:  
**Erdgeschoss / Stand-Nr. EG038**

### Kapazitätszuwachs trifft auf Konjunkturrückgang

Deutsche Küchenindustrie plant deutliche Kapazitätsreduzierung - und sieht sich einem schwächelnden Markt gegenüber

Die deutsche Küchenindustrie plant deutliche Kapazitätsreduzierung. Die Herstellerinnen und Hersteller sehen sich einem schwächelnden Markt gegenüber und müssen ihre Kapazitäten entsprechend anpassen.

Die deutsche Küchenindustrie plant deutliche Kapazitätsreduzierung. Die Herstellerinnen und Hersteller sehen sich einem schwächelnden Markt gegenüber und müssen ihre Kapazitäten entsprechend anpassen.



# fachbuchquelle.com

im DRW-Verlag  
Weinbrenner GmbH & Co. KG  
Fasanenweg 18  
70771 Leinfelden-Echterdingen

Telefon +49 (0)711 7591.300  
Fax +49 (0)711 7591.380  
buch@fachbuchquelle.com  
www.fachbuchquelle.com

Holz | Terrasse und Garten | Dach | Fassade | Beton

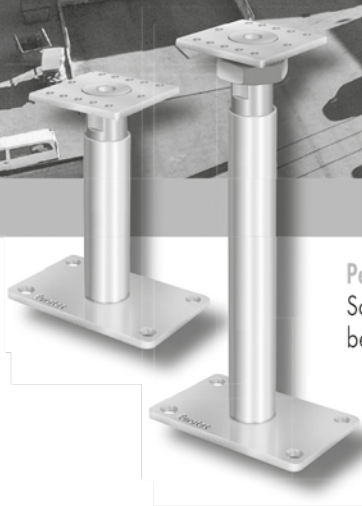
# PASSENDE PRODUKTE FÜR JEDEN ANWENDUNGSFALL

## 20 JAHRE Qualität

In nur 20 Jahren seit unserer Gründung haben wir uns bereits als erfolgreiches Unternehmen im Bereich der Befestigungstechnik etabliert. Im Jahr 2013 haben wir mit der Eigenproduktion am Standort Hagen begonnen. Seitdem können wir eigene Schrauben mit Durchmessern von 6 bis 10 mm und einer maximalen Länge von einem Meter herstellen.

Wir haben uns zum Ziel gesetzt, Produkte herzustellen, die auch professionellen Anwendern maximale Innovationsvorteile bieten. Darüber hinaus fertigen wir häufig kundenspezifische Produkte, die in enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden entwickelt werden.

Das Basisprogramm umfasst Schrauben und Befestigungssysteme für Bauholz und Beton sowie hochwertige Tragkonstruktionen und Befestigungssysteme für den Terrassenbau.

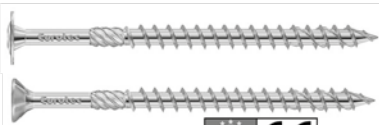


**Pedix Stützenfuß**  
Schnell montiert und besonders tragfähig



**Verstellfüße Profi-Line**

- Hohe Tragfähigkeit von bis zu 8,0 kN/Fuß
- Einfache und schnelle Montage
- Stufenlose Höhenjustierung
- Beständig gegen Witterung, UV-Belastung, Insekten und Fäulnis



**Paneltwistec DAG**

Vorteile der neuen DAG Spitze:

- Verringertes Einschraubdrehmoment
- Verringerte Spaltwirkung
- Besseres „Anbeißen“ der Schraube



**KonstruX ST**

Die leistungsstarke Lösung für Neubau und Sanierung:

- Für alle tragenden Verbindungen im Holzbau
- Hoher Auszieh Widerstand



**Magnus Einhängerverbinder**

Der Magnus Einhängerverbinder ist ideal dafür geeignet, Haupt-Nebenträger-Anschlüsse im Holzbau herzustellen.



**Holzbauverbinder**

- Zur Montage in Holz und Beton
- Durch die hohen Tragfähigkeiten sind weniger Verbinder erforderlich
- Viele verschiedene Einsatzbereiche



# HOLZBAU

Stabil. Tragfähig. Sicher.

Siniat, eine Marke von Etex. Fundiertes Wissen und jahrzehntelange Erfahrung mit Lösungen aus Gips und Zement machen uns zum technischen Experten und versierten Spezialisten im Trockenbau und Holzbau.

[www.siniat.de](http://www.siniat.de)

etex building performance



**PROFESSIONELLE LÖSUNGEN  
FÜR DEN MODERNEN HOLZBAU**

#### HAUPTSITZ

Protektor Profil GmbH  
Riedthofstrasse 184  
CH-8105 Regensdorf

T +41 44 843 14 14  
F +41 44 843 14 24  
[info@protektor.ch](mailto:info@protektor.ch)

[www.protektor.ch](http://www.protektor.ch)



# AUS GUTEM HOLZ

VIGAM: DAS WELTWEIT EINZIGE BRETTSCHICHTHOLZ AUS EICHE MIT CE-ZEICHEN FÜR TRAGENDE ZWECKE

## Ihr Spezialist für hochwertige Holzprodukte

Holzbalken ist nicht gleich Holzbalken. Die langjährige Erfahrung der **GRUPO GÁMIZ** mit Edelhölzern hat dazu geführt, dass wir die Eigenschaften jeder einzelnen Holzart genauestens kennen. Das VIGAM Brettschichtholz aus Eiche eignet sich sowohl für tragende als auch dekorative Zwecke und sorgt für höchste ästhetische Ergebnisse mit ausgezeichneten Festigkeitseigenschaften. Im Jahr 2013 hat die **GRUPO GÁMIZ** als erster Hersteller weltweit das CE-Zeichen für die Herstellung von Brettschichtholz aus Eiche als Holzbauelement erhalten.

[www.grupogamiz.com](http://www.grupogamiz.com)



**fischer** 

**Holzbauschrauben.  
Sichere Verbindungen  
und einfache Montage.**



Die fischer Holzbauschrauben Power-Fast und Power-Full eignen sich für leistungsstarke Verbindungen in tragenden Holzkonstruktionen.

Sie sind mit Vollgewinde (Power-Full) und Teilgewinde (Power-Fast) in galvanisch verzinktem und nicht rostendem Stahl (geeignet für direkte Bewitterung, NKL 3) erhältlich.

Verschiedene Kopfformen und Durchmesser runden das Sortiment mit Europäischer Technischer Bewertung (ETA) ab.  
[www.fischer.de](http://www.fischer.de)

Prozessoptimierung

# Lean auf der Baustelle

Lean Construction System (LCS®)

## Agil in der Planung

Treffen Sie uns am Messestand DG028.



## TANNE: grenzenlos schön

**Immer mehr Bauherren, Architekten und Handwerker entdecken die Weißtanne und ihre Vorzüge neu. Nicht eins zu eins umgesetzt in rustikaler Bauweise, sondern im neuen Gewand und mit behaglicher Atmosphäre. Bei allen Bauaufgaben, sei es im Wohnungsbau oder dem Gewerbe- und Objektbau, überall findet die Tanne wieder Verwendung.**

Der Schwarzwald ist das natürliche Hauptverbreitungsgebiet der Weißtanne in Baden-Württemberg. Hier hatte ihr Holz früher eine führende Marktposition. Dauerhaft und wetterbeständig, harzfrei und hell, diese Vorzüge waren unseren Vorfahren gut bekannt. Nicht nur als Bauholz, auch beim Innenausbau, bei Decken, Böden, Türen und Fenstern wurde Tannenholz sehr häufig verwendet.

Früher wurden Tanne und Fichte mit ihren vergleichbaren Holzeigenschaften miteinander be- und verarbeitet. Vor allem aufgrund der heute notwendigen künstlichen Trocknung des Holzes ergeben sich für die Tanne Nachteile. Durch ihr spezifisches Trocknungsverhalten kann sie nicht mit der Fichte gleichzeitig getrocknet werden. Der insgesamt geringe Tannenanteil hält viele im nationalen und internationalen Markt stehende Firmen davon ab, für eine gesonderte Trocknung der Tanne zu investieren. Die Folge sind zunehmend Preisabschläge für Tanne gegenüber der Fichte.

Für die Natürlichkeit, Stabilität und die Ökologie unserer Wälder ergeben sich durch dieses Marktverhalten langfristig Nachteile: Wenn das Tannenholz nicht oder nur zu nicht angemessenen Preisen nachgefragt wird, werden die Waldbesitzer die Tanne auch nicht mehr anbauen. Dies ist aber für eine naturnahe Waldwirtschaft in vielen Regionen unabdingbar. Die Tanne ist in Baden-Württemberg in den Naturwaldgesellschaften der Bergwälder, vor allem im Schwarzwald, der Südwestalb, dem Schwäbisch-Fränkischen Wald und dem Allgäu mit wesentlichen Anteilen vertreten. Neben der einst dominierenden Buche ist sie die „2. Säule“ der naturnahen Waldwirtschaft. In Bayern, im Vorarlberg, in der Schweiz und im Elsaß hat die Tanne eine ähnliche Bedeutung.

Erfreulich ist jedoch, dass seit einigen Jahren das Tannenholz eine Renaissance erfährt, Experten sprechen bewundernd vom "Comeback eines Klassikers". In der Tat entstehen an vielen Orten in Baden-Württemberg beispielhafte Projekte mit Weißtanne (z.B. Wohnhäuser, Schulen, Kindergärten, Brücken usw.). Auch das Schreinerhandwerk hat Tannenholz wieder entdeckt (exklusive Möbel, Dielenböden usw.).

### Forum Weißtanne e.V.

Aus dem 1997 gegründeten Arbeitskreis Weißtanne, wurde im Oktober 2000 der eingetragene gemeinnützige Verein Forum Weißtanne e.V.

Zweck des Vereins ist die Erhaltung der Weißtanne (*Abies alba*) als natürliche Hauptbaumart des Schwarzwaldes und des übrigen Verbreitungsgebietes, durch Sicherstellung notwendiger waldbaulicher Maßnahmen sowie Förderung artenspezifischer Verwendungsbereiche.

Die Vorstandschaft setzt sich zusammen aus Waldbesitzern, Geschäftsführern von holzbe- und verarbeitenden Betrieben, Bauplanern und Architekten, Vertretern der Forst- und Holzwissenschaft, Forstleuten und Kommunalpolitikern. Schauen Sie doch mal bei uns rein: [www.weisstanne.info](http://www.weisstanne.info)



Mit freundlicher Unterstützung von





## HOLZBAUFORSCHUNG IN BRAUNSCHWEIG

Das Fraunhofer-Institut, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI in Braunschweig forscht an Technologien und Produkten für eine verantwortungsvolle Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Ein Ziel hierbei ist die nachhaltige Verbesserung der Lebensqualität.

Das **Zentrum für leichte und umweltgerechte Bauten ZELUBA®** des Fraunhofer WKI entwickelt Lösungen für die Baubranche. Es unterstützt Industriepartner aus der Holzwerkstoff-, Beton- und Fertigteilindustrie, aber auch andere Unternehmen, bei der Entwicklung neuer Materialkombinationen und Systeme.

Eine große Kompetenz des Fachbereichs liegt in der Verbindung von Simulationsverfahren mit bauphysikalischen und mechanisch-konstruktiven Untersuchungsmethoden sowie in der Entwicklung hybrider und nachhaltiger Baustoffsysteme. Das Spektrum reicht dabei von der Entwicklung von Materialien zur Verwendung im Bauwesen über die komplexen Fragestellungen einzelner Details bis hin zu kompletten Wandsystemen. Die Verbesserung der technischen Umsetzbarkeit und Gebrauchstauglichkeit sowie die Optimierung der Wirtschaftlichkeit stehen bei den meisten Entwicklungen im Vordergrund.

Einer der Schwerpunkte des Zentrums ist die Entwicklung reaktiver Brandschutzsysteme zur Verbesserung des Baustoffverhaltens und des Feuerwiderstands von Bauelementen, Installationen und Konstruktionen. Die Entwicklung von Detaillösungen, neuen Materialien und Werkstoffen mit verbesserten brandschutztechnischen Eigenschaften runden das Spektrum ab.

Seit 2014 arbeiten das Fraunhofer WKI und die TU Braunschweig im ZELUBA®-Anschubprojekt gemeinsam an konzeptionellen Entwicklungen modularer hybrider Konstruktionssysteme für leichte und umweltgerechte Bauten. Sechs Professuren der TU Braunschweig sind involviert, um die Ergebnisse der verschiedenen Forschungsfelder in die Praxis zu übertragen. Die Mission des Zentrums ist es, Holz, naturfaserbasierte Werkstoffe und andere nachhaltige Materialien effektiver im Bau einzusetzen. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erfolgen derzeit im Rahmen der vorhandenen Infrastruktur des Fraunhofer WKI und der TU Braunschweig. 2017 war Baubeginn eines Neubaus des Fraunhofer WKI auf dem Campus der TU Braunschweig. Nach Fertigstellung in 2020 bezieht der Fachbereich ZELUBA® das Gebäude und setzt seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit in enger Kooperation mit der TU Braunschweig fort.

**Fraunhofer-Institut für  
Holzforschung  
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI**

Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig

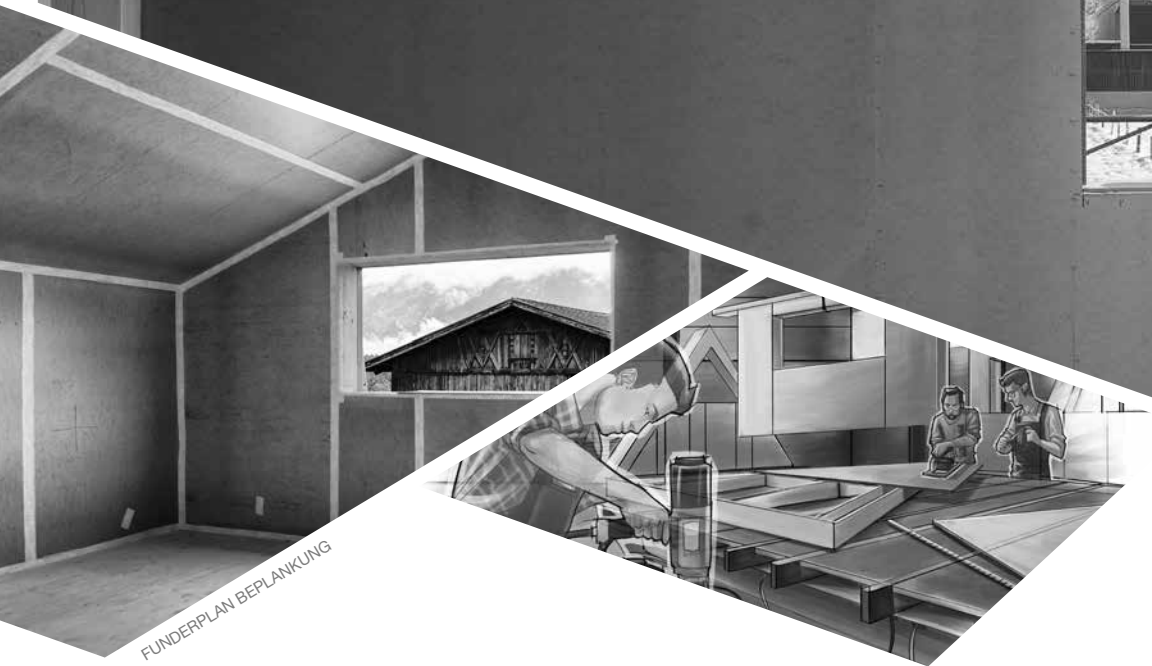
**Ansprechpartner**

Dr.-Ing. Marco Wolf  
☎ +49 531 2155-401  
marco.wolf@wki.fraunhofer.de

**[www.wki.fraunhofer.de](http://www.wki.fraunhofer.de)**

# FunderPlan

## Das ökologische Element im Holzbau



FUNDERPLAN BEPLANKUNG

**FUNDERMAX**®

- statisch beanspruchbar
- als Dampfbremse wirksam
- luftdichte Ebene gewährleistet
- auf Wohngesundheit geprüft
- splitterfrei schneiden und verkleben
- Wohnraumgewinn durch schlanken Aufbau

for  
people  
who  
create





### Vorteile

- Effizienter, langlebiger Schallschutz
- TimberCalc für die einfache Materialauswahl
- Geprüfte Lager mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
- Sicheres Berechnungsmodell für den Standsicherheitsnachweis

Für TimberCalc registrieren Sie sich gleich auf:  
apps.getzner.com



# Schallschutzlösung die auch Statiker überzeugt

Seit Jahren hat Getzner die Lösung zur Entkopplung von flankierenden Bauteilen – zum Schutz vor Schall in Massivholzbauten – am Markt etabliert. Mit dem neuen Bemessungskonzept nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist nun die statische Nachweisführung der Schallschutzlösung verlässlich berechenbar.

[www.getzner.com](http://www.getzner.com)

**getzner**  
engineering a quiet future



# Grossmann Bau überdacht und verbindet Alnatura Campus

## Elementebau / Verbundbauteile / Rippenplatten

Der Neubau des Verwaltungsgebäudes „Alnatura Campus“ mit 94 m Länge, 41 m Breite und einer Höhe von 19 m ist mit einer Holzleimbinderkonstruktion aus 32 BSH Fichtenholzträgern und Rippenplatten mit Oberlichtband ausgeführt. Das asymmetrische Dach forderte 24 cm breite Binder mit Längen von bis zu 22 m bei Höhen von 1,30 bis 2,20 m. Die Pultdachträger kragen bis zu 12 m aus und wurden in Sichtqualität ausgeführt.

Die Brücken im Atrium sind Holz-Beton-Verbundstege aus 28 cm dicken Brettschichtholz-Elementen, schubsteif verbunden mit 12 cm Aufbeton.



**Grossmann Bau ist bei der Realisierung von außergewöhnlichen Holzleimbau-Projekten ein erfahrener Partner für Zimmerer, Holzbaubetriebe und Architekten.**

Bilder: Alnatura, Fotograf Marc Doradzillo



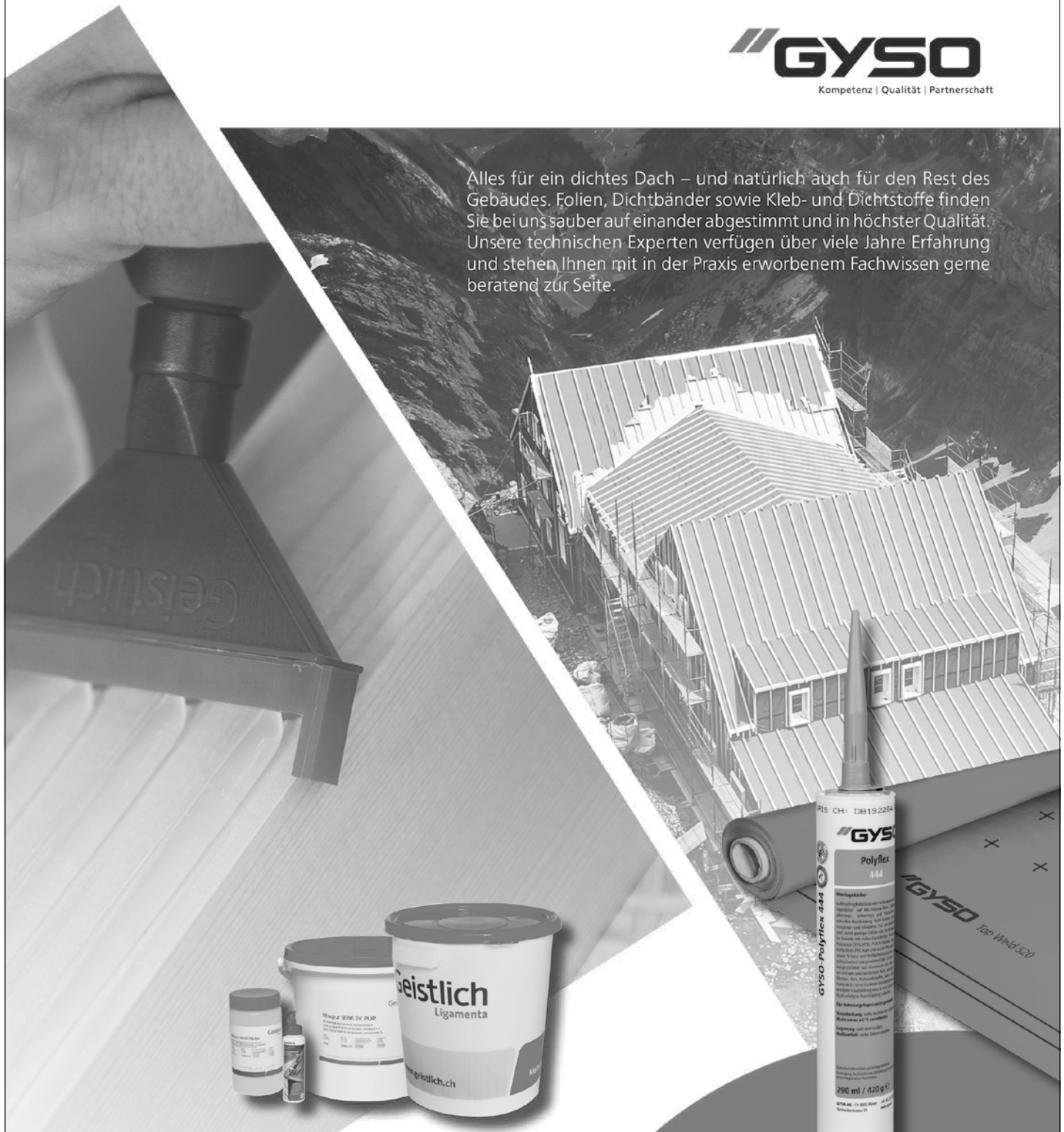
- Holzbau für große Spannweiten
- Grossmann Brettschichtholzträger bis zu 45 Meter
- Kunden- und auftragspezifisch gefertigtes Brettschichtholz
- Eigenes Ingenieurbüro

**GROSSMANN Bau GmbH & Co. KG**  
83026 Rosenheim  
Tel: +49 8031 / 4401-51

holzleimbau@grossmann-bau.de  
www.grossmann-bau.de



Alles für ein dichtes Dach – und natürlich auch für den Rest des Gebäudes. Folien, Dichtbänder sowie Kleb- und Dichtstoffe finden Sie bei uns sauber auf einander abgestimmt und in höchster Qualität. Unsere technischen Experten verfügen über viele Jahre Erfahrung und stehen Ihnen mit in der Praxis erworbenem Fachwissen gerne beratend zur Seite.



## Geistlich Ligamenta

Für eine sichere Verklebung von Holz und Holzwerkstoffen. Die Klebstoffe von Geistlich Ligamenta sind seit Jahrzehnten in der Holzbau-Branche gleichermassen bekannt wie bewährt und ergänzen das Produkt-Portfolio von GYSO ideal.

**Alles für Kleben und Dichten im  
Holzbau aus einer Hand. Besuchen  
Sie uns am Holzbau-Forum in  
Innsbruck an unserem Stand  
Nr. KU221 oder online unter  
[www.gyso.ch](http://www.gyso.ch)**

# HAAS FERTIGBAU – HOLZBAUSYSTEME

WAND - DECKE - DACH - ELEMENTE  
KONSTRUKTIVER HOLZBAU - NAGELPLATTENBINDER

**sicherer – schneller – besser**

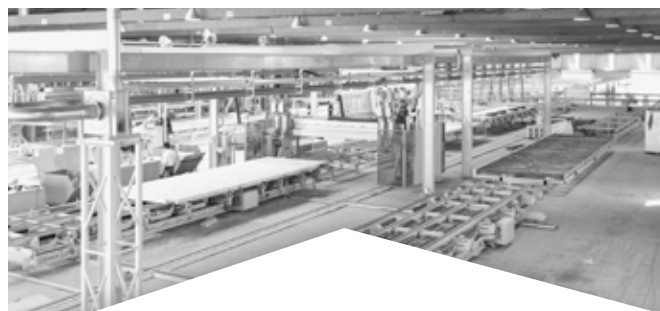
Haas Fertigbau  
Industriestraße 8  
D-84326 Falkenberg  
T +49 8727 18-426  
F +49 8727 18-554  
E holzbausysteme@haas-fertigbau.de

[www.haas-holzbausysteme.de](http://www.haas-holzbausysteme.de)



PLANUNG - PRODUKTION - LOGISTIK  
BRETTSCHICHTHOLZ-KONSTRUKTIONEN  
DECKENELEMENTE - DACHKONSTRUKTIONEN  
NAGELPLATTENBINDER

Wir unterstützen Sie mit unserer mehr als 40jährigen Erfahrung im Holzhausbau! Bleiben Sie auf der sicheren Seite und werden Sie Haas-Partner!



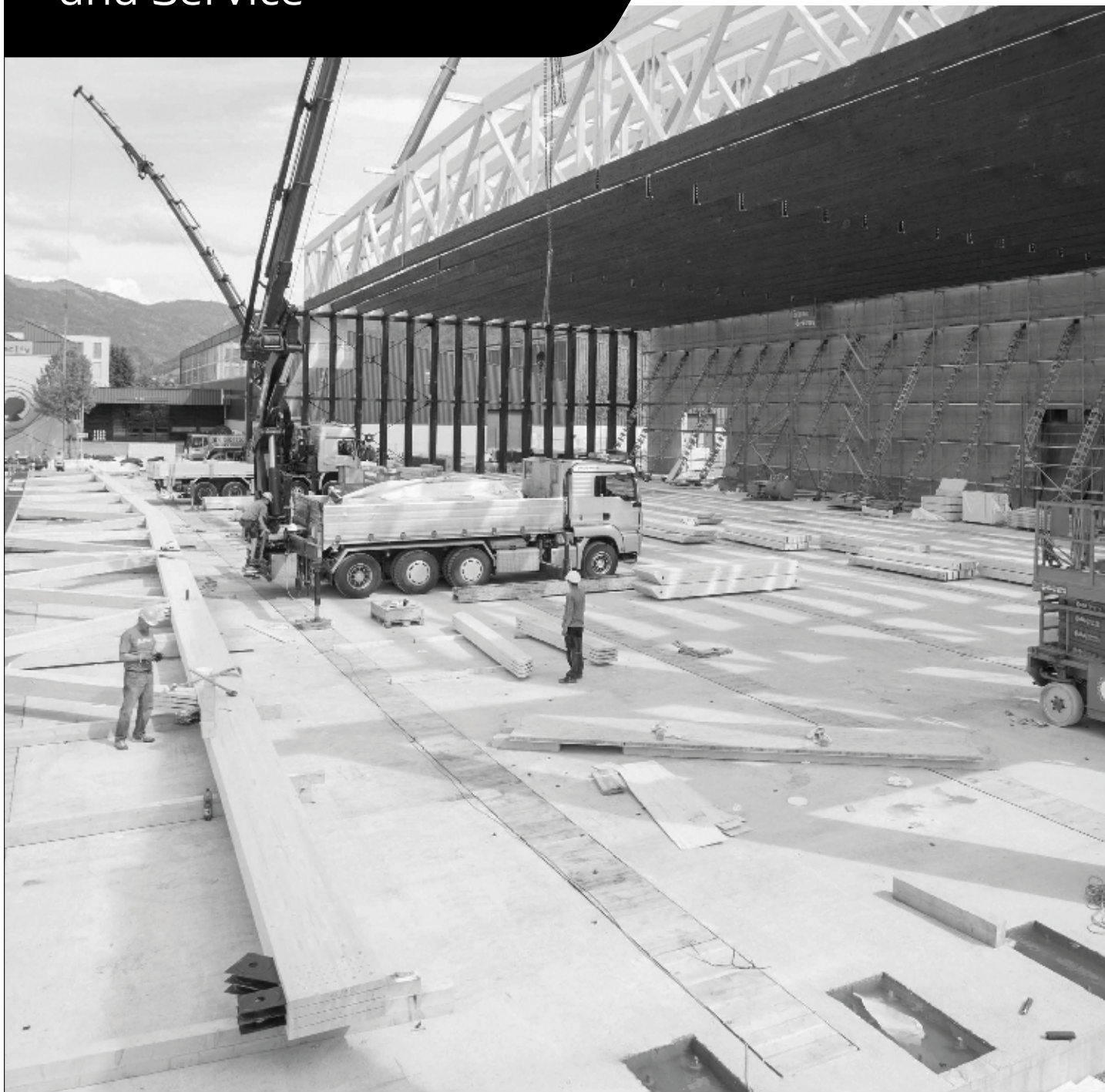
**Haas**

besser bauen.

[www.Haas-Holzbausysteme.de](http://www.Haas-Holzbausysteme.de)

**Das größte Sortiment**  
Mit top Beratung, Auswahl  
und Service

**HABERKORN**



Haberkorn bietet Ihnen Österreichs größtes Holzbausortiment und einiges mehr. Fachkundige Experten beraten Sie persönlich und praxisnah. Sie haben eine riesige Auswahl an Schrauben, Verbindungsmittel, Dach- und Fassadenbahnen, Schallschutzlager und vielem mehr. Und Sie profitieren von innovativen Services wie unseren Bewirtschaftungslösungen. Mehr Infos auf [haberkorn.com](http://haberkorn.com)

**[shop.haberkorn.com](http://shop.haberkorn.com)**

# HUNDEGGER ROBOT-Solo DIE **SENSATION** IN DER **200.000 €** KLASSE!



**Meine Hundegger und ich!**  
Never change a winning team!



[hundegger.de](http://hundegger.de)

## **ABBUNDMASCHINE HUNDEGGER ROBOT-Solo**

Kaum zu glauben, aber wahr.  
Hundegger sorgt mit Oberklassefunktionen in der 200.000 € Kompaktklasse für eine echte Sensation.

Wie z.B. mit 6-Achs-Bearbeitung und bis zu 21 Werkzeugplätzen.

Nutzen Sie jetzt das enorme Bearbeitungsspektrum bei geringem Platzbedarf und schnell amortisiertem Investment.

- **Bearbeitung aller 6 Seiten in einem Durchlauf**
- **Unbegrenzte Bearbeitungsmöglichkeiten durch 6-Achs-Roboter**
- **Höchste Präzision durch patentiertes HMC-Messsystem**
- **Bauteilquerschnitte bis zu 650 x 300 mm**

Innovationen für den Holzbau





**Unsere Lösungen:**

- Mischnutzung Wohnen/Einkaufen
- Mischnutzung Wohnen/Gewerbe
- Haustechnische Anlagen
- Sanitär/Whirlpool/Nasszellen

**Unsere Leistungen:**

- Beratungen und Auslegungen
- Projektleitungen
- Montagen und Montageberatung
- Qualitätssicherungen



# HELLA

Jalousien. Markisen. Rollläden.

# HELLA macht es einfach!

**TRAV®Integral**



Ob Sonnenschutz, Insektenschutz oder Anschlussprodukte: Für die Bestellung des TRAV®Integral wird lediglich das Höhen- und Breitenmaß ermittelt, die Fenster bestellt und fertig.

In die Wandöffnung wird ein fertiger Baukasten eingesetzt, der das Fenster und den Sonnenschutz nahtlos integriert. Wärmebrücken, Wassereintritt, Putzrisse und andere Konstruktionsfehler sind praktisch ausgeschlossen, die Energiewerte und die Schalldämmung sind einfach brilliant.

Für nähere Informationen kontaktieren Sie bitte:  
[fertigbau@hella.info](mailto:fertigbau@hella.info)

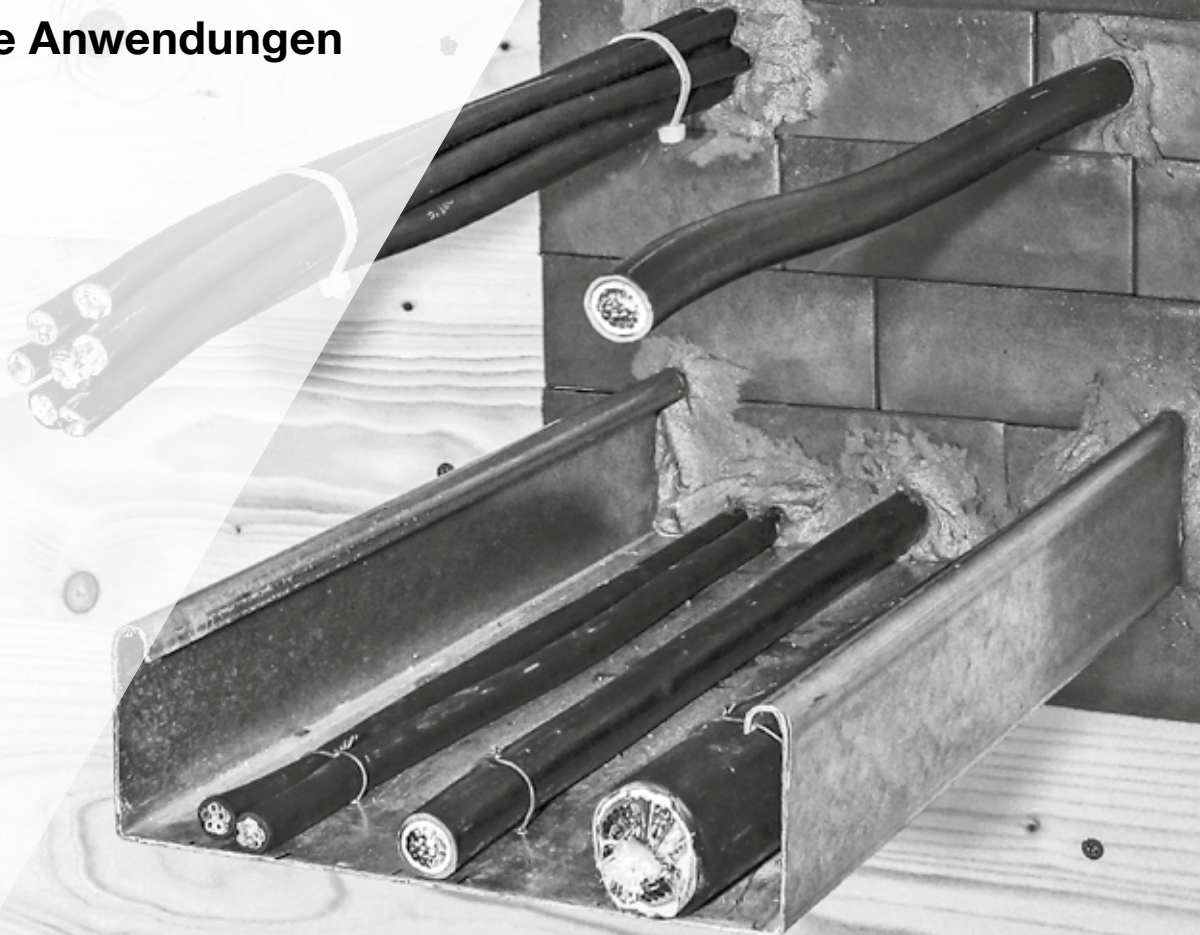
[www.hella.info](http://www.hella.info)





# BRANDSCHUTZ IM HOLZBAU

Geprüfte Anwendungen  
mit Hilti



FORUM  
HOLZBAU  
INTERNATIONAL

4.-6. Dezember 2019

## Erhöhte Produktivität in der Planung und Vorfertigung.

Hilti bringt seine 30 Jahre Brandschutzexpertise in den Holzbau. Europaweit zugelassene Brandschutzprodukte für Holzanwendungen vereinfachen die Planungs- und Genehmigungsschritte in jedem Holzbauprojekt.

Ob mehrgeschossiger Wohnbau, Hotelbauten oder Bürogebäude, Hilti bietet Lösungen für die Abschottung der Gebäudetechnik. Die trockenen Brandschutzlösungen ermöglichen einen schnelleren Einbau auf der Baustelle. Kein Warten auf Mörtelaushärten. Kein Einbringen von Baufeuchte. Vorgefertigte Brandschutzlösungen unterstützen den Holzbauer bei der industriellen Vorfertigung und eröffnen Möglichkeiten zur Steigerung seiner Wertschöpfung.

**h** **Haslinger**  
HMR Jacob  
Stahltechnik  
für den Holzbau



# Holz & Metall Vereiniger

*Ihr Stahltechniker mit dem Komplettservice für den Holzbau  
Höchstes Know-how für Schweißteile · Schlitzbleche · Balkenschuhe · Windverbände · Zugstagen  
Leimbinderpressen · Nagelbleche · Sonderschrauben, -scheiben, -muttern  
CE-zertifizierte Stabdübel · Schweißen nach EN 1090 bis Ausführungsklasse EXC 4*

*Als Produktneuheit der Haslinger Firmengruppe bietet das HMR 750 Zugstabsystem  
der modernen Architektur von heute ein innovatives und formschönes Produkt  
mit exzellentem Korrosionsschutz, sehr hoher Tragfähigkeit und mehr Montagesicherheit.*

[www.hmr-jacob.de](http://www.hmr-jacob.de)

Ihr starker Partner für den modernen Holzbau

**Holz Schiller**<sup>®</sup>

Kompetenz begeistert...



Profilholz für Außenfassaden



Brettschichtholz / Pfosten-Riegel-Leimholz für Fassaden und Wintergärten



Terrassenbeläge



Akustikpaneele für Decken und Wände





# HOLZUNION

Timber Construction Group

## Kompetenz in allen Disziplinen.

Ausgestattet mit der umfassenden Kompetenz von fünf erfahrenen Holzbau-Unternehmen bietet die HOLZUNION als Komplettanbieter alle Leistungen in den verschiedenen Bereichen des Holz- und Hausbaus kompetent aus einer Hand.

Von der Projektierung, der individuellen Planung über die statische Berechnung bis hin zu Produktion, Transportlogistik und Montage – die HOLZUNION ist der interdisziplinäre Partner für das professionelle Bauen mit Holz.



INGENIEUR-HOLZBAU • MEHRGESCHOSSIGER WOHNUNGSBAU  
ÖKOLOGISCHER HOLZBAU • SANIERUNG UND MODERNISIERUNG  
SCHLÜSSELFERTIGER OBJEKTBAU • GROSSES SCHAFFEN AUS HOLZ!

HU-Holzunion GmbH

Zentrale: Waffensener Dorfstraße 20 • D-27356 Rotenburg (Wümme)

Niederlassung: Georg-Schwab-Straße 3 • D-86732 Oettingen • Tel.: +49 4268 / 933 66 • Fax +49 4268 / 933 77 • info@holzunion.com

[www.holzunion.com](http://www.holzunion.com)

**WÄRMEDÄMM-  
VERBUNDSYSTEME  
SIND WIE ORCHESTER:  
PERFEKT AUF EINANDER  
ABGESTIMMT!**

Natürlich haben wir das  
optimale System für Sie!

0 61 54/71-7 16 69  
info@inthermo.de  
www.inthermo.de



**INTHERMO**  
Meine natürliche Dämmung!

# ISO-TOP WINFRAMER „TYP 1“ E30

## VORWANDMONTAGE AN BRANDSCHUTZFASSADEN

**ISO**  
**CHEMIE**  
Use the blue technology.



Das VORWANDMONTAGESYSTEM ISO-TOP WINFRAMER „TYP 1“ E30 wurde speziell für den Einsatz in Brandschutzfassaden konzipiert. Intumeszierende Inhaltsstoffe des neuen Werkstoffs PURATHERM E30 erzeugen einen Bläheeffekt bei großer Hitzeeinwirkung. Damit kann im Brandfall verhindert werden, dass sich Fugen durch Materialschwund bilden, die eine Brandausweitung begünstigen können.

- ✓ Reduzierung von konstruktiven Wärmebrücken
- ✓ Einfache Längenanpassung mit bauüblichen Kappsägen
- ✓ Entspricht den Anforderungen der EnEV und den Prinzipien des RAL „Leitfaden zur Montage“
- ✓ Kombinierbar mit den Systemprodukten des ISO<sup>3</sup>-FENSTERDICHTSYSTEMS

- ✓ Montage von Fenstern in der äußeren Wärmedämmebene
- ✓ Mit Bläheeffekt bei Hitzeeinwirkung durch intumeszierende Inhaltsstoffe
- ✓ E30 nach EN 1366-4



PATENTIERT



GEBÄUDEABDICHTUNG DER NÄCHSTEN GENERATION  
Mehr unter: [BAUFUGE4.0.iso-chemie.eu](http://BAUFUGE4.0.iso-chemie.eu)



# TOOLMATIC®

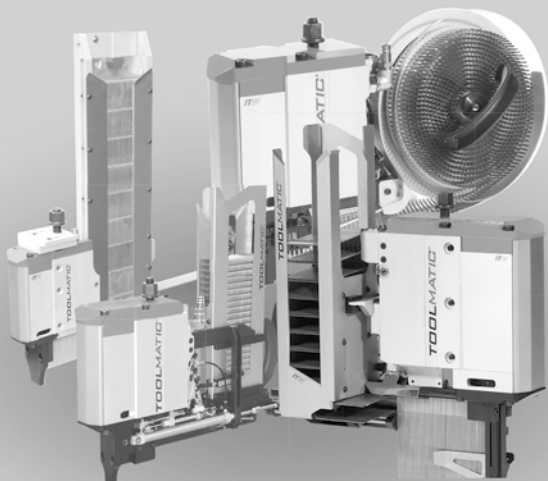
AUTOMATED FASTENING SYSTEMS

## INNOVATIVE TECHNOLOGIE FÜR IHRE AUTOMATISIERUNG<sup>V</sup>

Automatisierte Vorgänge und standardisierte Qualität, die höchsten Ansprüchen genügen.

Die Flexibilität des modularen Aufbaus der Toolmatic Klammer- und Nagelgeräte bietet kundenspezifische Lösungen in der industriellen Fertigung.

- ❑ Leichte Integration in unterschiedlichste Maschinen, Roboter und Brücken
- ❑ Entwicklung und Produktion Made in Germany mit Know-how und Erfahrung aus dem Hause ITW
- ❑ Konstant hohes Qualitäts- und Serviceniveau



**Technologie TCLwood 618®**  
dies ist eine Garantie  
für höchste Qualität.

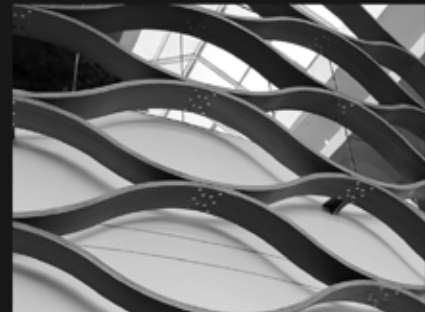
Jagram-Pro S.A. ist ein führender Hersteller von gebogenem Brettschichtholz in Europa. Wir gehen ganz individuell auf alle Aufträge ein und suchen nach der optimalen Lösung.

Bei der Abwicklung individueller Projekte nutzen wir unsere Erfahrung und die einzigartige Technologie. Die Möglichkeit, dem Holz eine beliebige Form zu verleihen, eröffnet Designperspektiven von unbegrenzten Projekten.

Unser Motto: **Qualität kommt an erster Stelle**

- ab 15 cm - jeder Radius ist möglich
- freie Formen
- einzigartige Lösungen und Projekte
- kurze Lieferzeiten

Die Technologie **TCLwood 618®** (thin construction lamella for wooden constructions) die durch Fa. JAGRAM-PRO SA eingesetzt wird, beruht darauf, dass dünne 6 bis 18 mm starke Konstruktionslamellen verwendet werden, die das Holzbiegen bei Minimalradius schon ab 15 cm ermöglichen.



+48 55 2787 970  
+48 509 571 751



+48 55 278 60 51



iso@jagram.de

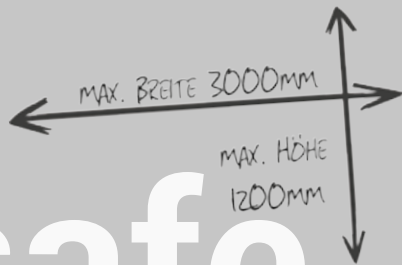


www.jagram.de

to | safe

integrierte  
Absturzsicherung

[www.to-safe.com](http://www.to-safe.com)



STAND

EG 033

#blendschutzsysteme  
#sonnenschutzsysteme  
#innovativekastenloesungen

"unglaublich  
**FLEXibel**  
in jeder Situation"

**GÜNTHNER**

**FLEXIFIX**

"das Kastensystem  
für den Holzhausbau"

**FLEXI4.0**




"das Kastensystem  
für den Mauerwerksbau"




Josef Günthner GmbH & Co. KG | Primittalstraße 3 | 78628 Rottweil  
Telefon 0741 266-0 | [info@guenthner.de](mailto:info@guenthner.de) | [www.guenthner.de](http://www.guenthner.de)

#rollladen #rollladenkasten #holzbau #tosafe #insektenschutz #sonnenschutz #textilscreen

## K-Plus Gebäude aus massivem Dübelholz



-  Einfamilienhäuser
-  Mehrfamilienhäuser
-  Öffentliche Gebäude

-  Schulen, Kindergärten
-  Büro/- Verwaltungsgebäude
-  Mehrstöckige Gebäude



Feuerwehrhaus Oberstadien



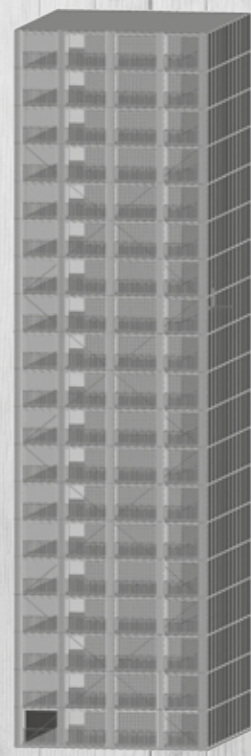
Mehrfamilienhaus London



Mehrstöckiges Gebäude Zürich



Kinderkrippe Biberach



20 Stockwerke aus Holz



# KEIM. DAS FARBHANDWERK. FÜR BLEIBENDE WERTE.

---

**SCHUTZ UND ÄSTHETIK AUS EINER HAND.  
KONSEQUENT MINERALISCH.**

KEIM Farben sind nicht nur Beschichtungsstoff. Sie überzeugen durch ihre unerreichte Langlebigkeit, absolute Lichtbeständigkeit und hervorragende Bauphysik. Und mehr noch. Farbe von KEIM schützt, schmückt, inspiriert und begeistert. Farbe vom Handwerk fürs Handwerk.

**KEIM. FARBEN FÜR IMMER.**

[www.keim.com](http://www.keim.com)

# KNAPP®

verbinder.com



## Red Bull Energy Station Anliefern, aufbauen, fertig

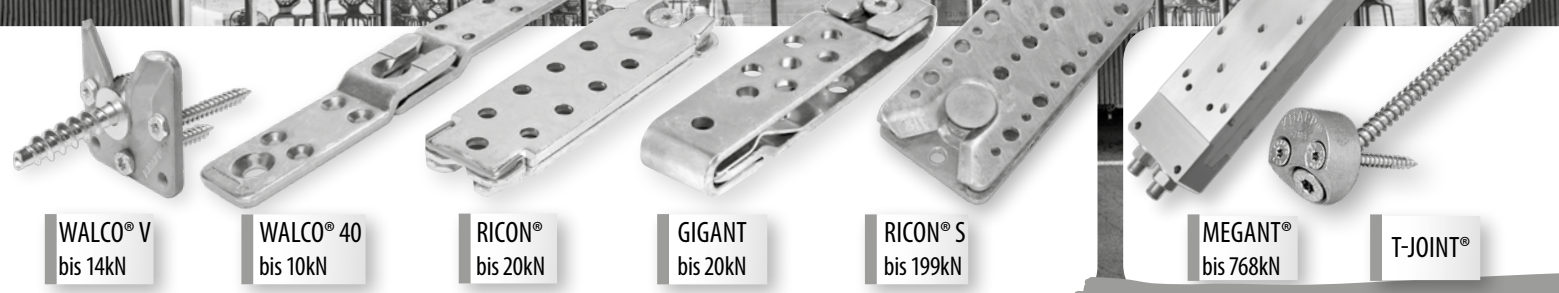
Die neue Red Bull F1 Energy Station ist ein technisches und logistisches Meisterwerk: In den nächsten zehn Jahren wird das 1221 m<sup>2</sup> große Gebäude bis zu 200 mal auf- und wieder abgebaut, wobei jeder Aufbau max. 2,5 Tage dauern darf. Einen Beitrag dazu liefert die spezielle Mechanik von Knapp Verbindern: anliefern, einhängen, fertig.

## RICON® S und MEGANT® Die Schwerlastverbinder für den modernen Ingenieurholzbau

- | Unsichtbar – keine sichtbaren Verbinderteile
- | Flexibel und toleranzausgleichend
- | Sehr kurzer Einhängeweg 2 bzw. 3,5 cm
- | Schnelle und einfache Montage



ETA CE



WALCO® V  
bis 14kN

WALCO® 40  
bis 10kN

RICON®  
bis 20kN

GIGANT  
bis 20kN

RICON® S  
bis 199kN

MEGANT®  
bis 768kN

T-JOINT®

Knapp GmbH | Wassergasse 31 | A-3324 Euratsfeld | Tel.: +43 (0)7474 / 799 10 | Fax: +43 (0)7474 / 799 10 99

Knapp GmbH | Vertrieb Deutschland | Föhrenweg 1 | D-85591 Vaterstetten  
Tel.: +49 (0)8106 / 99 55 99 0 | Fax: +49 (0)8106 / 99 55 99 20 | E-Mail: info@knapp-verbinder.com

www.knapp-verbinder.com



knappverbinder



Knapp GmbH | @knappverbinder



24/7 online-store



T-JOINT<sub>35</sub> – Lösung für Wandstoß und Zugstoß, biegesteife Rahmenecken und Zugverankerung.

## Neuheit: T-JOINT 35 für zugfeste Schrägverschraubungen

## KRONOLUX OSB

Kronolux OSB ist ein europäischer Hochleistungswerkstoff, der in der jeweiligen Qualität für alle konstruktiven Anwendungen, bei denen Dimensionstabilität und Belastbarkeit gefordert werden, seine Anwendung finden kann.



## OSB NEXT GENERATION

- Neueste kontinuierliche Pressen-Generation: ContiPanelSystem (CPS)
- Innovative Niedrigtemperatur-Trocknung - Schonende und natürliche Holz-trocknung
- Neuartige Technologie, die den Einsatz von Recycling-Material ermöglicht.

## WEITERENTWICKLUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFT

**Ziel: die CO<sub>2</sub>-passive Fabrik durch:**

Energieerzeugung aus Biomasse und Einsatz von Recyclingholz in der OSB-Platte Produktion.

**UND**

Konsequente Kaskaden-Nutzung der Naturressourcen Holz, Wasser und Energie.



# Wir überzeugen mit Schweizer Qualität.

Alle unsere Holzbearbeitungsmaschinen werden in Schönen Grund in der Schweiz hergestellt. Bei den Materialien setzen wir auf höchste Qualität und garantieren so eine lange Lebensdauer und Zuverlässigkeit aller Krüsi Maschinen.

## **CNC-Maschinencenter MC-15 Q1**

Abbund kompakt, präzise und langlebig, jedoch ohne Baugrube



## **Bodenfräse BF-19**

zur Bearbeitung von Bodenheiz-Systemplatten



## **Weitere Holzbearbeitungsmaschinen**

### **CNC-Maschinencenter MC-15**

modularer Aufbau mit bis zu 6 Fünf-Achs-Aggregaten ausstattbar

### **Autom. Zuschneid- und Besäumkreissäge LKSA-98**

einfach und schnell verstellbar mittels Bedienhebel und Panel mit Drucktasten

### **Autom. Zuschneid- und Besäumkreissäge LKSA-16**

mit SPS-gesteuertem Touchpanel für höchste Ansprüche

### **Chaletbaumaschine CM-40**

händisch oder CNC-gesteuerte Bearbeitung in nur einem Arbeitsgang

### **Chaletbaumaschine CMI 4x4**

für Querschnitte der Holzbohlen bis 300x250 mm

### **CNC-Bearbeitungszentrum Lignamatic**

höchste Produktionsleistung auch für aufwendig verdrehte Werkstücke







# LIGNO® Brettsperrholz.

Konfigurierbar,  
für qualitätsvolle  
Holzbau-Architektur  
made of LIGNO®.



Linke Spalte, von oben nach unten:  
Stadthäuser in Lauchringen (obere 3 Bilder) – LIGNO Decken, Wände –  
Architektur: Jörg Kaiser, Lauchringen // Festhalle in Kressbronn – LIGNO Akustikpaneele /  
Architektur: Spreen Architekten, München

Mittlere Spalte:  
Schwimmhalle in Euskirchen – LIGNO Dachbauteile – Architektur: 3pass, Köln /  
Foto: Jens Kirchner, Düsseldorf

Rechte Spalte:  
Stadthäuser in Lauchringen (im Bau) – LIGNO Decken, Wände – Architektur: Jörg Kaiser, Lauchringen

LIGNOTREND Produktions GmbH  
Landstrasse 25 D-79809 Weilheim  
Tel.: +49 (0)7755 9200-0  
[www.lignotrend.com](http://www.lignotrend.com)

**LIGNO ■ TREND®**

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

# Wood Related Advanced Education



## Sustainable Structural Engineering

### *Master Program, 120 credits*

Study at our department center for wood building technology. Challenging building projects, close research connection and excellent laboratory facilities. The program prepares students for work in industry, within a growing wood building branch or elsewhere in the building industry where skills in structural design and analysis are required, but it also prepares for research studies for PhD exams.

CONTACT PERSON: *Dr. Ambrose Dodoo, ambrose.dodoo@lnu.se*



## Simulation Driven Product Development

### *Master Program, 120 credits*

How is a product designed to meet sustainability requirements regarding performance, life, economy and the environment? During the two years of study, you will gain knowledge of product development, together with a deep understanding of modern numerical methods and practical skills in experimental methods used to acquire data supporting the product development process. Upon completion of the master's program, you will be able to handle a wide range of problems in advanced mechanical engineering.

CONTACT PERSON: *Dr. Andreas Linderholt, andreas.linderholt@lnu.se*



## Innovation through Business, Engineering and Design – specialization engineering

### *Master Program, 120 credits*

This two-year master program is based on companies' needs for employees with the ability to initiate, lead, and promote the creation of innovations. The program is based on joint projects, often in collaboration with the industry and different organizations. Students work in multidisciplinary groups with academic background in Business, Engineering and Design.

CONTACT PERSON: *Dr. Peter Lerman, peter.lerman@lnu.se*



# SYSTEM SLIDE

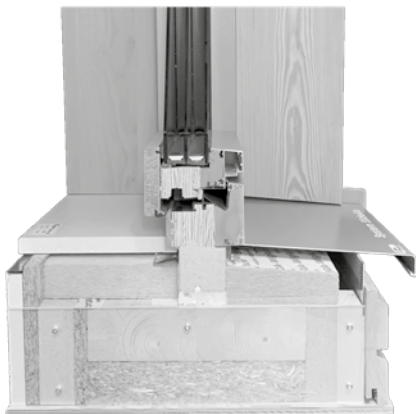
## Die perfekte Lösung für den Holzbau.

Das System Slide von helopal ermöglicht den normgerechten Einbau von Fensterbänken und verhindert Wassereintritt in den Baukörper. Es bietet dem Planer / Architekten volle Gestaltungsfreiheit und dem Verarbeiter Sicherheit bei der Umsetzung.



**Projekt:** Doppelhaus Leonstein (Holzbau)

**Eingebaute Produkte:** fenorm Aluminium Außen-Fensterbänke und Mauerabdeckungen mit System SlideAlu und Innenfensterbänke helopal linea mit Schattennut.



### VORTEILE System Slide

- ideale Entwässerung der Sonnenschutz-Führungsschienen und der Fensterrahmennut/ Gehrungsnut in das Fensterbank-System
- Fensterbank kann auch nachträglich eingesetzt / demontiert werden
- geprüftes System (HFA Austria Prüfnummer 2050/2013/2)





**NEU**

**mafell**  
creating excellence

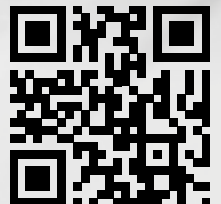


Macht Präzision mobil.

## **Die neue Unterflur-Zugsäge ERIKA**

Als weltweit erste Unterflur-Zugsäge ist die ERIKA seit ihrer Einführung zum Inbegriff des mobilen Sägens geworden. Nach fast 40 Jahren Erfahrung hat die aktuelle Generation heute alles an Bord, was Handwerker von einer modernen Unterflur-Zugsäge erwarten.

Weitere Informationen unter:  
**[www.mafell.de/erika](http://www.mafell.de/erika)**



# MEHR EFFIZIENZ ODER MEHR FLEXIBILITÄT? BEIDES.

THINK WEINIG

Heute Losgröße 100, morgen Losgröße 1. Und jeder Auftrag so rentabel wie möglich. In Zeiten großer Veränderung gibt es täglich neue Herausforderungen. Deshalb brauchen wir einen Partner, der uns nicht nur eine Maschine verkauft, sondern uns mit umfassender persönlicher Beratung und skalierbaren, flexiblen Lösungen in die Zukunft begleitet.

**WEINIG bietet mehr.**

Der erste Schritt nach vorn: [think.weinig.com](http://think.weinig.com)



## Luftdichtungs- und Witterungsschutzbahn

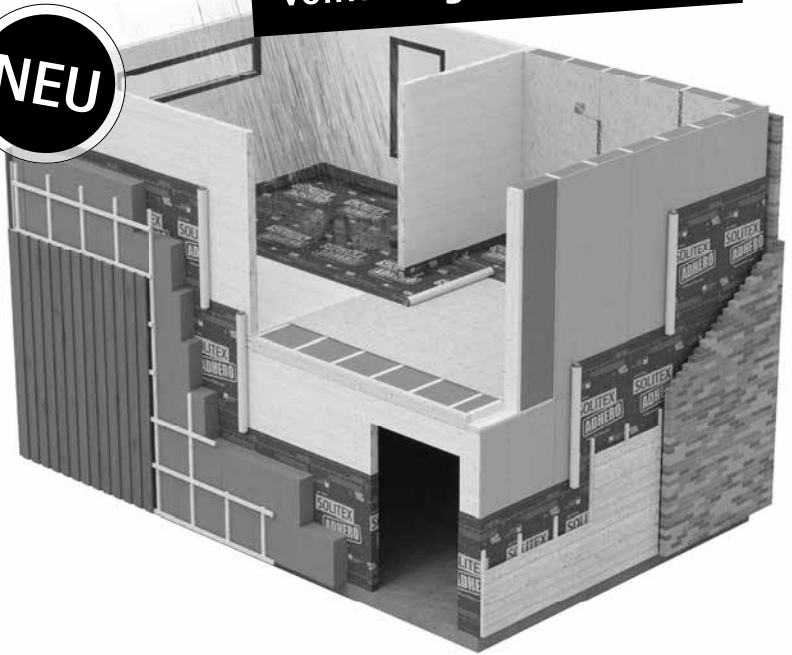
# SOLITEX® ADHERO

NEU

vollflächig selbstklebend

Ermöglicht die Herstellung der Luftdichtheit z. B. auf mineralischen Untergründen und Holzwerkstoffen.

- ✓ Trockene Konstruktion: Diffusionsfähig und maximal schlagregendicht
- ✓ Leicht und sicher zu verarbeiten
- ✓ Haftet sofort auf tragfähigen Untergründen
- ✓ Extrem alterungs- und hitzebeständig
- ✓ 3 Monate Freibewitterung



## Intelligente Luftdichtung

# INTELLO®

Macht Ihre Bauteile besonders sicher.

Hydrosafe Hochleistungs-Dampfbrems-System  
100-fach feuchtevariabel  $s_d$  0,25 bis >25 m

DIBt-Zulassung für normgerechtes Bauen



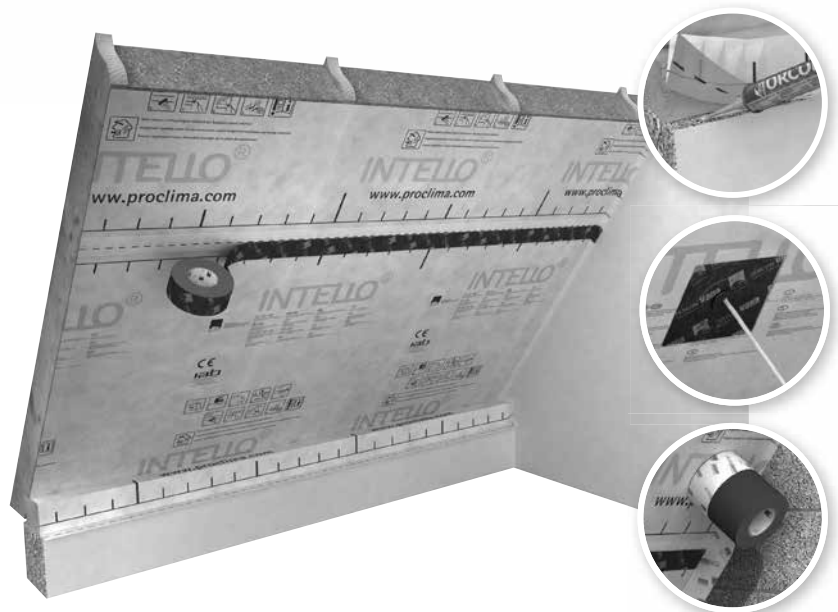
Feuchtevariable Dampfbremsbahn INTELLO zur Verwendung entsprechend DIN 68800-2:2012-02



INTELLO • INTELLO PLUS  
TESCON VANA • ORCON F  
CONTEGA SOLIDO SL  
KAFLEX • ROFLIX



TESCON VANA I TESCON No.1 I UNI TAPE  
[www.proclima.de/100jahre](http://www.proclima.de/100jahre)



## pro clima – und die Dämmung ist perfekt

Das komplette Profi-System für die sichere Gebäudedichtung. Über 30 Jahre Erfahrung in Forschung und Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service. Für besten Schutz gegen Bauschäden und Schimmel.



## pro clima WISSEN

Planungshandbuch zeigt genau wie es geht  
Über 400 Seiten Details, Konstruktionen, Bauphysik,  
Systeme u. v. m.

Kostenfrei anfordern

0 62 02 - 27 82.0, [info@proclima.de](mailto:info@proclima.de),  
[proclima.de/wissen](http://proclima.de/wissen)

[www.proclima.de](http://www.proclima.de)



# Natur Lehmholzbau Allgäu

## Manfred Klink



Natur-Baustoffhandel  
Natur-Lehmholzhaus  
Natur-Möbel  
Bauberatung  
Energieberatung

Sie möchten ökologisch und nachhaltig bauen und sind auf der Suche nach Unterstützung?

Der Diplom Ingenieur für Holztechnik Manfred Klink unterstützt Hersteller von Holzhäusern in der Planung und Ausführung eines ökologischen Baus. Zudem ist er Vertriebspartner für ökologische und nachhaltige Natur-Baustoffe und technisch sinnvollen Bauteilkomponenten. Bei Natur Lehmholzhaus Allgäu erhalten Sie Beratung und Produkte von folgenden Herstellern:

- **Pilosith**  
Ökologische Baustoffe aus Lehm – Lehmsteine, Lehmputze, Lehmfarben und Mineralputz aus Naturkalk
- **Climacell**  
Die nachhaltige Einblasdämmung aus Zellulose für den ökologischen Hausbau und Renovierungen
- **SKANO**  
Die Natur-Holzweichfaserplatte, hergestellt im Naßverfahren, ohne jegliche Zugabe von künstlichen Klebstoffen
- **TFS+ - Thermofeuchteschutz- Systeme**  
TFS+ ist zum Schutz ihres Bauwerkes, gegen Feuchtigkeit und Bauschäden. Es wird im kritischen Bauabschnitt zwischen Mauerwerk und Fenster montiert und schützt sofort gegen Regen und Schnee im Horizontalbereich. Auch im Sanierungsbereich ist das TFS+ System ohne großen Aufwand zu verwenden
- **Glapor**  
Dämmstoffe aus Glasschau

Mit seiner qualitativ hochwertigen Beratungsarbeit ist Dipl. Ing. Manfred Klink Mitglied im Bundesverband der Bauberater kdR und in der DGUHT – Deutsche Gesellschaft für Umwelt- und Humantoxikologie.



Manfred Klink | Brauerstr. 13 6 | 87484 Nesselwang  
LEHMHOLZBAU – NATURBAUSTOFFE – Gesundes Bauen und Wohnen – Bauberatung kdR  
Mobil +49 (0) 176 – 18 82 20 00 | Tel. +49 (0) 83 61 – 9 25 67 11 | Fax +49 (0) 83 61 – 9 25 67 12  
info@natur-lehmholzbau.de







Abbund Zentrum

**ABBUND VON**  
CLT, Kerto und  
Baubuche



Vorfertigung im Werk

**ANBRINGEN VON**  
Gipsfaser / -karton-  
Verkleidungen  
Farb- / Brandschutz-  
Beschichtungen  
Bauteilvormontage  
z.B. Stahlteile, Fenster



Akustik-Bearbeitung

**ALLES MÖGLICH**  
Akustik Leistungen  
Akustik-Bohrungen  
Akustik-Schlitzungen  
Individuelle Gestaltung

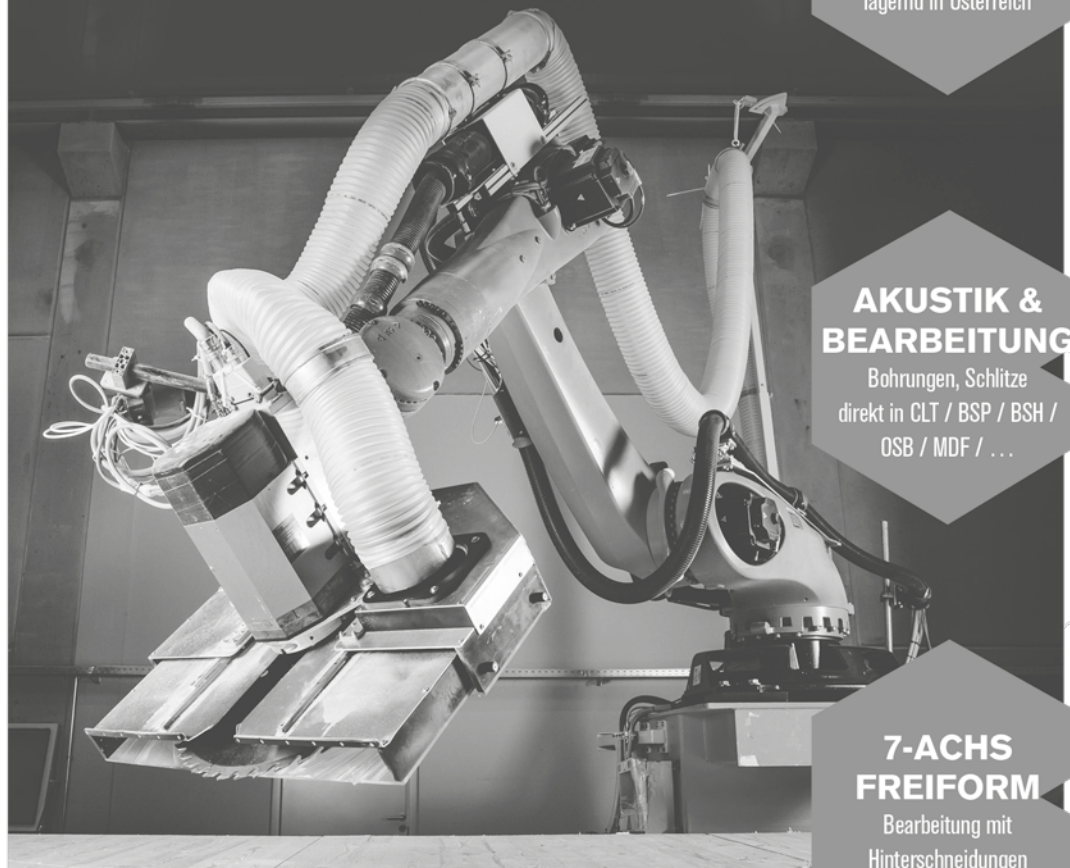


Handel mit XL-Holz

**VERTRIEB VON**  
CLT  
(Lieferzeit ca. 4-8 Wochen)  
Kerto (lagernd)  
Baubuche (lagernd)

# XL

## HOLZBEARBEITUNG



**CLT**  
Express-Lieferzeit  
ganzjährig  
4 - 6 Wochen

**KERTO &  
BAUBUCHE**  
XL-Platten  
lagernd in Österreich

**AKUSTIK &  
BEARBEITUNG**  
Bohrungen, Schlitz  
direkt in CLT / BSP / BSH /  
OSB / MDF / ...

**7-ACHS  
FREIFORM**  
Bearbeitung mit  
Hinterschnidungen

Roboter CNC-Anlage im XL-Format - Eine high-tech Entwicklung der Fa. Leidorf:  
**40 x 3,5 m Bearbeitung möglich**

## LEIDORF - IM HERZEN DER CLT-WELT

**NEU: CLT-BÖRSE AUF**  
**leidorf.com**



**LEIDORF**  
CNC TECHNOLOGIE

# **TRANSPARENT BY NATURE**

**Choose Nordic quality for sustainable  
fire protection of urban wood construction.**

Meet us at  
**25<sup>th</sup> International  
Wood Construction Conference (IHF2019)  
stand EG 036**



**NT**<sup>®</sup>  
NORD  
TREAT

[www.nordtreat.com](http://www.nordtreat.com)

Integrierter Brandschutz  
Flexible Spannweiten  
Schlanke Decken



Vorbemessungstabellen  
verfügbar!



Online-Bemessungstool  
◀ jetzt testen!

**DELTABEAM<sup>®</sup> Frames  
mit Holzdecken und  
Holz-Beton-Verbunddecken**



# Tradition und top Qualität

Seit mittlerweile über 30 Jahren veredelt unser familiengeführtes Unternehmen „Peter Moser rustikale Holzbearbeitung GmbH“ Holzoberflächen mit größter Sorgfalt. Dabei legen wir großes Augenmerk darauf heimische Produkte wie Fichte, Eiche, Lärche oder Zirbe einzusetzen die speziell im alpenländischem Raum bei Neu- und Umbauten beliebt sind.

## Moderne und bewährte Technik

Die von Peter Moser, dem Firmengründer, entwickelte Maschine zur Oberflächenbearbeitung hin zur individuell gehackten Struktur ist vollautomatisch und hat sich im Laufe der Zeit weiterentwickelt. Unsere Kunden schätzen die einzigartigen Produkte und unsere bewährte Veredelung.



Geschäftsführung Silvia & Mathias Bischofer  
**Peter Moser Rustikale Holzbearbeitung GmbH**  
Innernalpbach 66  
6236 Alpbach  
Telefon: +43 5336 5236  
Fax: +43 5336 5236-19  
E-Mail: [info@holz-moser.at](mailto:info@holz-moser.at)



 **PFEIFER**  
PASSION FOR TIMBER



Schnittholz



Brettschichtholz



Massivholzplatten



CLT Brettsperrholz



Schalungsplatten



Schalungsträger



Pellets



Briketts

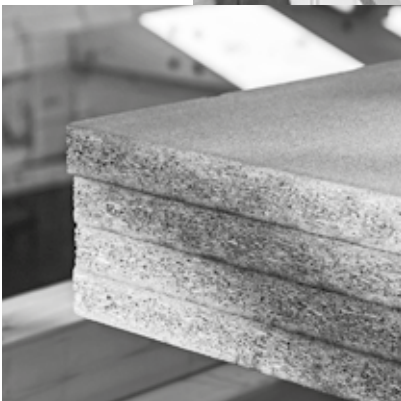


Palettenklötze &  
Verpackungsholz

# ZWEI, DIE AUF NACHHALTIGKEIT BAUEN



**INSPIRATIONS  
CLOSE TO YOU**



Die emissionsarme Holzwerkstoffplatte LivingBoard ist die ideale Wahl für den wohngesunden Holzrahmen- und Innenausbau. Die Faserplatte StyleBoard MDF.RWH eignet sich perfekt als diffusionsoffene Unterdeckung für Dach und Wand. Beide Boards sind 100% formaldehydfrei und feuchtebeständig PU-verleimt.



[www.blauer-engel.de/uz76](http://www.blauer-engel.de/uz76)

- emissionsarm
- Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft
- in der Wohnumwelt gesundheitlich unbedenklich



# MEHR SUPPORT FÜR IHR PROJEKT

## Mehr Service und Informationen

Mit unserem neuen Internetauftritt bieten wir unseren Kunden zahlreiche neue Funktionen. Vom Datenblatt-Generator bishin zu umfangreichen Planungsunterlagen.  
Schnell, kompakt und übersichtlich.



**Innovative Holzverbindungssysteme für höchste Ansprüche.**

Pfostenträger | Verbinder | Balkonsäulen | Zaunsäulen | Werkzeuge | Schallschutz

**Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG**

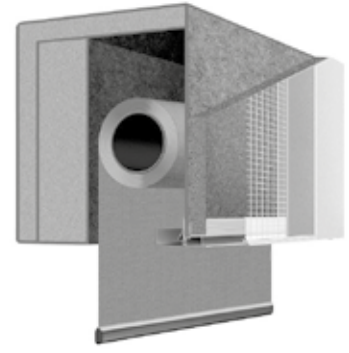
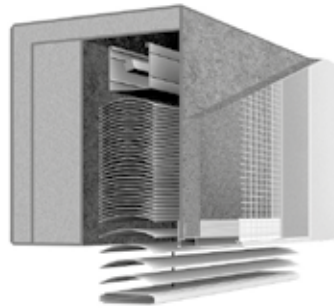
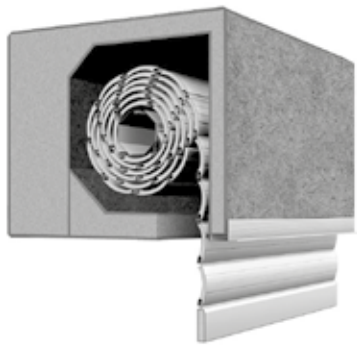
Siemensstraße 26, 84051 Altheim

Telefon: +49 8703 93460

[www.pitzl-connectors.com](http://www.pitzl-connectors.com)



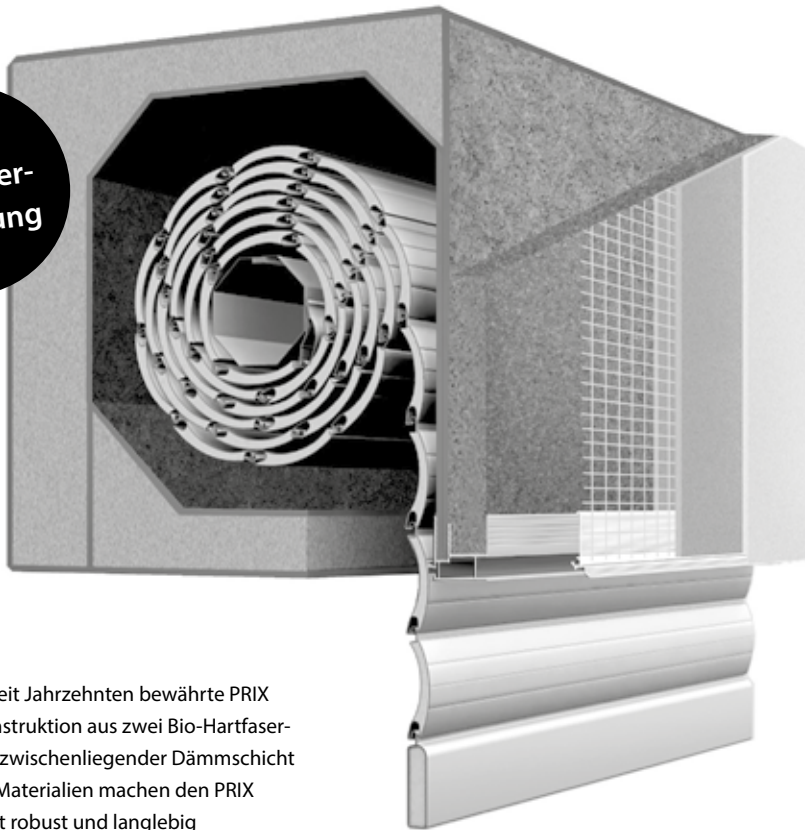
# PRIX ÖKO LINE



## ROLLLADENKÄSTEN speziell für den Holzhausbau

Made in Germany

mit  
Holzfaser-  
Dämmung



### Bewährt

- Einzigartige, seit Jahrzehnten bewährte PRIX Sandwich-Konstruktion aus zwei Bio-Hartfaserplatten mit dazwischenliegender Dämmschicht
- Hochwertige Materialien machen den PRIX Kasten äußerst robust und langlebig
- Langfristiger Schutz der Dämmung, z.B. vor Zerstörung durch Insekten

### Stabil

- Die selbsttragenden PRIX Kästen sind konstruktionsbedingt außerordentlich stabil und verwindungssteif – und das bei geringem Eigengewicht
- Kein „Durchhängen“ auch bei großen Längen

### Montagefreundlich

- Schnelle Konfektionierung in nur wenigen Arbeitsschritten
- Einfache Integration in den Wandaufbau – egal ob Holzständer- oder Massivholzwand

### Nachhaltig

- PRIX ÖKO LINE Kästen bestehen komplett aus nachwachsenden Rohstoffen auf Holzbasis
- Das FSC® zertifizierte Holz stammt aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern

### Hervorragende Wärme- und Schalldämmung

- Die Vorgaben der EnEV und der aktuellen DIN 4108 Bbl. 2 zur Wärmedämmung werden deutlich übertroffen
- Die einzigartige Konstruktion der PRIX ÖKO LINE sorgt für ausgezeichneten Schallschutz

### Optimierte Abschluss- schiene außen

- Spezielle Abschlusschiene außen mit Aufnahme für 20 mm starke Fassaden-dämmplatte zur optimalen Integration des Kastens in ein WDVS
- Sockelaufsteckprofil zur Entkopplung zwischen Metallschiene und Putzanbindung

### Kopfstücke

- Stabile Kopfstücke aus ökologisch hochwertigen ESB Plus Platten in hochfester, feuchtebeständiger Ausführung (P5)

### Insektenschutz

- Auf Wunsch problemlos integrierbar

### Flexibel

- Fast zu jeder Einbausituation eine passende Standardlösung
- Flexibel in Höhe und Tiefe anpassbar
- Seitliches Auflager individuell wählbar

**PRIX**

PRIX Systeme GmbH  
Eichenweg 12  
86871 Rammingen

Tel.: +49 (0)8245 99890-00  
Fax: +49 (0)8245 99890-19  
Email: [vertrieb@prix.de](mailto:vertrieb@prix.de)

Internet: [www.prix.de](http://www.prix.de)



**PARTNER DES  
HOLZHANDWERKS**

**PREBENA®**

www.prebena.de

**Heftklammern als  
zertifiziertes Bauprodukt**



**Europaweite Zulassung  
bis 170 mm**

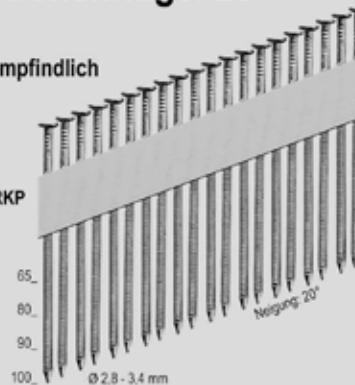
**Papiermagazinierte  
Rundkopf-Streifennägel 20°**

Hohe Papierqualität!  
Wetter- und temperaturunempfindlich



Verzinkung mindestens 12 µ

Type RKP



- **Nachhaltigkeit!** Papiermagazinierung, keine Kunststoffreste
- **Sicherheit!** Kein Absplittern von Kunststoff  
Keine Beschädigung von weichen Untergründen durch Eintreten von Kunststoffresten
- **Zeitersparnis!** Keine Beseitigung von Kunststoffresten
- **Verarbeitung!** Optimales Schussbild
- **Verpackung!** Baustellengerecht und wiederverschließbar

**Druckluftnagler und Kompressoren  
für Handwerk und Industrie**

**OPTIWEAR-  
TECHNOLOGY**



**SlideSystem**  
HOLZRAHMENBAU

PREBENA Wilfried Bornemann GmbH & Co. KG  
Seestraße 20 · 26 · D-63679 Schotten · Tel.: 06044/9601-0 · Fax: 06044/9601-820 · info@prebena.de

PREBENA Steen + Klentze GmbH  
Ewige Weide 8 · D-22926 Ahrensburg · Tel.: 04102/4952-0 · Fax: 04102/4952-70 · info@prebena-ahr.de

# smartex<sup>®</sup>

## MONITORINGSYSTEME

Feuchteschäden intelligent verhindern...

für Flachdächer, Gründächer, Solardächer,  
Balkone, Parkdecks, Tiefgaragen,  
Nassräume, Küchen, Doppelböden,  
**Holzkonstruktionen,**  
Leitungstrassen...



### LECKAGEN UND NÄSSE IN ECHTZEIT DETEKTIEREN

smartex<sup>®</sup> Monitoringsysteme überwachen Ihr Gebäude in Echtzeit auf Leckagen und Nässe, auch dort, wo Sie nicht hinschauen können. Rund um die Uhr, Tag für Tag. So werden Schäden frühzeitig erkannt, bevor Langzeitschäden entstehen können.

**PROGEO MONITORING  
SYSTEME UND SERVICES  
GMBH & CO. KG**



### SCHÄDEN AUTOMATISCH LOKALISIEREN

Kommt es zu einem Schaden, erhalten Sie mit smartex<sup>®</sup> nicht nur einen Alarm, sondern auch eine Information, wo der Schaden aufgetreten ist. So bleiben viele Schäden eine kleine Bagetelle, denn Sie müssen nicht lange suchen, um sie zu finden.

**HAUPTSTRASSE 2  
DE-14979 GROSSBEEREN  
PHONE: +49-33701-22-0**



### REPARATUREN GEZIELT AUSFÜHREN

Gerade bei Feuchteschäden gilt: Je früher man repariert, desto geringer sind die Folgeschäden. Mit smartex<sup>®</sup> können Sie schnell reparieren, das spart Ärger und Kosten. Und was nicht kaputt geht, muss nicht repariert werden. Das ist auch noch nachhaltig.

**PROGEO.COM**

# PURE LIVIN

## DIE REVOLUTION IM MEHRGESCHOSSIGEN HOLZBAU

Seriell vorgefertigte, komplette Raummodule aus Massivholz werden nach dem Prinzip „Plug & Play“ zu multifunktionalen, flexiblen Wohneinheiten und -gebäuden kombiniert.

- » Erhebliche Zeit- und Kostenersparnis in der Planung (BIM)
- » Maximale Kostensicherheit in der Umsetzung
- » Serieller Vorfertigungsgrad von 95%
- » Herausragende handwerkliche Ausführungsqualität
- » Bauzeitverkürzung um bis zu 75%
- » Klimapositiv und nachhaltig durch den Baustoff Holz

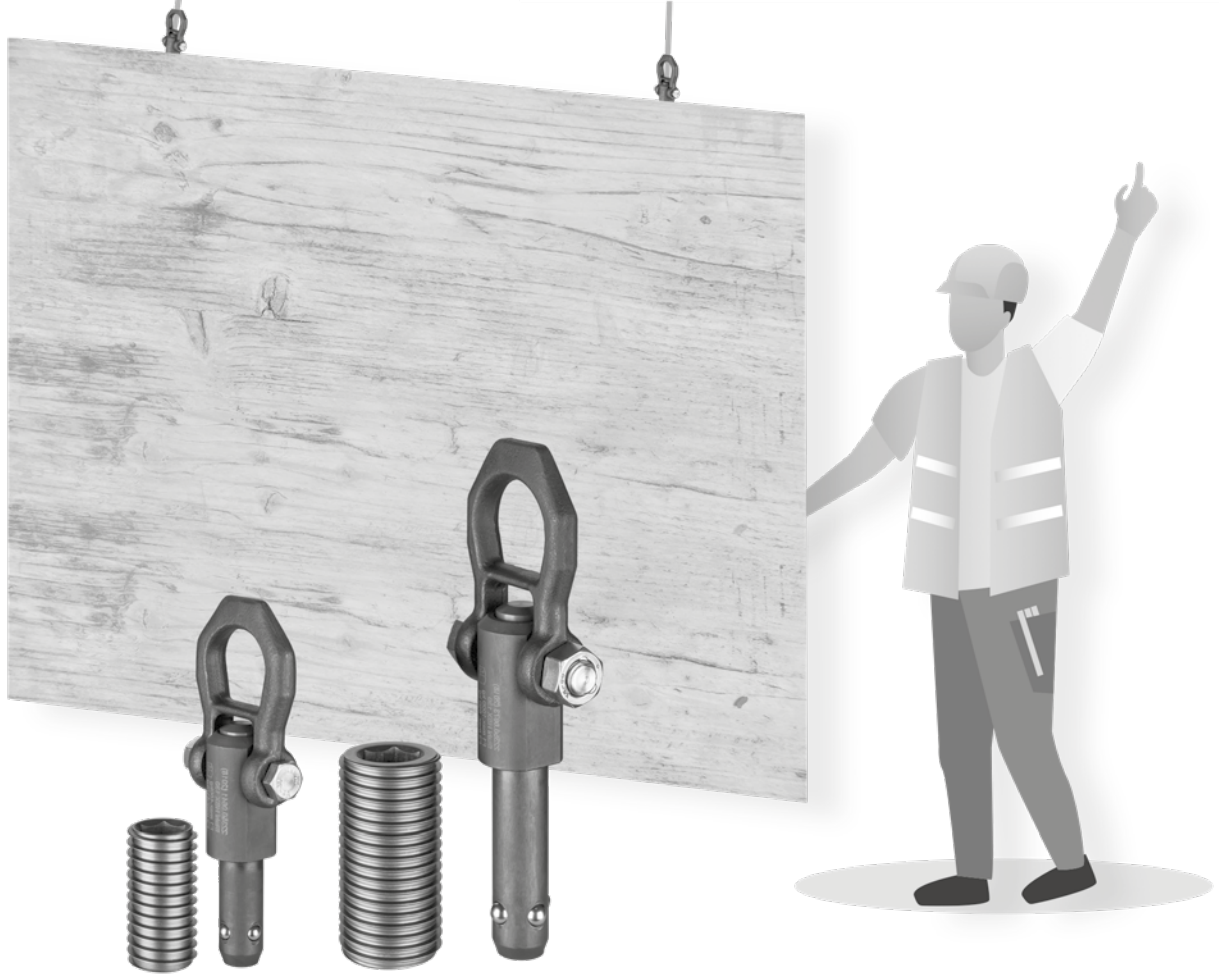
[www.purelavin.net](http://www.purelavin.net)  
office@purelavin.net | +43 (5572) 38380



**purelavin**  
wohnen weiter gedacht

# RAMPA®

*Good idea. Let's make it!*



## Zugelassenes 1-Klick RAMPA® Hebemittel

- Sicheres & schnelles Heben für Lasten bis zu 3,6 Tonnen
- 1-Klick-Verriegelungssystem
- Einfache & schnelle Verbindung
- Wartungsfrei, optische Funktionsüberprüfung ausreichend
- Geeignet für Brettsperrholz, Brettschichtholz und Konstruktionsvollholz

Jetzt direkt beim Hersteller  
bestellen: **RAMPA.com**

# B LIGNOLOC®

A BECK brand



## LIGNOLOC® ist der erste schießbare Nagel aus Holz!

### Schnelle Verarbeitung

LIGNOLOC® Holznägel werden pneumatisch eingeschossen und verbinden sich durch Holzschweißen stoffschlüssig mit dem Werkstück.

### Keine Wärmebrücken

LIGNOLOC® Holznägel stellen keine thermischen Wärmebrücken dar und ermöglichen somit höhere Dämmwerte.

### Vorbildliche Ökologie

LIGNOLOC® Holznägel werden aus heimischem Buchenholz gefertigt und sind ökologisch nachhaltig.

[www.beck-lignoloc.com](http://www.beck-lignoloc.com)



# Regupol® comfort



## Die Trittschalldämmung für geringe Aufbauhöhen

- Einbaudicke 5 mm, 8 mm oder 12 mm
- Trittschallverminderung bis 29 dB
- dynamische Steifigkeit  $\leq 10 \text{ MN/m}^3$
- belastbar bis  $5 \text{ kN/m}^2$



REGUPOL BSW GmbH

Tel.: +49 2751 803-0

Fax: +49 2751 803-109

schwingung@berleburger.de

www.regupol.de



# The Surface Experts

Performance. Service. Technology.

## Das Komplettsortiment auf die Holzindustrie abgestimmt

- Langlebige Holzbeschichtungen von der Imprägnierung bis zur Endbeschichtung.
- Vom Termitenschutz über EN 71/3, Öle und Wachse bis zur veganen Beschichtung.
- Leimholzbeschichtung für jeden Einsatzzweck auf BSH und BSP
- Speziell abgestimmte Systeme für Schalungsplatten, Schalungsträger, Gerüstdielen, Brandschutz usw.

Überzeugen Sie sich selbst und besuchen Sie uns vom 4. – 6. Dezember 2019 auf dem Forum Holzbau International im Erdgeschoss auf dem Stand Nr. EG017.

**remmers**



# UPB<sup>®</sup> BOARDS

made of Resysta<sup>®</sup>

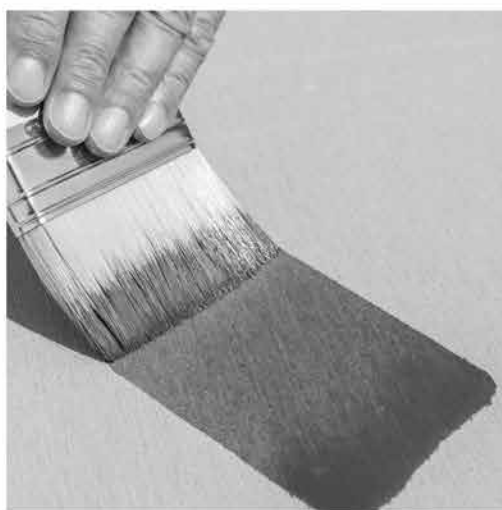
- **100% wasserfest**
- **Einfach verarbeiten wie Holz**
- **Individuelle Farbgestaltung**
- **Premium Kante**
- **Thermoverformbar**
- **100% recycelbar**



reddot design award  
winner 2017

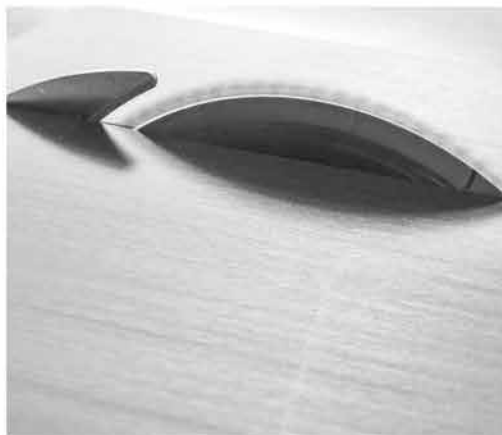


Green  
Product Award  
Winner  
CATEGORY ARCHITECTURE



**GARANTIE**  
auf  
das Material  
**80 Jahre**

kein Aufquellen  
kein Reißen  
kein Splintern  
kein Verrotten



Design-Board mit natürlichem  
Look & Feel von Holz **UPB BOARDS**

[www.upb-board.com](http://www.upb-board.com)

**iW**  
INTELLIGENTWOOD  
UPB<sup>®</sup> Boards made of Resysta<sup>®</sup>



# eternitycomfort

# safetymania

**R1**

Be- und Entlüftungssysteme fürs Dach

**R2**

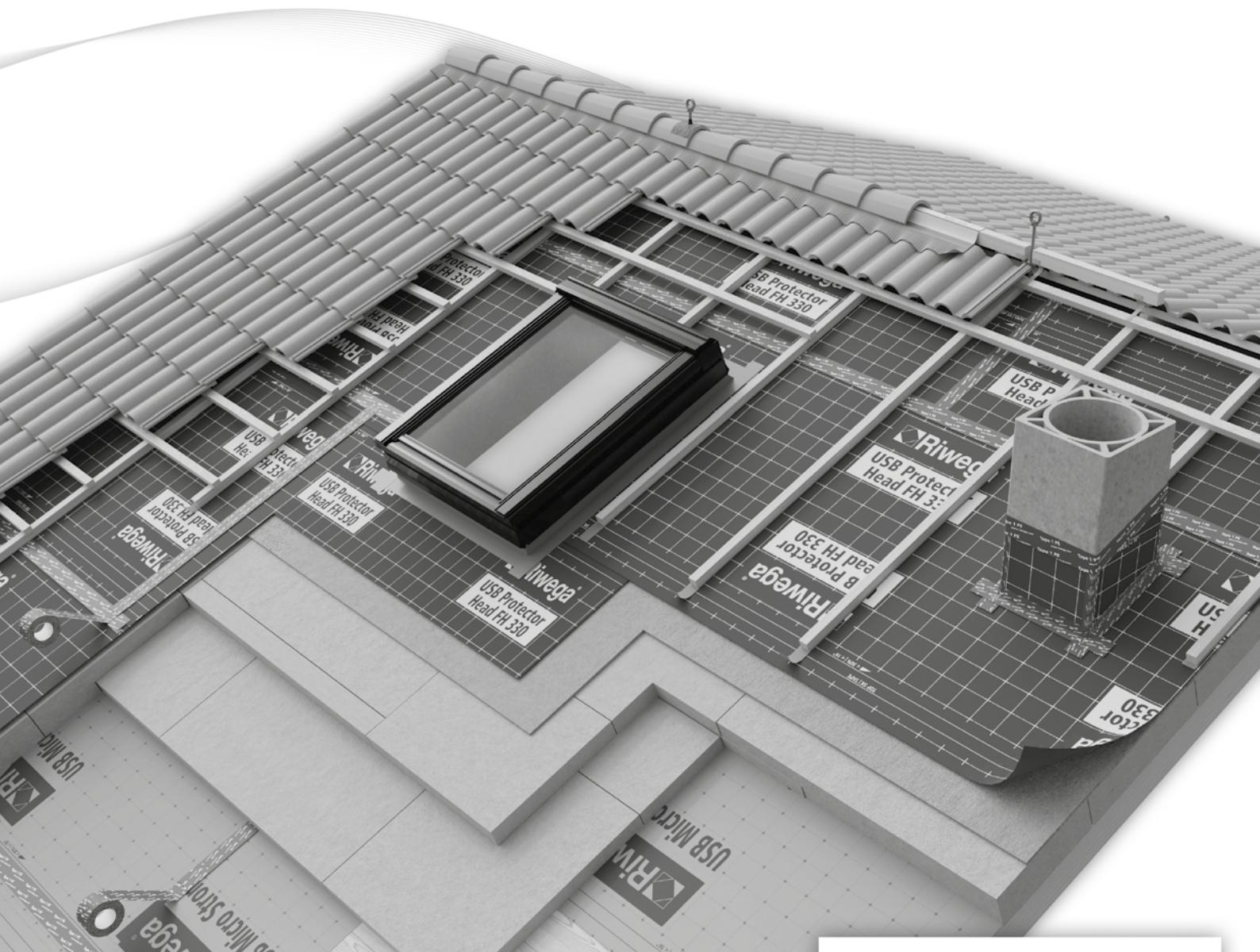
Diffusionsoffene Dach- und Wandfolien

**R3**

Wasser- Luft- Winddichtigkeit

**R4**

Absturzsicherung

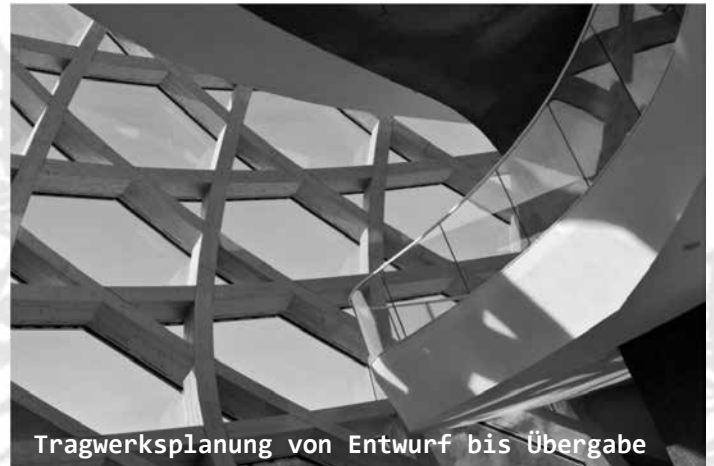


Das Beste für Dach und Wand

 **Riwega**<sup>®</sup>

[www.riwega.com](http://www.riwega.com)

Tragwerksplanung | Structural Design | Conception Structurelle  
Einfache Lösungen | Simple Solutions | Solutions simples



Tragwerksplanung von Entwurf bis Übergabe



Alternativlösungen inkl. Ausführungsstatik



Spezialkonstruktionen

Besuchen Sie uns am Stand  
Nr.239 im 2. Obergeschoss

**sblumer ZT GmbH**  
St. Peter-Hauptstraße 54  
AT-8042 Graz

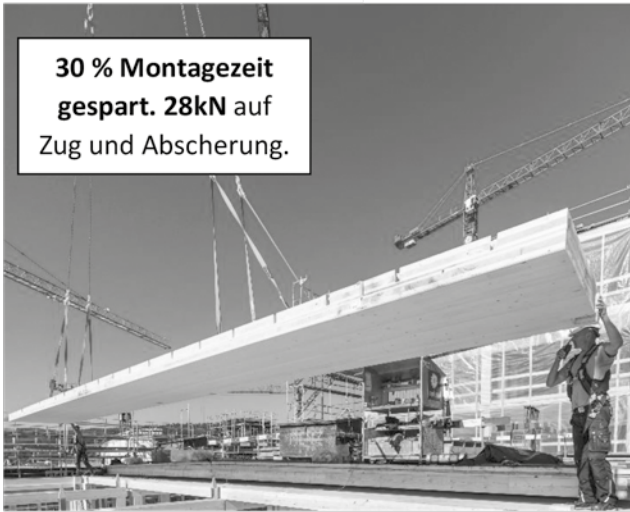
Tel : +43 316 68 05 48  
Web : [www.sblumer.com](http://www.sblumer.com)  
eMail: [office@sblumer.com](mailto:office@sblumer.com)



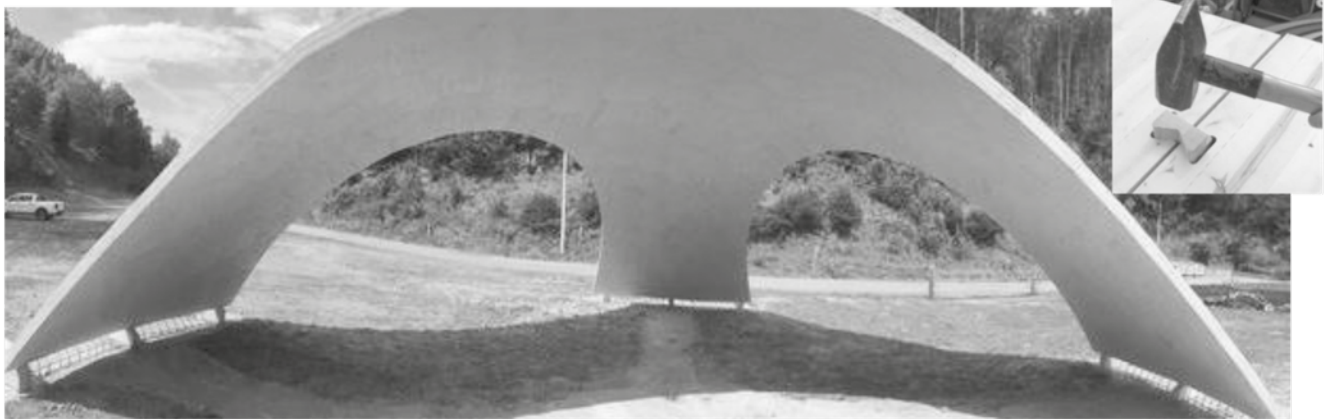
# verbindet Brettsperrholz

Ein Hammerschlag, und X-fix zieht die Bauteile zusammen.

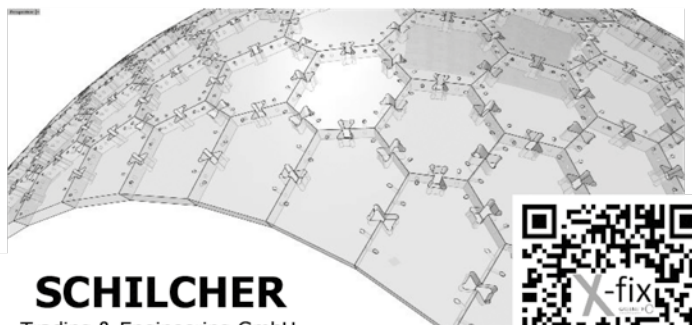
30 % Montagezeit  
gespart. 28kN auf  
Zug und Abscherung.



18.000 m2 Decken in Sichtqualität von Hasslacher  
Norica Timber verbunden mit 12.000 # X-fix C !  
Fotos: *Implenia* „Krokodil“ Lokstadt, Winterthur /CH.



X-fix Timberdome „Recyclingshell“ 230 individuelle Einzelteile aus **BSP Abfall wie Fenster und Türausschnitte** verbunden mit 600 # X-fix C ! Design DTC Uni Kaiserslautern/GER, gebaut von CLTech GmbH Kaiserslautern.



**SCHILCHER**

Trading & Engineering GmbH  
Rangersdorf, Austria  
office@x-fix.at www.x-fix.at

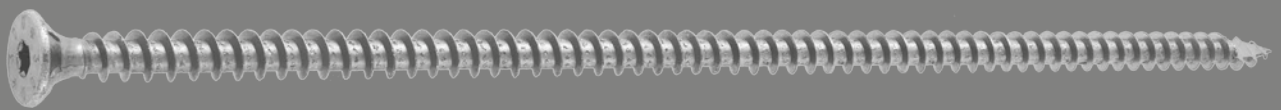




# Was wir verbinden hält.

Exzellente Auszugswerte, exzellente Druckwerte und maximale Tragkraft.

Projekt : Mactan Cebu Airport Philippinen ausgeführt mit 1 43.500 RAPID Vollgewindeschrauben



Besuchen Sie uns am IHF Innsbruck  
OG 2 - KU 209



International Departures

Schmid Schrauben Hainfeld GmbH | Landstal 10 | 3170 Hainfeld  
T +43 (0)2764 2652 | F +43 (0)2764 7712 | E info@schrauben.at

[www.schrauben.at](http://www.schrauben.at)

Geprüfte Qualität  
aus eigener Produktion.  
Made in Austria.

Verbindungen Holz-Holz | Metall-Holz | Holz-Beton-Verbund Systeme - wir bieten die Lösung die hält!



**Beraten. Verbessern.**

**Vorankommen.**

Seit 1956 realisieren wir Optimierungsprojekte mit Unternehmen der internationalen Holz- und Möbelbranche. Unser Ziel: Unseren Kunden durch innovative Unterstützung zu nachhaltigem Erfolg verhelfen.

Dazu gehört heute, neben der stetigen Steigerung des Service- und Qualitätslevels, die stetige Kosten- und Termintransparenz. Dieser Herausforderung kann vor allem durch den lückenlosen Einsatz von digitalen Lösungen begegnet werden. Gerne unterstützen wir Sie bei der Auswahl und Einführung geeigneter Lösungen. Sprechen Sie uns an.

[www.schuler-consulting.com](http://www.schuler-consulting.com)



# BUILD THE FUTURE

SCMs INNOVATIVE LÖSUNGEN  
FÜR DEN HOLZBAU



oikos x



area



pmt



## 3D CAD/CAM

Alles integriert – Die SEMA-Softwarelösung für Planung, Konstruktion und Fertigung im Holz- und Treppenbau sowie dem blechverarbeitenden Gewerbe.

## Büroorganisation & Kalkulation

Im Überblick – Die WGsystem-Lösung für Büromanagement, Auftragsabwicklung und Kalkulation.

EINZIGARTIG mit SEMA: Fertiges Angebot direkt aus dem Entwurf



## Senova

Kunststoffe GmbH & Co. KG

Kunststoffe für Architektur,  
visuelle Kommunikation  
und technische Anwendungen



Die nachhaltige Realisierung innovativer Ideen für neue Anwendungsgebiete und langjährige Zusammenarbeit mit vielen namhaften Herstellern machen **Senova** zu einem der führenden Anbieter unterschiedlichster Materialien im Architektur- und Baubereich.

Als **Mitglied** im **ÖFHF** (österr. Fachverband hinterlüftete Fassade) sind wir DER kompetente Ansprechpartner im Bereich hinterlüfteter Fassaden und Balkonbekleidungen. Durch unser umfangreiches Produktportfolio und der jahrelangen Erfahrung in der Bearbeitung (Zuschnitt, Befräsung) sind der **individuellen und einzigartigen Fassadengestaltung** fast keine Grenzen gesetzt:

- **senobond® Larson** FR und A2 – Aluminiumverbundplatten
- **senobond® Larcore** A2 - Aluminiumwabenplatten IM GROSSFORMAT
- **senoplan® Exterior, Exterior Plus, Exterior MEG** HPL Platten
- **senoplan® Externa** Balkonboden Platten
- **senofloor®** zementgebundene Faserplatte in A2 nach EN 13501 für Balkonböden
- **balkoFLOOR®** Aluminium Bodenpaneel (perfekt für Balkonböden Sanierungen)

Das **umfangreiche, flächendeckende Vertriebsnetz** von Senova und der hohe Ausbildungsgrad unserer Mitarbeiter gewährleisten ein **hohes Maß an Flexibilität** und Schnelligkeit und garantieren ein umfassendes Beratungs- und Entwicklungsservice, gerne auch vor Ort.

### Architekten-Service

Österreich u. Italien:  
Ing. Ernst Glock  
Tel. +43 (0)1 8658722-0  
e.glock@senova.com

Deutschland:  
Jürgen Boßmann  
Tel. +49 151 12457531  
j.bossmann@senova.com

[www.senova.com](http://www.senova.com)





# SHERPA Connection Systems

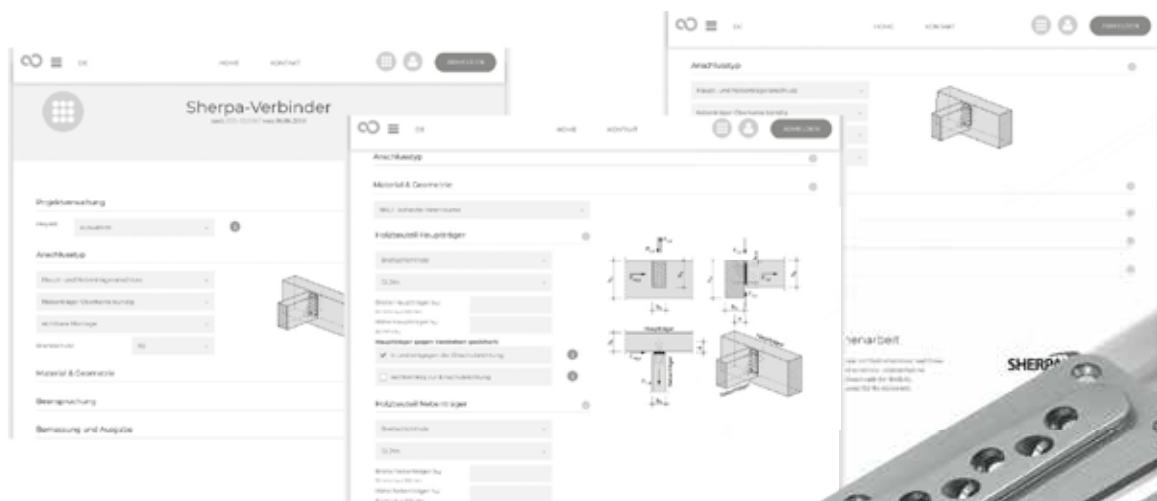
Die führende Technologie bei standardisierten Holzverbinder-Systemen



SHERPA auf der Dach + Holz in Stuttgart 2020

Sie finden uns in der Halle 10 / Nr. 413

**SO EINFACH WAR DIE BEMESSUNG NOCH NIE!**



## Gleich testen und mehrfach profitieren:

- Keine Installation oder wiederkehrende Updates erforderlich
- Die Software funktioniert auf allen üblichen Abspielgeräten
- Anwenderfreundliche und klar strukturierte Oberfläche
- Alle rechtwinkligen Holz-Holz-Anschlüsse mit SHERPA-Verbindern können nachgewiesen werden
- Branddauer von 30 und 60 Minuten kann nachgewiesen werden
- Die Prüfstatik geeigneten Nachweise können als pdf-Datei exportiert werden
- Direkte Weiterleitung des Nachweises an die SHERPA Support-Abteilung möglich
- Einzelne Projekte können online abgelegt und jederzeit angepasst werden



<https://sherpa.ing-tools.de/>

SHERPA Connection Systems GmbH  
Badl 31, A-8130 Frohnleiten, office@sherpa-connector.com  
[www.sherpa-connector.com](http://www.sherpa-connector.com)



Website >>

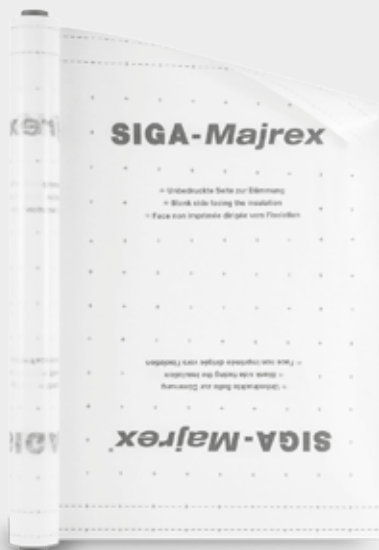
**SHERPA**<sup>®</sup>





# SIGA<sup>+</sup> 1966

SIGA ist führend in der Entwicklung, der Produktion und dem Vertrieb von wohngiftfreien Hochleistungsprodukten für eine luft- und winddichte Gebäudehülle. Rund 500 Mitarbeitende streben in über 20 Ländern nach einer Welt mit Gebäuden ohne Energieverlust.



## **Majrex<sup>®</sup>** – die sichere Dampfbremse für jede Konstruktion

Die patentierte Dampfbremse SIGA-Majrex mit Hygrobrid<sup>®</sup>-Technologie ermöglicht den kontrollierten Feuchtetransport in eine Richtung und bietet erhöhte Sicherheit in jeder Konstruktion.



### **Neubau**



### **Flach- und Steildach**



### **Sanierung**



**Stick with us.**

**[siga.swiss](http://siga.swiss)**



## AUS DEM BAUUNTERNEHMEN FÜR DIE BAUWIRTSCHAFT

Einfach mal schnell ein Haus in den Computer eingeben, um dem Bauinteressenten zu zeigen, wie sein Traum vom Haus wirklich aussehen könnte.

Diese Idee - so faszinierend sie auch ist - wird nur dann funktionieren, wenn sowohl EINFACH als auch SCHNELL wörtlich zu nehmen ist.

Als Holzbauingenieur werden Sie sicher nicht täglich am Computer sitzen und auch die Nachfrage nach Neubau, Anbau-, Umbau und Aufstockung ist saisonal unterschiedlich.

Eine Software, deren Bedienung Sie bei jeder Verwendung neu lernen müssen, wird daher für Sie ebensowenig funktionieren, wie „hochwissenschaftliche“ Programme, bei denen Sie erst nach tagelanger Arbeit Ergebnisse sehen.



# Was steckt hinter StoTherm Wood ?

Die Idee, nachhaltig zu dämmen, mit dem natürlich nachwachsenden Rohstoff Holz.



**StoClimate**   
Natürlich bauen. Natürlich leben.



Das hochökologische Fassadendämmsystem StoTherm Wood hebt sich in puncto Nachhaltigkeit deutlich von anderen Systemen ab, denn Holz wächst natürlich nach. Die Holzdämmplatte – das Herzstück des Systems – besteht zu 95 % aus natürlichen Rohstoffen. Sie ist hoch diffusionsoffen, frei von Emissionen und bindet CO<sub>2</sub> langfristig. Außerdem ist sie frei von künstlichen Stützfasern und Flammschutzmitteln und daher in der Entsorgung unbedenklich.

**sto**

Bewusst bauen.



# WOHNGESUND DÄMMEN



- ✓ Hervorragende Wärmedämmleistung:  
**Bemessungswert  $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$**
- ✓ Bester sommerlicher Hitzeschutz:  
 $c = 2.350 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- ✓ Schadstofffrei
- ✓ Hergestellt im Upcycling-Verfahren



DÄMMSTOFFE FÜR VORDENKER.  
GESUND UND NATÜRLICH ENERGIE SPAREN.



# TIMBER COMPOSITE TECHNOLOGY



HBV-System in den Niederlande



HSK-System in Kanada



**Engineering**

Die TiComTec GmbH ist ein Unternehmen, das sich schwerpunktmäßig mit der Planung moderner Holzbauwerke und dem Holz-Stahl-Klebeverbund befasst.

#### Ingenieurleistungen:

- Tragwerkskonzeption
- Statik und Projektierung
- Werkstattplanung
- Expertisen und Gutachten
- Bauphysik



**Holz-Beton - Verbund**

Die überzeugenden statischen und bauphysikalischen Eigenschaften des Holz-Beton-Verbundsystems mit eingeklebten **HBV<sup>®</sup> - Schubverbindern** erlauben einen ökonomisch sinnvollen Einsatz für Decken, Dächer, Wände und Brücken.

#### HBV-Systeme:

- Holz-Beton-Verbundsysteme
- Lieferung von Komponenten
- Ausführung der Verklebung
- Ingenieurleistungen
- Sonderkonstruktionen



**Holz-Stahl - Klebeverbund**

Die **HSK<sup>®</sup>-Systeme** mit einem eingeklebten Stahlteil ermöglichen neue Einsatzgebiete für die leistungsfähigsten Verbindungen im Holzbau.

#### HSK<sup>®</sup>-Systeme:

- Holz-Stahl-Klebeverbundsysteme
- Lieferung von Komponenten
- Ausführung der Verklebung
- Ingenieurleistungen
- Sonderkonstruktionen

**Unsere Spezialisten freuen sich auf eine Zusammenarbeit mit Ihnen**



**TiComTec GmbH**  
Beraten-Planen-Vertrieb  
Goethestr. 60  
D-63808 Haibach

**Fon** : +49 (0)6021/44642-67  
**Fax** : +49 (0)6021/44642-68  
**Email** : [info@ticomtec.de](mailto:info@ticomtec.de)  
**Web** : [www.ticomtec.de](http://www.ticomtec.de)



**Wir planen  
die Zukunft  
in Holz!**

**timber**   
concept

*We build  
the future  
with wood!*

Concept studies  
Machbarkeitsstudien  
Design | Engineering  
Statik | Tragwerksplanung



3-D Modelling  
Werkplanung | Shop drawings  
Assembly drawings | Ausführungsplanung  
Projektmanagement | Project management  
Procurement & Logistics | Beschaffung & Logistik

[www.timberconcept.de](http://www.timberconcept.de)



# Stadt aus Holz

---



Stützen, Platten, fertig!  
Entdecken Sie die Weltneuheit im Holzbau

[www.ts3.biz](http://www.ts3.biz)

**TS3**  
Timber Structures 3.0





# Tjiko

**Besuchen Sie uns vor  
dem Haupteingang des  
Congress Innsbruck!**

**“Tjiko verknüpft drei relevante Zukunftsthemen der Baubranche: Digitalisierung, Holzbau und industrielle Vorfertigung. “**

- Marcus Pöllinger, Mitglied des BayWa Vorstands

**Mehr Effizienz.**

Automatisierte Planerstellung durch interaktiven Badkonfigurator

**Mehr Planungssicherheit.**

Reduzierung der Bauzeit und klarer Kostenrahmen durch Modulbau

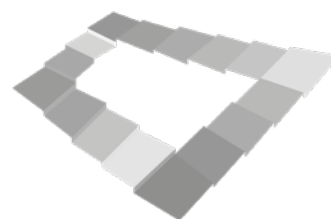
**Mehr Qualität.**

Vermeidung von Mängeln durch industrielle Vorfertigung

Tjiko GmbH  
Eduard-Rüber-Str. 7  
83022 Rosenheim  
+49 8031 2715370  
tjiko.de



IHR AUFSTIEG –  
UNSERE LEIDENSCHAFT



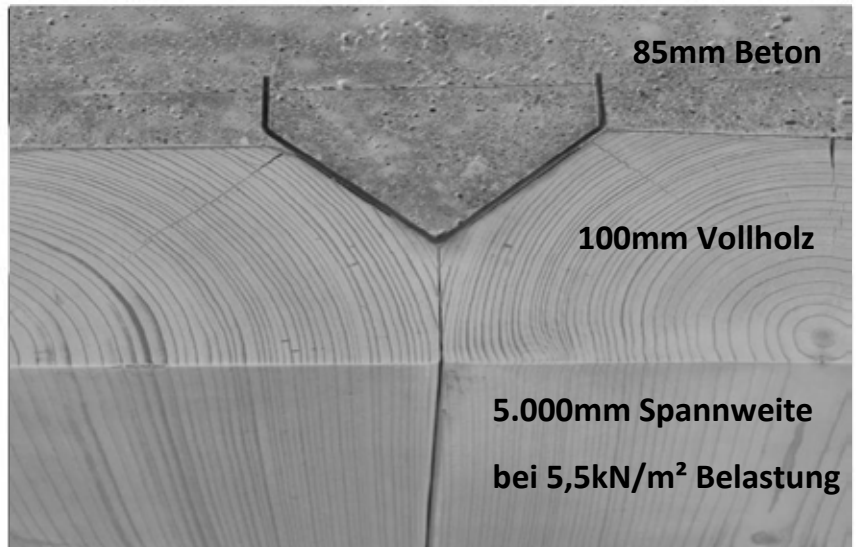
**TREPPENBAU.CH**

Neckertalstrasse 27 | CH-9608 Ganterschwil  
Tel. +41 71 932 50 60 | [www.treppenbau.ch](http://www.treppenbau.ch)



# Vollholz Hybriddecken VHE

Vollholz Hybriddecken Engelhart GmbH



- ⇒ Beste Tragfähigkeit und Schallschutz, spart 6-20 cm Bauhöhe
- ⇒ Beste CO<sub>2</sub>-Bilanz, speichert über 90 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> Decke
- ⇒ Maximale Holzausbeute von bis zu 90% vom Rundholz
- ⇒ Wunderschöne Deckenuntersicht – bis zu 40cm Balken

Vollholz Hybriddecken Engelhart GmbH  
A-2100 Stetten, Sandfeld 1  
DI Klaus Engelhart m: +43 680 233 10 13  
[office@HolzVerbund.at](mailto:office@HolzVerbund.at)  
[www.holzVerbund.at](http://www.holzVerbund.at)



leading  
timber  
engineering

SPREAD YOUR IDEAS

**WIEHAG**

TIMBER CONSTRUCTION





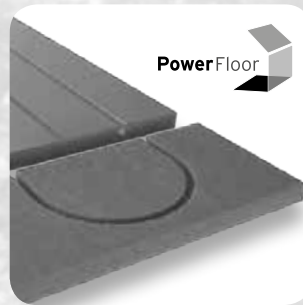
SCHALLDÄMMUNG

FUSSBODENHEIZUNG

TROCKENESTRICH



Schalldämmplatten



Fussbodenheizung



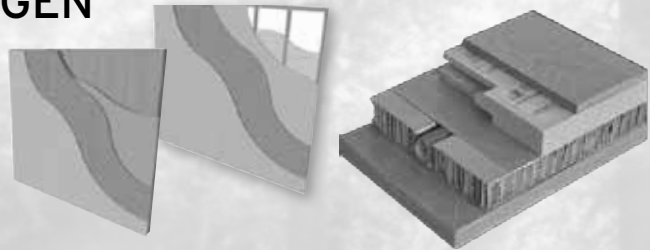
Entkopplungsstreifen



Spezialprodukte  
Messtechnik

## TROCKENE SYSTEMLÖSUNGEN

für Boden, Wand und Decke  
bei Neubau (Massiv / Holz) und Sanierung



## PHONESTRIP

Entkopplungsstreifen

PhoneStrip vermindert die Flankenübertragung von Luft- und Körperschall durch die innere Reibung und funktioniert daher grundlegend anders als herkömmliche Entkopplungslager.



✓ innovativ ✓ ökologisch ✓ ausgezeichnet

**Wolf Bavaria GmbH** - ist seit 2004 ein erfolgreiches, innovatives und expandierendes Unternehmen für Systemlösungen im Holz- und Trockenbau.

Wir bieten einfache und effiziente Lösungen für Schalldämmung, Fußbodenheizung und Trockenestrich. Unsere Produkte sind für den Bestandsausbau und Neubau optimiert.



**Wolf Bavaria GmbH**  
Gutenbergstraße 8  
91560 Heilsbronn  
Germany

Kontakt

Tel.: +49 (0) 9872 953 98 0  
Fax: +49 (0) 9872 953 98 - 11  
Email: [info@wolf-bavaria.com](mailto:info@wolf-bavaria.com)



[www.wolf-bavaria.com](http://www.wolf-bavaria.com)

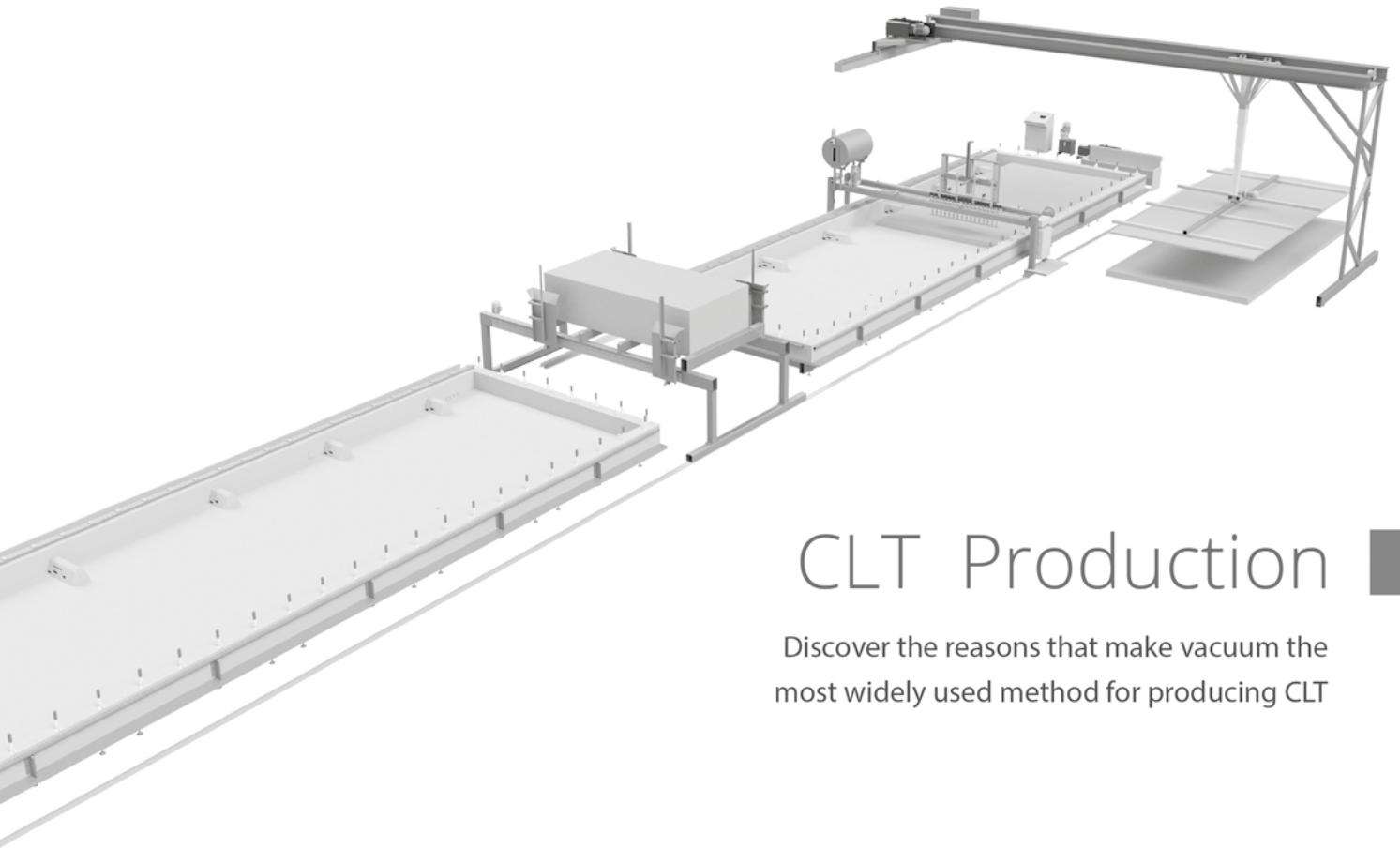


woodtec

Fankhauser GmbH

Production Technology

For Timber Construction



# CLT Production

Discover the reasons that make vacuum the most widely used method for producing CLT



Timber Frames



CLT  
Box Beams



Vacuum-laminated  
3D Forms



Glue Application

info@woodtec.ch  
www.woodtec.ch

# XLAM DOLOMITI

THE WOOD BUILDING R-EVOLUTION

X-LAM DOLOMITI S.R.L. \ Viale Venezia 35 - 38050 Castelnuovo TN - Italy \ T +39 0461 186 5070 \ MAIL info@xlamdolomiti.it \ PEC xlamdolomiti@legaimail.it



FLIPPER

XLAM DOLOMITI: Your partner for your mass timber projects.

JOWAT „Haus der Technik“, Detmold,  
© Stefan Müller



# Ihr Spezialist im Holzbau

**ZÜBLIN Timber** steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen im **Holzingenieurbau**. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbausysteme – von einfachen Tragwerken über den komplexen Ingenieurholzbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kundinnen und Kunden gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

[www.zueblin-timber.com](http://www.zueblin-timber.com)



SKAI O Heilbronn,  
© Häfele, Nagold

**ZÜBLIN**  
TEAMS WORK.