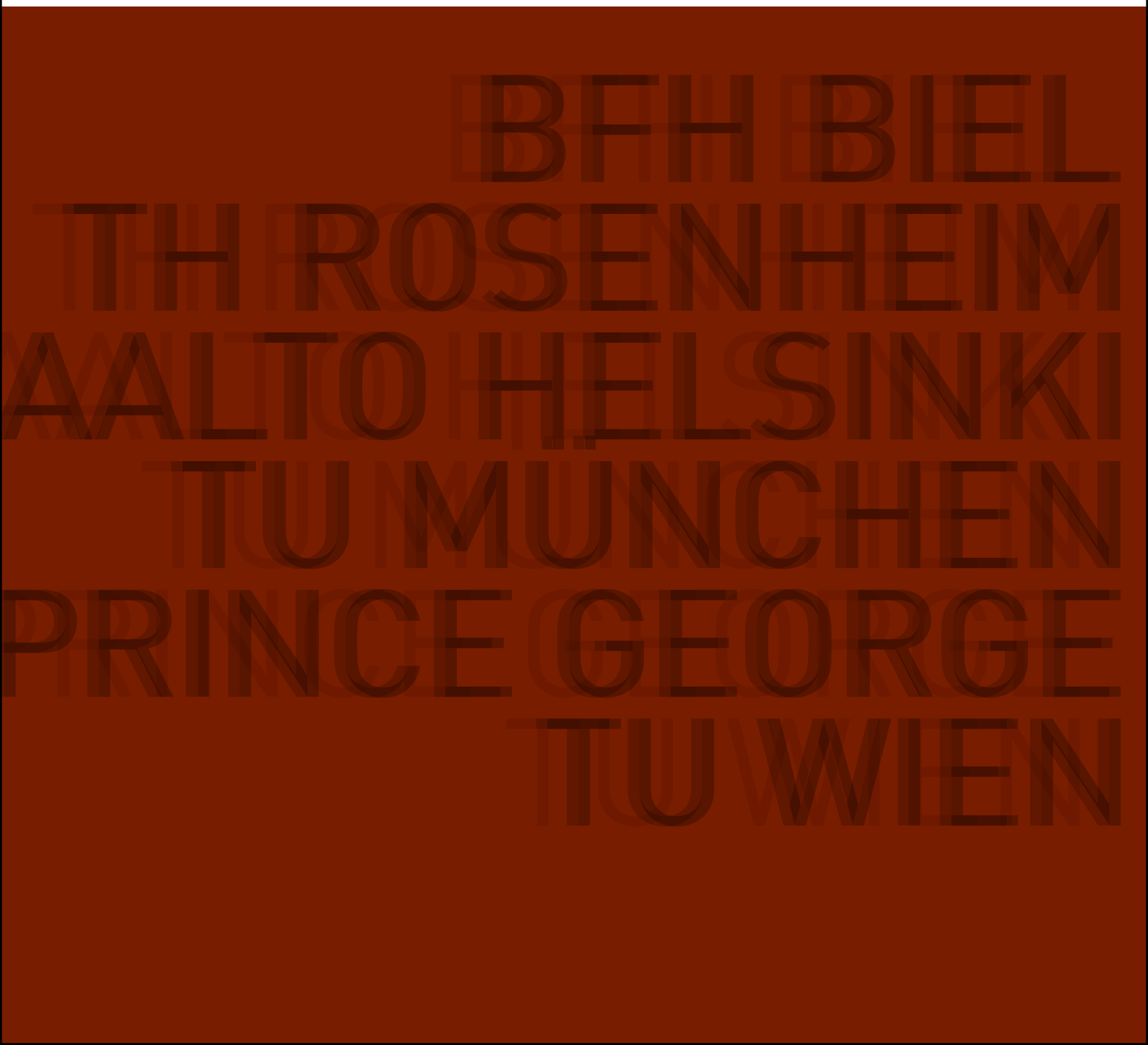
FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

28. Internationale Holzbau-Forum (IHF)
Band II 5. und 6. Dezember 2024
Aus der Praxis – Für die Praxis



FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

28. Internationale Holzbau-Forum (IHF)

Band II 5. und 6. Dezember 2024

Congress Innsbruck, Österreich

Aus der Praxis – Für die Praxis

Aalto University Helsinki, Helsinki (FI)
Berner Fachhochschule, Biel/Bienne (CH)
Landesbeirat Holz NRW, Olsberg (DE)
Technische Hochschule Rosenheim, Rosenheim (DE)
Technische Universität München, München (DE)
Technische Universität Wien, Wien (AT)
University of Northern British Columbia, Prince George (CA)

Das 29. IHF findet vom 3.–5. Dezember 2025 statt.

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

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

© 2024 by FORUM HOLZBAU, Biel/Bienne, Schweiz
ISBN 978-3-906226-68-2

www.forum-holzbau.com | www.forum-holzkarriere.com |
www.forum-holzbranche.com | www.forum-holzbranche.com

Inhalt

Donnerstag, 5. Dezember 2024

HOLZUMFELD

Ein Blick in die Zukunft

Wirtschaftsentwicklung in Europa und der Welt: Treiber, Chancen, Risiken 17
Dr. Thomas Obst, Institut der deutschen Wirtschaft, Berlin/Köln, Deutschland

The Future of Mass Timber: Building with Wood for a New Climate Reality 31
Craig Applegath, DIALOG, Toronto, Canada

HOLZTRAGWERKE

Projekte mit Ausstrahlung

The new Sydney Fish Market: the larg-est timber roof canopy in the southern hemisphere 45
Roberto Modena, Rubner Holzbau, Brixen, Italy

Sporthalle Monheim – Dachtragwerk der größten Sporthalle Europas 57
Patrick Weber, Schlosser Holzbau, Jagstzell, Deutschland

Reconstructing Notre-Dame's Spire and Transept Framework: Engineering a Masterpiece 67
Valéry Calvi, Calvi etudes Structures, Avignon, France
Gaëtan Genès, ECSB, Chalonnes-sur-Loire, France

The Red Sea Project: Ein Luxus Resort auf Sand gebaut

Ingenieurholzbau im subtropischen Klima 71
Franz Tschümperlin, SJB Kempter Fitze, Eschenbach, Schweiz

Planung und Umsetzung von 192 Freiform Holzbauten 83
Jephtha Schaffner, Blumer-Lehmann, Gossau, Schweiz

Starke Marken und Holzbau

Weleda Campus – Logistikzentrum aus Holz und Stampflehm. Ein Leuchtturm der Nachhaltigkeit 95
Bernhard Tritschler, Holzbau Amann, Weilheim/Bannholz, Deutschland
Nico Santuario, Michelgroup, Zürich/Ulm, Schweiz/Deutschland

Recent Works in Timber 113
François Ducatez, BIG - Bjarke Ingels Group, Copenhagen, Denmark

Walmart – New Corporate Headquarters: A Mass Timber Case Study 121
Ian Boyle, Fast + Epp, Vancouver, Canada

HOLZBAUENTWICKLUNG

Seismische Bemessung von Holzbauten – der neue Eurocode 8, nordamerikanische sowie japanische Vorschriften

The new Eurocode 8 – Advanced solutions for the seismic design of wooden structures with a focus on CLT 129
Prof. Massimo Fragiacomo, University of L'Aquila, L'Aquila, Italy

Seismic design approach of two realized CLT structures in Slovenia – the multistorey building and the upgrade of the existing building 141
Dr. Bruno Dujic, CBD d.o.o. Contemporary Building Design, Celje, Slovenian

Seismic design and requirements for mass timber and timber composite system for high-rise buildings in Japan 147
Prof. Dr. Hiroshi Isoda, Kyoto University, Kyoto, Japan

Neuheiten und Erfahrungen beim Kleben für extreme Anwendungen

Adhesive joints for the Wind of Change Tower – Currently the world's tallest timber wind turbine tower 157
Malte Mérono und Harald Schwab,
Fraunhofer Institute für Holzforschung, WKI, Braunschweig, Deutschland
Jonas Wranne, Modvion, Gothenburg, Sweden

Der Wangen-Turm – das gelungene Upscaling gekrümmter Holzschalenelemente 167
Prof. Dr. Jan Knippers und Gregor Neubauer, Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart, Deutschland
Dr. Gerhard Dill-Langer, Materialprüfanstalt, Universität Stuttgart, Deutschland

Fatigue resistance models and verification of laminated LVL wind turbine tower bonded connections 177
Geir Söderin and Erik Dölerud, Modvion, Göteborg, Sweden

Kreislaufwirtschaft im Holzbau – Lösungsansätze und gelungene Beispiele

Three concepts of circular wood – and how to get there 189
Kristine Nore, Omtre, Hønefoss, Norway

HBV-Decken vollständig kreislauffähig – re-use und re-cycling in der Praxis angekommen! 195
Dr. Jan Wenker und Stefan Behring, Brüninghoff Group, Heiden, Deutschland

Hasletre – ein anpassungsfähiges, demontierbares Bürogebäude in Holzbauweise in Oslo 209
Moritz Groba, Oslotre, Oslo, Norway

Freitag, 6. Dezember 2024

Block A

Exponierte Ingenieurbauwerke

Argumente für die Wirksamkeit und Notwendigkeit des vorbeugenden baulichen Holzschutzes 227
Dr. Matthias Frese und Elisabet Kuck,
Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Durchdacht überdacht – E-Ladestationen aus Holz 239
Marcus Fischer, Hasslacher Building Solutions, Sachsenburg, Österreich

Aussichtsturm Idarkopf – ein Hybridbauwerk nach dem Prinzip des bauteilbezogenen Holzschutzes 253
Johannes Weinmann, Schaffitzel Holzindustrie, Schwäbisch Hall, Deutschland

Über Auto und Bahn – Olympiabrücke Paris über die Autobahn A1 und Bahnhofsbrücke Zwolle 263
Frank Miebach, Ingenieurbüro Miebach, Lohmar, Deutschland

Glued GLVL panels for a new footbridge over the Brussels Ring 275
Laurane Néron, Ney & Partners WOW, Brussels, Belgium

New Timber Bridges in Spain and Experiences from the Past 283
Julio Vivas, Media Madera Ingenieros Consultores, Carreño, Spain

Block B

Zweiachsig gespannte Balkenroste

Smart Timber Grid – neue Verbindungstechniken für Balkenroste 295
Prof. Dr. Roland Maderebner, Sophia Reuss und Michael Flach, Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich
Sebastian Hirschmüller, TFH Rosenheim, Rosenheim, Deutschland

Taiyuan Botanical Garden Tea House 305
Lucas Epp and Rene Visscher, StructureCraft, Vancouver, Canada
Pietro Vinca da Sesso, StructureCraft, Trento, Italy,

Reciprocal structure in Kasterlee 313
Charline Lefèvre, Ney & Partners WOW, Brussels, Belgium

«La Grenette» Market Square – Scionzier, France 319
Andréa Voisin, Arborescence, Aime-la-Plagne, France

Rib shell for the Varberg observation Tower 325
Lukas Nordström, White Arkitekter, Gothenburg, Sweden
Alexander Sehlström, WSP, Gothenburg, Sweden
Niklas Johansson, Ramboll, Gothenburg, Sweden

Block C

Die konstruktive Vielfalt: Varianten im Mehrgeschossiger Holzbau – Skelett, Element und (Raum-)Modul

Das UmweltHaus in Nürnberg setzt neue Maßstäbe – die Zentrale der UmweltBank auf 13 Geschoßen 337
Sven Joerges, ZÜBLIN Timber, Aichach, Deutschland

Cederhusen – Award-winning wooden high-rise in Stockholm 347
Frida Tjernberg Persson, Looström Structural Design, Stockholm, Sweden

Qualitätsmanagement im Holzhochhausbau: Herausforderungen und nachhaltige Lösungen am Beispiel ZWHATT H1 353
Thomas Wehrle, ERNE Holzbau, Laufenburg, Schweiz

Systemische Holz-Schulbauten: hochwertige Lernräume, die begeistern 365
Prof. Nicole Kerstin Berganski, Technische Universität Berlin, Deutschland

Brandschutz im (Holz-) Modulbau – wie wird Planungssicherheit erreicht? 371
Prof. Dr. Dirk Kruse, Dehne Kruse Brandschutzingenieure, Braunschweig, Deutschland

Rahmenbedingungen für ein wirtschaftliches Bauen mit Raummodulen in höchster Qualität 379
Urs Ickler, Timber Homes, Dorfen, Deutschland

Block D

TUM.wood – Abenteuer Forschung – ein Diskussionsforum

Holzbewehrtes Holz 397
Dr. Markus Lechner, NEXUS Timber Consulting, München/Tittmoning, Deutschland

Timber Earth Slab: Robotisch gefertigte Holz-Lehm-Decken für den mehrgeschossigen Holzbau 407
Prof. Dr. Kathrin Dörfler und Janna Vollrath,
Technische Universität München, München, Deutschland

Effiziente Ressourcennutzung für den Holzbau 417
Dr. Wolfgang Gindl-Altmutter und Prof. Dr. Johannes Konnerth,
Institut für Holztechnologie und nachwachsende Rohstoffe/
BOKU University, Tulln, Österreich

Epilog

Der Holzbau ist zurück auf der Weltbühne internationaler Events

Timber in buildings and equipment's for Paris Olympic Games 2024 427
Georges-Henri Florentin, Honorary General Engineer of Bridges, Water and Forests, secretary of the Forestry and Wood Sector section of the France Academy of Agriculture, president of France Bois 2024, Toulon, France

Holzbau als Leitmotiv der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart 435
Andreas Hofer, Internationale Bauausstellung IBA'27, Stuttgart, Deutschland

Expo 2025, Osaka, Kansai, Japan 443
Sou Fujimoto, Sou Fujimoto Architects, Tokyo, Japan

20.000 m³ Gluelam for the world biggest Timber skeleton structure without diagonal bracing 449
Mikio Koshihara, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, Tokyo, Japan

Moderation und Begrüssung

Dr. Aicher Simon
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 856 22 87
simon.aicher@mpa.uni-stuttgart.de

Alversammer Wolfgang
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 23 81
wolfgang.alversammer@th-rosenheim.de

Prof. Dr. Dietsch Philipp
Karlsruher Institut für Technologie
R.-Baumeister-Platz 1
76131 Karlsruhe, Deutschland

+49 7216 084 22 11
dietsch@kit.edu

Prof. Flach Michael
Universität Innsbruck
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck, Österreich

+43 660 694 86 54
michael.flach@uibk.ac.at

Prof. Heinzmann Andreas
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 23 08
andreas.heinzmann@fh-rosenheim.de

Prof. Kohaus Maren
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 29 40
maren.kohaus@th-rosenheim.de

Prof. Dr. h.c. Köster Heinrich
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 120
heinrich.koester@th-rosenheim.de

Prof. Dr. Küppersbusch Daniel
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 28 67
daniel.kueppersbusch@th-rosenheim.de

Prof. Müller Andreas
Berner Fachhochschule,
Architektur, Holz und Bau
Solothurnstrasse 102
2504 Biel/Bienne, Schweiz

+41 32 344 03 19
andreas.mueller@holzbauexperten.ch

Prof. Dr. Niemann Anne
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 25 57
anne.niemann@th-rosenheim.de

Ass. Prof. Dr. Schauerte Tobias
Linnaeus University
Lückligsplats 1
35195 Växjö, Schweden

+46 4707 088 24
tobias.schauerte@lnu.se

Dr. Wimmers Guido
British Columbia Institute of Technology
3700 Willingdon Ave
V5G 3H2 Burnaby, Kanada

+1 604 432 85 01
guido_wimmer@bcit.ca

Prof. Dr. Winter Stefan
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 922 417
winter@tum.de

Prof. Winter Wolfgang
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
1040 Wien, Österreich

+43 6991 033 50 49
winter@iti.tuwien.ac.at

Prof. Zimmermann Stanislas
Berner Fachhochschule,
Architektur, Holz und Bau
Solothurnstrasse 102
2504 Biel/Bienne, Schweiz

+41 32 344 02 02
stanislas.zimmermann@bfh.ch

Referenten

Applegath Craig
DIALOG
500, 35 John Street
M5V 3G6 Toronto, Canada

+1 416 623 10 77
CApplegath@dialogdesign.ca

Bensemann Eric
EliTE Holzbau GmbH
Eichenstrasse 1b
15378 Rüdersdorf, Deutschland

info@elite-holzbau.de

Prof. Berganski Nicole Kerstin
Technische Universität Berlin
Strasse des 17. Juni 135
10623 Berlin, Deutschland

berganski@tu-berlin.de

Boyle Ian
Fast + Epp
201-1672 West 1st Ave
V6J 1G1 Vancouver, Canada

+1 604 928 06 57
iboyle@fastepp.com

Calvi Valéry
CALVI ETUDES STRUCTURES
40, Boulevard Limbert
84000 Avignon, France

+33 4 90 82 21 69
v.calvi@becalvi.fr

Clère Laurent
Arborescence
23, rue Notre-Dame
69006 Lyon, France

+33 4 79 07 96 54
bet.arborescence@orange.fr

Dr. Dill-Langer Gerhard
Materialprüfungsanstalt (MPA)
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 856 22 80
gerhard.dill-langer@mpa.uni-stuttgart.de

Dölerud Erik
modvion
Transportgatan 39
422 46 Gothenburg, Sweden

+46 702 720 624
erik@modvion.com

Prof. Dr. Dörfler Kathrin
Technische Universität München TUM
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 928 468
doerfler@tum.de

Ducatez François
BIG - Bjarke Ingels Group
Sundkaj 165
2150 Nordhavn Kopenhagen, Denmark

+45 2429 83 25
francoisd@big.dk

Dr. Dujic Bruno
CBD d.o.o.
Lopata 19g
3000 Celje, Slovenia

bruno.dujic@cbd.si

Epp Lucas
StructureCraft
1929 Foy St.
V2T 6B1 Abbotsford, Canada

+1 604 940 88 89
lepp@structurecraft.com

Fischer Marcus
HASSLACHER Building Solutions GmbH
Feistritz 1
9751 Sachsenburg, Österreich

+43 4769 224 90
marcus.fischer@hasslacher.com

Florentin Georges-Henri
GH FLORENTIN France Bois 2024
5, rue Saint François
83000 Toulon, France

georges-henri.florentin@outlook.fr

Prof. Fragiacomo Massimo
Università degli Studi dell'Aquila
Via Giovanni Di Vincenzo 16/B
67100 L'Aquila, Italy

+39 0862 434 522
massimo.fragiacomo@univaq.it

Dr. Frese Matthias
Karlsruher Institut für Technologie KIT
Kaiserstrasse 12
76131 Karlsruhe, Deutschland

+49 7216 084 79 48
matthias.frese@kit.edu

Fujimoto Sou
Sou Fujimoto Architects
Ichikawa Seihon bldg 6F.
10-3 Higashienoki-cho, Shinjuku-ku,
162-0807 Tokyo, Japan

+81 3 3513 5401
a.nikaido@sou-fujimoto.net

Prof. Dr. Gindl-Altmutter Wolfgang
BOKU - University Institut für Holztechnologie
und Nachwachsende Rohstoffe
Konrad Lorenz Strasse 24
3430 Tulln, Österreich

+43 147 654 891 59
wolfgang.gindl@boku.ac.at

Green Michael
MGA Michael Green Architecture
1535 W. 3rd Ave
V6J 1J8 Vancouver, Canada

+1 604 336 47 70
michael@mg-architecture.ca

Prof. Heinzmann Andreas
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 23 08
andreas.heinzmann@fh-rosenheim.de

Ickler Urs
Timber Homes GmbH & Co. KG
Orlfing 1
84405 Dorfen, Deutschland

+49 8081 953 831 00
uickler@timber-homes.de

Joerges Sven
ZÜBLIN Timber GmbH
Industriestrasse 2
86551 Aichach, Deutschland

+49 7971 258 420
sven.joerges@zueblin.de

Prof. Kohaus Maren
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 29 40
maren.kohaus@th-rosenheim.de

Prof. Dr. Koshihara Mikio
University of Tokyo
Komaba 4-6-1, Meguro-ku
153-8505 Tokyo, Japan

+81 3 5452 6840
kos@iis.u-tokyo.ac.jp

Genès Gaëtan
Etude Charpente et Structure Bois
5, rue de l'Eperonnerie
49290 Chalonnes sur Loire, France

+33 2 41 74 10 15
ecsb.gg@gmail.com

Gontier Pascal
Atelier Pascal Gontier
8 rue de Valois
75001 Paris, France

+33 1 49 23 15 41
pascal@pascalgontier.com

Groba Moritz
Oslotre
Tollbugata 6
0152 Oslo, Norwegen

+47 9429 34 14
moritz@oslotre.no

Hofer Andreas
Internationale Bauausstellung IBA2027
Alexanderstrasse 27
70184 Stuttgart, Deutschland

+49 172 734 53 55
andreas.hofer@iba27.de

Prof. Dr. Isoda Hiroshi
Kyoto University
Yoshidahonmachi, Sakyo Ward
606-8501 Kyoto, Japan

isoda.hiroshi.2w@kyoto-u.ac.jp

Prof. Dr. Knippers Jan
Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 858 27 60
jan.knippers@itke.uni-stuttgart.de

Prof. Dr. Konnerth Johannes
BOKU - University Institut für Holztechnologie
und Nachwachsende Rohstoffe
Konrad Lorenz Strasse 24
3430 Tulln, Österreich

+43 147 654 891 59
johannes.konnerth@boku.ac.at

Prof. Dr. Kruse Dirk
Dehne, Kruse Brandschutzingenieure
GmbH & Co. KG
Gustav-Schwannecke-Strasse 13
38518 Gifhorn, Deutschland

+49 5312 615 79 04
kruse@kd-brandschutz.de

Dr. Lechner Markus
NEXUS Timber Consulting
Pallingerstrasse 15
84529 Tittmoning, Deutschland

mail@markuslechner.com

Prof. Dr. Maderebner Roland
Universität Innsbruck
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck, Österreich

+43 512 507 632 09
roland.maderebner@uibk.ac.at

Miebach Frank
Ingenieurbüro Miebach
Haus Sülz 7
53797 Lohmar, Deutschland

+49 2205 904 480
frank.miebach@ib-miebach.de

Néron Laurane
Ney & Partners WOW Brüssel
Chaussée de Mons 95
1070 Brüssel, Belgium

+32 489 80 31 04
wow@ney.partners

Nordström Lukas
White arkitekter AB
Magasinsgatan 10
403 17 Gothenburg, Sweden

+46 316 086 00
lukas.nordstrom@white.se

Dr. Obst Thomas
Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.
Konrad-Adenauer-Ufer 21
50459 Köln, Deutschland

+49 3027 877 135
obst@iwkoeln.de

Santuario Nico
MICHELGROUP GmbH
Pfarrer-Weiss-Weg 18
89077 Ulm, Deutschland

+49 7319 200 70
nico.santuario@michelgroup.eu

Söderin Geir
modvion
Transportgatan 39
422 46 Gothenburg, Sweden

+46 702 720 624
geir@modvion.com

Lefèvre Charline
Ney & Partners WOW Brüssel
Chaussée de Mons 95
1070 Brüssel, Belgium

+32 2 899 30 43
cle@ney.partners

Mérono Malte
Fraunhofer-Institut für Holzforschung -
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
Riedenkamp 3
38108 Braunschweig, Deutschland

+49 5312 155 354
malte.merono@wki.fraunhofer.de

Modena Roberto
Rubner Holzbau GmbH
Alfred Ammon Strasse 12
39042 Brixen, Italy

+39 0472 822 666
roberto.modena@rubner.com

Neubauer Gregor
Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 858 32 63
g.neubauer@itke.uni-stuttgart.de

Nore Kristine
OMTRE
Årbogveien 100
3515 Hønefoss, Norway

+47 9094 94 84
kristine.nore@omtre.no

Pei Shiling
Colorado School of Mines
1500 Illinois St.
80401 Golden CO, United States

+01 303 273 39 32
spei@mines.edu

Schaffner Jephtha
Blumer-Lehmann AG
Erlenhof
9200 Gossau, Schweiz

+41 71 388 52 27
jephtha.schaffner@blumer-lehmann.ch

Tjernberg Persson Frida
Looström
Katarinavägen 17, 6 tr
116 45 Stockholm, Sweden

+46 875 511 60
frida.tjernberg@loostrom.se

Tophoven Jonas
Forum Bois Construction
53, boulevard de la Villette
75010 Paris, France

+33 1 42 00 17 80
jonas@nvbcom.fr

Tritschler Bernhard
Holzbau Amann GmbH
Albtalstrasse 1
79809 Weilheim-Bannholz, Deutschland

+49 7755 920 112
b.tritschler@holzbau-amann.de

Tschümperlin Franz
SJB Kempter Fitze AG
Gublenstrasse 2
8733 Eschenbach, Schweiz

+41 55 282 61 90
f.tschuemperlin@sjb.ch

Vivas Julio
Media madera
Pol. Tabaza II, Nr. 16
33430 Carreño, Spain

+34 985 516 916
julio@mediamadera.com

Weber Patrick
SCHLOSSER plan.Projekt GmbH & Co. KG
Industriestrasse 17-23
73489 Jagstzell, Deutschland

+49 7697 909 022
patrick.weber@schlosser-projekt.de

Wehrle Thomas
ERNE AG Holzbau
Werkstrasse 3
5080 Laufenburg, Schweiz

+41 62 866 15 26
thomas.wehrle@erne.net

Weinmann Johannes
Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG
Herdweg 23-24
74523 Schwäbisch Hall, Deutschland

+49 7907 987 040
johannes.weinmann@schaffitzel.de

Prof. Dr. Welpe Isabell M.
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 924 802
welpe@tum.de

Dr. Wenker Jan
Brüninghoff GmbH & Co. KG
Industriestrasse 14
46359 Heiden, Deutschland

+49 2867 223 55 16
jan.wenker@brueninghoff.de

Wranne Jonas
modvion
Transportgatan 39
422 46 Gothenburg, Sweden

+46 702 720 624
jonas.wranne@modvion.com

Donnerstag, 5. Dezember 2024

Holzumfeld

Ein Blick in die Zukunft

Wirtschaftsentwicklung in Europa und der Welt: Treiber, Chancen, Risiken

Dr. Thomas Obst
Institut der deutschen Wirtschaft
Berlin/Köln, Deutschland



Wirtschaftsentwicklung in Europa und der Welt: Treiber, Chancen, Risiken

In diesem Beitrag soll die Wirtschaftsentwicklung in Europa und der Welt aufgezeigt werden. Es werden dabei Treiber der aktuellen konjunkturellen Entwicklung als auch der Einfluss diverser geopolitischer Entwicklungen auf Europa herauskristallisiert. Die makroökonomischen Auswirkungen der multiplen Konjunkturschocks und strukturellen Anpassungslasten soll insbesondere für die europäische Industrie im internationalen Standortwettbewerb diskutiert werden. Abschließend werden überblicksartig wirtschaftspolitische Strukturreformen diskutiert.

Der Beitrag ist im Weiteren wie folgt aufgebaut: Zunächst wird die heterogene wirtschaftliche Entwicklung in Europa, USA und China seit Ende 2019 dargestellt. Nach einer Erläuterung der wirtschaftlichen Dynamik der vergangenen Jahre wird der konjunkturelle Ausblick für dieses und nächstes Jahr gegeben. Es wird weiterhin gezeigt, welche wirtschaftspolitischen Entwicklungen Treiber und Chancen für das makroökonomische Umfeld darstellen. Im zweiten Teil werden die wesentlichen geopolitischen Entwicklungen mit Blick auf die Bedeutung für die europäische Wirtschaft aufgezeigt. Insbesondere sollen die Risiken einer zunehmenden Fragmentierung der Weltwirtschaft für den globalen Welthandel aufgezeigt werden. Die Auswirkungen der multiplen Konjunkturschocks werden im dritten Teil mit Blick auf die europäische Industrie im internationalen Standortwettbewerb anhand verschiedener empirischer Standortindikatoren diskutiert. Der Beitrag endet mit Schlussfolgerungen für die Wirtschaftspolitik.

Der Beitrag beruht auf einer Vielzahl von Studien, die vom Autor und Co-Autoren im Laufe der vergangen drei Jahre am IW publiziert wurden. Besonders hervorzuheben sind die zweimal jährlich veröffentlichen Konjunkturprognosen, als auch die makroökonomischen Simulationen verschiedener Wirtschaftspolitiken oder Änderungen geopolitischer Rahmenbedingungen mit dem *Global Economic Model* von *Oxford Economics*.

1. Weltwirtschaft: Blick auf Europa, USA und China

Die Weltwirtschaft steht derzeit vor drei zentralen Herausforderungen, die die konjunkturellen Aussichten stark dämpfen. **(1)** Erstens birgt die geopolitische Unsicherheit erhebliche Risiken: Der Krieg in der Ukraine, anhaltende militärische Auseinandersetzungen im Nahen Osten und dadurch bedingte Angriffe in strategisch wichtigen Seegebieten belasten die internationale Zusammenarbeit **(2)** Darüber hinaus befindet sich die Industriekonjunktur in den fortgeschrittenen Volkswirtschaften in einer Rezession. Hier spielen insbesondere die Energiepreisschocks und persistente Inflation eine Rolle. **(3)** Hinzu kommt die Neuaufstellung der energetischen Grundlagen in Europa sowie ein Subventionswettlauf und steigende Handelszölle, welche die protektionistischen Tendenzen zwischen den großen Wirtschaftsräumen weiter verstärken.

1.1. Wie verlieft die wirtschaftliche Entwicklung seit der Pandemie?

Abbildung 1 zeigt erhebliche Unterschiede bei der wirtschaftlichen Erholung seit Ausbruch der Corona Pandemie zwischen den großen Volkswirtschaften auf. Die von vielen erhoffte V-Entwicklung traf im Wesentlichen nur für China ein. Alle anderen Volkswirtschaften brauchten bis zum Herbst 2021, bis sie das jeweilige Wirtschaftsniveau von Q4 2019 wieder erreichen konnten. Die USA sind nach China das einzige Land, was zu seinem Wachstumstrend vor der Pandemie wieder zurückgekehrt ist. Im Q3 2024 liegt die Wirtschaftsleistung bereits 11 Prozent über dem Niveau von Ende 2019. Die Schweiz zeigt die drittstärkste Entwicklung beim Wirtschaftswachstum, welches im Q2 2024 etwa 8 Prozent höher als Ende 2019 liegt.

In der Eurozone war die konjunkturelle Entwicklung deutlich gedämpfter. Dort sehen wir ein moderates Wachstum. Die Wirtschaftsleistung liegt im Q3 2024 etwa 5 Prozent höher als im Q4 2019. Auffällig ist, dass die deutsche Wirtschaftsleistung sich vom Rest der hier

dargestellten Volkswirtschaften entkoppelt hat. Das reale BIP-Wachstum in Deutschland bleibt nahe der Nulllinie bis zum Q3 2024. Damit ist sie seit nun mehr als 5 Jahren durch eine Stagflation gekennzeichnet, die durch einen schwachen privaten Konsum und eine besonders geringe Dynamik bei den privaten und öffentlichen Investitionen gekennzeichnet ist (hier nicht dargestellt).

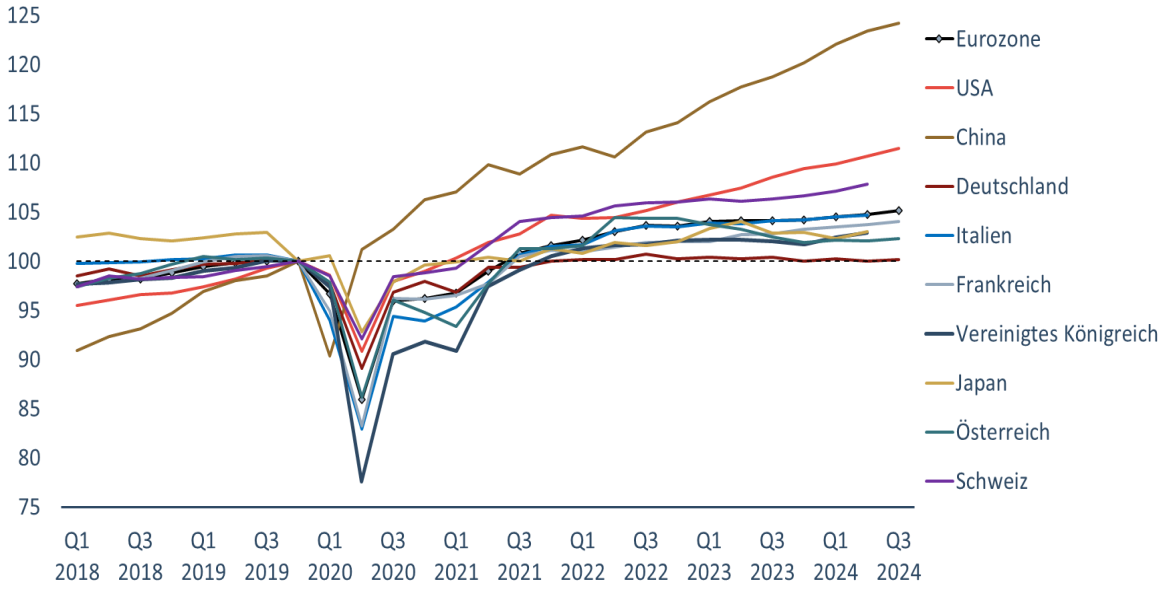


Abbildung 1: Vergleich der Wirtschaftsleistung in 10 Ländern

Reales BIP (saisonbereinigt), Index Q4 2019 = 100

Quellen: Eurostat; OECD; BEA; World Bank; Statistisches Bundesamt
Hinweis: Eurozone, Deutschland, Italien, Österreich, Schweiz und Frankreich zusätzlich auch kalenderbereinigt

Die strukturellen Herausforderungen, die durch die Pandemie und die geopolitischen Spannungen wie den Ukraine-Krieg noch verschärft wurden, haben in der europäischen Wirtschaft, insbesondere in der deutschen, tiefere «Narbeneffekte» hinterlassen als in anderen Regionen. Dieser Kontext unterstreicht die Dringlichkeit von Strukturreformen zur Wiederbelebung der Wachstumsdynamik in Deutschland und Europa.

1.2. Weltwirtschaft auf moderatem Wachstumspfad

Trotz der anhaltenden geopolitischen und wirtschaftlichen Herausforderungen weist der Welthandel im ersten Halbjahr 2024 Stabilität auf (Abbildung 2). Im August 2024 liegt das Handelsvolumen (gemessen als realer Warenhandel) 2,8 Prozent über dem Niveau des Vorjahresmonats. Dies stellt eine beachtliche Wende dar, wenn man bedenkt, dass der reale Welthandel im Vorjahr im Jahresvergleich noch um 1,1 Prozent geschrumpft war.

Das Gleiche gilt für die reale Weltproduktion. Nach einem sehr schwachen Wachstum von knapp 1 Prozent im Jahr 2023 liegt sie im August 2024 bereits 1,8 Prozent über dem Vorjahresmonat. Abbildung 2 zeigt aber auch, dass diese leicht positive Entwicklung vor allem von den Schwellenländern getrieben ist. Dazu zählen unter anderem China, Indonesien oder Südkorea. Vor allem in China entwickelt sich die Industrieproduktion trotz des gedämpften Wirtschaftswachstums dynamisch. Hingegen befindet sich die Industrieproduktion in den fortgeschrittenen Volkswirtschaften seit Sommer 2022 in einer anhaltenden Schwächephase. Im Gegensatz zum Euroraum konnte sich die Industrieproduktion in den USA zumindest stabilisieren und ein Mini-Wachstum im Jahr 2023 verzeichnen. Im Euroraum schrumpfte die Industrieproduktion im vergangenen Jahr um insgesamt 2 Prozent.

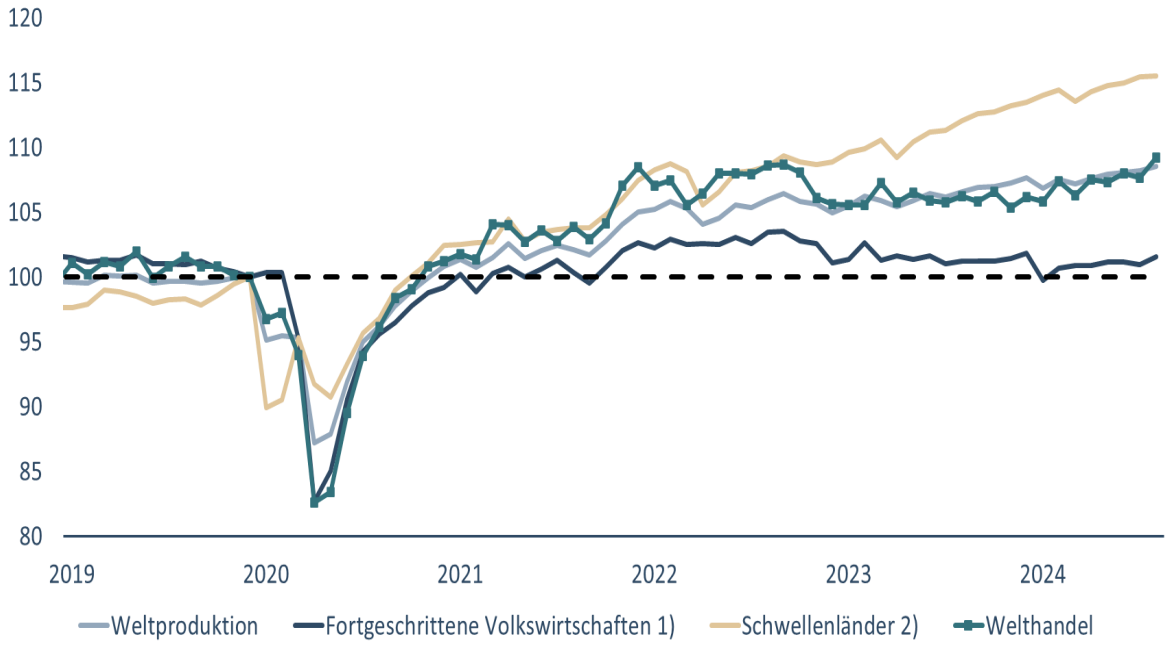


Abbildung 2: Globale Industrieproduktion und Welthandel

Index, 12/2019=100; Preis- und Saisonbereinigt; Veränderung gegenüber Vorjahresmonat in Prozent, bis August 2024

Quelle: CPB-Daten, eigene Berechnungen

Hinweis: Weltproduktion bei Fortgeschrittenen Ländern und Schwellenländer (97 Prozent der weltweiten Industrieproduktion)
Hinweis: 1) Fortgeschrittene Länder umfasst u.a. Australien, Belgien, Bulgarien, Kanada etc.
2) Schwellenländer umfasst u.a. China, Indonesien, Korea, Philippinen etc.

Die asymmetrische wirtschaftliche Entwicklung zwischen fortgeschrittenen Volkswirtschaften und den Schwellenländern schlägt sich entsprechend auch in der IW-Auslandsprognose nieder. Es wird deutlich werden, dass selbst innerhalb der Eurozone Deutschland ein Ausreißer nach unten darstellt. Unter den G7 Ländern wird die deutsche Volkswirtschaft auch im Jahr 2024 das Schlusslicht sein. Es stellt damit das Sorgenkind Europas dar.

1.3. Eckdaten der IW-Konjunkturprognose

Tabelle 1 zeigt die aktuelle IW-Prognose für das Jahr 2024. Für Österreich und Schweiz bezieht sich die Konjunkturprognose auf den Consensus Forecast. Für das nächste Jahr wird für die Länderprognosen vom Consensus Forecast aus dem Oktober 2024 verwendet (Consensus Economics, 2024). Für die Weltwirtschaft und den Welthandel basiert die Prognose auf der IW-Konjunkturanalyse. Mit einem jeweils prognostizierten Wachstum von 0 Prozent für 2024 liegen Deutschland und Österreich am unteren Ende der europäischen Wachstumsprognosen (Tabelle 1). Für die Eurozone insgesamt wird immerhin noch ein Wachstum von 0,75 Prozent erwartet. Dasselbe gilt für Frankreich und Italien.

Doppelt so hoch liegt die Wachstumsprognose des realen BIP mit 1,5 Prozent für die Schweiz. Für das Vereinigte Königreich sowie Japan erwarten wir in diesem Jahr jeweils 1 Prozent Wirtschaftswachstum. Deutlich darüber liegen die USA, die wie die Weltwirtschaft voraussichtlich um 2,5 Prozent wachsen wird. Für China wird ein Wachstum von 4,5 Prozent prognostiziert. Der Welthandel sollte sich deutlich vom Vorjahr erholt haben und in diesem Jahr mit 1,5 Prozent wieder wachsen.

Für das Jahr 2025 ergibt sich ein insgesamt positiveres Bild, jedoch bleibt Deutschland auch hier mit einem erwarteten Wachstum von nur 0,7 Prozent hinter seinen europäischen Nachbarn zurück. Es fehlt schlicht an absehbaren binnenwirtschaftlichen Wachstumsimpulsen für einen kräftigeren Anstieg. Bestenfalls kann eine anziehnde Weltwirtschaft hier noch für zusätzliche ausländische Nachfrage und damit einem höheren Außenbeitrag sorgen. Für Österreich und die Schweiz wird ein Wachstum von jeweils 1,5 Prozent

prognostiziert, für Italien von 0,9 Prozent, für Frankreich von 1 Prozent und für die Eurozone immerhin 1,2 Prozent.

Tabelle 1: Prognostizierte Veränderung des preisbereinigten BIP gegenüber dem Vorjahr in Prozent

	2024	2025
Euroraum	¾	1,2
Frankreich	¾	1
Italien	¾	0,9
Deutschland	0	0,7
UK	1	1,3
USA	2 ½	1,8
China	4 ½	4,4
Japan	1	1,2
Weltwirtschaft[1)]	2 ½	2 ½
Welthandel[2)]	1 ½	
Österreich*	0	1 ½
Schweiz*	1 ½	1 ½

1) In US-Dollar. 2) Realer Güterhandel in Abgrenzung von CPB.
* mit Stern markierte Länderprognosen sowie für das Jahr 2025 sind Prognosen des Consensus Forecasts; die übrigen Prognosen für 2024 sind Prognosen des Instituts der Deutschen Wirtschaft.

Quellen: CPB; Eurostat; nationale Statistiken; Weltbank; Consensus Forecast; Institut der deutschen Wirtschaft

Einerseits beruhen die etwas verbesserten Konjunkturaussichten auf der Annahme vieler Konjunkturexperten dass die europäische und amerikanische Zentralbank bis zur Mitte 2025 den Leitzins in weiteren Schritten deutlich absenken werden. Eine weniger restriktive Geldpolitik ist also mit der Hoffnung verbunden, dass über geringere Finanzierungskosten die private Investitionstätigkeit, vor allem die Wohnbauinvestitionen im Bauhauptgewerbe angeregt werden. Andererseits sehen wir in vielen EU-Staaten, aber auch in den USA steigende Reallöhne, also Tariflohnsteigerungen nach Abzug der Konsumentenpreisinflation. Das nährt die Hoffnung auf eine besser laufende Konsumkonjunktur, die von höheren Konsumausgaben privater Haushalte getragen wird.

In diesem Kontext sei auf zwei Risiken verwiesen: (1) Die europäischen Arbeitsmärkte werden zunehmend von der wirtschaftlichen Schwächephase in Mitleidenschaft gezogen und (2) die staatliche Verschuldung ist in einigen Industriestaaten besorgniserregend angestiegen und stellt die Schuldentragfähigkeit einzelner Länder in Frage. Beides könnte die positive Wachstumsdynamik im Jahr 2025 bremsen.

2. Einfluss geopolitischer Entwicklungen auf Europa

Das globale Umfeld im Jahr 2024 stellt Europa vor erhebliche Herausforderungen. Dieses Umfeld ist gekennzeichnet durch **(a)** eine zunehmende politische Polarisierung, die die internationale Zusammenarbeit erschwert, und **(b)** eine erdrückende Staatsverschuldung, die die wirtschaftliche Flexibilität vieler Länder einschränkt. Hinzu kommen **(c)** geopolitische Spannungen, die neue Unsicherheiten schaffen, und **(d)** ein Trend zur De-Globalisierung, der die globalen Lieferketten schwächt und Handelsschranken erhöht. Diese Entwicklungen führen letztlich einer Verlangsamung des globalen Wirtschafts-wachstums, von der Europa besonders betroffen ist. Zusammengenommen stellen diese Faktoren Europa vor die Aufgabe, sich in einem zunehmend komplexen und unsicheren Umfeld zu behaupten.

2.1. Zunahme von Sanktionen im internationalen Handel

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Weltordnung sich seit etwa einer Dekade grundlegend ändert. Das hängt zum einen mit dem Aufstieg von autokratischen Regimen wie China zusammen, zum anderen mit den Bestrebungen der USA ein *Decoupling* von China zu betreiben. Es findet eine Fragmentierung der Weltwirtschaft statt, in der viele die globale Weltordnung zunehmend also Zero-Sum-Game und nicht mehr als Vermehrung des globalen Kuchens insgesamt sehen. Protektionismus trägt in diesem Zusammenhang verschiedene Gewänder: Er findet (1) durch Subventionierung von Exportgütern, (2)

durch eine vertikale anstelle von horizontaler Industriepolitik und (3) dem verstärkten Einsatz von Handelszöllen statt. Amerika setzt zunehmend auf Protektionismus. Die amerikanische Abschottungspolitik setzt die EU besonders unter Zugzwang.

Abbildung 3 illustriert die deutliche Zunahme der geopolitischen Unsicherheit und zeigt die Zunahme der handelsbeschränkenden Maßnahmen im globalen Warenaustausch. Der dargestellte *Economic Policy Uncertainty Index* hat das Ziel, die wirtschaftliche Unsicherheit abzubilden. Die dadurch gemessene Unsicherheit ist vor allem in Europa und insbesondere Deutschland seit Mitte 2021 angestiegen, während sie in China seit 2023 fällt und in den USA sogar unterhalb des Krisenniveaus (2001 und 2009) gefallen ist. Zunehmende Sanktionen im internationalen Handel sind ein potenzieller Treiber der steigenden Unsicherheit und der voranschreitenden Fragmentierung der Weltwirtschaft (rechte Grafik in Abbildung 4). Felbermayr et al. (2020) erstellen und aktualisieren seit 2020 dazu eine Datenbank, die Handelssanktionen statistisch erfasst. Diese Daten sind aber nur eingeschränkt verfügbar und gehen lediglich bis 2022. Global Trade Alert (2024) ist eine andere Quelle, die ebenfalls zu dem Thema verwendet werden kann. Sie verfügt über aktuellere Zahlen. Seit 2019 hat sich die Anzahl neu eingeführter beschränkender Handelsinterventionen nahezu verdreifacht – von etwa 1.000 auf fast 3.000 Maßnahmen. Demgegenüber liegt die Zahl liberalisierender Maßnahmen bei rund 750, wenngleich hier eine positive Dynamik erkennbar ist.

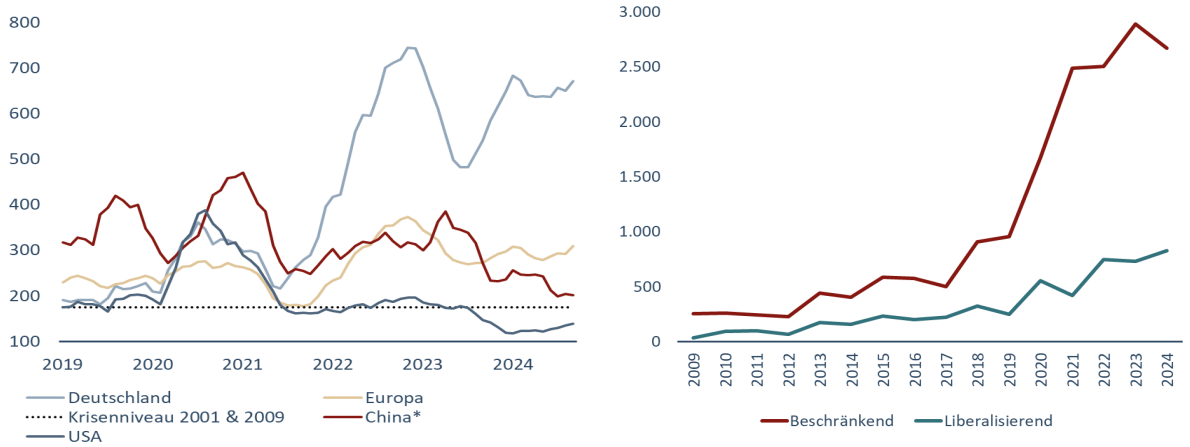


Abbildung 3: Economic Policy Uncertainty Index (links), Anzahl neu implementierter staatlicher Handelsinterventionen weltweit (rechts)

Quelle: Baker, Bloom and Stepahan (2024); Global Trade Alert (2024)

*basierend auf Festland-China Newspaper

Protektionismus in Form einer vertikalen Industriepolitik mit Subventionierung von Exportgütern hat die Positionierung der USA und Europa gegenüber China nachhaltig verändert. Die USA haben unter anderem jüngst Zölle von 100 Prozent auf chinesische E-Autos eingeführt. Gleichzeitig hat die vertikale Industriepolitik, die eine staatliche Intervention bedeutet, in China zum Aufbau von Überkapazitäten geführt. Im chinesischen Immobilienmarkt haben sich beispielsweise deutliche Überkapazitäten aufgebaut, die derzeit binnenwirtschaftlich das Wachstum durch mangelnde Investitionstätigkeit bremsen. Während Immobilien schwer exportierbar sind, findet es aber verstärkt bei chinesischen E-Autos oder Solaranalgen statt. Besonders Europa ist hier als Absatzmarkt sehr attraktiv. Mit der Einleitung von einem Anti-Subventionsverfahren hat die EU im Sommer 2024 allerdings entsprechend reagiert und Ende Oktober, trotz einer Ablehnung von Mitgliedsstaaten wie Deutschland oder Ungarn, Strafzölle auf chinesische Importe von E-Autos eingeführt. Zum Unmut der deutschen Autoindustrie.

2.2. Was bedeuten höhere US-Zölle unter Trump 2.0?

Trumps öffentlich angekündigte Handelszölle entsprächen einer massiven Neuordnung des Welthandels mit deutlichen Folgen für die Weltwirtschaft und exportorientieren Ländern wie Deutschland. Trump hat mehrmals Importzölle in Höhe von 60 Prozent auf Waren und Dienstleistungen aus China angekündigt und spricht von 10 bis 20 Prozent auf US-Importe aus dem Rest der Welt.

In zwei Studien hat das IW analysiert, was die von Donald Trump angekündigten Zollerhöhungen auf US-Einfuhren für die USA, die Weltwirtschaft, Europa und Deutschland bedeuten (Obst et al. 2024a; Obst et al., 2024b). Abbildung 3 stellt die Ergebnisse einer makroökonomischen Modellsimulation im *Global Economic Modell* von *Oxford Economics* dar (Oxford Economics, 2024). Es vergleicht eins von zwei gerechneten Szenarien mit einem Basisszenario (siehe Fußnote in Abbildung 4). Hier verschärft sich ein möglicher transatlantischer Handelskonflikt zwischen den USA und EU. Nach einer ersten Runde von Zollerhöhungen der USA von 10 Prozent auf alle US-Einfuhren und 60 Prozent auf chinesische Waren und Dienstleistungsimporte, die die EU Ihrerseits mit einer eigenen Zollerhöhung auf 10 Prozent auf US-Einfuhren beantwortet, erheben sowohl die USA als auch die EU-Handelszölle von 20 Prozent auf gegenseitige Importe.

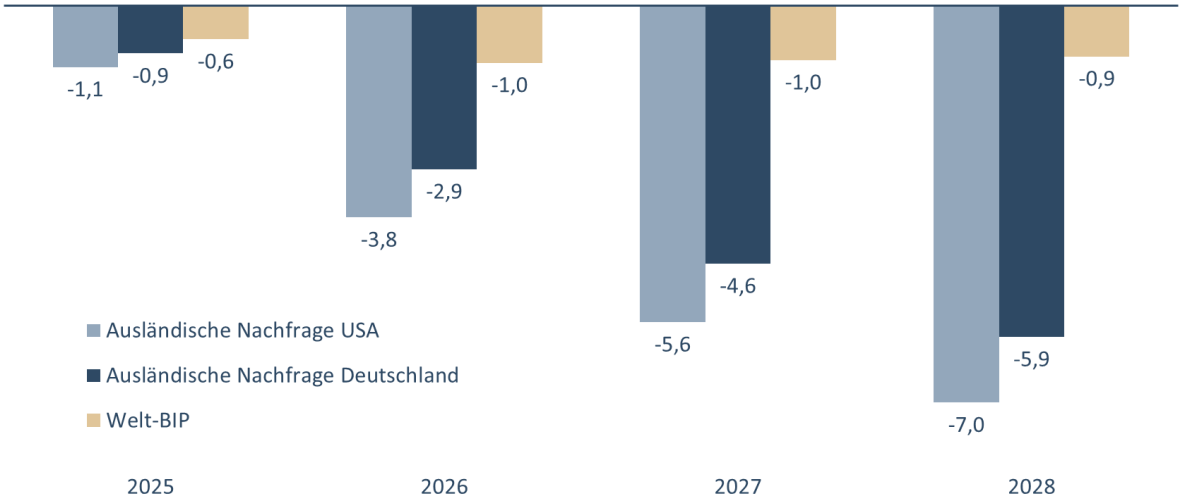


Abbildung 4: Szenario 2 im Vergleich zum Basisszenario (Abweichungen in Prozent), reales BIP

Quellen: Oxford Economics; Institut der deutschen Wirtschaft

Basisszenario: Szenario ohne Zollerhöhungen. Szenario 1: Erhöhung der durchschnittlichen US-Zölle auf alle Importe der Handelspartner (außer China) auf 10 Prozent sowie Erhöhung der durchschnittlichen US-Zölle auf chinesische Importe auf 60 Prozent. Die EU-27 ergreift Gegenmaßnahmen und erhöht die Zölle auf US-Einfuhren auf 10 Prozent. Szenario 2: Identische Erhöhung der durchschnittlichen US-Zölle wie in Szenario 1. EU-27 und USA vertiefen den transatlantischen Handelskonflikt und erheben gegenseitig höhere Importzölle von 20 Prozent.

Insgesamt zeigt sich, dass die Weltwirtschaft negativ von einer zunehmenden Eskalation im transatlantischen Handelskonflikt betroffen wäre, insbesondere durch die deutlich höheren Zölle auf gegenseitige Einfuhren sowohl in den USA als auch in der EU. In Szenario 2 würde das globale Wirtschaftswachstum nach vier Jahren um etwa 0,9 % zurückgehen, was einem Verlust von fast einer Billion US-Dollar (in Preisen von 2015) entspricht. Eine Amtszeit von Trump würde somit zu globalen Wohlstandsverlusten führen. Die wichtigsten Handelspartner der USA (hier nicht dargestellt) würden ebenfalls die negativen wirtschaftlichen Auswirkungen zu spüren bekommen. Nach den Modellsimulationen würde das Bruttoinlandsprodukt (BIP) ausgewählter Handelspartner bis 2028 voraussichtlich um folgende Beträge sinken:

- China: -1,7 Prozent
- Japan: -0,7 Prozent
- Mexiko: -0,8 Prozent
- Kanada: -1,9 Prozent

Als große und relativ geschlossene Volkswirtschaft werden die USA die Auswirkungen einer geringeren Auslandsnachfrage jedoch weniger stark zu spüren bekommen als Deutschland. Das liegt vor allem daran, dass der Exportanteil Deutschlands bei 50 Prozent liegt, der der USA aber nur bei rund 10 Prozent. Somit bekommt die USA aufgrund Ihrer Wirtschaftsstruktur die Schocks einer sinkenden Auslandsnachfrage nach amerikanischen Produktionen weniger zu spüren als die Exportnation Deutschland. Diese würde einen substanziellen BIP-Verlust über den Vierjahreszeitraum einer möglichen Amtszeit von Donald Trump erleiden. Kumuliert beläuft sich dieser auf bis zu 180 Milliarden Euro (in konstanten Preisen).

Die ersten beiden Kapitel dieses Beitrags haben die multiplen Konjunkturschocks dargestellt, mit denen die europäische Wirtschaft konfrontiert ist. Dazu gehören die geopolitischen Verwerfungen, die zunehmende Fragmentierung der Weltwirtschaft, aber auch die schwache binnenwirtschaftliche Entwicklung in großen EU-Mitgliedsstaaten beim privaten Konsum und der Investitionstätigkeit der Unternehmen. Konjunkturelle Schwächephasen sind nicht neu. Derzeit beobachten wir aber, dass in einigen Ländern die strukturellen Faktoren und Anpassungslasten zu einer anhaltenden Stagnation führt. Der durch die hohen Energiepreise entstandene Wettbewerbsverlust, gepaart mit einem Verlust an Standortqualität (beispielweise marode Infrastruktur oder überbordende Bürokratie) stellt den europäischen Industriestandort vor große Herausforderungen.

3. Industrie im internationalen Standortwettbewerb

Seit dem Ausbruch des russischen Angriffskrieges in der Ukraine wurde die Debatte zur Deindustrialisierung in Europa, insbesondere in Ländern wie Deutschland mit seinem großen Anteil der Industrie an der Bruttowertschöpfung intensiv geführt (Hüther, 2022; Grömling et al. 2023). Mit der Frage nach einem russischen Gas-Embargo, welches im August 2022 durch die gestoppten Pipelinegaslieferungen von russischer Seite de facto eingetreten ist, wurden viele mögliche Rezessionsszenarien diskutiert (Koenen et al., 2022). Während einige Volkswirte die Lage als einen notwendigen Strukturwandel hin zu weniger energieintensiver Produktion und mehr Dienstleistungen sehen, gibt es viele Stimmen aus der Wirtschaft und Politik, die auf die Gefahren einer nachhaltigen Industrierezession und Standortverlagerung hinweisen.

3.1. Deutschland in der Industrierezession, andere Länder stabil

Der Abwärtstrend im produzierenden Gewerbe in Deutschland verdeutlicht die wachsenden strukturellen Herausforderungen hierzulande (Abbildung 5). Seit 2018 weist der Index der Industrieproduktion eine rückläufige Entwicklung auf, sodass für Deutschland nicht nur von einer Industrierezession gesprochen werden kann, sondern generell gefragt werden muss, inwiefern das produzierende Gewerbe nach den Energiepreisschocks sowie erodierenden Standortbedingungen wie eine zuverlässige Infrastruktur noch wettbewerbsfähig ist. Ähnliche Entwicklungen sind jedoch auch in anderen fortgeschritteneren Volkswirtschaften zu beobachten, beispielsweise im Vereinigten Königreich. Dort liegt die Industrieproduktion sogar noch leicht unterhalb von Deutschland.

Österreich und die Schweiz haben wie Deutschland einen hohen Anteil des produzierenden Gewerbes am BIP, der in etwa um den Wert von 25 Prozent schwankt. In beiden Ländern sehen wir seit 2021 einen Aufwärtstrend, der sich in Österreich seit Mitte 2023 aber wieder umgekehrt hat. Mittlerweile liegt der Index der österreichischen Industrieproduktion zur Jahreshälfte 2024 rund 8 Prozent über dem Niveau Ende 2019. In der Schweiz stieg die Industrieproduktion weiter an und liegt im Q2 2024 etwa 13 Prozent höher als im Q4 2019. Auch die Entwicklung in der EU27 insgesamt zeigt Volatilität auf. Insgesamt befindet sich die Industrieproduktion seit 2021 aber hier in der Seitwärtsbewegung. In den USA zeigt sich trotz der leicht positiven Aufwärtsbewegung ebenfalls keine sonderliche Wachstumsdynamik. In China läuft diese laut CPB Daten am dynamischsten trotz der gedämpften gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.

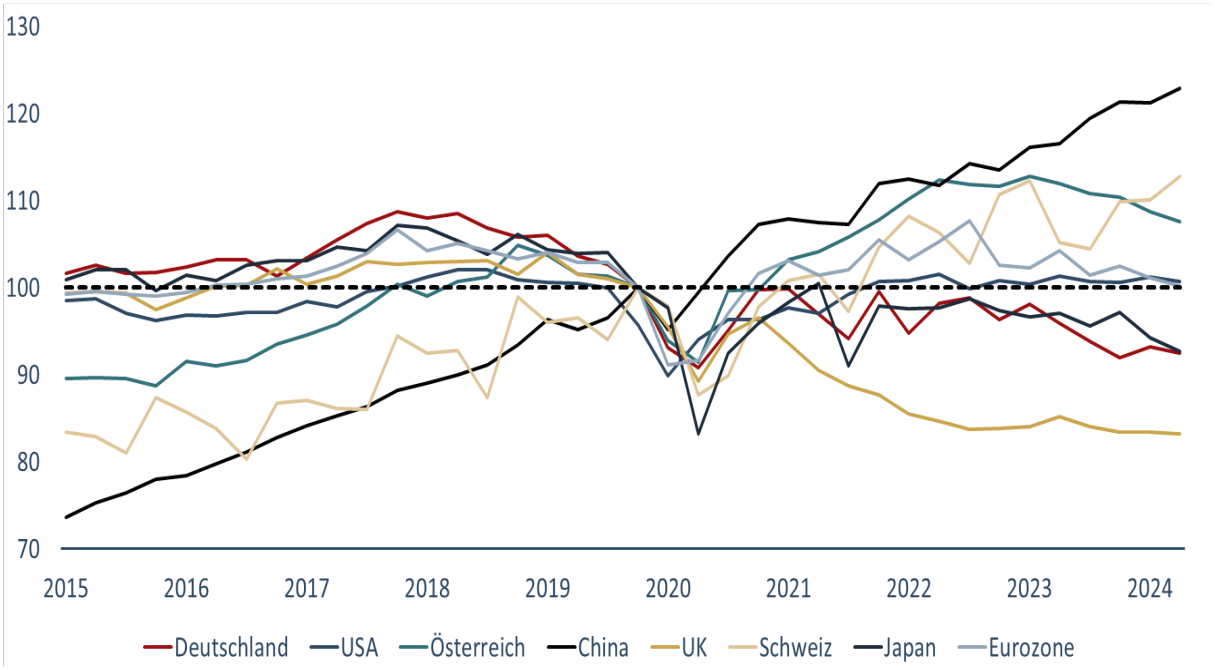


Abbildung 5: Industrieproduktion, quartalsweise, Index Q4/2019 = 100

Quellen: Nationale Statistikämter für Deutschland, Schweiz und Österreich; CPB Daten für USA, China, UK, Eurozone und Japan

Hinweis: Produzierendes Gewerbe (mit Bauhauptgewerbe)

Es gibt eine Reihe von empirischen Indikatoren, die eine internationale Vergleichbarkeit verschiedener Volkswirtschaften ermöglichen. Dabei wird vorwiegend die preisliche Wettbewerbsfähigkeit in den Vordergrund gestellt. Im Zusammenhang mit der Debatte um eine mögliche Deindustrialisierung in europäischen Staaten steht die Entwicklung bei den Energiekosten an erster Stelle. Hier sind drei Punkte zentral: (1) Die hohen Energiepreisschocks aus dem Spätsommer haben sich deutlich zurückgebildet; (2) Trotz Stabilisierung liegen die durchschnittlichen Preise für Erdgas aber immer noch doppelt so hoch wie im Zeitraum 2015 bis 2019 und damit 5–6-mal so hoch wie in den USA; (3) die Strompreise im ersten Halbjahr 2024 weisen im innereuropäischen Vergleich deutliche Unterschiede auf.

3.2. Internationale Wettbewerbsfähigkeit

Abbildung 6 stellt die duale Rolle von Löhnen dar. Zum einen sind Löhne aus mikroökonomischer Perspektive zentraler Bestandteil der Produktionskosten für Unternehmen. Zum anderen sind sie auch makroökonomischer Perspektive aber auch ein wichtiger Faktor für die Entwicklung der privaten Konsumnachfrage.

Die linke Abbildung stellt die Entwicklung der nominalen Lohnstückkosten dar. Sie zeigen die Veränderung der durchschnittlichen Arbeitskosten je Erwerbstätige pro hergestellte Produktionseinheit an. Dieser Indikator stellt damit eine Verbindung zwischen der Produktivität und den Arbeitskosten für die Produktion dar und kann wichtige Einblicke in die internationale Wettbewerbsfähigkeit einer gegebenen Volkswirtschaft liefern. Ein steigender Trend kann entweder auf gestiegene Lohnkosten oder auf sinkende Produktivität zurückzuführen sein – und vice versa bei einem fallenden Trend. Steigende nominale Lohnstückkosten implizieren einen Verlust an internationaler Wettbewerbsfähigkeit. Zu beachten ist, dass die nominalen Werte nicht inflationsbereinigt sind. Für die internationale preisliche Wettbewerbsfähigkeit sind sie aber der hier bevorzugte Indikator.

Seit 2015 sind die nominalen Lohnstückkosten in Deutschland und dem Vereinigten Königreich (UK) um mehr als ein Drittel angestiegen. Nur Österreich übertrifft diesen Trend untern den hier dargestellten Ländern. Dort befinden sich die nominalen Lohnstückkosten 43 Prozent über dem Niveau von Jahresanfang 2015. Zum Vergleich: In Italien liegen sie gerade 18 Prozent über 2015, in der Schweiz nur 7 Prozent drüber. In der Eurozone insgesamt und den USA liegen die nominalen Lohnstückkosten mit einer Zunahme von 25 Prozent im mittleren Bereich.

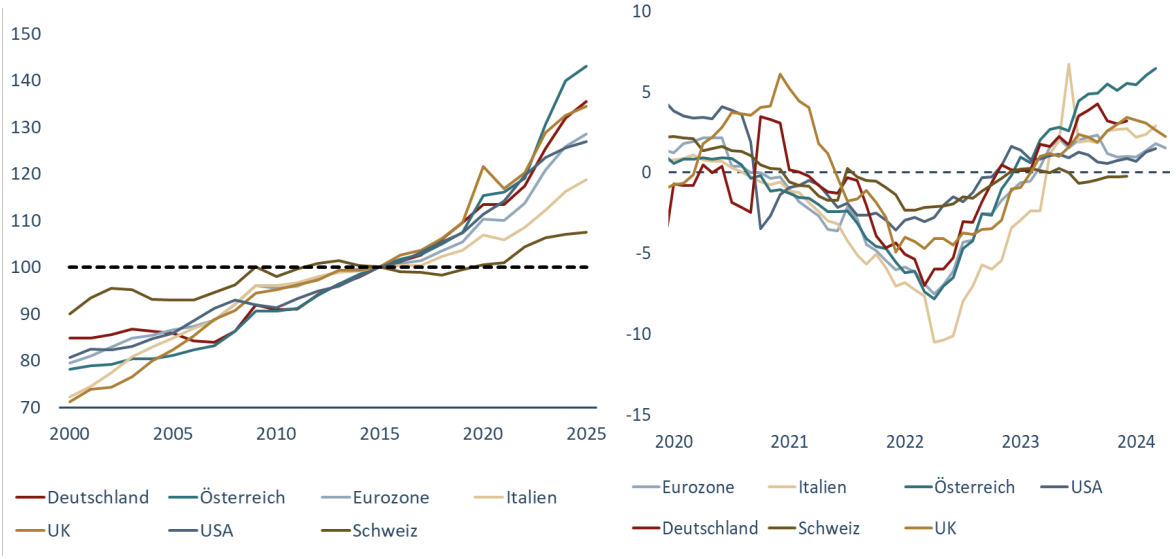


Abbildung 6: Nominale Lohnstückkosten, Index 2015 = 100 (links); Reallohnentwicklung, monatlich bis 10/2024 (rechts)

Quellen: AMECO; Nationale Statistikämter, Eurostat

Hinweis: Reallohn bezieht sich auf die Differenz zwischen der nationalen Inflationsrate und dem verhandelten Tariflohn

Somit wird deutlich, dass in Ländern wie Deutschland oder Österreich nicht nur die exorbitanten Energiepreisanstiege für die Verschlechterung der relativen Wettbewerbsposition ausschlaggebend sind. Ein Grund warum die Lohnstückkosten trotz hoher Lohnanstiege in den USA nicht so stark wie in Deutschland ansteigen sind, liegt an der unterschiedlichen Entwicklung der Arbeitsproduktivität in beiden Ländern. Diese sinkt kontinuierlich in Deutschland seit dem dritten Quartal 2022, während sie in den USA im selben Zeitraum steigt.

Die rechte Abbildung nimmt die Makroperspektive ein und stellt die Entwicklung des Reallohns (Differenz zwischen den nationalen Inflationsraten und dem verhandelten Tariflohn) dar. Diese war aufgrund der hohen Inflationsraten zwischen 2021 und 2023 in allen betrachteten Ländern auf einem deutlichen Abwärtstrend. Besonders stark fielen die Reallöhne in Italien: Auf bis zu rund 11 Prozent im Oktober 2022. In der Schweiz war die Entwicklung unter den hier dargestellten Ländern mit minus 2,3 Prozent im Sommer 2022 am moderatesten. Ab dem Jahr 2023 erholten sich die realen Löhne der Arbeitnehmer aber wieder und liegen in allen hier betrachteten Volkswirtschaften im positiven Bereich (mit Ausnahme der Schweiz).

Höhere Reallöhne und die damit einhergehende Kaufkrafterholung können positive Effekte auf den privaten Konsum als zentralen Bestandteil der Inlandsnachfrage haben. Auf der anderen Seite führen sie jedoch auch zu höheren Kosten für die Unternehmen und dadurch zu höheren Preisen für die Endverbraucher. Diese Preissteigerung kann zu Einbußen in der Wettbewerbsfähigkeit auf den internationalen Märkten führen. Schlimmer noch, es kann sich makroökonomisch eine Lohn-Preis-Spirale wie in den 1970er Jahren in Gang setzen. Für Deutschland beobachten wir zunehmend, dass die Inflation verstärkt binnenwirtschaftlich, vor allem durch hohe Lohnsteigerungen im Dienstleistungsbereich, getrieben wird (Obst und Stockhausen, 2024).

3.3. Was kann (sollte) Wirtschaftspolitik tun?

Die industrielle Schwäche zeichnet sich in vielen europäischen Ländern ab. Deutschland steckt als größte europäische Volkswirtschaft in einer tiefgehenden strukturellen Krise. Bürokratie, hohe Steuern und fehlende Investitionsanreize machen den Wirtschaftsstandort Deutschland im internationalen Wettbewerb zunehmend unattraktiv. Die strukturellen Schwächen erfordern eine mutige und marktorientierte Reformpolitik. Eine mögliche Wachstumsagenda ist in Abbildung 7 dargestellt.



Abbildung 7: Eine mögliche Wachstumsagenda könnte folgende 7 Punkte beinhalten
Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft

Im Kern steht die Frage wie sich der politisch gewollte Strukturwandel per Termin in Europa (Klimaneutralität bis 2050) im derzeitigen weltwirtschaftlichen Kontext wertschöpfungssteigernd gestalten lässt. Dekarbonisierung als grundlegender Wandel der energetischen und stofflichen Grundlagen der modernen Industrieökonomie greift tief in die Handlungsbedingungen der Unternehmen und der Haushalte ein. Eine Transformation zu klimaneutraler Produktion und Konsumtion führt grundsätzlich zu einem Umbau des volkswirtschaftlichen Kapitalstocks. Bisher hat die deutsche Wirtschaftspolitik falsche Anreize und/oder nicht die richtigen Prioritäten gesetzt und schwere handwerkliche Fehler begangen. Es bleibt unklar, ob grüne Investitionen und Technologien positive Produktionseffekte mit sich bringen werden.

Ohne einen beherzten Schwenk hin zu einer Angebotspolitik wird die gesamtwirtschaftliche Dynamik absehbar nicht nach Deutschland zurückkehren. Im Kern geht es um mehr qualifizierte Arbeitskräfte, geringere Steuerlasten und ein sicheres bezahlbares Energieangebot.

Bei der Stärkung der Standortbedingungen und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit wäre eine Unternehmenssteuerreform, beispielsweise die graduelle Senkung der Körperschaftssteuer um 5 Prozentpunkte, eine mögliche Reform. Das vom Bundeskanzler Scholz beschworene Deutschlandtempo zeigt sich bisher nur bei einigen Infrastrukturprojekten wie dem Bau der LNG-Terminals. Die ausufernden Sozialversicherungsbeiträge fressen die kräftigen Tariflohnanstiege der vergangenen beiden Jahre stellenweise wieder auf und dämpfen den privaten Konsum. Auch hier bedarf es einer Entlastung, beispielsweise durch die Beseitigung des Mittelstandsbauchs. Gleichzeitig muss die öffentliche Investitionstätigkeit gestärkt werden. Alle Vorhaben in dieser Richtung scheitern wiederkehrend an der ungeklärten Finanzierungsfrage. Eine Reform der Schuldenbremse oder eine Einrichtung eines Sondervermögens scheint in der derzeitigen politischen Konstellation nicht darstellbar.

Große Hoffnungen beruhten seitens der Politik auf dem Fachkräftezuwanderungsgesetz sowie dem Job Turbo zur Arbeitsmarktintegration der Geflüchteten. Auch wenn beides in die richtige Richtung – einer Steigerung der Partizipation am Arbeitsmarkt – zielt sind die bisherigen Ergebnisse ernüchternd. Vielmehr Potenzial besteht bei den jährlichen Arbeitsstunden, die in Deutschland im internationalen Vergleich sehr niedrig sind. Reformvorschläge zur Steigerung des Arbeitskräftepotenzials finden sich in Hüther et al. (2021).

Hoffnungsvoll kann stimmen, dass die schwierige wirtschaftliche Lage nicht mehr von der Bundespolitik ignoriert wird. So gab es zuletzt gleich eine Vielzahl von Wachstumsinitiativen, Industriegipfeln und Impulspapieren. Es fehlt aber insgesamt eine klare Strategie als auch der Mut, um die Herausforderungen der Zeit zu bewältigen. Zu sehr ist die eigene parteipolitische Handschrift in den einzelnen Maßnahmen zu erkennen, statt den gebotenen Pragmatismus an den Tag zu legen. Die deutsche Wirtschaft wartet somit weiter darauf, dass sich die Standortbedingungen im internationalen Wettbewerb nachhaltig verbessern.

4. Literaturverzeichnis

[1] Consensus Economics, 2024, Consensus Forecasts, https://www.consensuseconomics.com/what-are-consensus-forecasts/ [01.11.2024]

[2] Felbermayr, G., A. Kirilakha, C. Syropoulos, E. Yalcin, and Y.V. Yotov, 2020. The Global Sanctions Data Base, European Economic Review, Volume 129

[3] Global Trade Alert (2024), About Global Trade Alert, https://www.globaltradealert.org/about [01.11.2024]

[4] Grömling, Michael / Koenen, Michelle / Kunath, Gero / Obst, Thomas / Parthie, Sandra, 2023, Deindustrialisation – A European Assessment, in: Intereconomics, 58 (4), S. 209-214

[5] Hüther, Michael, 2022, Das Problem des subjektiven Werturteils, in: Wirtschaftsdienst, 102. Jg., Heft 4, S. 273-278

[6] Hüther, Michael / Jung, Markos / Obst, Thomas, 2022, Wachstum durch Beschäftigung: Potenziale der deutschen Volkswirtschaft, in: Zeitschrift für Wirtschaftspolitik, Band 71, Heft 2, S. 95-123

[7] Koenen, Michelle / Kunath, Gero / Obst, Thomas, 2022, Europa an der Schwelle zur Rezession?, IW-Report, Nr. 40, Berlin

[8] Obst, Thomas / Matthes, Jürgen / Sultan, Samina, 2024a, What if Trump is re-elected? Trade policy implications, IW-Report, Nr. 14, Berlin / Köln

[9] Obst, Thomas / Sultan, Samina / Matthes, Jürgen, 2024b, Was droht den transatlantischen Handelsbeziehungen unter Trump 2.0?, IW-Report, Nr. 42, Berlin / Köln

[10] Obst, Thomas / Stockhausen, Maximilian, 2024, Makroökonomische Analyse von Lohn-Preis-Spiralen. Risiken von Zweitrundeneffekten in der gegenwärtigen Hochinflationsphase, IW-Analyse, Nr. 155, Berlin / Köln

[11] Oxford Economics, 2024, Global Economic Model, https://www.oxfordeconomics.com/service/subscription-services/macro/global-economic-model/ [15.10.2024]

The Future of Mass Timber: Building With Wood for a New Climate Reality

Craig Applegath
DIALOG
Toronto, Canada



The Future of Mass Timber: Building With Wood for a New Climate Reality

1. Introduction

We're in a state of crisis. Mass timber represents one of our best responses to the climate emergency, with its ability to reduce embodied carbon and decrease the significant emission contributions of the construction and buildings sector. As we construct new buildings in the coming decade, and retrofit and add to old ones, this wood technology offers us great flexibility in design by embracing three key design strategies: component, modular, and hybrid. However, we need to remember that we are now no longer designing for the climate humans adapted to over the past 10,000 years; we are designing for a new climate reality and need to understand the impacts of that new reality on mass timber design and construction.

2. One Massive Challenge

2.1. The Climate Crisis

In 2008, prominent climate scientist James Hansen published a pivotal paper titled Target Atmospheric CO_2: Where Should Humanity Aim? [1]. The paper suggested that preserving a planet similar to the one on which human civilization developed, and to which all current life forms are adapted, would require that we reduce CO_2 to 350 ppm. CO_2 levels were 385 ppm when the paper was published; in September 2024, CO_2 levels reached 422 ppm [2]. We therefore need to not only stop emitting carbon into the atmosphere, but also find a way to draw that carbon down.

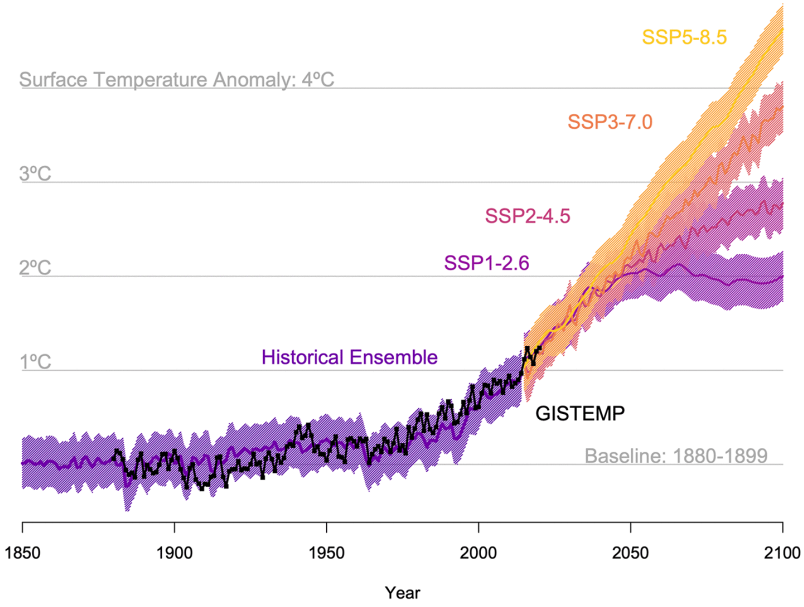


Figure 1: Surface temperature anomalies (changes compared to the 1880–1899 baseline) from both historical (1850–2014) and potential future (2015–2100) reflecting different temperature rises [3]. Figure from NASA.

2.2.A Constructed Crisis

The construction and buildings sectors are among the most significant contributors to the climate crisis, responsible for over one-third of global carbon emissions, one-third of global resource use, and 40 percent of worldwide energy use. Manufacturing the cement in concrete alone generates approximately 8 percent of global CO_2 emissions [4]. As the building sector reduces operational carbon, embodied carbon is an increasingly large proportion of its climate impact, with projections suggesting that operational emissions will decrease from 75% to 50% of the construction's total emissions in the coming decades [5].

3. Two Pathways Forward

3.1. Technological Versus Ecological

There are two overarching pathways to solving the climate crisis: the first is technological, and the second ecological. Indigenous scholar and author Robin Wall Kimmerer refers to this as tech versus TEK (Traditional Ecological Knowledge) [6]. These two pathways also reflect the two primary «nutrients» – biological and technical – that form the basis of the Cradle to Cradle (C2C) design methodology, developed by William McDonough and Michael Braungart [7]. Mass timber is a synthesis of both pathways. The Indigenous architect Eladia Smoke notes that mass timber is similar to traditional Indigenous building techniques because it can use small-scale, quick-growth wood, making it a technological innovation that aligns with a traditional ecological approach [8].

3.2. Reuse Versus New Construction

One of the best ways to reduce embodied carbon is to reuse existing buildings; research shows that building reuse avoids 50-75% of the embodied carbon emissions that an identical new building would generate [9]. However, reuse can only get us so far, as current projections suggest global building floor area is expected to double by 2060 (the equivalent of adding an entire New York City to the world, every month, for 40 years) [10]. Where new construction is necessary, mass timber offers a more carbon-efficient alternative to traditional materials, combining the benefits of lower embodied carbon with the potential for long-term carbon sequestration. Recent research suggests that substituting a timber structure for a steel structure reduces embodied carbon by 36 percent [11]. Moreover, every cubic metre of timber is equivalent to 1 tonne of sequestered CO_2 [12]. The intersection of reuse and new build with mass timber is an exciting area. One innovative approach is the use of «overbuilds» in Washington, DC, where lighter mass timber floors are added on top of an existing concrete structure [13].



Image 1: Columns for the Centennial College Building Block A are 1 metre by 1 metre.
Therefore, each metre of height represents a tonne of sequestered carbon. Image courtesy of DIALOG.

4. Three Design Approaches

4.1. Building with Components

We have been building with wood since the Neolithic age [14]. The standard approach is to build with posts, beams, and decks; this is the way buildings were built in Europe and North America for centuries before the advent of concrete and steel. The inventor of mass timber, Otto Karl Freidrich Hetzer, was a German carpenter who obtained a patent in 1901 for a beam composed of several adhesive-bound laminations, and in 1934 the first North American Glulam project was built in Wisconsin, USA [15]. Building with components remains the standard for mass timber, featuring post, beam, and CLT floor, as seen in the following images of DIALOG's Centennial College Building Block A. This was Ontario, Canada's first mass timber academic building, and we now see strong demand for mass timber in the higher education sector in Canada.



Image 2: Centennial College Building Block A during construction. Image courtesy DIALOG.

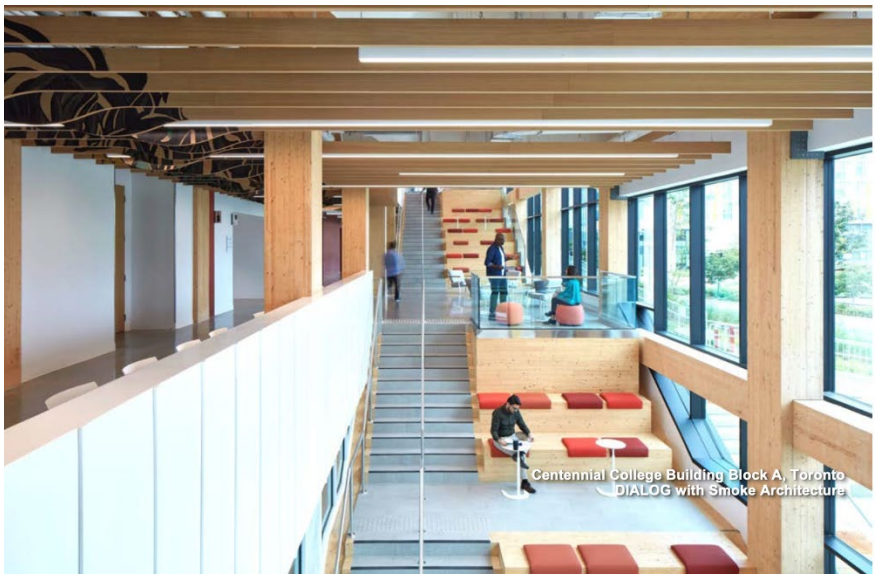


Image 3: Centennial College Building Block A after completion. Image courtesy DIALOG.

4.2. Modular Construction

We tend to deviate from component construction when there are specific constraints. When those constraints involve time and/or skills, modular design is a good approach (and as costs come down, modular is proving more cost effective and a good choice where budgets are constrained). Canada, like many countries in the world, is facing both a severe housing shortage and a cost-of-living crisis, and modular mass timber offers one potential pathway to building more affordable housing, faster. The partners at DIALOG recently set out to design a prototype to address the need for Multi-Generational housing and Mid-Rise housing – the so-called «missing middle». We designed the prototype to be material agnostic so it could be built either as component mass timber or modular mass timber, as well as with stick frame or concrete frame.

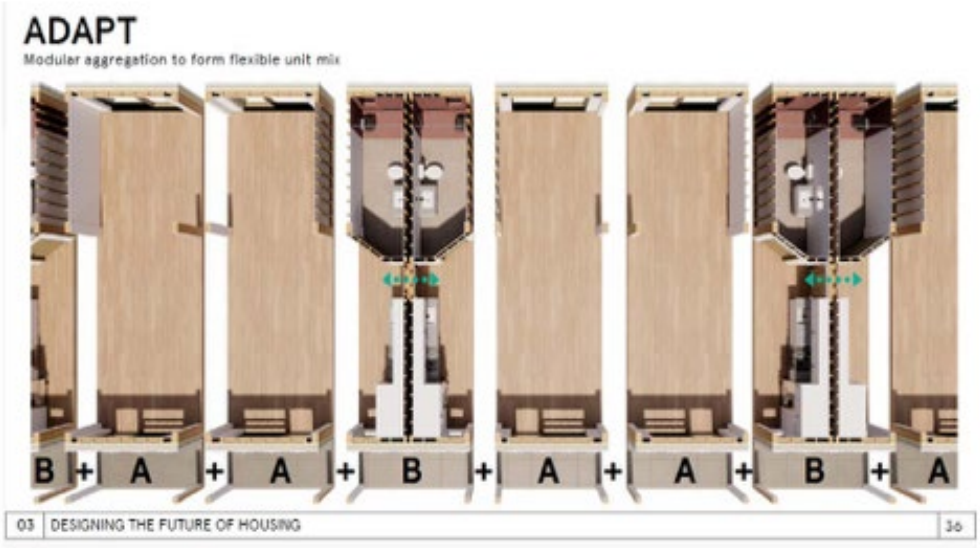


Figure 2: Two different mass timber module types to facilitate construction. Figure courtesy DIALOG.

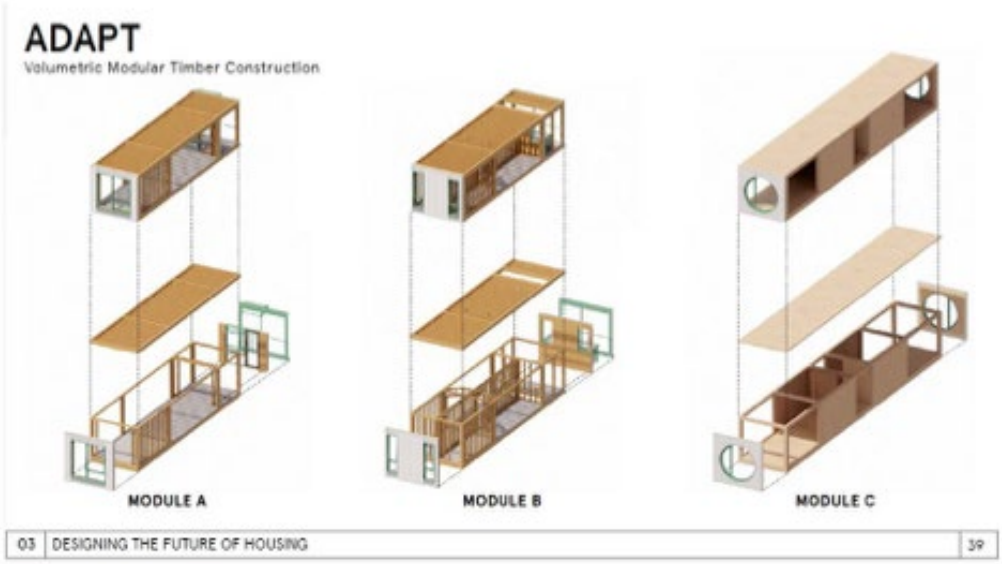


Figure 3: Overview of module types. Figure courtesy DIALOG.

4.3. Hybrid Construction

It should be said that all mass timber construction is hybrid: there is always a need to keep the wood off the ground in some way, typically with a stone or concrete foundation. That said, there is a spectrum of hybridization, and typically hybridization is determined by certain space constraints. Height is one such constraint, with taller buildings more likely to be hybrid [16]. DIALOG designed a 105-storey Hybrid Timber Supertall prototype that featured a concrete core, steel exoskeleton, and a Hybrid Timber Floor System (an innovation we designed and engineered in-house to span commercial floor plates). At a far smaller scale, the Hill House cottage prototype is designed so the mass timber posts, beams, and deck are not exposed to weather – exposed columns are recycled hot-dipped galvanized steel. The key is finding appropriate modes for using mass timber in order to reduce embodied carbon and lock up biogenic carbon. In the end, that is the true measure of success with mass timber.

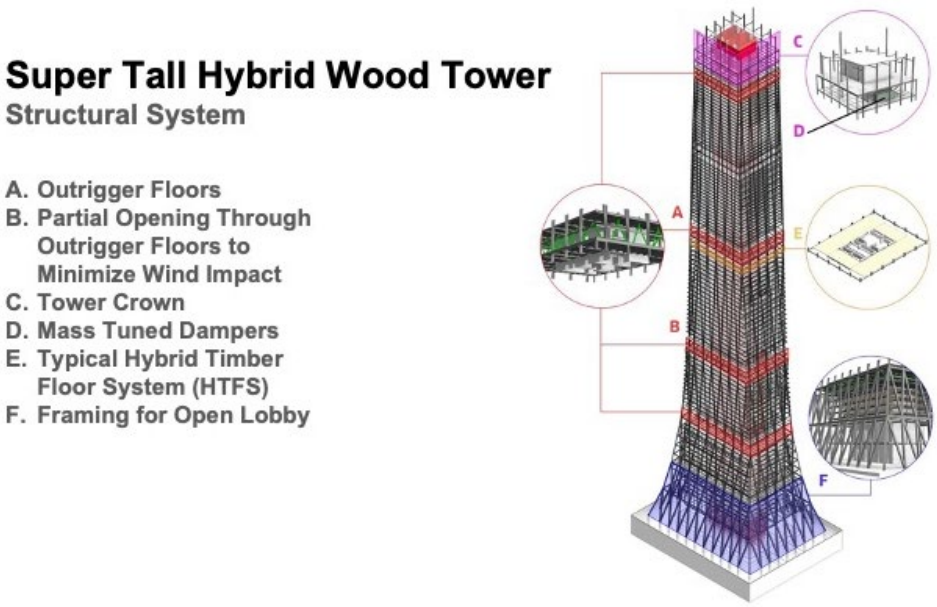


Figure 4: Overview of the Hybrid Timber Supertall structural system. Figure courtesy DIALOG.

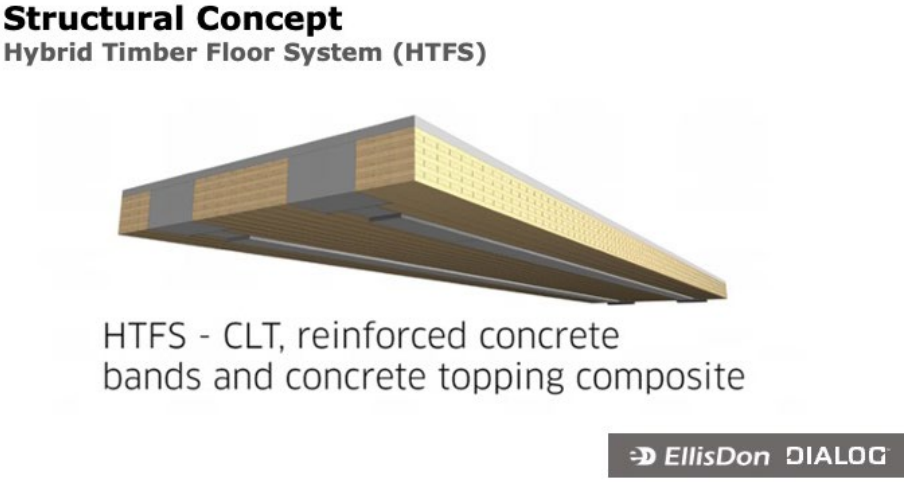


Figure 5: Hybrid Timber Floor System overview. Figure courtesy DIALOG.

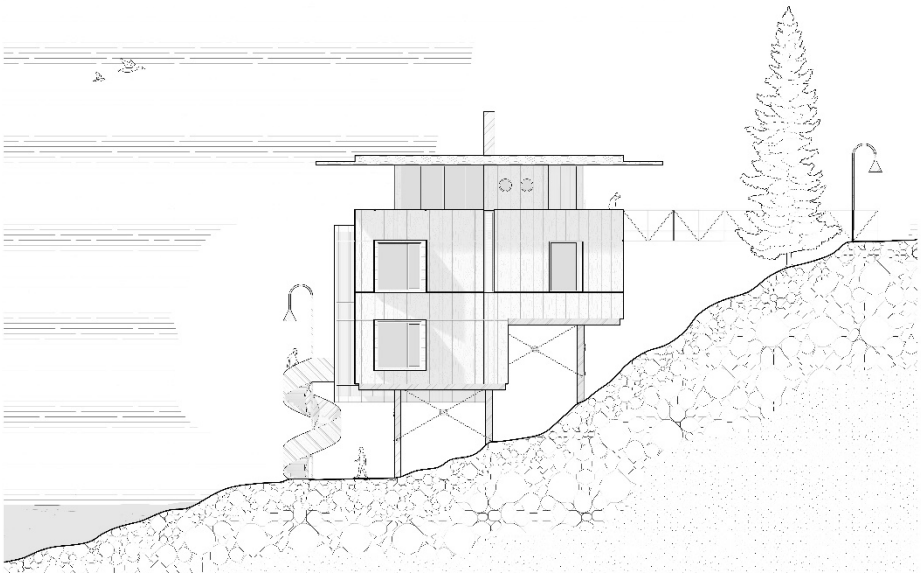


Figure 6: West elevation of Hill House cottage prototype with mass timber structure supported by galvanized steel supporting columns. Figure courtesy DIALOG.



Image 4: Render of Hill House cottage prototype. Image courtesy DIALOG.

5. Four Serious Hazards

5.1. Climate Impacts

As previously mentioned, CO_2 levels are now above 420 ppm, and James Hensen's research suggests anything above 350 ppm is outside the range to which we are adapted as humans. As such, we're living in a new climate reality, one to which we urgently need to adapt. We are already experiencing serious impacts from climate change (as we write, Spain has been hit with serious flooding that climate attribution scientists suggest has been intensified by climate change [17]. These impacts are happening with 1.3 degrees Celsius warming and the UN recently released a report saying we're on track to hit 3.1 degrees Celsius of warming on our current emissions trajectory [18]. We therefore now need to urgently ask ourselves: what are the implications of building with mass timber in this new climate reality?

5.2. Primary Climate Hazards

There are broadly four primary climate hazards: water, wind, fire, and heat. These four hazards can overlap (e.g., storms can feature both water and wind) and also generate secondary or tertiary hazards (e.g., heat leading to drought, then drought baking soils and leading to flooding during heavy rains as happened recently in Spain [18]). All four of these primary climate hazards have implications for designing mass timber buildings.

5.3. Adaptation Strategies

DIALOG is developing the REACH framework and protocol for designing climate-adapted buildings, campuses, and cities. The framework presents a way of approaching design for climate change, with the overarching adaptation strategies of «protect», «accommodate», and «retreat», and specific strategies for specific hazards (e.g., green screens to protect windows from winds, raised buildings to accommodate flooding, etc.).

5.4. Implications for the Timber Supply

Timber production is increasingly impacted by climate change. Between 2001 and 2021, severe wildfires worldwide destroyed timber-producing forests equivalent to an area the size of Great Britain, and the annual area of timber-producing forests affected by severe wildfires has increased significantly in the past decade, tripling from less than one million

hectares per year before 2015 to about three million hectares per year after that time [19]. Climate change projections suggest that 29-62% of current production forest will experience an increase in fire-prone years, and 44-80% will be subject to longer fire seasons by 2100 [20]. In 2023, 5 percent of Canada's entire forested area burned [21].

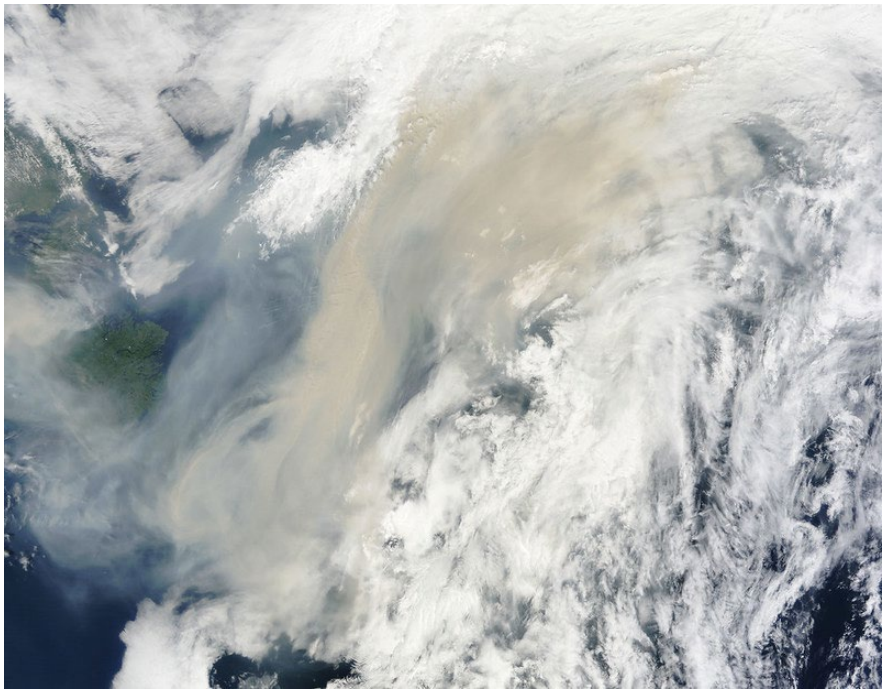


Image 5: Smoke from Canadian fires over the Atlantic Ocean in 2013.
Image courtesy NASA/GSFC/Jeff Schmaltz/MODIS Land Rapid Response Team.

5.5. Implications for Mass Timber Building

Mass timber is a resilient material with qualities that make it suitable to withstanding wind, fire, and earthquakes [22]. The need to protect mass timber from water is well understood, as wood can absorb moisture, resulting in warping, splitting, cracking, or buckling, as well as mold, rot, and decay [23]. The impact of heat or extreme temperature swings is perhaps less well understood, although it can help improve occupant comfort as mass timber buildings can have 2-5 times more thermal mass than traditional lightweight construction, potentially improving energy efficiency [24]. Thermal mass can be enhanced with concrete cores.

5.6. Mass Timber and the Thousand-Year Building

As part of our exploration on adaptation and the built environment, DIALOG has embarked on a research project to explore the concept of a Thousand-Year Building. We have identified a number of different design strategies that can achieve that scale of longevity, including solid masonry foundations and walls with mass timber interiors. The idea is that timber could be harvested locally and also repaired locally, and light timber structures offer the potential to be disassembled, moved, and reassembled to retreat from climate hazards. This is just an early exploration but we strongly believe more research is needed related to climate adaptation.

6. Conclusion

We know that, as an industry, we can have a significant impact on climate change with mass timber. In fact, we believe we have a duty to do so given the historic CO_2 contributions of construction and buildings. However, we also now have a responsibility to design and build structures that help protect buildings and their occupants from the effects of our new climate reality. It is therefore imperative that as we construct more buildings with mass timber, we focus on both mitigating their climate impact and adapting to escalating climate hazards – we should no longer think of one without the other.

7. Literature reference

[1] Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Beerling, D., Berner, R., Masson-Delmotte, V., Pagani, M., Raymo, M., Royer, D. L., & Zachos, J. C. (2008). Target atmospheric CO_2: Where should humanity aim? The Open Atmospheric Science Journal, 2(1), 217-231. https://doi.org/10.2174/1874282300802010217

[2] National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Global Monitoring Laboratory. https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/

[3] NASA Goddard Institute for Space Studies. (2021). [Graph showing surface temperature anomalies from historical and future climate simulations]. GISS and NCCS Contribute to CMIP6 International Climate Model Intercomparison Project. https://www.giss.nasa.gov/research/features/202104_cmip6/[1]

[4] Construction Briefing. (2023, August 4). Climate change… construction's hottest topic. https://www.constructionbriefing.com/news/climate-change-construction-s-hottest-topic/8030738.article

[5] United Nations Environment Programme. (2023). Building materials and the climate: Constructing a new future. https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future

[6] Kimmerer, R. W. (2002). Weaving Traditional Ecological Knowledge into Biological Education: A Call to Action. BioScience, 52(5), 432-438. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0432:WTEKIB]2.0.CO;2

[7] McDonough, W. (n.d.). Cradle to cradle. William McDonough. Retrieved November 3, 2024, from https://mcdonough.com/cradle-to-cradle/

[8] Hirschmann, T. (2022, April 1). Designing with both eyes open. Canadian Architect. https://www.canadianarchitect.com/designing-with-both-eyes-open/

[9] American Institute of Architects & National Trust for Historic Preservation. (2023). Building reuse: A proven climate and economic strategy. https://content.aia.org/sites/default/files/2023-04/AIA_NTHP_Building_Reuse_42_.pdf

[10] Architecture 2030. (n.d.). Why the built environment? Retrieved November 3, 2024, from https://www.architecture2030.org/old-why-the-built-environment/

[11] Hemmati, M., Messadi, T., & Gu, H. (2024). Comparison of embodied carbon footprint of a mass timber building structure with a steel equivalent. Buildings, 14(5), 1276. https://doi.org/10.3390/buildings14051276

[12] Wood Days. (n.d.). Wood & Climate. Retrieved November 3, 2024, from https://www.wooddays.eu/en/woodclimate/index.html

[13] Daily Commercial News. (2022, October 18). 80M becomes tallest mass timber commercial office building in Washington, D.C. Canada ConstructConnect. https://canada.constructconnect.com/joc/news/usa/2022/10/80m-becomes-tallest-mass-timber-commercial-office-building-in-washington-d-c

[14] Architect Magazine. (n.d.). A history of wood: From the Stone Age to the 21st century. Retrieved November 3, 2024, from https://www.architectmagazine.com/technology/products/a-history-of-wood-from-the-stone-age-to-the-21st-century_o

[15] Lehman, E. (2018, October 15). October 15, 1934: Glued laminated timber comes to America. Forest History Society. https://foresthistory.org/october-15-1934-glued-laminated-timber-comes-to-america/

[16] Council on Tall Buildings and Urban Habitat. (2022). Mass timber buildings. https://www.ctbuh.org/mass-timber-buildings

[17] BBC News. (2024, November 3). Scientists say climate change made Spanish floods worse. BBC News. https://www.bbc.com/news/articles/c98eylqeg06o

[18] Climate set to warm by 3.1°C without greater action, UN report warns. (2024, October 24). Reuters. https://www.reuters.com/business/environment/climate-set-warm-by-31-c-without-greater-action-un-report-warns-2024-10-24/

[19] PreventionWeb. (2024, November 3). Fire is consuming more than ever of the world's forests, threatening supplies of wood and paper. PreventionWeb. https://www.preventionweb.net/news/fire-consuming-more-ever-worlds-forests-threatening-supplies-wood-and-paper

[20] Smith, J., & Doe, A. (2023). New insights into geological processes. Nature Reviews Earth & Environment, 7(10), e12345. https://doi.org/10.1038/s41561-023-01323-y

[21] Reliance Timber. (2023, November 3). The impact Canadian wildfires will play on the timber industry. Reliance Timber. https://reliancetimber.com/the-impact-canadian-wildfires-will-play-on-the-timber-industry/

[22] Naturally Wood. (n.d.). Wood performance: Resilience. Naturally Wood. https://www.naturallywood.com/wood-performance/resilience/

[23] SMT Research. (n.d.). Mass timber and water: Understanding the risks. SMT Research. https://www.smtresearch.ca/single-post/mass-timber-and-water-understanding-the-risks

[24] Salonvaara, M., Iffa, E., Desjarlais, A., & Atchley, J. (2022). Impact of mass wood walls on building energy use, peak demand, and thermal comfort (CRADA NFE-20-08326). Oak Ridge National Laboratory. https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub174562.pdf

Holztragwerke

Projekte mit Ausstrahlung

The Red Sea Project:
Ein Luxus Resort auf Sand gebaut

Starke Marken und Holzbau

The new Sydney Fish Market: the largest timber roof canopy in the southern hemisphere

Roberto Modena
Rubner Holzbau srl
Brixen, Italy



The new Sydney Fish Market: the largest timber roof canopy in the southern hemisphere

1. Purpose of the building and architectural intent

1.1. General

Located in an adapted paper mill on the foreshore of Blackwattle Bay, Sydney Fish Market has been a New South Wales (NSW) institution since 1966. Despite drawing more than 2M visitors a year, criticisms have been raised over the site's suitability as a tourist destination, as while authentic, it is often congested, smelly, and not fit for purpose. In 2016, the NSW state government, through its delivery agency Urban Growth NSW and later Infrastructure NSW (INSW) announced redevelopment plans, with the goal of turning Sydney Fish Market into a world class attraction, and the catalyst for a multimillion-dollar revitalisation of the Blackwattle Bay precinct.



Figure 1: Location of the project (credit 3XN)

3XN's winning team was selected through an international process for the relocation and design of the existing fish market, with a mandate to integrate significant sustainable and public amenity elements.

«This building will serve many functions when it is completed: a vibrant fish market, an attractive amenity for the city, a cultural destination, an urban connector, and an inspiring icon along the world-renowned Sydney Harbour,» explains Kim Herforth Nielsen, Founding Partner and Creative Director, 3XN.

The project started in 2020: the former concrete batching plant, the wharves and support structures were demolished to prepare the site for the major construction work. Locating the new building within the waters of the bay itself required colossal excavation works, involving treatment of contaminated land and the need of a temporary cofferdam to hold back the sea

and keep the site dry during construction of the new market. The cofferdam was completed in mid-2023 and more than 100 million litres of sea water (equivalent to 40 Olympic swimming pools) was drained to allow the execution of the large-size concrete basement level. The project is expected to be completed and open to visitors in 2025.

1.2. A community and visitors destination

In designing this project, 3XN was inspired by the traditional market archetype, which appears throughout history and across cultures.
«*The market is the social hub of cities around the world; it is generally comprised of a series of open-air stalls that are covered by a canopy and located in a large plaza. Preserving the authentic market feel is a key objective of this new building. The design focuses on maintaining a human scale with a true market atmosphere*,» says Fred Holt, Partner in Charge, 3XN Sydney. The new fish market preserves the intimacy and flexibility of open-air stalls united under a single sweeping canopy that characterises its iconic form.



Figure 2: Aerial view with the East promenade stairs on the left (credit 3XN)

As both a working market and a significant community and visitor destination, 3XN's design elegantly integrates public accessibility with an operating harbour and wholesale market. In other cities around the world, wholesale fish markets are closed to the public because of the risks posed by industrial machinery and processes.
Maintaining the visual connection between the public areas and wholesale or wharf operations was a key strategy for 3XN. In the new building, the ground floor hosts all the functions traditionally associated with fish markets – the landing and loading of fish, the wholesale market, and the auction hall. These functions are encased by an amphitheatre staircases and foreshore promenade, which wrap over the operational wharf and offer interwoven visual connections. In this way, visitors can appreciate the inner trade and operational functions, while keeping them at a safe distance.



Figure 3: Interior view from the retail & catering level (credit 3XN)

1.3. The floating roof: an architectural icon

The distinctive roof stands out as a pivotal design element, embodying advanced, eco-friendly engineering principles. Its timber framework's undulating shape mirrors the waves of Sydney Harbour, forging a visual connection with the location.
Spanning 200 meters in length and covering an area of two hectares, the roof's timber framework is interspersed with solar panels integrated into 'cassettes'. These over 400 cassettes, modular in design, are pre-assembled at Glebe Island nearby. Positioned at the top of a temporary steel framework, these components are fitted together before being mounted on the glulam timber structure, crafting the market's iconic roof.



Figure 4: West side view and typical cross section (credit 3XN)

The roof of the building plays a crucial role not only in the fish market's distinctive design but also in its comprehensive sustainability approach. Crafted to meet the spatial needs of the activities it covers, it further collects rainwater for recycling, shields the commercial areas from direct sunlight, and diffuses natural light for the operations beneath. Its unique shape leverages the prevailing winds to vent hot air and provides protection against the winds from the south for the vendors. The structure, constructed from timber and aluminum, aims to be as open as possible to reduce the reliance on air conditioning, while also reflecting direct sunlight away.

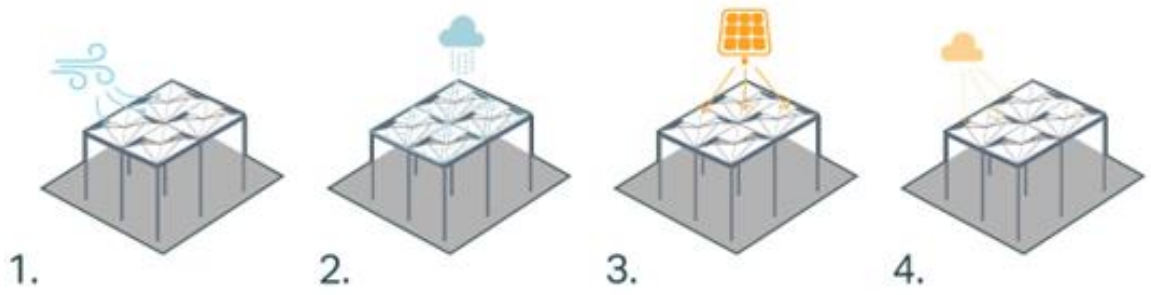


Figure 5: The four primary efficiency and sustainability attributes of the roof canopy: shading, daylighting, ventilation, collection of rainwater and the possibility for solar cells harvest the strong Sydney sun (credit 3XN)

1.4. Environmental and social sustainable design

The new Sydney Fish Market will be a 5 Star Green Star rated building under the Green Building Council Australia's rating tool. It marks a significant step in achieving the NSW Government's net zero commitment by 2050. This will be achieved by focusing on:

- using energy efficient systems and building designs, and maximising on site renewable energy opportunities
- improving water efficiency with a target to reduce potable water use by at least 45%
- minimising waste directed to landfill through waste separation, recycling and reuse of materials
- using low environmental impact materials in the building design and during construction
- designing a building that is future proofed against climate change
- maximising the building's indoor environmental quality to ensure comfort and air quality.
- encouraging sustainable transport options to and from the site.

Working closely with the Sydney Institute of Marine Science (SIMS) to support the initiative that sees the transformation of Sydney Harbour, the project will incorporate habitat enhancement strategies to protect the local environment that include:

- placement of rock rubble to create microhabitats
- hanging fish aggregation devices
- seawall tiles along the basement edge to increase habitat complexity.

The new Sydney Fish Market will be a place that celebrates public and active transport links. The new building will have greater access to multi-modal transport options: the building will be set back nearly 10m from the northern side of Bridge Road to accommodate drop off zones for cars and buses, cycle paths, and provide safer access for pedestrians.
Visitor numbers to the new market are expected to double over the next 10 years, from three million to six million each year.

2. Design, fabrication, delivery and install of the timber structure

2.1. Structural concept

The main building is approximately 100mx200m, with additional promenade areas to the east and west, and varies in height from 18m (three storeys high) to 25m (four storeys high). A long span glulam timber roof canopy covers the facility, cantilevering approximately 1 grid over the last line of columns.
During the early stages of the design process, several options were explored for the primary roof structure. The outcome is a sweeping roof structure that consists of long-span glulam timber beams. These beams span between columns either as simply supported or cantilevering beyond the perimeter. The primary beams span from 18m to 29m, varying according to their orientation—whether running north/south, east/west, or diagonally, and those in the external bays are tapered at cantilever with a maximum length up to 33 meters. Steel cruciform columns, which support the roof, are typically placed at every second grid.
Lateral stability to the facility is provided by four concrete cores extending from basement to the roof. At the timber roof to core connection, the core wall is reduced in thickness to allow a continuous offset to the timber to be maintained for architectural purposes. Timber connections at core replicates the typical cruciform column detail, with embedded steel plates welded to anchoring plates casted into the core wall. In some small areas, the glulam is replaced by lightweight steel roof.

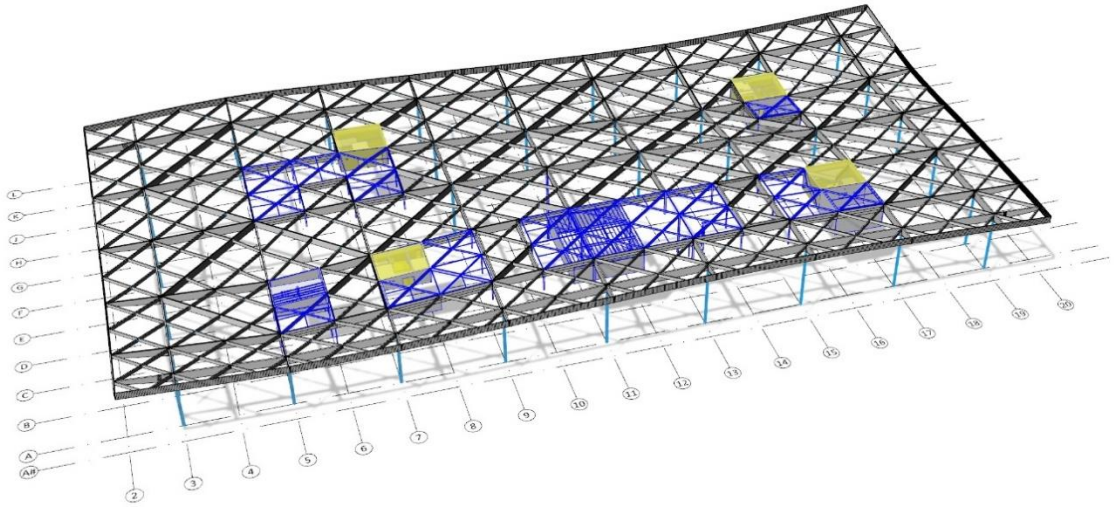


Figure 6: 3D view of the timber roof canopy

The depth of the structure is determined by a combination of the longer main spans and the length of the longest cantilever. The primary beams have a depth of 1900mm, while the secondary and tertiary beams are 760mm deep. Curved edge beams, following the roof's undulation, are secured by the adjacent pods. The width of glulam ranges from 180mm for secondary, tertiary beams to a maximum of 320mm for some primary beams. This variation depends on the span and stress ratio; notably, the primary beams feature a continuous underside notch along their entire length, which makes the increase in width less noticeable.

The timber roof is designed to withstand various load combinations, including superimposed dead loads, live loads, wind loads, and seismic actions. Wind peak roof pressures, determined through wind tunnel testing, have been applied as positive or negative pressures to horizontal and vertical surfaces, simulating typical roof cassettes.

Given that the canopy roof of the new Sydney Fish Market is a substantial structure with stormwater runoff directed to two low points through open channels, a special load combination was designated for the rainwater effect. As part of the concept and subsequent tender design phases, a hydraulic model was developed to simulate water movement over the roof during rainfall events. This model helps to assess peak water depths, which are then used to calculate an equivalent water mass acting on the roof structure.

Nevertheless, the design is primarily governed by the dead load case due to the long-term strength reduction factors applied to timber. To limit long-term deflection, especially in the cantilever areas, a set of pre-camber adjustments has been applied to the primary, secondary, and edge beams. The aim is to achieve a negligible long-term deflection under permanent loads. Consequently, the connections between roof cassettes have been designed with this pre-camber in mind, incorporating the simulation of progressive deflection through dedicated modeling.

2.2. Details

The connection of the timber beams to the cruciform columns has also undergone a signficant amount of design development: the typical connection is shown in Figure 7. This comprises steel plates embedded and preassembled at the factory into the primary beams that are bolted or hooked to the cruciform column on site. This minimises working time at height. However, to allow fixing some bolts on site, it was necessary to get access to them during the installation phase. To cover these access areas, a set of infill pieces have been agreed with architects, reaching a good compromise between structural requirements and aesthetic appearance.

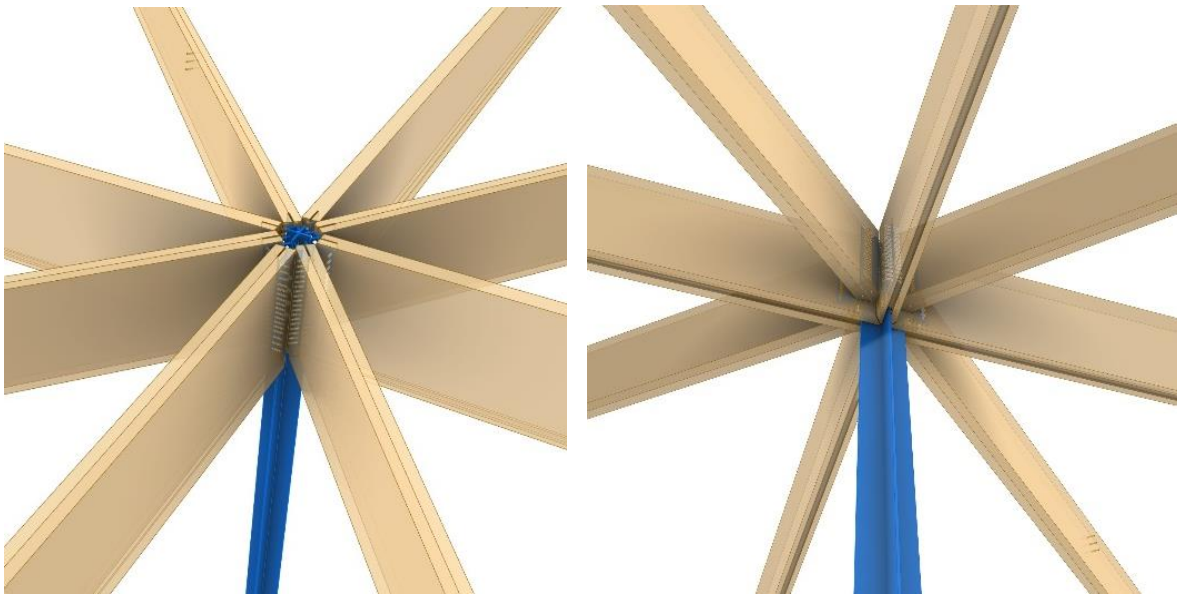


Figure 7: Typical timber to cruciform column connection from top and below

Where the beams cantilever around the perimeter, one primary timber beam run continuously over the column and the others are connected to this one with steel plates, similar to those in the typical cruciform column.
At the north/east and north/west corners, the beams are required to cantilever in two directions. The primary cantilever is continuous over the column as per the typical connection, whilst continuity for the secondary cantilever is achieved via embedded and pre-assembled steel bolted on top and bottom of the beam. The magnitude of the compression axial forces at the bottom side of the secondary cantilever, as resulting from the lever arm of the bending moment connection, is transferred through the primary cantilever by using large-diameter steel pin.
All typical connections have been tested at the factory, by realizing a full-scale mock-up representing a portion of the roof with the cruciform columns. The mock-up inspection at the Rubner's factory in Brixen, north of Italy, was also an opportunity to meet the entire project team in person, after intense months of virtual meeting ten time zones away.

2.3. Fabrication & shipping

The glulam is made of PEFC certified European Spruce, with strength class GL30c up to GL32c; most of the primary beams are block glued due to the wide cross-section. Due to the shape of the roof, all glulam beams are different from each other, with edge cuts, slots, holes, notches that make them unique. The manufacture of the 735 roof beams forming the canopy roof required more than 800 hours of CNC machine work and more than 6,000 hours of manual work, including pre-assembly of the steel parts at the factory and loading the goods onto trucks.
The glulam is protected with a coating system which include a primer and a topcoat, suitable for the protection of wood against biological and climatic agents in use classes 2 and 3 according to EN 335. The topcoat contains UV absorbing filters tested for application in marine coastal areas with high salt concentrations in air and relevant UV radiation.
Logistics presented one of the biggest challenges for the project. Large glulam beams, with the largest reaching a volume of almost 15 cubic meters, embarked on a journey spanning over 20,000 kilometers. This journey started from the Rubner factory in Brixen, Northern Italy, and ended at the construction site in Sydney, involving transport by truck, break bulk cargo, and barge.



Figure 8: The barge arrives on site with the first 133 glulam beams to start the installation (credit Multiplex)

The beams were organized into 156 individual packages. Each package contained one or more beams, depending on their size and weight. The packing lists were meticulously planned to match the installation sequence on the construction site. Furthermore, each package was marked with a specific color to indicate its delivery priority. This priority system was carefully considered during all shipping phases, ensuring that beams placed at the bottom of the vessel's hold were the first to be unloaded at the destination's storage area and the last to be delivered to the site for installation.
Upon arrival in Sydney, the glulam, totaling more than 1,700 cubic meters, was unloaded at Glebe Island after nearly 60 days at sea. Chosen by the Port Authority, Glebe Island served as an ideal location for storing materials and as a staging area for the assembly and fabrication of construction elements, such as the roof cassettes and precast panels. This strategic use of space at Glebe Island allowed for the glulam to be stored well in advance and then transported by barge to the construction site as needed. In total, five trips were necessary to deliver all packages to the final destination.

2.4. Installation

Glulam installation started in April 2024 and is currently ongoing with completion planned within the end of the year. A detailed installation sequence has been developed in due the course of the project, involving in a cooperative team the general contractor (Multiplex), the glulam supplier (Rubner) and the carpenter in charge of installation (Xcel).



Figure 9: Lifting of the first timber beam

2.5. Quality management

A comprehensive quality management system was set up from the earliest stages of the project, applying phase after phase, the necessary actions to ensure compliance with the design specifications and preserve the performance of the structural elements. Periodic inspections by a third party were conducted during manufacture of the glulam beams at the Rubner's factory, verifying the correctness of the geometric measurements and the processing performed on the individual pieces.
A detailed Moisture Management Plan has been developed to define adequate actions to reduce moisture-related risks during shipping, storage and install period, including the effect of long-term exposure to UV rays.
A final inspection was carried out on site, with some minor defects to be repaired immediately before lifting, by applying a rectification procedure agreed in advance between the supplier and the installer.

3. Summary

3.1. Facts

Project Name: Sydney Fish Market
Location: Sydney, Australia
Type: (Fish) Market, Retail, Office, Public, Cultural
Client: Urban Growth New South Wales
Project Size: 65.000 m^2
Timber Roof Size: 20.000 m2
Timber Volume: ab. 1.800 m^3
Maximum Glulam Length: 32,80 m
Status: Under Construction

3.2. Actors

Client: Infrastructure NSW
Architect: 3XN, BVN and Aspect Studios
Structural Engineer: Mott MacDonald, Enstruct
Main contractor: Multiplex
Timber Structure:
- engineering, production & delivery: Rubner
- performance solution: Northrop
- temporary design: TTW
- installation: Xcel

Sporthalle Monheim – Dachtragwerk der größten Sporthalle Europas

Patrick Weber
Schlosser Holzbau
Jagstzell, Deutschland



2 Sporthalle Monheim – Dachtragwerk der größten Sporthalle Europas | P. Weber

Sporthalle Monheim – Dachtragwerk der größten Sporthalle Europas

1. Ihr Partner für ganzheitlichen Ingenieurholzbau

1.1. SCHLOSSER stellt sich vor

Die SCHLOSSER Firmengruppe vereint Fachplanung und Ausführung im modernen Ingenieurholzbau und ist Ihr verlässlicher Partner für anspruchsvolle Holzbauprojekte. Mit einem klaren Fokus auf Nachhaltigkeit, Präzision und Effizienz bieten wir maßgeschneiderte Lösungen für Bauherren, Architekten und Projektentwickler, die auf moderne und innovative Bauweisen setzen.

Fachplanung – durchdachte Lösungen von Anfang an
Unser Fachplanungsbüro für Ingenieurholzbau bringt langjährige Erfahrung und spezifisches Know-how in die Planung moderner Ingenieurholzbauprojekte ein. Von der ersten Konzeptidee über die detaillierte Entwurfs- und Ausführungsplanung bis hin zur Logistikoptimierung begleiten wir Sie durch alle Planungsphasen. Unsere Experten berücksichtigen von Beginn an alle holzbauspezifischen Anforderungen, wie Statik, Bauphysik, Vorfertigungsgrad und Logistik. Diese enge Zusammenarbeit sichert eine wirtschaftliche, holzbaugerechte Planung und minimiert das Risiko kostspieliger Anpassungen im Bauprozess.

Realisierung – Qualität und Präzision aus einer Hand
SCHLOSSER setzt als ausführendes Holzbauunternehmen Projekte in höchster Präzision um. Mit modernster Technologie und einer eigenen Produktion am Standort Jagstzell garantieren wir eine reibungslose Fertigung und termingerechte Montage. Unsere hochmodernen Abbundanlagen ermöglichen die präzise Vorfertigung von Bauteilen, während spezialisierte Fachkräfte jeden Schritt der Umsetzung begleiten – von der Vorfertigung bis zur passgenauen Montage vor Ort. Dabei realisieren wir Projekte vom mehrgeschossigen Holzbau über weitgespannte Tragwerke bis hin zu Aufstockungen und Fassadenlösungen.

Ein verlässlicher Partner für Ihre Bauprojekte
Ob Neubau, Aufstockung oder serielle Sanierung – die SCHLOSSER Firmengruppe steht für eine ganzheitliche, transparente Betreuung. Architekten und Bauherren schätzen unsere Fähigkeit, komplexe Projekte zuverlässig umzusetzen, während Projektentwickler von unserer innovativen Herangehensweise und der starken interdisziplinären Zusammenarbeit profitieren.

Vertrauen Sie auf SCHLOSSER für Ihr nächstes Bauprojekt und erleben Sie, wie durchdachte Fachplanung und präzise Ausführung im Ingenieurholzbau Hand in Hand gehen.

1.2. Gute Planung als Projektgarantie – HOLZBAU 360

Eine erfolgreiche und wirtschaftliche Projektrealisierung beginnt mit einer durchdachten Planung. Mit HOLZBAU 360 bieten wir einen umfassenden, strukturierten Prozess, der jedes Holzbauvorhaben von Anfang an effizient und zielgerichtet begleitet. Durch eine optimale Abstimmung aller Projektphasen – von der ersten Konzeptidee bis zur finalen Umsetzung – schaffen wir eine wirtschaftliche Grundlage für jedes Bauvorhaben.

Warum ist das so entscheidend? Die frühzeitige Integration von Fachplanung und Ausführung sorgt dafür, dass jedes Detail von Beginn an aufeinander abgestimmt ist. Dieser ganzheitliche Ansatz ermöglicht eine präzise Kostenkontrolle und schafft eine klare Struktur für alle Beteiligten. Bauherren, Architekten und Projektentwickler profitieren von einem wirtschaftlich optimierten Ablauf, der Transparenz, Planbarkeit und verlässliche Entscheidungen sichert.

Der HOLZBAU 360 Vorteil – alles aus einer Hand
Mit SCHLOSSER haben Sie einen Partner, der das gesamte Bauprojekt versteht und steuert. Fachplanung und Ausführung kommen hier aus einer Hand, wodurch wir Kommunikationslücken schließen und Abstimmungsaufwand reduzieren. Dieser integrierte Prozess minimiert Risiken, verkürzt die Bauzeit und optimiert die Bauqualität – eine echte Projektgarantie.

Ein Ansatz, der Zeit und Kosten spart
HOLZBAU 360 spart Zeit und reduziert die Kosten, da alle Beteiligten eng zusammenarbeiten und frühzeitig alle wesentlichen Projektanforderungen berücksichtigen. Durchdachte Lösungen, ein hoher Vorfertigungsgrad und klare Abläufe sorgen dafür, dass die Bauphase vor Ort reibungslos abläuft. So wird der Bauprozess nicht nur planbarer, sondern auch wirtschaftlicher und effizienter gestaltet.

Mit HOLZBAU 360 erlebt man eine Projektabwicklung, die Zeit spart, das Budget schont und höchste Qualität gewährleistet – für ein Bauvorhaben, das in allen Phasen effizient und nachhaltig überzeugt.

Mehr Infos finden Sie auf unserer Webseite www.schlosser-projekt.de oder sprechen Sie uns direkt an – weil der Erfolg Ihres Projekts unsere Priorität ist.

2. Projekt Sporthalle Monheim

2.1. Projektentwicklung und Konzeption

Im Bereich des Hallenbaus stellt die Aufteilung von Sporthallen in drei bis sechs Segmente eine gängige Praxis dar. Eine Unterteilung in acht Segmente, wie sie nun in Monheim am Rhein realisiert wird, stellt jedoch eine besondere Neuerung dar. Hier entsteht die erste Achtfach-Turnhalle Europas – ein einzigartiges Projekt, das nicht nur durch seine Größe und Flexibilität besticht, sondern auch durch die zukunftsweisende Bauweise und die Effizienz des gesamten Bauprozesses.
Die neue Achtfach-Turnhalle umfasst eine Sportfläche von rund 4.400 m², die durch die flexible Aufteilung in acht separate Hallensegmente unterschiedliche Nutzungen ermöglicht. Diese Segmente können je nach Bedarf zusammengeführt oder einzeln genutzt werden, was die Halle sowohl für den Schulbetrieb des Schulzentrums Berliner Ring als auch für die Sportvereine in Monheim attraktiv macht. Ergänzt wird die Halle durch eine Tribüne mit 500 Sitzplätzen, die sie zu einem bedeutenden Veranstaltungsort für Sport und Freizeitaktivitäten macht.
Das innovative Konzept der Sporthalle ist Teil eines umfassenden Maßnahmenplans zur Reorganisation des Schulstandorts. Die acht Halleneinheiten werden auf zwei Ebenen verteilt, wobei jeweils vier Hallen auf einer Etage angeordnet sind. Diese modulare Struktur ermöglicht eine flexible Nutzung des Gebäudes, sodass der Sportbetrieb sowohl in acht separaten Hallen als auch in zwei zusammengefügten Vierfachhallen stattfinden kann. Zusätzlich sorgt die Tribüne mit 500 Sitzplätzen für eine adäquate Zuschauerunterbringung bei Veranstaltungen.
Für die schnelle Errichtung der Sporthalle wurde eine innovative Bauweise gewählt, die auf die Bedürfnisse des laufenden Schulbetriebs abgestimmt ist. Der traditionelle Bauansatz hätte zu lange gedauert und die geplante Nutzung verzögert. Aus diesem Grund vergab die Stadt Monheim den Bauauftrag an NÜSSLI, ein Unternehmen, das für seine Expertise im Bereich des Temporärbaus bekannt ist.
Die Wahl fiel auf eine hochmoderne Elementbauweise, die eine erhebliche Zeitersparnis im Vergleich zu herkömmlichen Bauverfahren ermöglichte. Durch den hohen Vorfertigungsgrad der Bauteile konnten die Arbeiten auf der Baustelle deutlich reduziert werden. Die Bauteile, die aus einer Hybridkonstruktion aus Holz, Stahl und Beton bestehen, wurden in der Produktionsstätte vorgefertigt und «just in time» auf die Baustelle geliefert. Dies minimierte nicht nur die Bauzeit, sondern auch die Störungen des Schulbetriebs und des angrenzenden Verkehrs.
Die über 600 Holzelemente wurden mit Schwertransportern angeliefert und mittels eines hochbelastbaren Teleskopbaukrans montiert. Der Einsatz von vorgefertigten Elementen mit einem sehr hohen Vorfertigungsgrad trug maßgeblich zur zügigen und sicheren Errichtung der Sporthalle bei.

Die Planung und Ausführung des Projekts erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachplanern und Unternehmen. NÜSSLI übernahm die Rolle des Totalübernehmers und koordinierte das Projekt mit Partnern wie der **asp Architekten GmbH** (Architektur), **Schlaich Bergermann Partner** (Tragwerksplanung), **Ingenieurbüro Herzner und Schröder** (Technische Gebäudeausrüstung) und **Corall Ingenieure GmbH** (Brandschutz). Für die Detailplanung wurde zudem auf externe Fachkompetenz in den Bereichen Bauphysik und Akustik zurückgegriffen: **Energieberatung frei** für die Bauphysik Energie und **Müller-BBM** für die Akustik.

Die Firma **Schlosser Holzbau GmbH** war für die vollständige Werk- und Montageplanung der Holzbaukonstruktion verantwortlich. Alle Holzbauteile wurden in der Produktionsstätte des Unternehmens in Jagstzell vorgefertigt und termingerecht auf die Baustelle geliefert. Die Montage der Elemente erfolgte durch das erfahrene Zimmerer-Team der Firma Schlosser direkt vor Ort.



Abbildung 1: Rendering aus der Planungsphase (Bildquelle Nüssli Gruppe)

Bautafel

Totalübernehmer	NÜSSLI Gruppe
Architekten	asp Architekten GmbH, Stuttgart
Statik/Tragwerk	Schlaich Bergermann Partner, Stuttgart
Techn. Gebäudeausrüstung	Ingenieurplanungen Gebäudetechnik GmbH Herzner und Schröder, Gunzenhausen
Brandschutz	Corall Ingenieure GmbH, Meerbusch-Osterath
Bauphysik	Akustik Müller-BBM Industry Solutions GmbH, Planegg/München
Bauphysik Energie	energieberatung frei GmbH & Co. KG
Holzbau	Schlosser Holzbau GmbH, Jagstzell

2.2. Planung und Konstruktion

Die Grundlage für die Holzbau Planung und Konstruktion bildete ein bereits durch den Generalübernehmer Nüssli erstelltes IFC-Modell, auf welchem auch die weitere Werk- und Montageplanung im Programm Cadwork aufbaute.
Es fielen bereits im Zuge der Angebotserstellung einige Optimierungsmöglichkeiten zur Beschleunigung des Bauablaufs und Optimierung des Fertigungsprozesses auf, die in dieser Phase schon eingearbeitet wurden.
Dabei wurde versucht, Holzbauteile nicht schon während der Massivbauphase mit einbauen zu müssen, um Feuchteschäden und Verschmutzungen des Holzbaus zu verhindern. Ebenfalls wurden einige Details, bei denen Stahlteile schon in die Schalung mit eingelegt werden sollten und später keine Toleranzen verzeihen umgeplant und auf Dübel Verbindungen oder Anschweißplatten geändert, die eine präzise Montage nach dem Einmessen mit dem Tachymeter zuließen.
Eine weitere Herausforderung stellte die Konstruktion und Herstellung der unterspannten Hauptbinder dar. Diese sind vom Tragwerksplaner mit einer Überhöhung geplant, um in der späteren Eigengewichtssituation in der Nulllage zu liegen. Um eine exakt gleiche Belastung der zwei Spannglieder und eine gleiche Vorspannung dieser sicher stellen zu können wurde auf den Einbau eines Spannschlosses verzichtet. Daraus ergibt sich jedoch, dass der Obergurt zur Vormontage der Unterspannung in eine Vorkrümmung gebracht werden muss, um die verkürzte Unterspannung einbauen zu können.

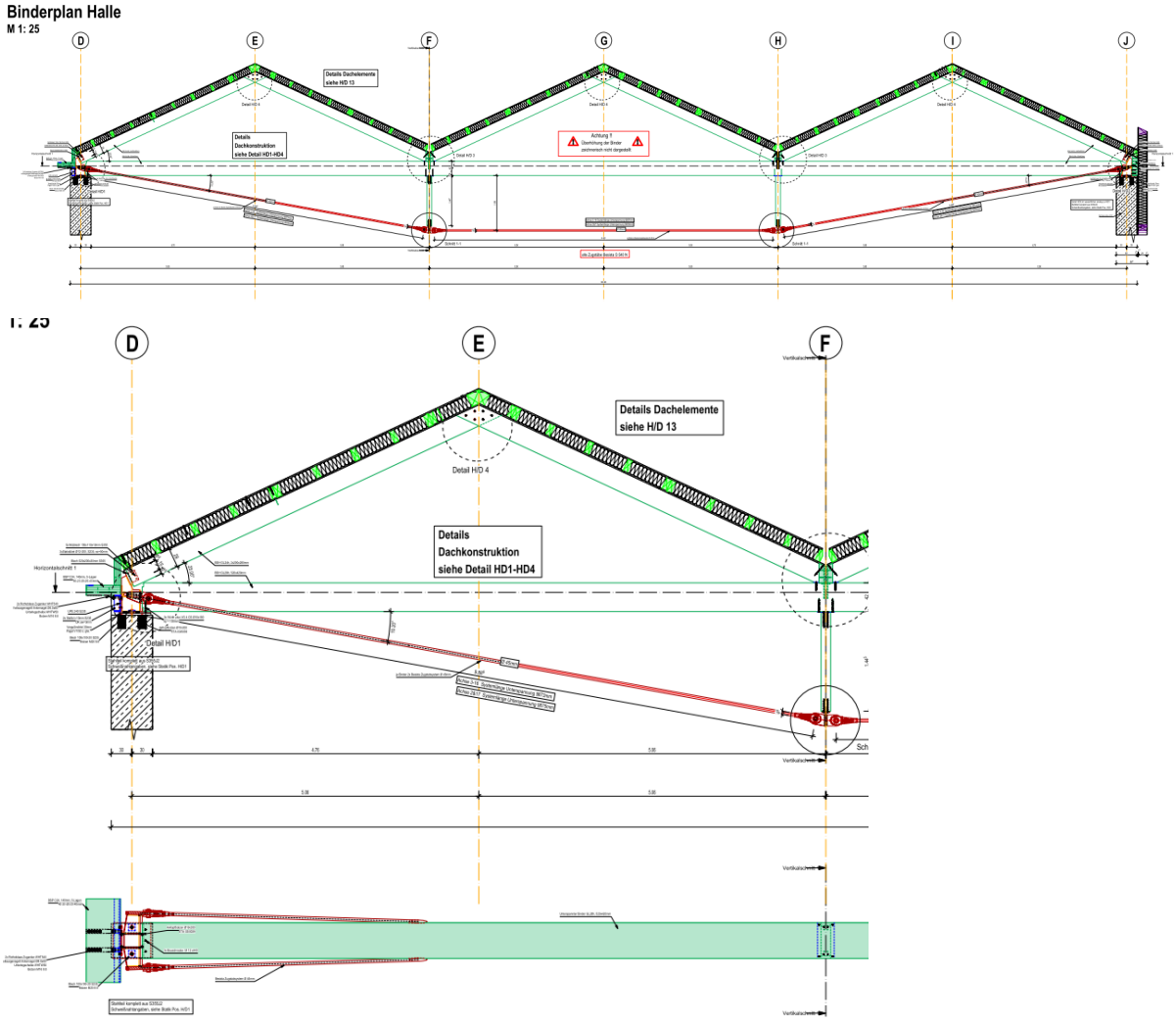


Abbildung 2: Planausschnitte aus den Binderplänen (Bildquelle: Firma Schlosser)

Auf diesen Bindern liegen die Scheddach Elemente auf, die die spätere Dachform ausbilden. Diese sind ebenfalls so konstruiert, dass die maximale Größe bereits im Werk der Firma Schlosser vorgefertigt werden konnte und schon ein Witterungsschutz aufgebracht ist. Die Kehlrinnen sind ebenfalls bereits eingebaut und an den Stoßstellen zur Verschweißung auf der Baustelle vorbereitet sind.



Abbildung 3: Montage der Scheddach Konstruktion (Bildquelle: NÜSSLI Gruppe / Tim Kögler)

Die Firma Schlosser führte hier jedoch nicht nur die Dachkonstruktion aus, sondern auch die komplette Fassade am Nebengebäude. Um auch hier dem geforderten engen Zeitplan gerecht werden zu können sind diese Fassadenelemente ebenfalls im Werk komplett vorbereitet und vormontiert. Um bei den großen Dimensionen des Gebäudes ausreichende Toleranzen einhalten zu können, wurden nach der Montage des Rohbaus alle wichtigen Fixpunkte wie Fenster und Eckpunkte mittels Tachymeter ausgemessen und die Fassaden Elemente nochmals auf dieses Aufmaß angepasst. Durch diesen weiteren Planungsschritt konnten nacharbeiten, die wiederum den Zeitplan behindert hätten, vermieden werden.

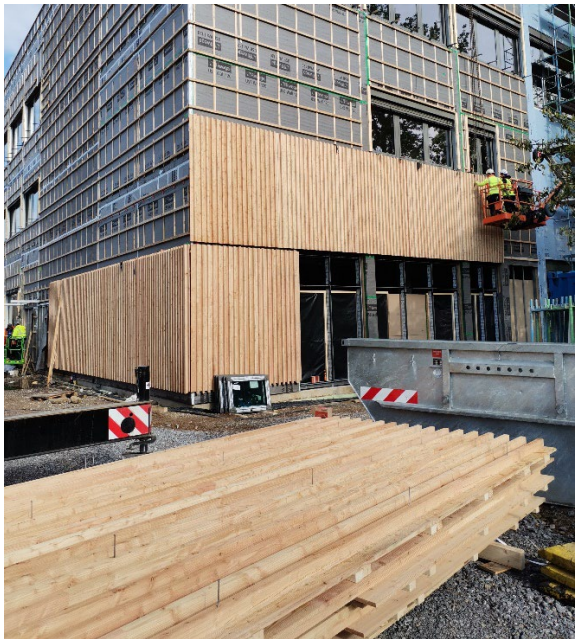


Abbildung 4: Montage der Fassadenelemente (Bildquelle: Schlosser)

2.3. Montage auf der Baustelle

Auf Grundlage, der im 3d Modell erarbeiteten Konstruktion wurde, die Baustelle mittels Tachymeter eingemessen und alle Verankerungspunkte und Fixpunkte aus dem Cadwork Modell auf die Baustelle übertragen. Dies geschieht sowohl in der horizontalen Ebene wie auch in der vertikalen, was zum Beispiel Höhen an Stützen und Treppenkerne betrifft. Dieses Vorgehen gewährleistet von Anfang an Sicherheit in Bezug auf einzuhaltende Toleranzen und der Pass Genauigkeit der Elemente.

Der Höhepunkt der Montagearbeiten war die Errichtung der Binderkonstruktion und anschließend die Montage der vorgefertigten Scheddach Konstruktion der Halle, die eine Grundfläche von 64m x 32m überspannt.



Abbildung 5: Ankunft der Binder auf der Baustelle (Bildquelle: Nüssli Gruppe)

Bedingt durch den Transport, kamen die Binder liegend auf der Baustelle an und mussten mittels einem Mobilkran in die spätere Lage gedreht werden. Um Platz und Zeit auf der Baustelle zu sparen waren die Binder bereits komplett montagefertig vormontiert und wurden durch den Hochbaukran versetzt.



Abbildung 6: Versetzten der Binder der Halle (Bildquelle: Schlosser)

Geschlossen wurde die Dachfläche durch insgesamt 126 vorgefertigte Dachelemente. Da im Zuge der Werkstatt- und Montageplanung auch die Herstellung der Rinnenkonstruktion in den Tiefpunkten der Sheddächer an die Fa. Schlosser vergeben wurde, konnten auch diese als Elemente vorgefertigt werden. Somit war bereits während der Bauzeit der Witterungsschutz der Dachkonstruktion und eine kontrollierte Entwässerung der Dachflächen gewährleistet.



Abbildung 7: Drohnenaufnahme kurz vor Fertigstellung der Montagearbeiten
(Bildquelle: NÜSSLI Gruppe / Tim Kögler)

3. In der Nutzung

Die neue Achtfach-Turnhalle in Monheim stellt nicht nur einen architektonischen Meilenstein dar, sondern auch ein herausragendes Beispiel für die effiziente und flexible Nutzung von modernen Bauverfahren. Die Kombination aus Elementbauweise, hoher Vorfertigungstiefe und innovativer Bauorganisation ermöglichte eine schnelle Umsetzung des Projekts und minimierte die Auswirkungen auf den laufenden Schulbetrieb. Mit dieser Turnhalle wird ein zukunftsfähiges Sport- und Veranstaltungszentrum geschaffen, das den Anforderungen eines modernen Schulstandorts gerecht wird und gleichzeitig als multifunktionaler Treffpunkt für die lokale Gemeinschaft dient. Ebenfalls wird ersichtlich was mit Holz und dem richtigen Einsatz einer Hybridbauweise heute möglich ist.

Bürgermeister Daniel Zimmermann zeigt sich beeindruckt von den Fortschritten und dem Tempo, mit dem das ambitionierte Bauprojekt voranschreitet: «Wir liegen mit den Arbeiten an diesem Großbauprojekt immer noch so dicht im ursprünglich geplanten Zeitrahmen, dass wir die Halle voraussichtlich bereits im Oktober in Betrieb nehmen können. Das ist ein herausragender Erfolg.»
Zudem hebt der Bürgermeister hervor, dass der außergewöhnliche Umfang der neuen Sporthalle von außen kaum erkennbar sein wird. «Die größte Sporthalle Europas wird man ihr am Ende gar nicht ansehen können, weil wir den Bau in das Gelände integrieren. Wer künftig vom Berliner Ring aus ebenerdig in den Neubau gelangt, wird die Tribüne und den tieferen Hallenteil unter sich haben. Diese gelungene und durchdachte Planung macht das Projekt besonders attraktiv», so Zimmermann weiter.
Für die Stadt Monheim ist der Neubau nicht nur ein architektonisches Highlight, sondern auch ein echter Fortschritt für den Schulsport und den Vereinssport. Zimmermann betont: «Dieses Projekt ist ein Quantensprung, nicht nur für den Schulsport in der «Hauptstadt für Kinder», sondern auch für den Vereinssport. In unserer neuen Sporthalle werden künftig Veranstaltungen mit mehreren hundert Besucherinnen und Besuchern möglich sein.» Er sieht die neue Sporthalle als einen bedeutenden Gewinn für die gesamte Stadt und betont die Bedeutung der starken Partnerschaften, die zur erfolgreichen Umsetzung des Projekts beigetragen haben.



Abbildung 8: Richtfest (Bildquelle Nüssli Gruppe)

Reconstructing Notre-Dame's Spire and Transept Framework: Engineering a Masterpiece

Valéry Calvi
CALVI ETUDES STRUCTURES
Avignon, France

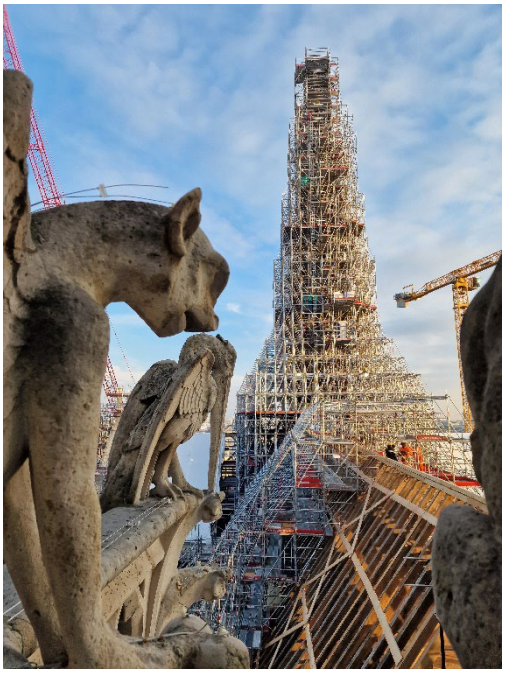


Gaëtan Genès
ECSB
Chalonnes-sur-Loire, France



Reviving Notre-Dame: From dream to reality

On the 15th of April 2019, flames devoured the timber frame of Notre-Dame Cathedral in Paris.
The public establishment «Rebâtir Notre-Dame de Paris» was soon formed to organize the reconstruction and a group of four renowned carpentry firms – LE BRAS FRERES, ASSELIN, CRUARD, and MDB – was selected to rebuild the spire and transept framework. The carpentry group entrusted our engineering offices, ECSB and CALVI ETUDES STRUCTURES, with the task of adapting the design, calculating, and drawing this magnificent framework, in order to allow its rebirth while respecting the heritage requirements monitored by the Chief Architects of Historic Monuments and the urgency defined by the state.



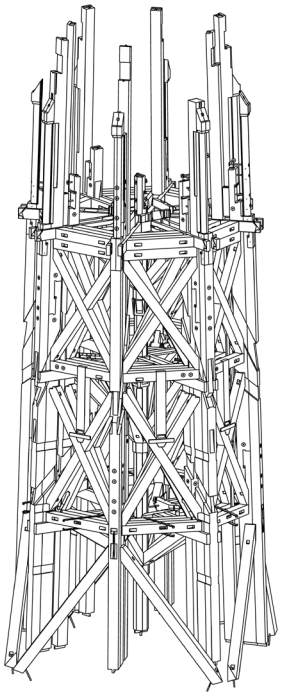
Before delving into our work, let us consider for a moment the magic of this extraordinary structure... Everything about this project inspires reverie : the roofs, more akin to sculptures, the gargoyles, the stained-glass windows, the paintings...

A dream to bring back to life a historic and symbolic masterpiece, a testament to past tenacity, to the genius of an architect, and to the know-how of generations of craftsmen. A symbol of France's and humanity's deep-rooted connection to history. This tragedy brought tears to countless eyes around the world. But the emotion was also palpable on the construction site at every level, even deep within the workshops, for all these specialists in ancient heritage were aware that building the complete framework of a cathedral was a lifetime's work. The international interest sparked by this project highlighted humanity's dream of coming together to rebuild, a concept that was put into practice on the site itself when the group of carpenters made the rare decision to create teams by mixing workers from different companies.

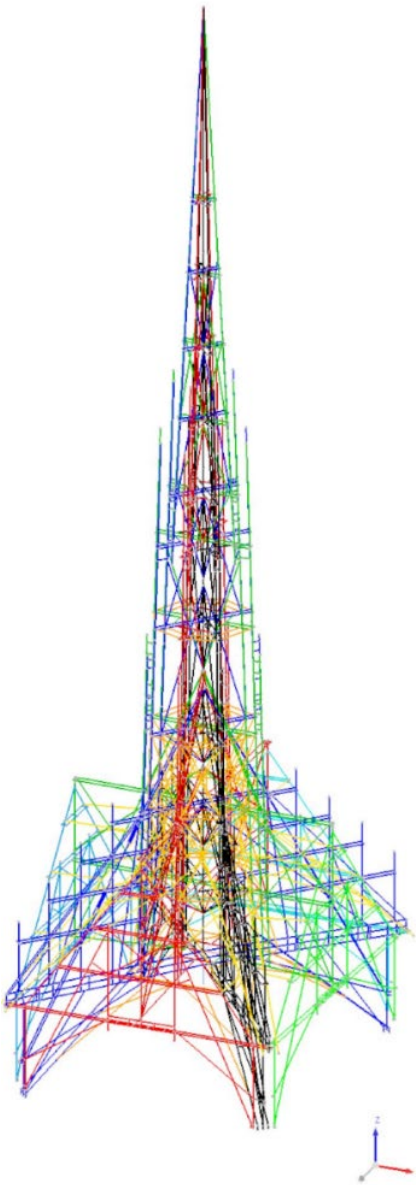
In this brief presentation, we will explore several key concepts specific to this type of construction:

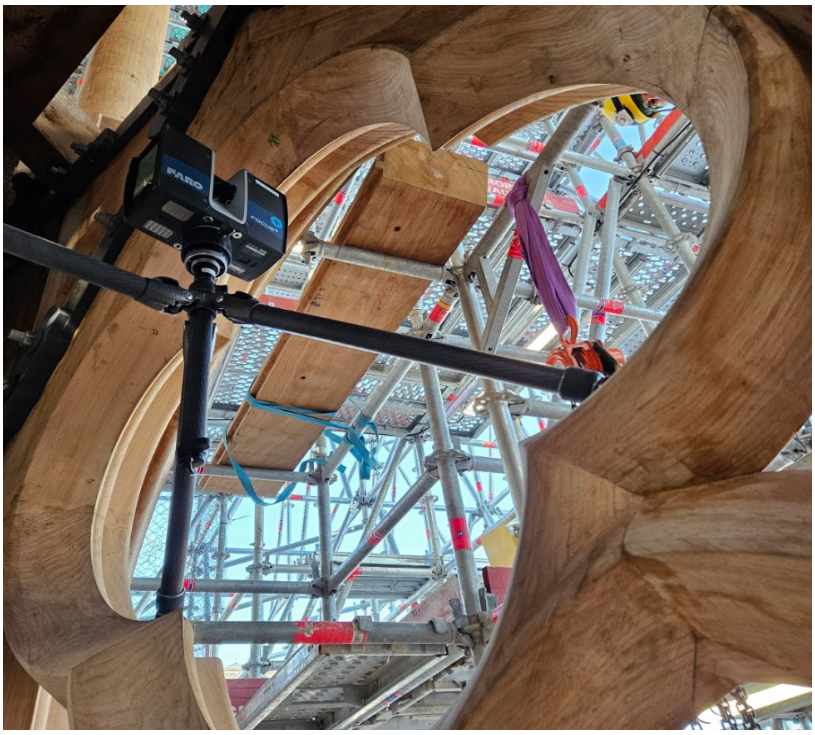
- From Viollet-le-Duc's original drawings to the assemblies of the reconstructed spire, the delicate yet essential quest for an identical reconstruction.
- A few of the structural particularities of this astonishing framework.
- The structural complexity: 1500 assemblies, 350 plans.
- But where do the forces go?
- The use of green oak.
- Consideration of the timber's behaviour over time (evolution of mechanical properties, shrinkage, creep) through global structural calculations performed at various stages of the structure's life (construction, 10 years, 50 years, and 100 years), as well as through the detailed analysis and justification of traditional joinery.
- The detail of the modelling to determine forces before and after timber shrinkage.
- The particularity of justifying instability for groups of elements with highly variable inertia properties.

After the studies, long-term monitoring: scanning of the structure…








FARO

The Red Sea Project: Ingenieurholzbau im subtropischen Klima

Franz Tschümperlin
SJB Kempter Fitze AG
Eschenbach, Schweiz



The Red Sea Project: Ingenieurholzbau im subtropischen Klima

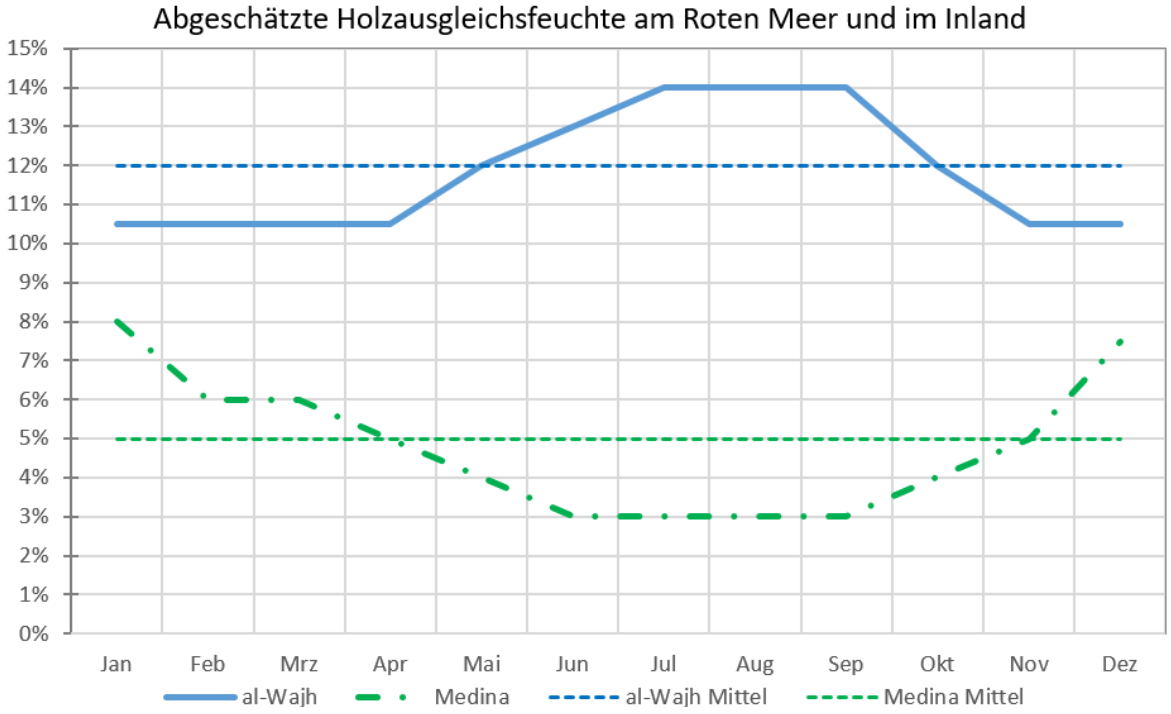
1. Klimatische Voraussetzungen

1.1. Holzbauteile

Wenn Holz abtrocknet, können sich Risse bilden, welche auch relevant hinsichtlich der statischen Tragfähigkeit sein können. Beobachtungen bei einem Bauprojekt in Riad haben gezeigt, dass diese Risse gravierend sein können.

Erste Abschätzungen mit dem Holzausgleichsfeuchtediagramm nach Keylwerth und den entsprechenden Klimatafeln ergeben eine Holzausgleichsfeuchte 300km vom Meer entfernt in Medina von 5% +/- 3% mit einem Minimum im Juli von 3% und 8% im Januar.

Je näher der Messstandort zum Roten Meer liegt, desto höher wird die relative Luftfeuchtigkeit und damit die abgeschätzte langjährige Holzausgleichsfeuchte. Als Referenz wird die 80km zum Projekt entfernte Messstation der Küstenstadt al-Wajh dargestellt.



Erwartete Holzausgleichsfeuchte für Projektstandort (al-Wajh) und als Vergleich im Inland (Medina)

Die starke Wasserverdunstung führt am Meer zu einer durchschnittlichen relativen Luftfeuchtigkeit von über 70% während den Sommermonaten, während im Inland bei Medina in den gleichen Monaten weniger als 15% relative Luftfeuchtigkeit gemessen wird.

Von der Baustelle auf den Inseln sind die ersten Klimadaten ab anfangs 2022 vorhanden. Die Auswertung vom Januar 22 mit einer geschätzten Ausgleichsfeuchte von 9% und July 22 mit 12% ergeben als Stichprobe vergleichbare Werte mit den Werten von al-Wajh.

Damit liegt die Holzausgleichsfeuchte relativ nahe an der Holzfeuchte der Produktion und die Rissbildung aufgrund des verzögerten langfristigen Abtrocknens des Kerns gegenüber der Oberfläche führt nicht zu übermässiger Rissbildung.

Anders als erwartet ist dieser Aspekt somit kaum kritisch. Es gibt aber andere diesbezügliche Aspekte, welche eine gewisse Aufmerksamkeit erfordern:

Die sehr starke Sonneneinstrahlung führt zu einer massiven Erwärmung der Oberfläche und lässt das Holz so am Stirnholz sehr schnell trocknen. Diese Risse können vermindert

werden, wenn man das Stirnholz von grossen Querschnitten vor direkter Sonneneinstrahlung schützt oder sogar luftdicht verschliesst (z.B. Klebebänder, Anstrich).



Grosser, gekrümmter Querschnitt direkt besonnt



Schmaler Querschnitt

Bei den kleinen Querschnitten ist dieser Effekt nicht so ausgeprägt. Allerdings werden bei kleinen Brettschichtholzquerschnitten oft Lamellen aus kleinen Stammdurchmessern geschnitten. Dabei wird nicht immer perfekt parallel zum Herz geschnitten und es ergibt sich ein Wechsel von der Markseite von einem zum anderen Ende der Lamelle.

1.2. Stahlbauteile und Verbindungen

Das Rote Meer hat einen Salzgehalt von bis über 4% und ist so höher als jener vom Mittelmeer mit ca. 3.8% oder der Nordsee mit ca. 3.5%. Die Anforderung an die Stahlbauteile sind eher ungünstiger aber in etwa vergleichbar wie bei Bauteilen am Mittelmeer.

Ein wesentlicher Faktor ist hier die Materialwahl in Zusammenhang mit der Exposition.
Es wurden grob die folgenden Kategorien vereinbart:
a) Innerhalb der Konstruktion → galvanisiert
   (komplett innerhalb Holzbauteil, innerhalb Dämmperimeter ohne Luftkontakt)
b) Innenklima in Unterkonstruktion → A2
c) Aussenklima geschützt → A4
d) Aussenklima (ohne Tauwasser) → A4
e) Aussenklima (mit Tauwasser) → A4
f) Aussenklima direkt über Wasserfläche und/oder Spritzwasser → A4

Je nach Einstufung und statischer Relevanz wird zusätzlich zur Materialwahl die Werkstoff-Nr. im Detail und bei Bedarf zusätzliche Massnahmen bestimmt.

Es kommt entgegen, dass die Architektur im Grundsatz unsichtbare Verbindungen gefordert hat und es gleichzeitig kaum regnet (Mittlere Jahressumme <40mm). Dies ermöglicht einfache Holzabdeckungen ohne aufwändige Ausdetaillierung für die Wasserführung. Diese Abdeckungen schützen auf einfache Weise die Stahlteile vor Feuchte durch nächtliches Tauwasser. Auch das Verschliessen von Stabdübel und Schlitzblech-Schlitzen verbessert den Korrosionsschutz erheblich.

Gerade im Bereich der Holzverbindungen (Schrauben; Dübel) ist die Werkstoff-Nr. nicht wählbar und durch die Hersteller und deren Prozess vorgegeben. Es ist bereits beim Konstruieren wichtig, dass die Eigenschaften, die Erhältlichkeit und die Liefersituation abgeklärt wird.

Hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung sollten je nach Exposition auch die Details gewählt werden. So sollen z.B. bei starker Exposition Schweissnähte durchgeschweisst, Kehlnähte stets umlaufend ausgeführt werden und stehendes Wasser vermieden werden.

Zu all diesen Themen bietet die Dokumentationsreihe der «Informationsstelle Edelstahl Rostfrei» eine wertvolle Hilfestellung (z.B. Sonderdruck 863).

2. The St. Regis Resort

2.1. Coral Villas



Coral Villa von oben



Coral Villa im Zentrum

Fotos: Blumer-Lehmann

Die Villas sind einer Koralle nachempfunden. Die Pfetten sind stark um die schwache Achse gekrümmt. Die daraus entstehende Torsion muss über die Verbindung Sparren zu Pfette biegesteif in den Sparren übertragen werden. Die sich ständig ändernden Winkel vor allem in der Dachfläche stellen geometrisch eine besondere Herausforderung dar.

Die Villas stehen auf Pfählen. Dabei sind die Bodenelemente für Wellenanprall bemessen und führen zu ungewohnt hohen Verankerungskräften und entsprechenden Verbindungen bei gleichzeitig hoher Anforderung an den Korrosionsschutz.

3. Nujuma Ritz Carlton – ausgewählte Aspekte

3.1. Villas

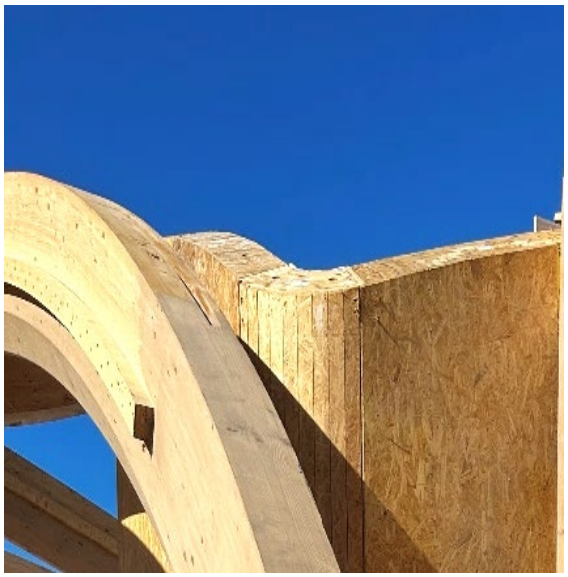
Die verschiedenen Typen der Ferienvillas haben Wände und ein Dach aus Holzbauelementen Über der Dachbahn sind Seile gespannt.



2-Bed-Villa

Die Primärkonstruktion besteht aus BSH-Bögen und doppelt gekrümmten Dachelementen. Auch die oberen Innenwandabschnitte sind 5-achsig gefräst.

Diese Ausführung wurde in verschiedenen Schritten mit verschiedenen Mockups im Werk in Gossau getestet und die Schnittstellen definiert. So umfassten diese Musteraufbauten nicht nur das Gewerk Holzbau.



Hauptbögen mit Innenwand



Doppelt gekrümmte Dachelemente

Fotos: Blumer-Lehmann

3.2. Guest Hub – Lattice Shell

Der Guest Hub ist eine transluzente Gitterschale 24x16m mit einem zentralen Bogen im Zentrum und seitlichen Bögen.



Innenansicht GuestHub-Gitterschale

Foto: Blumer-Lehmann

Die Idee ist die Gitterstäbe in dünnen, geraden Lamellen auf der Baustelle zu krümmen und anschliessend in den Kreuzungspunkten und untereinander absolut schlupffrei verbunden werden. Damit kommt aus statischer Sicht nur eine Baustellenverklebung in Frage, was wiederum herstellungstechnisch kaum möglich ist (Temperatur, Luftfeuchte, Toleranz, usw).

Somit ist die Lösung eine Vorfertigung im Werk. Aufgrund der hohen Belastungsanforderungen (v.a. Wind) ergab eine erste Abschätzung, dass die vorgesehenen Griddimensionen nicht ausreichen werden und mussten erhöht werden.

Ein Krümmen von geraden Bauteilen auf der Baustelle ist ausgeschlossen, da schlussendlich die Stäbe in dieselbe Richtung gekrümmt sein sollen, sich aber «strecken» wollen. Die von den Architekten vorgegebene NURBS-Fläche kann auf diese Art nicht erreicht werden. Die daraus resultierenden Spannungen aus Krümmung liegen in den extremsten Bereichen allein schon höher als die Spannung der Biegefestigkeit. Aufgrund der geometrischen Vorgabe entsteht dadurch Biegespannung sowohl aus als auch in der Dachebene.

Die Dimension mit 50x104mm mit bis 7.4m bleibt aber sehr weich und der Aufwand für die Aufspannung entsprechend gross um die Teile auf der CNC-Maschine zu überfräsen. Um dies zu umgehen, sollen die Stäbe möglichst präzise als gekrümmtes «Brettschichtholz» mit vier Lamellen im Werk verklebt werden. Der Zuschnitt soll anschliessend konventionell «von Hand» erfolgen.

Die damit notwendigen 220 verschiedene Schablonen wurden auf 12 reduziert. Damit folgen die produzierten Stäbe auch nicht mehr der exakt gewünschten Form und der Rest wird auf der Baustelle aufgezwängt.

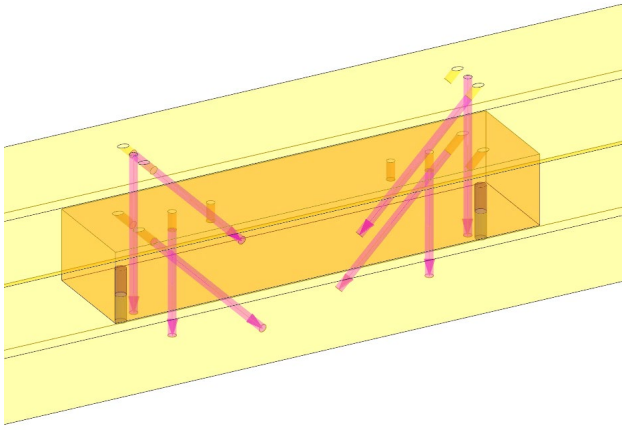
Diese 12 Schablonen weisen eine sich verändernde Krümmung auf und wurden bis 10m verlängert. Die Krümmung entlang vom Gridstab ist bekannt und so für jeden Stab die optimale Schablone bestimmt, an welcher Position er bei der Verklebung aufgesetzt werden soll. Dabei kann ein Stab bei Bedarf auch um 180° gewendet werden.

Für die Positionierung auf den Schablonen und die Ermittlung der Geometrie dieser Schablonen wurde ein Programm entwickelt. Ziel ist es, dass die Abweichungen so gering wie möglich sind und sich zusätzlich die Krümmungsabweichungen von zu stark und zu schwach vorgekrümmten Stäben in allen Bereichen in etwa die Waage halten.

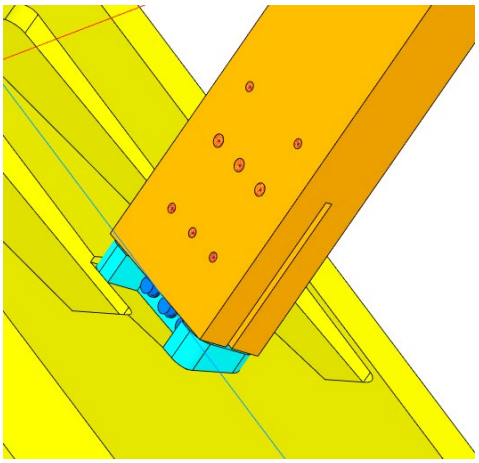
Ein Resultat dieser Programmierung ist die Generierung des Lastfalls, welcher die Krümmungsabweichung an jeder Stelle berücksichtigt und daraus diese Zwängung als Einwirkung berechnet.

Der zentrale Bogen im Zentrum und die seitlichen Bögen werden von der CNC-Anlage 5-achsig überfräst. Im Gegensatz zum Grid ermöglicht dies grosse geometrische Freiheit vor allem bei den Anschlüssen. So sind die Verbindungen gridseitig so gestaltet, dass diese allesamt mit Schablonen, Zapfenschlitzmaschine etc. ausgeführt werden können, während die individuelle Geometrie beim Bogen gefräst wird.

Die beiden parallel verlaufenden Gridlagen sind über Schubverbinder mittels Vollgewindeschrauben unter 45° verbunden. Die Kreuzungspunkte sind mit einem zentralen Stabdübel ausgeführt.



Konzept Schubverbinder mit Positionsdübel



Anschluss Randträger mit Taschenfräsung

Die Montage erfolgte über ein Lehrgerüst und die Verschraubungen der Verbindungen.

3.3. Guest Hub – Restaurant

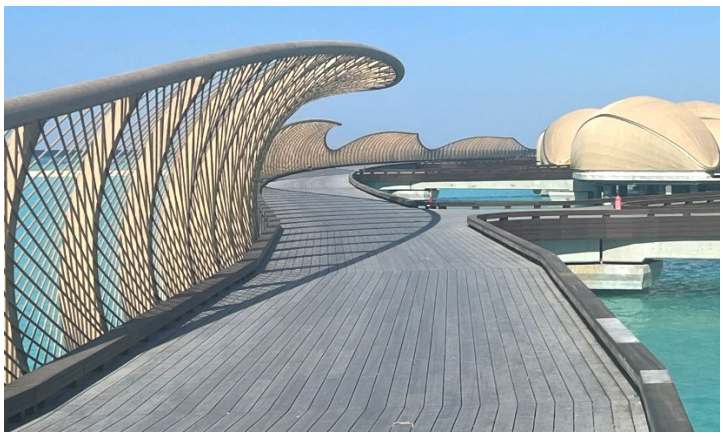
Die vier kleineren Schalen vom Guest Hub sind ebenfalls mit Primärbögen ausgeführt. Dazwischen sind gekrümmte Sekundärbögen eingesetzt. Auch hier sind doppelt gekrümmte Holzrahmenbauelemente in die Ausfachungen eingesetzt.



Guest Hub – Restaurant

3.4. Board Walk und Arrival Jetty

Ein Teil vom Steg zu den Villas besitzt eine Art Sichtschutz. Die Spanten tragen einen dreidimensional-gekrümmten Rand und sind mit Seilen bespannt.



Boardwalk mit Villas

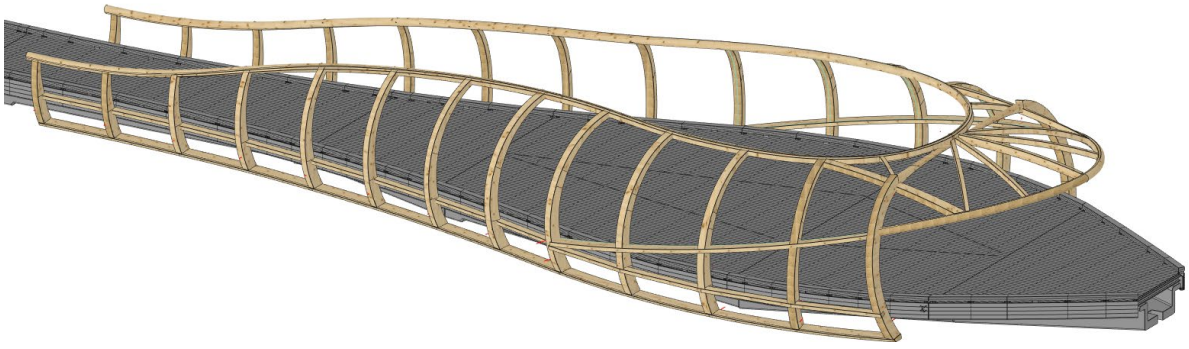
Die erforderliche Genauigkeit der Spanten zum Rand ist hoch, während die Spanten direkt an die vorgängig gesetzten Betonbrückenträger verschraubt werden. Die Montagetoleranzen als auch die vorbereiteten Löcher überschritten die gewohnten Abweichungen deutlich. Der Aufwand für die Lösungen, welche im Spritzwasserbereich in alle Richtungen ausreichend justierbar sind, ist entsprechend gross.



Brückenelement über Pfeiler



Zug-/Druckstab li-re Gewinde mit Langloch



Arrival Jetty – 3d-Modell

Im Bereich wo die Gäste ankommen, wird der Boardwalk auf 14m aufgeweitet und mit einem Aufenthaltsbereich versehen (Arrival Jetty). Dabei wirken mehrere Bogentragwerke überlagert. Auch in diesem Bereich werden die Kräfte konzentriert in die Brückenelemente eingeleitet.

Fotos: Blumer-Lehmann

4. Golf-Clubhouse, Shura Island

Das Golf-Clubhouse besteht aus fünf Patels. Die geschlossenen Patel 2-5 sind als Hebeltragwerke ausgeführt, während Patel 1 als auskragendes Vordach konstruiert ist.

4.1. Patel 2-5



Patel 2-5 – Montageablauf

Die Träger sind um die schwache Achse vorgekrümmt. Die zum Schluss unsichtbaren Verbindungen und das Hebeltragsystem erfordern eine vorgängig festgelegte Montagereihenfolge mit komplexen Zuständen (Torsion durch Krümmung). Alle Anschlüsse sind vollständig parametrisch geplant. Der massive Dachrandträger erfordert mit seiner enormen Steifigkeit eine hohe Fertigungs- und Montagegenauigkeit und entsprechende Justiermöglichkeiten.

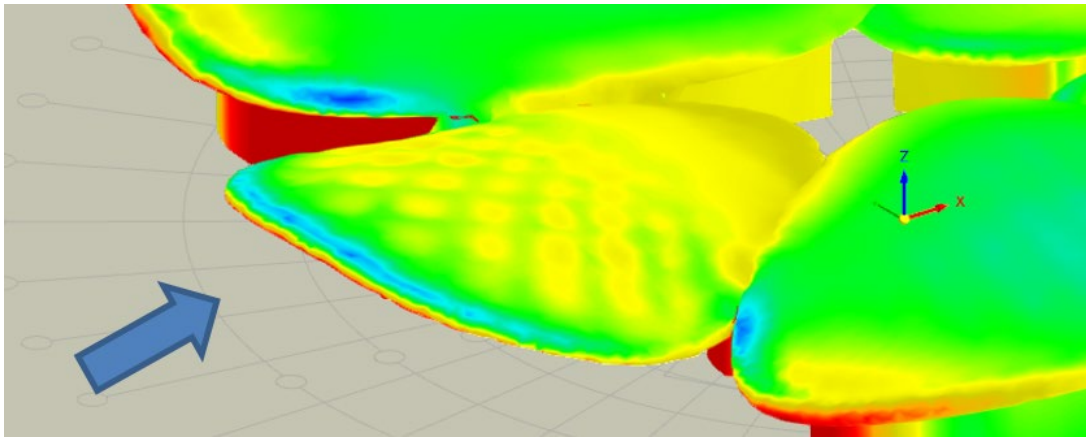
4.2. Patel 1



Fotos: Blumer-Lehmann

Das Patel 1 hat eine Grösse von ca. 24x24m, wobei die Distanz vom vorderen Dachrand bis zum nächstgelegenen Auflager 18m beträgt (Pfeil). Die Einspannung erfolgt über eingeklebte Gewindestangen mit Rückverankerung am Beton an einer 5.5m langen Betonwand im hintersten Teil.

Die Hauptbeanspruchung ist Windsog, wobei das Dach nicht ganz geschlossen ist. Die detaillierten Kraftverteilungen inkl. den teilweise durchlässigen Flächen wurden mit einer speziellen Software ermittelt.



Windsimulation in RWIND



Vorderste Einspannung mit Kreuzanschluss

Die Anschlüsse innerhalb vom Grid müssen aufgrund der geringen Bauhöhe und der grossen Auskragung biegesteif sein und mit dem Windsog ist Lastumkehr wahrscheinlich. Zudem sollen diese unsichtbar und in Edelstahl ausgeführt werden.

Hierzu wurden zwei Stabdübelanschlüsse für Druck und Zug kombiniert, wobei die oberen immer auch noch die Querkraft inkl. Versatzexzentrizität aufehmen müssen.

Insbesondere im Einspannbereich ist die Geometrie sehr komplex. Blumer-Lehmann lieferte diese Betonschalung und hat diese selber eingemessen, damit die geforderte Genauigkeit von +/- 15mm im Raum erreicht wurde.

Die Auflagerstahlteile sind mit einem Vergussmörtel eingegossen und mit dem Tachymeter vorab sehr präzise positioniert.

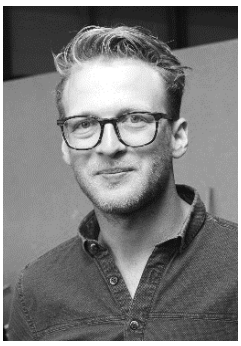
5. Fazit

Für SJB Kempter Fitze ist dies das grösste realisierte Holzbauprojekt. Nicht nur die Masse, sondern auch die geometrischen und statischen Herausforderungen waren gross. Hervorzuheben ist hier die rechtzeitige Klärung der Schnittstellen zu den anderen Gewerken. Es lohnt sich auch früh zu klären, welche Bauteile in Edelstahl (z.B. Schrauben, Werkstoff-Nr.?) überhaupt verfügbar sind, was die Rahmenbedingungen für die Verarbeitung (z.B. Schweissen) sind und welche Lieferzeiten gelten.

Wir danken Blumer-Lehmann für die Zusammenarbeit und freuen uns jetzt schon, das neu gelernte in Zukunft wieder anwenden zu dürfen.

The Red Sea Project: Planung und Umsetzung von 192 Freiform Holzbauten

Jephtha Schaffner
Blumer-Lehmann AG
Gossau, Schweiz



The Red Sea Project: Planung und Umsetzung von 192 Freiform Holzbauten

1. The Red Sea Project

Dieses 28‘000 Quadratkilometer große Paradies liegt an der Westküste Saudi-Arabiens und beherbergt ein Archipel von über 90 unberührten Inseln, atemberaubenden Strände und eine Reihe von Naturwundern wie erloschene Vulkane, Wüstendünen und Bergschluchten. Das Rote Meer beherbergt auch das viertgrößte Korallenriff der Welt, in dem Meereslebewesen und Korallen wie nirgendwo sonst gedeihen.

Die ersten drei Resorts von The Red Sea Project, namentlich Six Senses Southern Dunes, The Red Sea, St Regis Red Sea Resort und Nujuma, A Ritz-Carlton Reserve – sind bereits eröffnet und heißen Gäste willkommen. Diese Weltklasse-Hotels sind Teil der ersten Phase von The Red Sea Project, einem wegweisenden regenerativen Tourismusziel an der Westküste Saudi-Arabiens.

Die erste Phase umfasst einen internationalen Flughafen und 16 kultige Resorts auf drei Inseln und zwei im Landesinneren. Zusammen werden sie rund 3‘000 Zimmer bieten und von weltweit bekannten Hotelbrands betrieben werden. Die Resorts werden schrittweise in den Jahren 2024 und 2025 eröffnet.

Nach der Fertigstellung im Jahr 2030 wird das Reiseziel 50 Hotels mit 8‘000 Zimmern und mehr als 1‘000 Wohneinheiten auf 22 Inseln und sechs Standorten im Landesinneren umfassen. Um das Ökosystem am Roten Meer zu erhalten, wurde die Entwicklung auf maximal 1 Million Besucher pro Jahr begrenzt.



Abbildung 1: Weltkartenausschnitt vom Mittleren Osten und markiert das Red Sea Project (Quelle Google)

2. Blumer-Lehmann AG

Seit 1875 verarbeitet die Blumer-Lehmann Gruppe Holz im geschlossenen Wertschöpfungskreislauf. Ihr gehören drei Unternehmen mit verschiedenen Kompetenzbereichen an. Aktuell sind über 500 Mitarbeitende beschäftigt. Katharina Lehmann führt das Familienunternehmen seit 27 Jahren in fünfter Generation. Unter ihrer Führung vervierfachte sich die Anzahl der Mitarbeitenden sowie der Umsatz.



Abbildung 2: Hauptsitz der Lehmann Gruppe in Gossau SG (Quelle: Blumer-Lehmann Gruppe)

Die Blumer-Lehmann AG ist ein international tätiger Holzbaubetrieb und Teil der Blumer Lehmann Gruppe. Jährlich werden über 80 Projekte in den Bereichen Umbau, Modulbau, Mehrfamilienhausbau, Industriebau und Freiformbau realisiert. Das Unternehmen ist hauptsächlich auf dem europäischen Markt aktiv. Die bekannten Free Form-Projekte werden seit 18 Jahren weltweit realisiert. Dazu zählen diverse Golf Clubhäuser in Südkorea, ein Apple Store in Bangkok, eine Bibliothek in Norwegen, eine Moschee in Cambridge in England, diverse Projekte am Roten Meer sowie das Casino Venlo in Holland.

3. Holzbau beim Red Sea Project

Im Jahr 2020 bekam die Blumer-Lehmann AG eine Anfrage für eine Hotelanlage in Saudi-Arabien. Kurze Zeit später folgte eine zweite Anfrage. Mit den Mock-ups zu den beiden Hotelanlagen konnten wir den Kunden Red Sea Global überzeugen, die beiden Hotelanlagen bei uns zu bestellen. Heute werden beide Hotels von der Marriott Gruppe geführt unter den Namen St. Regis Red Sea Resort und Nujuma, a Ritz-Carlton Reserve. Zusätzlich zu diesen Einheiten hat Blumer-Lehmann das Golf Clubhouse auf der Insel Shura geplant und umgesetzt.

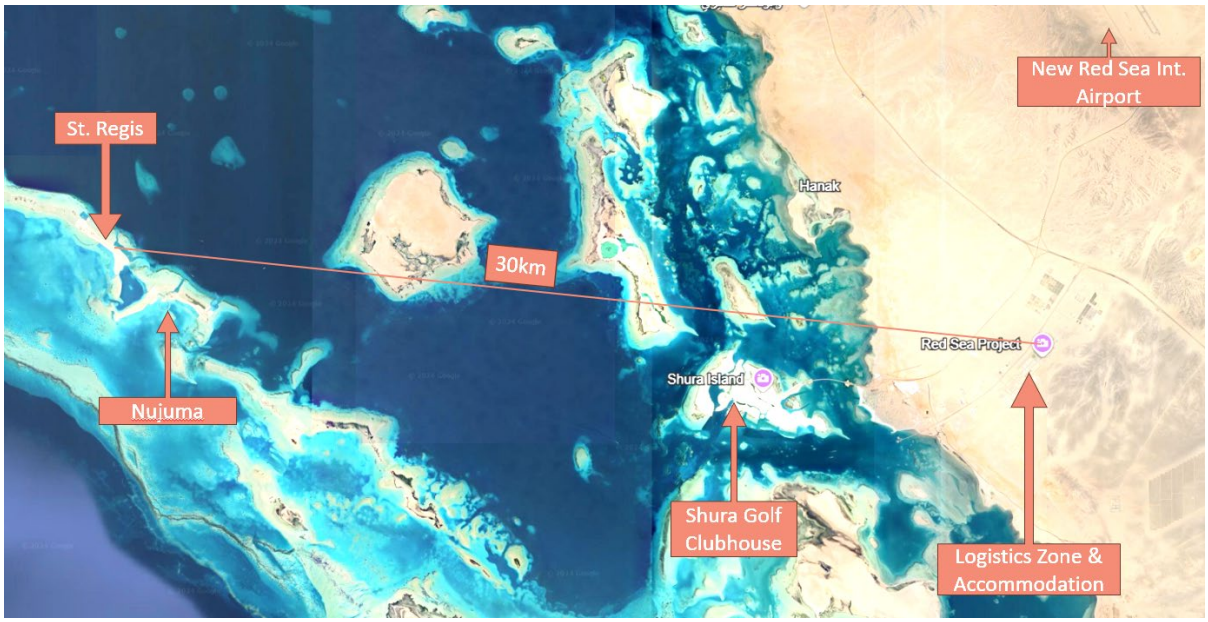


Abbildung 3: Karte der Inseln vom Red Sea Project (Quelle Google)

3.1. St. Regis Red Sea Resort

Kengo Kuma and Associates haben ein einzigartiges Resort designt mit 99 Gebäuden. Red Sea Global beauftragte Blumer-Lehmann mit der Planung, Statik, Produktion, Lieferung und Montagebegleitung der Holzbauelemente. Die 90 Villen sowie die neun Spezialgebäude wurden an vier verschiedenen Standorten in Mitteleuropa vorgefertigt. Rund 444 Schiffscontainer wurden an den Blumer-Lehmann Standorten in Grossenlüder (D), Gossau (CH) und Schwarzenbach (CH) sowie dem Standort von Simonin (F) verladen. Bei Simonin in Frankreich haben wir die Dune Villen vorgefertigt.
Nach der Auslieferung der Container haben wir die Montage vor Ort mit zehn Supervisoren unterstützt. Im Januar 2024 eröffnete das St. Regis Red Sea Resort seine Tore.



Abbildung 4: Das St. Regis Hotel aus der Luft mit den Coral Villen im Vordergrund und den Dune Villen auf der Insel (Quelle: Blumer-Lehmann)

3.2. Nujuma, a Ritz-Carlton Reserve

Das zweite Hotel wurde von Foster + Partners designt. Dabei haben sie sich eine spezielle Fassade mit Seilen überlegt. Am Mock-up haben wir die Seile zusammen mit Jakob Rope Systems von Trubschachen (CH) gestaltet, was ihnen nachher den Auftrag für die 82 Villen und diversen Spezialgebäude ermöglicht hatte. Blumer-Lehmann wurde für die vorgefertigte Gebäudehülle der 82 Villen beauftragt sowie den Guest Hub.

Der Guest Hub mit den sechs Schalenkonstruktionen ist definitiv das Highlight aus Sicht der Holzbaukunst. Die beiden freigeformten schattenspendenden Schalen wurden mit einem mehrlagigen System erstellt, welches auf Handabbund basiert. Innovativ an den Villen ist, dass sie mit doppelt gekrümmten Elementen erstellt wurden. Als Grundlage dienen rund ausgefräste Kerto Rippen die Aussen mit OSB und innen mit faserarmierten Gipsplatten verkleidet wurden. Die Hohlräume wurde mit Zellulosefaser ausgedämmt.

Zusätzlich zu den 88 Gebäuden haben wir das freigeformte Steggeländer geliefert. Für die Lieferung nach Saudi-Arabien wurden ebenfalls Schiffscontainer verwendet. Die 407 Containers wurden an den Blumer-Lehmann Standorten Schwarzenbach und Gossau sowie dem Standort Reuthe von Mayr Melnhof verladen. Die Montage wurde ebenfalls von zehn Supervisoren unterstützt und mit der Eröffnung im Mai 2024 abgeschlossen.



Abbildung 5: Das Nujuma Hotel mit dem Guest Hub in der Mitte und einigen Villen entlang des Ringes (Quelle: Blumer-Lehmann)

3.3. Shura Golf Clubhouse

Das Golf Clubhouse liegt auf der Insel Shura umgeben von elf Resorts und einem Golfplatz. Shura Island ist durch eine Brücke mit dem Festland verbunden. Das Golf Clubhouse liegt in der Mitte der Insel die von den Architekten Foster + Partners gestaltet wurde. Das Clubhouse sieht von oben aus wie eine Blume mit fünf Blättern. In den beiden kleineren Blättern ist der Golf Shop und der Empfang untergebracht. In den beiden grösseren Blättern die Umkleide und das Fitnesscenter sowie das Clubhouse Restaurant. Das vierte Blatt ist ein 20 Meter auskragendes Vordach mit Bar und Pool darunter.

Alle Dachbalken haben eine doppelgekrümmte Geometrie und wurden beim Hauptsitz von Blumer-Lehmann in Gossau vorgefertigt. Die 66 Container wurden, wie bei den anderen Projekten, per LKW nach Wolfurt transportiert, von da ging es mit dem Zug an einen Hafen im Norden Europas und von da per Schiff nach Jeddah.



Abbildung 6: Das Golf Clubhouse aus der Luft (Quelle: Blumer-Lehmann)

4. Herausforderungen

4.1. Finanzielle Herausforderungen

Auf der Abbildung unten ist die Zeitachse aufgezeigt mit der Brettschichtholz Preisentwicklung sowie unserem Terminplan. Die Angebote für die beiden Hotels wurden Ende 2020 gemacht und die Produktion ist im Frühling 2021 gestartet. Der Brettschichtholzpreis hatte die Jahre zuvor keine grösseren Schwankungen. Dies änderte sich jedoch nach der Pandemie: Der Preis verdoppelte sich für diverse Materialien im Frühjahr 2021. Dies führte zu Mehrkosten in Millionenhöhe und konnte nicht auf den Kunden abgewälzt werden.

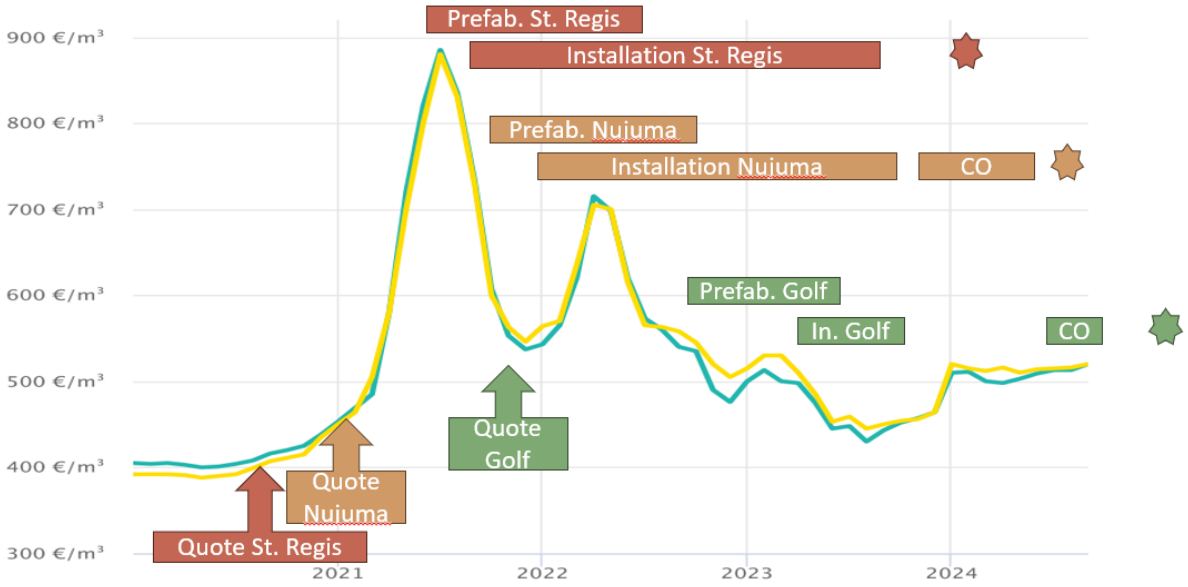


Abbildung 7: Brettschichtholz Preisentwicklung (Quelle Timber-Online)

Neben den Materialkosten machten uns auch die Transportkosten sowie die Verfügbarkeit der Container sorgen. Die Nachfrage nach Gütern war überdurchschnittlich hoch um Ende 2021 und Beginn 2022, was dazu führte, dass die Häfen keine oder nur noch beschränkt Container annahmen. Zudem gab es eine Knappheit an leeren Containern.

Diese Faktoren trafen auf eine Produktion, die pro Woche bis zu 20 Container produzierte und auch ausliefern musste, um den Materialfluss gewährleisten zu können. Diverse Container mussten zwischengelagert werden, was zu erheblichen Mehrkosten sowie langen Lieferfristen führte. Die Lage beruhigte sich im Laufe des Jahres 2022, was die Logistik für das Golf Clubhouse vereinfachte. Die letzten fünf Container wurden dann Anfang 2024 ausgeliefert. Zu diesem Zeitpunkt trat allerdings ein neues Problem in der Logistikkette auf. Durch den Konflikt in Jemen wurden Frachtschiffe angegriffen was dazu führte, dass die Redereien um Afrika Fahrten und nicht mehr durch den Suezkanal fahren liessen. Das Verladen auf kleinere Schiffe, die noch durch das Rote Meer fahren, führte erneut zu Mehrkosten und längeren Lieferfristen.

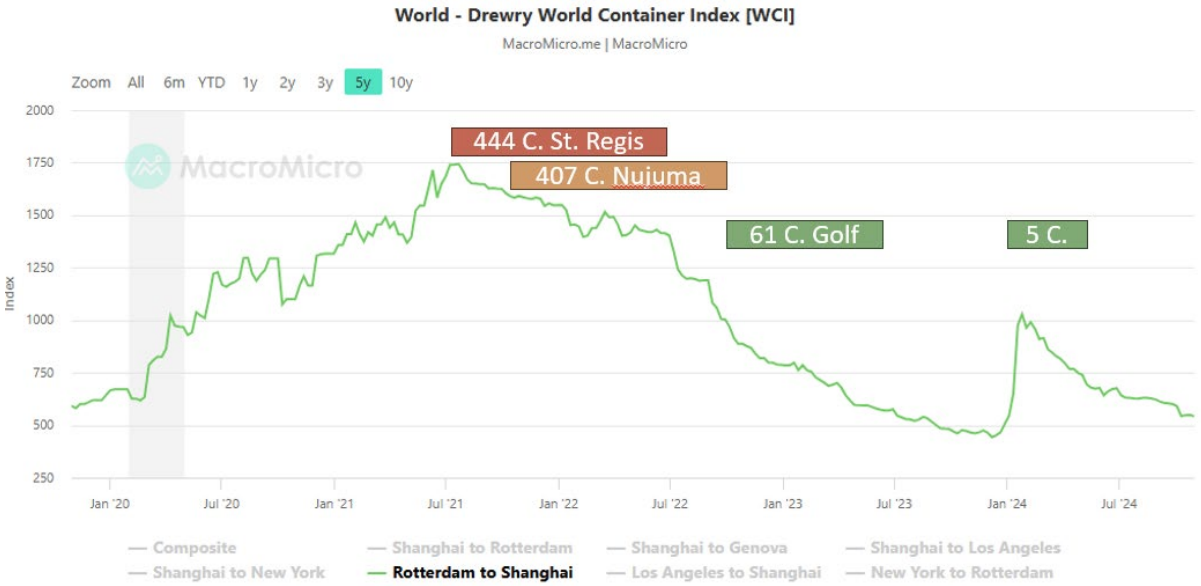


Abbildung 8: World Container Index (Quelle MacroMicro)

4.2. Planungsherausforderungen

Die Projekte wurden zwischen den Architekten und Ingenieuren bis zu 100% Design Stage ausgearbeitet und koordiniert. In dieser Phase war kein ausführendes Unternehmen involviert. Mit dem Gewinn des Auftrags mussten wir die koordinierten Modelle der Fachplaner nur noch umsetzen. So die Theorie. Leider gab es etliche Kollisionen in den koordinierten Modellen und die Pläne von Haustechnik, Architekten und Bauingenieuren haben weder zu den Modellen noch zueinander gepasst. Im Leistungsumfang von Blumer-Lehmann ist ebenfalls die Ausführungsstatik enthalten und so haben wir SJB Kempter Fitze als unser Partner beauftragt diese zu übernehmen. Im Beispiel unten sind die Dachbalken weder schön angeordnet noch gab es eine Lösung die statisch für die Ausführung machbar war. Für die Anpassungen vom Design musste ein Report verfasst werden, in welchem wir die Unterschiede aufzeigten. Dies war ein grosser Aufwand für die Ingenieure, das parametrische Design Team und die Projektleiter. Nichtsdestotrotz, mit der Zeit wurde das Vertrauen des Bauherrn gewonnen, was den Freigabeprozess erheblich vereinfachte.

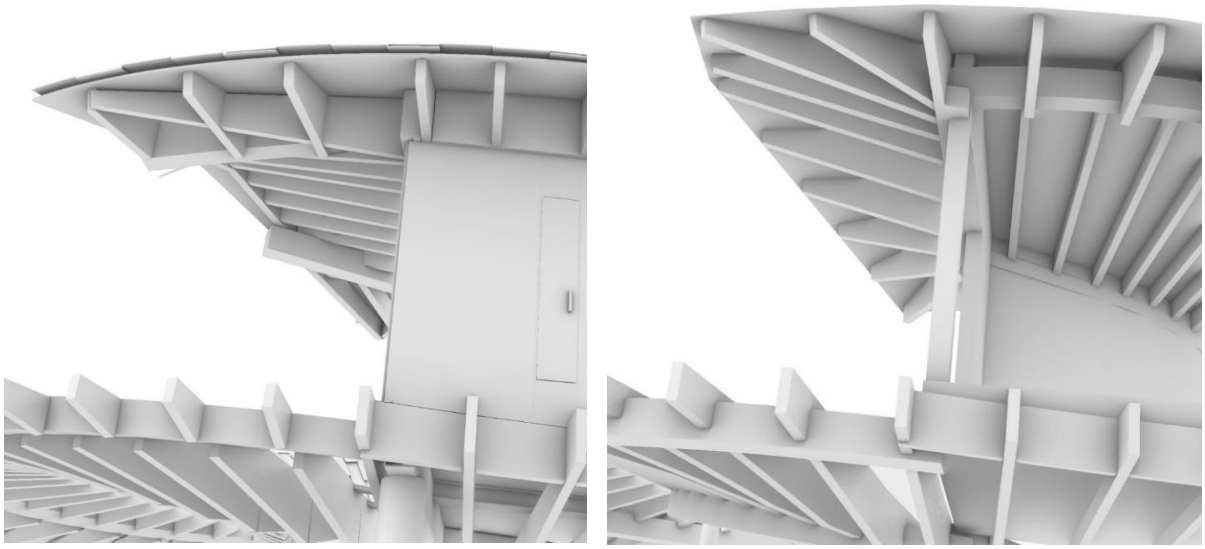


Abbildung 9: Links der Vorschlag aus dem Design Development, rechts der Vorschlag Blumer-Lehman (Quelle: Blumer-Lehmann)

4.3. Herausforderungen in der Umsetzung

Mit dem Auftragsgewinn des St. Regis Hotel hatte man einen Auftrag in der Grösse von beinahe einem halben Jahresumsatz von 2020. Als drei Monate später noch das Nujuma Hotel beauftragt wurde, verdoppelte sich die Summe. Neben den beiden Hotels waren die Auftragsbücher ebenfalls gut gefüllt. Damit man alle Aufträge termingerecht abwickeln konnte, hat man für das St. Regis Hotel zwei zusätzliche Produktionshallen gemietet sowie die 43 Dune Villas an Simonin weitervergeben. Mit dieser Massnahme konnten die 99 Gebäude termingerecht versendet werden.

Auf der Baustelle wurden alle Container am Festland in einer Logistikzone entladen und anschliessend mit LKW und Fähre auf die Insel transportiert. Blumer-Lehmann ist neben der Lieferung der Bauten auch zuständig für die Begleitung der Montage. Der Transport der Handwerker zwischen Unterkunft auf dem Festland und der Insel die 30 Kilometer im Meer draussen liegt,entpuppte sich als sehr zeitintensiv. Das Konzept wie man die hunderten von Arbeitenden auf die Insel befördert, wurde regelmässig angepasst und stellte alle Beteiligten vor Herausforderungen.

Auf der Insel angekommen wurde fleissig montiert. Die zehn Supervisoren begleiteten mehre hundert Arbeiter bei der Montage. Dabei war der Mangel an Holzbauwerkzeug aus unserer Sicht eine Hinderung, da es eine schnelle Montage verhinderte. Aus Sicht vom Kunden und Installer hat man jedoch noch nie so schnell ein Hotel montiert. Trotz erheblichen kulturellen Unterschieden war es eine angenehme und zugleich anspruchsvolle Zusammenarbeit mit vielseitigen Erfahrungen.



Abbildung 10: Montag vom St. Regis Hotel

5. Facts

5.1. St. Regis

Total 99 Gebäude; 43 Dune Villas, 47 Coral Villas, Gym, Arrival, Water Sports, Children & Teen, Grill Bar, Spa und 3 Restaurants.

Brettschichtholz Fichte:	6'322 m^3
OSB Platten:	1'177 m^3
3-Schichtplatten Fichte:	477 m^3
Anzahl Schiffcontainer:	444 Container
Dachfläche:	40'000 m^2



Abbildung 11: St. Regis Coral Villa (Quelle: Blumer-Lehmann)

5.2. Nujuma

Total 88 Gebäude; 51 Beach Villas, 31 Water Villas, Guest Hub mit 6 Schalen

Brettschichtholz Fichte:	1’500m^3
OSB Platten:	500 m^3
Kerto Platten:	1'450 m^3
Anzahl Schiffcontainer:	407 Container
Dachfläche:	25'300 m^2



Abbildung 12: Guest Hub Nujuma Hotel (Quelle: Blumer-Lehmann)

5.3. Shura Golf Clubhouse

Shura Golf Clubhouse beherbergt ein Golf Shop, Reception, Restaurant, Gym und eine Poolbar.

Brettschichtholz Fichte:	800 m^3
Anzahl Schiffcontainer:	66 Container
Dachfläche:	2’250 m^2



Abbildung 13: Canopy Shura Golf Clubhouse (Quelle: Blumer-Lehmann)

Weleda Campus – Logistikzentrum aus Holz und Stampflehm. Ein Leuchtturm der Nachhaltigkeit

Bernhard Tritschler
Holzbau Amann
Weilheim/Bannholz, Deutschland



Nico Santuario
Michelgroup
Zürich/Ulm, Schweiz/Deutschland



Weleda Campus – Logistikzentrum aus Holz und Stampflehm. Ein Leuchtturm der Nachhaltigkeit



Abbildung 1: Weleda Gesamtprojekt [Michelgroup]

1. Auftraggeber

Weleda AG Arlesheim, Schweiz, vertreten durch die Weleda Immobilien GmbH in Schwäbisch Gmünd. Weleda ist die weltweit führende Herstellerin von zertifizierter Naturkosmetik und Anthroposophischen Arzneimitteln.

2. Firmenvorstellung

2.1. Holzbau Amann GmbH

Holzbau Amann GmbH ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit ca. 70 Mitarbeitern. Das deutsche Unternehmen mit Sitz an der Deutsch-Schweizer-Grenze wurde 1932 gegründet. Der Schwerpunkt des Unternehmens liegt im Ingenieurholzbau sowie im Objektbau.

2.2. Michelgroup GmbH

Das 1969 gegründete Ulmer Architekturbüro, wird in zweiter Generation von Wolfgang Michel geführt. 2018 stieg der ebenfalls gebürtige Ulmer Nico Santuario als Büroleiter ein und gemeinsam verfolgen sie das Ziel, die erste Adresse für die Realisierung von innovativen und zukunftsweisenden Konzepten zu sein – regional und überregional.
Tätig in den Bereichen Architektur, Generalplanung, Projektentwicklung sowie Strategische Beratung vereint MICHELGROUP Architektur-Qualität mit Immobilien-Kompetenz.

Während die MICHELGROUP Ulm die Bereiche innerstädtische Quartiersentwicklungen, Industrie- und Gewerbebau, Wohnungsbau und den Bereich Healthcare abdeckt, betreut die Michelgroup AG in Zürich seit 2006 Schweizer und internationale Kunden mit den Schwerpunkten Architektur, Projektentwicklung und strategischer Beratung.

3. Dokumententeile Michelgroup

3.1. Allgemein

Auf einem 72.000 m² großen Areal in Schwäbisch-Gmünd realisierte die Michelgroup mit dem neuen «Weleda Logistik-Campus» einen der nachhaltigsten Logistik-Komplexe Europas. Das Bauprojekt umfasst Verwaltungsbüros, Logistikflächen und ein Hochregallager und hat bereits das DGNB-Platin-Vorzertifikat erhalten. Die Hauptbaustoffe sind Holz, Beton und Lehm, was nicht nur die Nachhaltigkeit, sondern auch die Authentizität und lokale Identität des Projekts unterstreicht.

Der Weleda Logistik-Campus fügt sich harmonisch in die Naturlandschaft der Schwäbischen Alb ein und spiegelt die Philosophie von Weleda wieder: Wirtschaften im Einklang mit Mensch und Natur. Der Standort «Auf dem Gügling» wird mehrfach vorteilhaft genutzt. Der beim Aushub anfallende lehmhaltige Baugrund wird als Baumaterial für die Stampflehmwände des Hochregallagers eingesetzt, welche als natürliche Klimaanlage dienen. Holz als nachwachsender Rohstoff kommt intensiv zum Einsatz, besonders in Bereichen, die keine hohen Verkehrslasten aufweisen oder ans Erdreich angrenzen.

Ein besonderes Merkmal des Projekts ist das nachhaltige Klimakonzept, das in Zusammenarbeit mit Transsolar Energietechnik aus Stuttgart entwickelt wurde. Eine CO_2-freie, geothermische Wärme- und Kälteversorgung über eine reversible Wärmepumpe sowie dach-, fassaden- und flächenintegrierte Photovoltaiksysteme mit einer Sammelfläche von 10.000 m² sorgen für eine ausgeglichene Energiebilanz. Diese Photovoltaikanlagen decken den gesamten Strombedarf des klimaneutralen Gebäudebetriebs inklusive aller Logistiksysteme.

Mit dem Weleda Logistik-Campus wurde ein Campus für Menschen, Produkte und die Natur geschaffen, der als Leuchtturm der Nachhaltigkeit in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht gilt. Ziel war es, einen Vorreiter für Logistikbauten zu schaffen, der Wirtschaftlichkeit und ökologische Verantwortung vereint.

Der Weleda Cradle Campus, wie er seit seiner Eröffnung Ende September marketingtauglich heißt, hat bereits den Polis Award 2024, den Iconic Award «Best of Best» 2024 und den Innovationspreis Lehmbau, Baden-Württemberg gewonnen.

3.2. Lage



Abbildung 2: Lageplan [Michelgroup]



Abbildung 3: Luftbild [Marco Licht]

Der Logistik-Campus liegt am Ende der Lise-Meitner-Straße am Gügling in Schwäbisch Gmünd, einem Gewerbegebiet, wie es viele gibt: Lagerhallen aus Blech und Beton, fenster- und gesichtslos, die Flächen um sie versiegelt, großflächig bebaute Grundstücke, maximal Parkplatz-Grün. Genau das wollte Weleda anders machen. Ein nachhaltig genutztes Grundstück – früher ein monokulturell genutzter Acker – sollte entstehen, neben den neuen Gebäuden sollte eine vielfältige Biodiversität Einzug halten.

In Zusammenarbeit mit Transsolar wurde bereits mit der Stellung und Ausrichtung der Gebäude an Nachhaltigkeit gedacht, die Einflüsse der Natur, sowie die zukünftigen Nutzungen und Arbeitsbedingungen einbezogen.

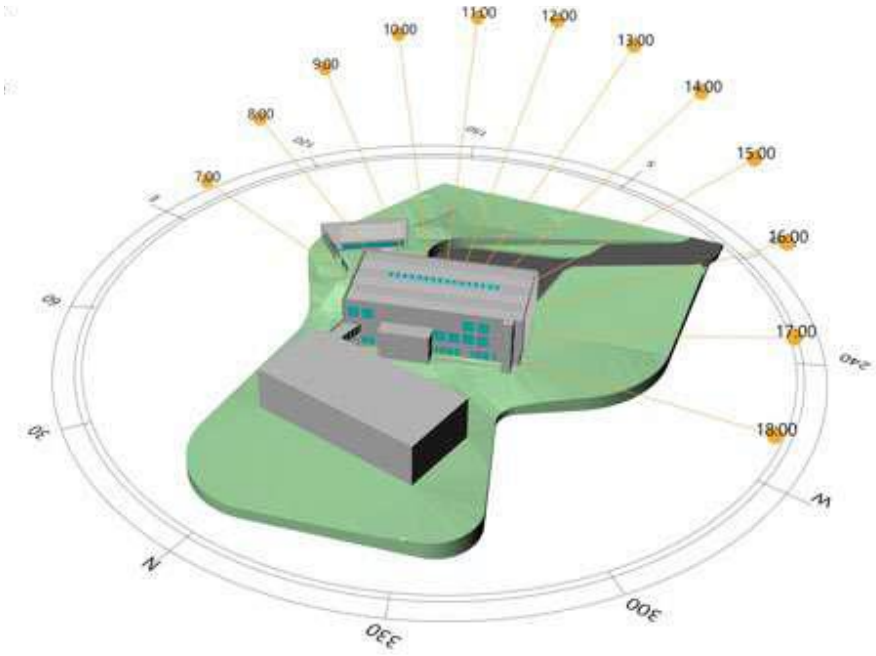


Abbildung 4: Baukörperstellung – Licht für alle Arbeitsplätze [Transsolar]

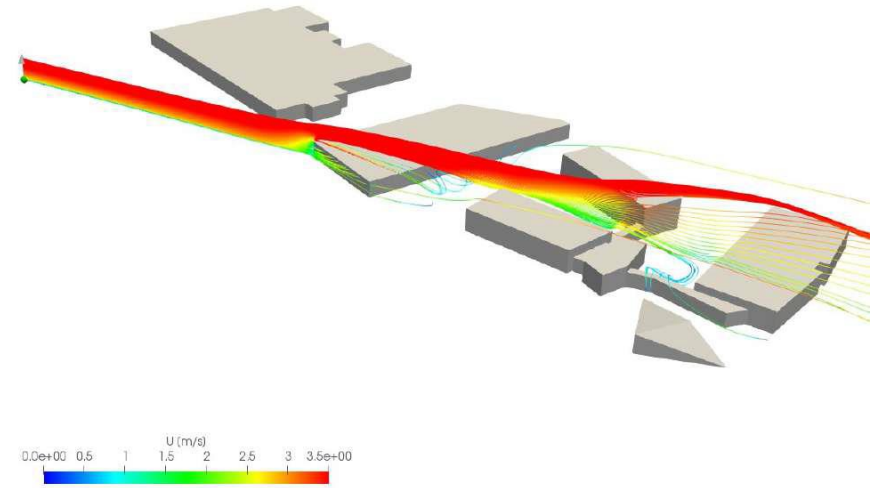


Abbildung 5: Baukörperstellung – Luft für alle Fassaden und Außenräume [Transsolar]



Abbildung 6: Luftbild [Marco Licht]

Grundstücksfläche ca.72.000 m²
Versiegelte Flächen ca.14.000 m²
Flächenversiegelung ≤ 20%

Der neue Logistik-Campus der Weleda AG in Schwäbisch Gmünd setzt sich aus drei miteinander verbundenen Gebäuden zusammen: einem Verwaltungsgebäude, einem Funktionsgebäude und einem Hochregallager. Damit werden Unternehmensbereiche vereint, die sich zuvor an unterschiedlichen Standorten befanden. Die Bauherrin verfolgt mit den Neubauten mehrere Ziele. Zum einen sollen sie optimale Arbeitsbedingungen für die Mitarbeitenden bieten, zum anderen sollen sie klimaneutral im Betrieb sein und einen minimalen CO_2-Fußabdruck aufweisen.

3.3. Konstruktionsbeschreibung Hochregallager (HRL)

Mit über 17.000 Lagerpositionen bietet das Hochregal ausreichend Platz für die Lagerung von Produkten. Die Beschickung der Lagerplätze erfolgt hierbei vollautomatisiert durch fünf Regalbediengeräte. Das Gebäude kann in drei Teile untergliedert werden. Ein unter der Erde liegender Stahlbetontrog bildet die Gründung, das eigentliche Hochregal aus Holz stellt zugleich Lastabtrag und Aussteifung sicher und die zweigeteilte Fassade besteht aus Holz und Stampflehm. Die Kombination der verschiedenen Bauelemente ermöglicht, dass das Gebäude im Betrieb weder Kühlung noch Be- und Entfeuchtung für die sensiblen Kosmetika und Arzneimittel benötigt. Die Wahl der Materialien und die Bauweise machen den Neubau zugleich zum Rohstoff- und CO_2-Speicher. Da die Holzkonstruktion überwiegend geschraubt ist, könnte sie zerstörungsfrei demontiert und wieder aufgebaut werden. Der Lehm stammt aus dem eigenen Bauaushub und kann am Ende der Nutzung ebenfalls dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden.

In Schwäbisch-Gmünd wurde, wie bei hohen Regallagern üblich, die Silobauweise gewählt: Das Regal übernimmt hier nicht nur die Last der Paletten, sondern trägt auch das Eigengewicht des Daches sowie die Schneelast ab. Ebenfalls werden horizontale Lasten aus Schiefstellung und Wind oder etwaige Erdbebeneinwirkungen über die Regalstruktur aufgenommen und abgetragen. Dank des gleichmäßigen Rasters in Hochregallagern konnte eine Konstruktion mit hohem Wiederholungsfaktor bei Querschnitten und Anschlusspunkten ausgeführt werden. Aus einem komplexen Ingenieurbauwerk wird so ein gut in Holzbauweise ausführbares Projekt.

«Weil sich Nachhaltigkeit endlos lagern lässt».
Üblicherweise werden Hochregallager in Stahlbauweise gebaut.
Das Angebot an standardisierten Hochregallager aus Stahl am Markt ist groß.

Kaufmann Bausysteme gehört zu den wenigen Unternehmen, die eine alternative Konstruktion aus Holz anbieten. Einige Gesichtspunkte sprechen für den Baustoff Holz beim Einsatz solch spezieller Konstruktionen im Vergleich zu Stahl:
So kann mit Holz die Bauzeit durch große CNC-gefertigte Bauteile verkürzt werden, indem einzelne sogenannte Regalblöcke liegend vormontiert und dann als großformatige Bauteile aufgerichtet werden. Regalsteher und Regalträger werden in einer Schablone liegend zu sogenannten Regalblöcken zusammengefügt.
Holz ist gegen die meisten chemisch aggressiven Substanzen unempfindlich und benötigt keine Oberflächenbehandlung zum Schutz vor Korrosion.
Holz ist ein schlechter Wärmeleiter, sodass Kälte nicht über die Tragstruktur ins Regal geleitet wird und im Tag- und Nachtzyklus eine konstante Raumtemperatur leichter zu erhalten ist.

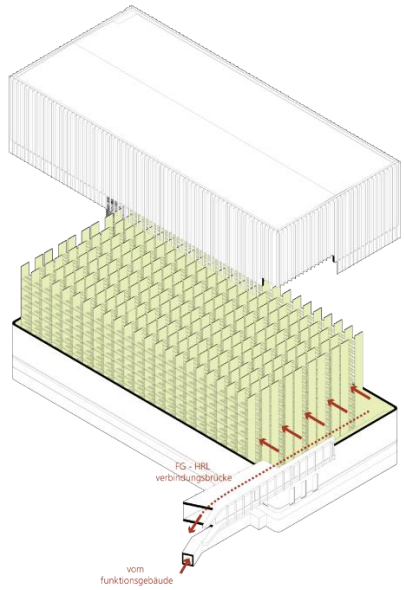


Abbildung 7: Axonometrie HRL [Michelgroup]



Abbildung 8: Bauphase Holzregal [Kaufmann Bausysteme]



Abbildung 9: Bauphase Holzregal [Michelgroup]

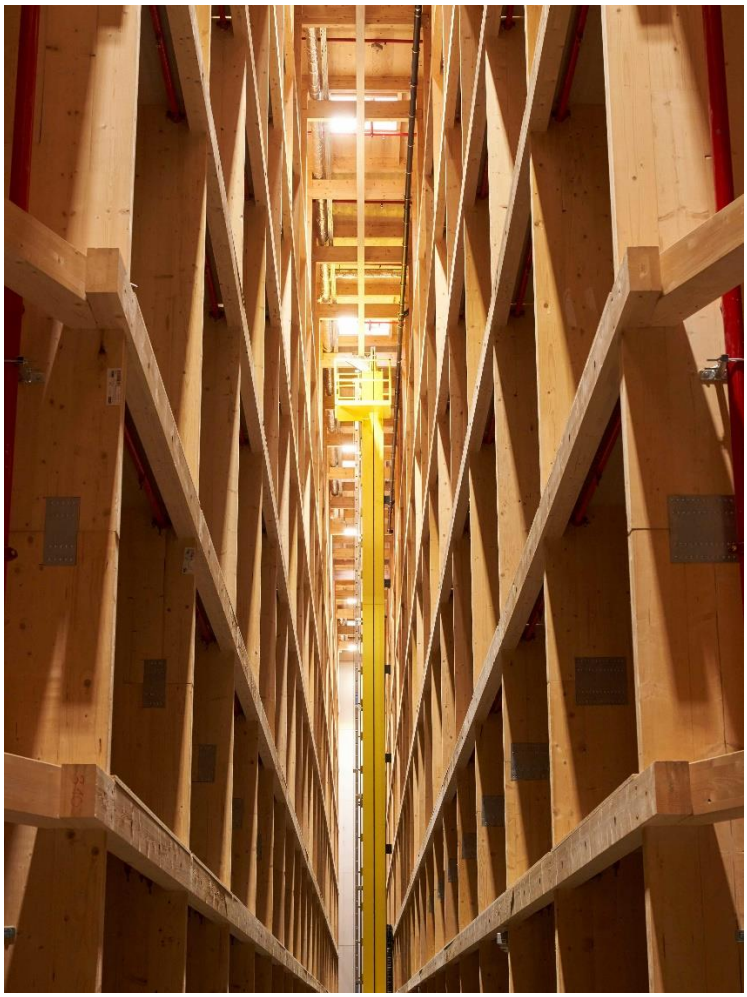


Abbildung 10: Holzregal [Elias Hassos]

Eine weitere Besonderheit des Bauvorhabens ist die Fassade: Auf dem Stahlbetontrog steht umlaufend die acht Meter hohe Stampflehmwand. Darüber setzt sich die Fassade als Holzkonstruktion des Hochregals fort. Die Holzrahmenelemente sind im Werk vorgefertigt und ausgedämmt. Die Lehmwand sowie die Holzrahmenelemente werden über die Holzkonstruktion ausgesteift. Der vertikale Lastabtrag erfolgt über die Fassadenelemente, bzw. die Lehmwand selbst.

Vom Baugrubenaushub zur tragenden Wand

Das Hochregallager mit einer Grundfläche von 82 x 38 Metern ist der derzeit größte zusammenhängende Stampflehmbau Deutschlands. Ein Alleinstellungsmerkmal des Projekts ist die Verwendung von Baugrubenaushub im Tragwerk des Gebäudes. Auf Basis der von Transsolar entwickelten Grundidee musste bereits vor Planungsbeginn die mögliche Zusammensetzung des Materials analysiert werden. Dafür wurden Bodenproben auf dem Grundstück entnommen, um anstehende Lehm- und Gesteinsschichten hinsichtlich der Eignung für die Erstellung der Stampflehmwände zu prüfen. Aus den Eigenschaften der Einzelkomponenten erfolgte die zielgerichtete Rezepturentwicklung.

Im Genehmigungsverfahren musste eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) mit vorhabenbezogener Bauartgenehmigung (vBG) erwirkt werden, da das für den Stampflehmbau geltende Regelwerk, die Lehmbau-Regeln, den Anwendungsfall infolge der geometrischen Randbedingungen sowie der Gebäudeklasse nicht abgedeckt hatte.

Für die Tragwerksplanung war insbesondere die Interaktion mit dem innen liegenden Hochregallager zu berücksichtigen. Die Stampflehmfassade trägt lediglich zum vertikalen Lastabtrag der Fassaden- und Eigenlasten bei. Der horizontale Lastabtrag wird durch die Anbindung an das Hochregallager sichergestellt. Für den Anschluss der Lehmwand an die Regalsteher sind auf halber Wandhöhe und am Wandkopf umlaufende Ringbalken aus Stahlbeton in den Stampflehmquerschnitt integriert. Diese bündeln die Windeinwirkungen der Wand und leiten sie punktuell in die Regalsteher ein.



Abbildung 11: Lehmwand HRL [Marco Licht]



Abbildung 12: Lehmwand HRL [Elias Hassos]

Um ein Scherversagen zwischen dem oberen Ringbalken und der Stampflehmwand zu verhindern, wurde der Ringbalken über vertikale Federanker rückverspannt.
Die Ringbalken sind so bemessen, dass eine horizontale Verformung des Hochregals senkrecht zur Stampflehmwand von bis zu 3 Zentimetern aufgenommen werden kann.
Auch die Anschlüsse der auf der Lehmwand stehenden Fassadenelemente an das Haupttragwerk können vertikalen Verformungen aufnehmen. Zusätzlich zu baurechtlichen und statischen Besonderheiten musste das Verhalten der Stampflehmwand infolge der klimatischen Einwirkungen bedacht werden. Zur Berücksichtigung einer Abwitterung bzw. einer reduzierten Festigkeit auf der Außenseite wurde der bemessungsrelevante Wandquerschnitt um zehn Zentimeter reduziert. Als konstruktive Maßnahme wurden auf der Außenseite in regelmäßigen Abständen linienförmige Erosionsbremsen aus Trasskalkmörtel eingebracht. Diese sind als umlaufende helle Linien sichtbar.



Abbildung 13: Lehmwand HRL [Elias Hassos]

4. Dokumententeile Holzbau Amann GmbH

4.1. Konstruktionsbeschreibung Funktionsgebäude (FG)

Das FG erstreckt sich über vier Geschosse mit einer Grundfläche von ca. 79 x 40 m, die Attikahöhe liegt bei rund +24 m ab OK FFB im Erdgeschoss. Das Holztragwerk des obersten Geschosses besteht aus drei Dachschiffen, die aus Satteldachbindern, blockverleimten Unterzügen und blockverleimten Stützen bestehen. Die Satteldachbinder sowie die Außenstützen befinden sich im Achsraster von 6,50 m, die inneren Unterzüge überspannen ein Achsraster von 13,00 m. Die Aussteifung des Holztragwerks erfolgt über eine 14 cm dicke Brettsperrholzplatte, die an zwei Betonscheiben angeschlossen ist. Die Betonscheiben sind wiederum an die beiden Treppenhäuser gekoppelt, so dass sie in X – und Y-Richtung horizontale Aussteifungslasten aufnehmen können. Die werkseitig komplett vorelementierte Holzrahmenwand ist vor das Tragwerk gesetzt und erstreckt sich umlaufend von ca. +6 m bis auf die Attikaoberkante von ca. +24 m. In den oberirdischen Geschossen befinden sich zudem Büroboxen aus Holzrahmendecken- und Wandelementen, mit insgesamt ca. 290 m² Bürogrundflächen.

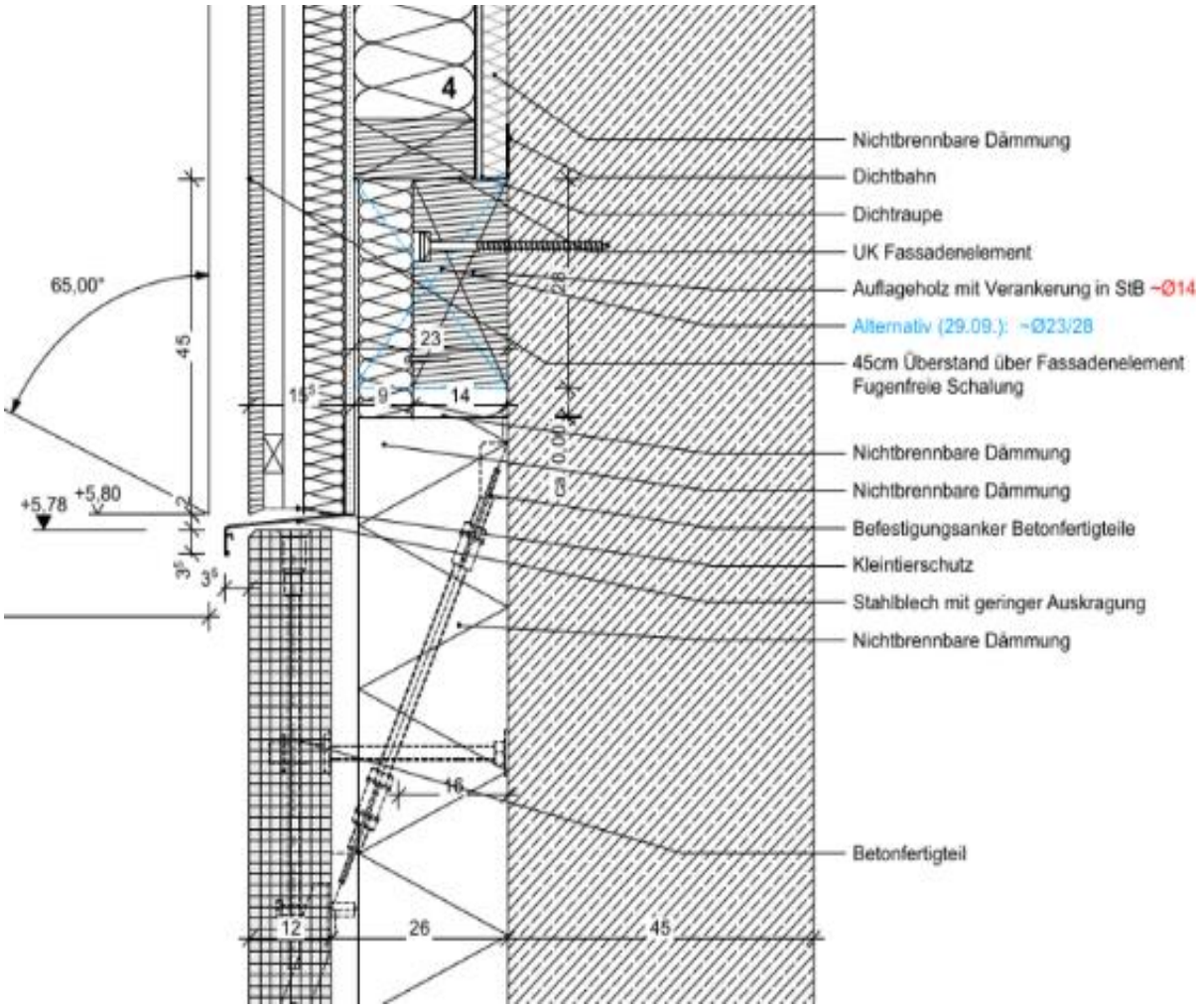


Abbildung 14: Sockeldetail FG [Holzbau Amann]



Abbildung 15: Tragwerk FG [Holzbau Amann]

4.2. Konstruktionsbeschreibung Verbindungsbrücke

Die Verbindungsbrücke schließt die Schnittstelle zwischen Funktionsgebäude und Hochregallager. Die Verbindungsbrücke besteht aus zwei Fachwerkbindern, mit einer Länge von ca. 19,5 und 23 m und einer Höhe von 4,6 m. Der Untergurt mit einem Querschnitt von 240x780 mm und der Obergurt mit einem Querschnitt von 240x580 mm sind beide in GL28 h ausgeführt. Der Brückenboden und das Brückendach kragen einseitig über, sodass die Brücke insgesamt ca. 7 m breit ist und durch die Dach- und Unterbodenkonstruktion eine Gesamtbrückenhöhe von ca. 6 m erzeugt. Die Brückenaussteifung erfolgt im Brückenboden durch eine Brettsperrholzplatte und im Brückendach durch Diagonalverbände. Am Brückenende zum Funktionsgebäude werden die Aussteifungslasten, in die dort aus Brandschutz Gründen befindlichen Betonwand, am FG geleitet. Am Hochregallager ist ein am Fachwerkbinder angegliederter Portalrahmen aus Stahl, der die Aussteifungslasten in die Auflagerwand der Brücke leitet. Bis auf die Brückenverglasung und die Dachhaut sind alle bestehenden thermischen Hüllen der Brücke, aus vorgefertigten Holzrahmenelementen. Der auskragende Bereich der Brücke führt entlang der Ostseite am Funktionsgebäude und Hochregallager noch weiter.



Abbildung 16: Verbindungbrücke [ZRS Ingenieure]



Abbildung 17: Verbindungbrücke [Holzbau Amann]

4.3. Konstruktionsbeschreibung Verwaltungsgebäude (VG)

Das Verwaltungsgebäude erschließt sich über zwei Geschosse, das Obergeschoss ist bis auf den Treppenhauskern ein reiner Holzbau. Der innere Kern besteht aus Stützen, Überzügen sowie einer 14 cm dicken Dachplatte aus Brettsperrholz. Der innere Kern hat die Grundfläche von ca. 16 x 30 m. Die Unterkante der BSP-Dachplatte ist höhengleich zur Überzugunterkante ausgeführt. Vorgesetzt zum inneren Tragwerk besteht die thermische Hülle aus Holzrahmenwänden und Verglasungselementen.



Abbildung 18: Vordach VG [Michelgroup]



Abbildung 19: Vordach VG [Michelgroup]

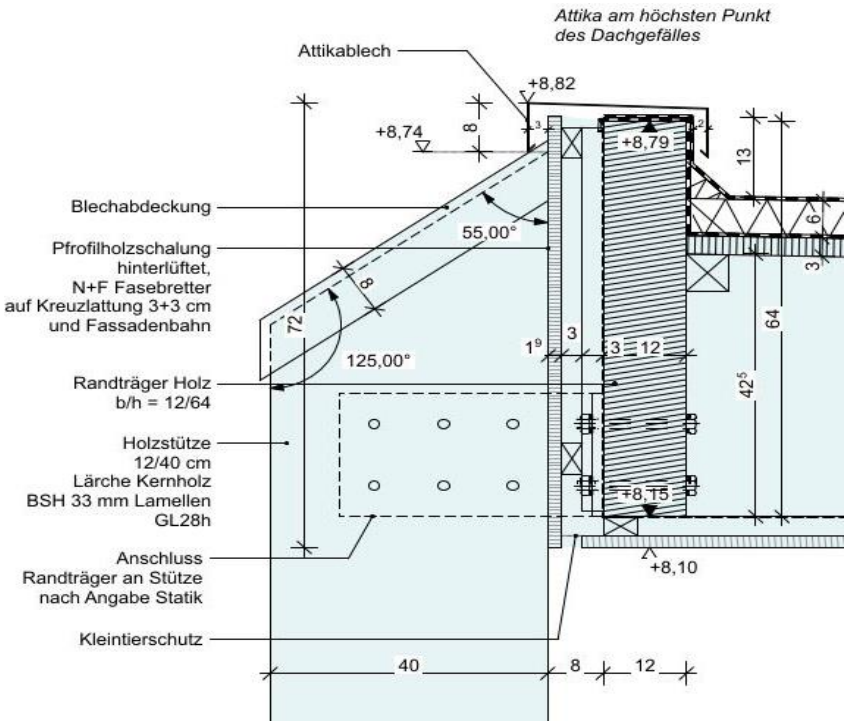


Abbildung 20: Stützenanschluss VG [Holzbau Amann

Das vorgesetzt und auf frei bewitterte Stützen gelagerte Vordach, erweitert die Gebäudeabmessungen auf ca. 19 x 35-42 m. Die Vordachstützen werden mit Blechabdeckungen vor Witterungseinflüssen geschützt. Alle Vordachelemente verlaufen im Schnitt konisch, um eine Oberfläche als Trogdach zu erzeugen. Die Vordachelemente wurden werkseitig bereits mit Leerohren für die Außenbeleuchtung und Raffstorekästen aus Holz versehen, auch die unterseitige Sichtschalung wurde bereits werkseitig angebracht.

5. Logistische Herausforderungen

In der zwar doch sehr kurzen Bauphase des Holzbaus gegenüber dem Tief- und Rohbau gibt es bei derartigen großen Bauprojekten eine Reihe von logistischen Herausforderungen zu bewältigen. Hauptgrund dafür ist der Termindruck, um das Projekt rechtzeitig fertigzustellen. Zum anderen auch die Vielzahl auf der Baustelle, befindlichen Gewerke, um den Fertigstellungstermin erfüllen zu können. Hinzu kommen schlechte bis sehr schlechte Witterungsverhältnisse und ein nicht geschottertes Baufeld, sowie begrenzte Arbeits- und Lagerflächen.



Abbildung 21: Luftaufnahme [Björn Berg]

Dadurch war es zwingend erforderlich, alle Bauabläufe klar abzusprechen und mit allen Beteiligten zu planen. Die dadurch resultierenden Maßnahmen, waren das Montieren mit großen Geräten (Kräne, Hubarbeitsbühnen), um genügend Flexibilität für große Montagedistanzen zu erhalten. Da sonst andere Gewerke oder unbefahrbare Untergründe eine Behinderung verursachen könnten. Zum anderen war es notwendig, Montagabläufe gezielt in Abschnitten passend zum Bauablauf zu terminieren. Hilfreich war der Teamzusammenhalt aller auf der Baustelle befindlichen Gewerke, um sich gegenseitig zu unterstützen. Lagerplätze mussten den Gewerken zugewiesen werden und auch Transport und die Transportwege musste abgestimmt werden. Eine weitere Herausforderung der Montage des Funktionsgebäudes waren die großen Distanzen, da zum einen das Holztragwerk erst auf + 14 m begann und es keinen Bauaufzug oder Ähnliches gab. Auch war es nicht überall möglich, direkt um das Gebäude zu laufen. Zudem waren die Obergeschosse nur durch zwei Treppenhäuser erreichbar. Daher bestand ein Großteil der Aufgaben des Poliers, die Abläufe schlüssig zu koordinieren, um wirtschaftliche Abläufe zu generieren und dadurch wenig Verlust von Arbeitszeit durch Laufwege oder Materialtransporte zu erzeugen.

6. Projektmassen

6.1. FG / VG

Bezeichnung	Masse
BSH Gesamtmasse	**472,036 cbm**
BSH FG Tragwerk	215,98 cbm
BSH FG Wände	108,62 cbm
BSH Brücke	70,016 cbm
BSH VG	58,73 cbm
BSH VG Lärche (Stützen)	18,69 cbm
BSP Gesamtmasse	**512,62 cbm**
BSP FG Dach	436,45 cbm
BSP VG	53,623 cbm
BSP Brücke	22,55 cbm
Holzrahmenwände	**3889,20 qm**
FG Außenwand	3198,48 qm
FG Büroboxen	376,37 qm
VG Wände	135,41 qm
Brücke Sockel – und Attikawände	178,94 qm
Brückenboden	**170,07 qm**
VG Vordachelemente	**277,96 qm**
Sonstige Baustoffe	
ESB-Platten	3749 qm
Gipsfaserplatten	6700 qm

6.2. HRL

Bezeichnung	Masse
Holzregal BSH	3.800,00 cbm
Dachkonstruktion BSP	250,00 cbm
Außenwand / Fassade	3.850,00 qm

7. Einblicke in die Montage

7.1. Montage Konstruktion FG

Die Bauteile des mittleren Dachschiffs konnten **nicht** mit einem handelsüblichen Mobilbaukran montiert werden, da diese Aufgrund der großen Gebäudetiefe eine zu hohe Kranlast erzeugten. Ein Mobilkran war Aufgrund der hohen Störkante auch keine wirtschaftliche Lösung. Durch die hohen geplanten Verkehrslasten auf der Decke über dem 1. Obergeschoss, konnte die Montage des mittleren Dachtragwerks mit einem Industriekran erfolgen. Dieser Industriekran konnte ferngesteuert auf der Decke über dem 1. OG fahren und die Bauteile entsprechend einheben. Mit dem Industriekran wurden auch die Büroboxen in allen drei überirdischen Geschossen montiert.

7.2. Montage Holzrahmenwände

Aufgrund der großen Gebäudelängen und der Vielzahl von stehenden Wandelementen mit den Abmessungen von ca. 2,60 x 8-10 m, erzeugen kleine Maßungenauigkeiten eine Aufsummierung des Gesamtmaßes der Wandlänge. Die Elemente auf Abstand zu montieren war aus bauphysikalischen Gründen sowie aus Brandschutz-Gründen nicht möglich.
Daher wurde entschieden, die Randständer der Holzrahmenelemente aus Brettschichtholz auszuführen, um eine bessere Formstabilität und somit eine genauere Maßgenauigkeit zu generieren.

7.3. Montage Verbindungsbrücke



Abbildung 22: Verbindungbrücke [Holzbau Amann]



Abbildung 23: Fachwerkbinder [Holzbau Amann]

Durch die Brückengeometrie und der Schiefstellung zu den bestehenden Gebäuden, war das Einheben einer komplett vorgefertigten Brücke nicht möglich. So wurde die Montage der Brücke in Abschnitten geplant. Zunächst wurden die beiden Fachwerkbinder samt Stahlstütze des Portalrahmens am Boden vormontiert. Nach dem Einheben der beiden Fachwerkbinder konnten die Portalrahmen aus Stahl fertiggestellt werden. Nach Montage der Dach- und Bodenträger sowie der Dach- und Bodenplatten aus Brettsperrholz wurde die thermische Hülle des Brückenbodens als Holzrahmenelement von unten angehängt. Anschließend konnten die Sockel- und Attikaelemente eingehängt werden.

8. Projekt-Besonderheiten

8.1. Dynamische Lasten auf der Verbindungbrücke

Auf der Verbindungsbrücke werden auf zwei Förderbänder bis zu 25 Ladeeinheiten gleichzeitig mit bis zu 1,2 Tonnen je Ladeeinheit befördert. Die Fördergeschwindigkeit ist bis 0,5 m/s je Ladeeinheit. Das Transportieren der Ladeeinheiten erzeugt dynamische Lasten in Brückenlängsrichtung von 1,5 KN/m und in Brückenquerrichtung von 1,3 KN/m. Diese dynamischen Lasten wurden bei der Brückenbemessung zusätzlich beachtet und eingeplant.

9. Projektbeteiligte und Investitionsvolumen

Bauherr:	Weleda Immobilien GmbH Möhlerstr.3-5 73525 Schwäbisch Gmünd
Architekt:	Michelgroup GmbH Pfarrer-Weiß-Weg 18 89077 Ulm
Energiekonzept:	Transsolar Energietechnik GmbH Curiestraße 2 70563 Stuttgart
Tragwerksplanung:	Bauer + Partner Boschstraße 8/1 89079 Ulm
Detailstatik Holzbau:	Holzbauplanung, Jürgen Pohlmann Bergstraße 2 84051 Essenbach
Holzbau:	Holzbau Amann GmbH Albtalstr. 1 79809 Weilheim-Bannholz
Holzbau HRL:	Kaufmann Bausysteme GmbH Baien 115 AT-6870 Reuthe
Investitionsvolumen:	gesamt ca. 90 Mio. €

Recent Works in Timber

Francois Ducatez
BIG - Bjarke Ingels Group
Copenhagen, Denmark



Recent work in timber

1. BIG – Bjarke Ingels Group

1.1. Where are we? Who are we? What do we do?

«The escalating complexity of the world and the accelerating speed of change exceed any individual's capacity to comprehend. For architects operating today, the Golden Ratio is no longer the standard – rather, the UN's 17 Sustainable Development Goals are. From a single elegant equation, architects are now held to multidimensional success criteria with almost infinite variables. Since sustainability is inherently a question of complex systems, circular design, and holistic thinking, no single person holds the solution. As architects and urbanists, we must team with scientists, engineers with biologists, politicians with entrepreneurs, to combine skill sets and perspectives, knowledge and sensibility, to match the complexity of the challenges we face. As future formgivers, we won't be defined by our individual talents or singular skill sets – but rather by our capacity to pool the skills of the many to give our future form. BIG has grown organically over the last two decades from a founder, to a family, to a force of 700. Our latest transformation is the BIG LEAP: Bjarke Ingels Group of Landscape, Engineering, Architecture, Planning and Products. A plethora of in-house perspectives allows us to see what none of us would be able to see on our own. The sum of our individual talents becomes our collective creative genius. A small step for each of us becomes a BIG LEAP for all of us.»

Bjarke Ingels, Founder & Creative Director, BIG

1.2. Completed & under construction/planning works

This presentation will focus on 5 recent projects showing the range of programs, locations, building sizes, that can be handled by timber.
We decided to focus on different scales, programs and locations to show the versatility made possible with the use of this material.

2. Flugt – Refugee Museum of Denmark

Towards the end of WWII, thousands of German refugees fled to the still German-occupied Denmark to escape the Russian army advancing from the east. After the end of the war, the Danish government – unwilling to let the German refugees integrate into Danish society – interned the refugees in large refugee camps scattered across Denmark. Several of the camps were as large as entire cities in terms of population. One of them was the refugee camp in Oksbøl. At its peak, it was home to 35,000 refugees, essentially making it the fifth largest city of Denmark at the time. Today, little of the camp in Oksbøl remains, but the problems of addressing the challenge of arriving at the doorstep of Denmark by the thousands remains as relevant as ever.

«From the very beginning of the design process, it was vital for us and our client, Vardemuseerne to preserve the two hopsital buildings. The buildings are some oft he last remaning physical manifestations oft he former refugee camp, and not only is their preservation invaluable for future generations to understand the past and the present, the buildings also directly informed our design oft he extension by means of their unique elongated form, structure and materiality. FLUGT is a great example of how adaptive reuse can result in sustainable, functional buildings that preserve our shared history while standing out architecturally.»

Frederik Lyng, Partner & Project Leader, BIG



3. The Plus – Norway

Together with Vestre, BIG unveils THE PLUS as one of the world's most sustainable furniture factory dedicated to the high-end fabrication of urban and social furniture in the heart of the Norwegian forest. Envisioned as the evidence that industrial production can be sustainable and profitable in a high-cost country like Norway, a hybrid of a transparent and open production facility, a public park for hiking & camping and a literal landmark for the region of Innlandet aims to set an example for the long-awaited green shift in the manufacturing industry. The merge of a 6500m2 factory and the 300.000m2 Pinus Sylvestris landscape intents to become a campus in the woods which invites everyone to learn about Vestre's main vision: Combining social and democratic spaces with a future enriched by technology but grounded in history and nature, like the company itself. Located in Magnor, in the geographical and logistical center between Vestre's existing steel factory in Torsby and Vestre's headquarter in Oslo, THE PLUS creates a new typology of a factory where environmental, social and economic sustainability provides healthy and creative workspaces within an advanced carbon neutral manufacturing workflow to produce Vestre's well known social meeting places for communities all over the world.

«The radical transparency invites visitors and hikers to enjoy the whole process of creation while providing Vester's team with the thrill of working in the middle oft he forest. To us, The Plus is a crystal-clear example of Hedonistic Sutainability -showing us how our sustainable future will not only be better fort he environment, but also more beautiful to work in and more fun to visit.»

Bjarke Ingels, Founder & Creative Director, BIG



4. Skypark Business Center – Luxembourg

Located in Findel, Luxembourg, the Skypark Business Center (SBC) is situated within the Niederanven municipality adjacent to the Luxembourg Airport and is one of the key elements of the Airport City Masterplan. The sustainable building comprised of all wood in its upper structures, bridges and slabs features a long and slim footprint covering an area of ca. 19,000m2. SBC makes full use of the allowed maximum building height of 30.5m across seven floors, and is based on an ideal office bar typology measuring 17m in width with seating on both sides and support functions at the center. Instead of one single zig-zag volume, as envisioned in the masterplan, our design consists of two stacked and rotated zig-zagging bars. The design also creates numerous outdoor spaces, exciting views from all angles, as well as highly flexible interior spaces. The entire volume forms an undulating wall in elevation, effectively performing as an acoustic barrier for the public space and further buildings in the Airport City. SBC can be perceived as a sequence of distinct volumes, from the base up: the mineral parking plinth, the fully-glazed transparent and permeable ground floor, and the lower and upper rotated copper snaking across the different levels. The rotation of the office volumes is central to the design concept, creating fantastic sculptural views from every angle while maximizing outdoor spaces. Green terraces are accessible every 50 meters, while intimate courtyards welcome visitors from along the main road. The thin volume of the office bars also allow every user to have an unobstructed view towards either the Luxembourg Airport's runway or the Grand Ducal Golf Course. There are no dead corners within SBC; whenever the «snake» turns, corners are softened and rounded to provide panoramic views and to resonate with the rest of the buildings in the masterplan. This poetic play with the meandering volumes is combined with an efficient and flexible office layout. All cores are placed in the building sections where the two «snakes» overlap, enabling direct elevator access for every tenant. A flexible system of continuous office floorplates makes it very simple to divide and subdivide the leasable area in order to cater to the needs of any tenant. Arriving on the northern side, generous, well-lit courtyards with lush front gardens welcome the visitor. Entering through a double door pill-portal, visitors access the permeable ground floor's inner passage known as the Grande Galerie. Located in the spine of the building, the spacious passage below the intertwining office volumes connects all cores, flanked on both sides

with alternating programs such as restaurants, a fitness studio or retail. From here, one can step out onto the southern courtyards to enjoy the gardens and take in the unique view of the 4-km-long runway. Finally, all the cores can be accessed from this passage, with two dedicated lifts and a staircase for every tenant. On the building's southern side, a large entrance on basement level two connects with four floors of vehicular parking. Two separate delivery and service entrances are also found on the west and east end. At the east end, the ground floor enclosed by a lightweight canopy seamlessly connects Terminal A with the departure level. Here, visitors can also enjoy lunch or relax on the landscaped plaza. On floor B1, travelers can pick up their vehicle from the car rental/valet service located in the connection bridge within minutes of arriving in Terminal A, and drive off directly with the utmost convenience. On the western end, the upper «snake» is extended and cantilevered out to provide shelter and shade, whilst simultaneously creating a striking symbolic entrance gesture to the Airport City for everyone coming from the Luxembourg city center. The final design is a performative office building with three different levels of roof gardens, providing users with abundant opportunities to enjoy unique views and be surrounded by lush greenery.

5. King's Cross Google HQ – United Kingdom

Centrally located in King's Cross and adjacent to the city's largest station, Google's London headquarters will be its first wholly owned and designed building outside the United States. The new 11-storey building, combined with Google's current building at 6 Pancras Square and an additional third building, will create a King's Cross Campus with the potential to house 7,000 Google employees. Comprising of more than 1 million sf, of which Google will occupy 650,000SF, the purpose-built building is being developed from the ground up and will contribute to the Knowledge Quarter and King's Cross's growing knowledge-based economy. The design for the new Google Campus at King's Cross is rooted in the local character of the area, taking advantage of the contextually defined building envelope while creating continuously cascading work environments that will connect Googlers across multiple floors. By opening up the ground floor and activating the roofscape, the light and airy workspaces are sandwiched between the terraced gardens on the roof – and market halls, auditoria and shops on the ground. Construction on the King's Cross office will commence in 2018.



6. Zurich Airport dock A – Switzerland

The future Dock A will be the largest dock at Zurich Airport in terms of capacity, and for this reason alone it occupies a special position. The strength of the design lies in its basic approach of combining the existing with the new and being able to create a spatial continuum that is as surprising as it is spectacular, despite the extremely complex and in part restrictive framework conditions. With the functional and design-consistent integration of the Root and the Tower, an overall complex with a clear form and great symbolic power is created that can adequately represent the airport's ambitions as the gateway to Switzerland in a contemporary manner. The design was approached from three different angles: functionally, spatially and atmospherically. The organization of an international airport is of impressive complexity, as the various flows of people from their arrival at the airport to waiting at the gate must be precisely guided through zones, floors and uses. The space must be designed in such a way that the most intuitive routing possible brings passengers to the right place intuitively. The decision to open the underground immigration hall diagonally upwards via a large atrium was literally groundbreaking for the principle of passenger guidance. Great emphasis is placed on the passenger experience – whether in the atrium of the atrium or in the concourse of the dock. The visual hinge of these two main spaces is the tower, which not only becomes visible as a new landmark in the airport's surroundings, but also serves as a point of orientation inside the building. Another element that makes the root and dock appear as a single unit is the geometrically striking exposed timber structure. The advantages of wood lie not only in its interesting load-bearing behavior and pleasant appearance, but above all in its ecological balance. This issue was proactively addressed and vigorously pursued: a Swiss airport made of Swiss wood, planned and manufactured in the timber country of Switzerland.

«As airports grow and evolve and as international guidelines and safety requirements change, airports tend to become more and more complex: Frankenstein's of interconnected elements, patches and extensions. Fort he new main terminal of Zurich Airport, we attenpeted to answert this complex challenge with the simplest possible response: A mass timber space france this is structural design, spatial experience, architectural finish, and organizational principle in one. The striking structure is made from locally sourced timber, and the long sculptural body oft he roof is entirely clad in solar shingles turing sunlight into a power source. A simple yet expressive design – rooted in tradition and commited to innovation – embodying the cultural and natural elements of Swiss architecture.»

Bjarke Ingels, Founder & Creative Director, BIG



Walmart
New Corporate Headquarters:
A Mass Timber Case Study

Ian Boyle
Fast + Epp
Vancouver, Canada



Walmart
New Corporate Headquarters:
A Mass Timber Case Study

1. Introduction

The Walmart Home Office in Bentonville, Arkansas, serves as a pioneering case study in the field of largescale, commercial building development with twenty buildings and over 2-million square feet of mass timber construction. This case study delves into the intricacies and outcomes of mass timber systems for cost and construction efficiency.

1.1. Project Overview

The Walmart Home Office project represents a landmark in sustainable and collaborative workspaces. Located in Bentonville, Arkansas, the campus spans 350 acres, with over 2-million square feet of mass timber and hybrid timber construction.

Eleven office buildings were within Fast + Epp's scope as Engineer-of-Record, consisting of nine 4-storey steel-timber hybrid buildings and two 5-storey mass timber buildings ranging from 160,000-260,000sf each. The lateral force resisting systems consist of CLT shearwalls and either steel- or timber-braced-frames for the hybrid and timber buildings, respectively.

The following support and amenity structures were also within Fast + Epp's scope:

- Walton Family Whole Health & Fitness Center
- Sam Walton Hall/Auditorium
- Food Hall
- Little Squiggles Childrens Enrichement Center
- Treehouse Cafe

Given the unprecedented scale of the project, there was a strong focus to provide an effient and cost effective design in accordance with Walmart's «Every Day Low Cost» values. This approach influenced the overall design with goals to meet the aesthetic and construction demands of this project. Mass Timber supply-chain demands posed a challenge given the scale of the project, so material efficiency and sourcing was also a critical consideration.



Figure 1: Walmart New Corporate Headquarters Campus Rendering

2. Project Goals and Use of Mass Timber

2.1. Mass Timber Growth in North America

Mass timber construction is experiencing significant growth in popularity due to its environmental benefits and unique aesthetic qualities. Driven by the increasing recognition of mass timber's potential to reduce the carbon footprint associated with building construction, Mass timber offers a more sustainable alternative to traditional construction materials like steel and concrete, which are major contributors to global greenhouse gas emissions.

Mass timber is not only popular in traditional strongholds like the Pacific Northwest and Europe but has also gained traction across the North America, including in the Southeast of the United States. Supported by its aesthetic appeal, mass timber allows for spacious, naturally lit interiors that have shown positive impact on employee retention and overall business performance due to their pleasing design and functionality.

2.2. Why Mass Timber was Selected for Walmart Headquarters

Walmart's sustainability goals include zero waste, operating with 100% renewable energy, and using sustainable resources and products, making a mix of mass timber and steel-timber hybrid structures a natural selection in the design process.

While this scale of mass timber in North America is both a huge undertaking and a Walmart first – it solidifies their commitment to green building design.



Figure 2: Interior Office Rendering



Figure 3: Exterior Office Rendering

3. Procurement

Besides the strong aesthetics of using Southern Yellow Pine (SYP), its ability to be sourced regionally and lower the overall embodied carbon of the project made it a powerful choice.

Due to the sheer volume required of this project, early supplier engagement was needed, as was out of box approach to plan the procurement of materials. The solutions proposed included the sourcing of timber materials from multiple suppliers – which held its own set of challenges – or to start a new mass timber plant dedicated to delivering this project. Ultimately the latter was chosen.

A new mass timber fabrication facility in Conway, Arkansas initially supplied timber to the project using locally sourced materials and state-of-the-art machinery and technologies. This new plant helped further this new timber industry in the southern and eastern United States, adding to the local economy and creating jobs, all while helping to achieve low embodied carbon sustainability targets. Additional fabrication facilities were later incorporated to supplement the delivery for the project, also using the local SYP species.

4. Structures

4.1. Amenity Buildings

Mass timber elements are featured across several of the amenity buildings. In the Fitness Centre, the Rotunda reciprocal framing as well as in the pool trusses both use hybrid timber framing, the Food Hall features mass timber porches, and the Treehouse Café is a small hybrid timber structure. The Auditorium and Childcare Facility are constructed primarily of steel and concrete.



Figure 4: Interior Fitness Centre

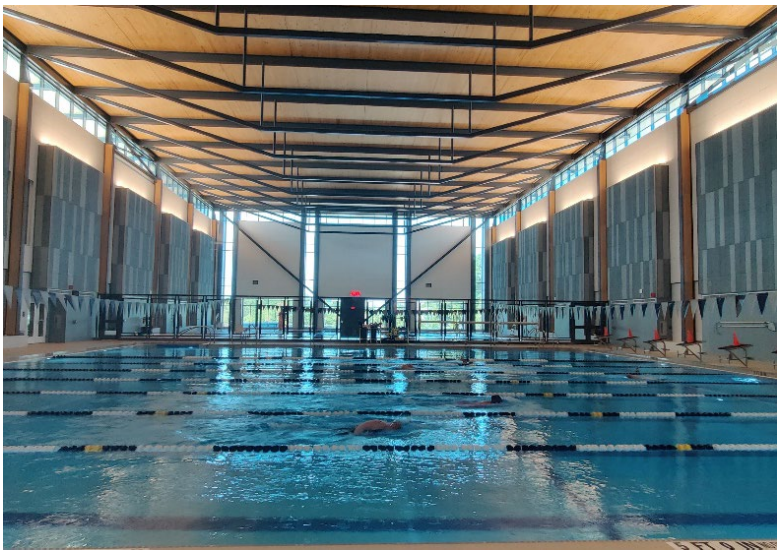


Figure 5: Interior Fitness Centre Pool Roof Trusses Rotunda Roof

4.2. Offices

Design of the office buildings started with the grid optimization across the mix of eleven mass timber and steel-timber hybrid buildings. The best framing layout ultimately landed on a 30’x30’ (9.2mx9.2m) grid as it fit well with both the façade and desk modules, as well as proved to be an efficient framing system (i.e. purlins at 10’o.c. (3m) with 3-ply CLT). The architect used this modularity across various building configurations to give the sense the campus was built over time.

Mechanical, electrical, and plumbing distribution was integrated into the ceiling using a central core with a dropped ceiling and exposed perimeter framing that uses dropped girders to allow MEP systems to run tight to the underside of the deck.

The lateral system consists of CLT shearwalls and a mix of steel and timber braces at the perimeter to address seismic and wind loading.

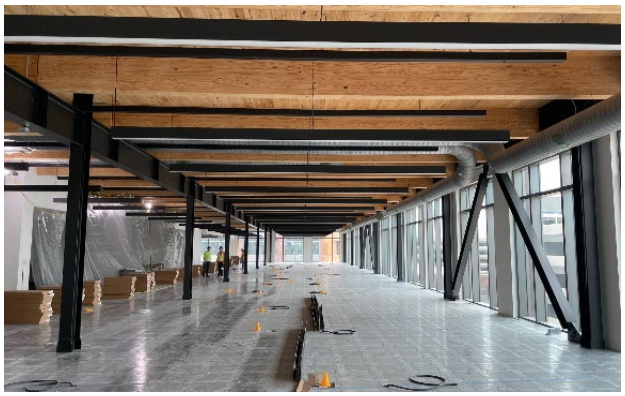


Figure 6: Hybrid-Timber Office – Lateral Braces



Figure 7: Mass Timber Office – CLT shear walls

4.3. Mock-up

A 3-storey, 10,000sf mock-up of the structure was developed prior to finalizing the design to assess critical aspects of connections and systems within the project, and to help land on the most economical approach for scale and refinement of speed. Connections, lateral brace configurations, shearwall details, concrete topping mix, façade, lighting, and integration of mechanical, electrical, and plumbing were all assessed with this mock up. The goal was to find simplicities and efficiencies fabrication and erection times. The resulting details and design shaped the overall project.



Figure 8: Exterior of Mock Up Construction



Figure 9: Interior of Mock Up Construction

5. Construction

A tiered approach to construction saw that buildings were staggered in their completion. With the Fitness centre and Daycare complete, and several of the office buildings nearing completion, total project completion is earmarked for 2025. The building structures utilized prefabrication through mass timber and façade components, leading to the efficient construction of the building shells.

6. Conclusion

This project was highly ambitious that sets a precedent in North American for large scale mass timber commercial construction. The client's dedication to sustainability and local timber use will help the timber industry for decades to follow. Walmart employees will be enjoying these beautiful buildings and dedicated campus for generations.

Fast + Epp is thrilled to have worked with Walmart, the design consultant team, contractors, and mass timber suppliers/installers on this project.

Holzbauentwicklung

Seismische Bemessung von Holzbauten – der neue Eurocode 8, nordamerikanische sowie japanische Vorschriften

Neuheiten und Erfahrungen beim Kleben für extreme Anwendungen

Kreislaufwirtschaft im Holzbau – Lösungsansätze und gelungene Beispiele

The new Eurocode 8 – Advanced solutions for the seismic design of wooden structures with a focus on CLT

Massimo Fragiacomo
Dept. of Civil, Constr.-Arch. & Envinr. Engn.
University of L'Aquila
L'Aquila, Italy



The new Eurocode 8 – Advanced solutions for the seismic design of wooden structures with a focus on CLT

1. Introduction

1.1. Revision of the timber sections of the Eurocodes 8

The process of updating the Eurocodes started in 2010 with the definition of the mandate from the European Commission. In 2015 the Project Teams were selected and began their activities, which ended in 2021 with the production of the first draft of modifications of the existing Eurocodes. The drafts were then managed by different subgroups within CEN/TC250. They underwent public inquiry by the different national standardization bodies (NSB's, such as DIN, OSB, UNI, etc.): the comments received were implemented and then some of the drafts of the revised Eurocodes underwent (and some other will undergo) Formal Vote by the different NSB's. The last revised Eurocode will be published in 2027, and in 2028 all the old generations of Eurocodes will be withdrawn.

The work within the Eurocode 8 – Design for earthquake resistance, was managed by the subcommittee CEN/TC250/SC8, led by Dr. Philippe Bisch. Within this subcommittee, Working Group 3 (WG3) was created, with the aim to deal with the revision of the seismic clauses related to the design of Timber structures. WG3, led by the writer of this paper, worked extensively together also with other WG's within SC8 and SC5 to bring the new generation of the Eurocodes 8 up-to-date for the seismic design of timber structures.

The current EN 1998-1:2004 entitled: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings [1] includes chapter 8 which deals with the design of Timber structures. This chapter is largely out-of-date as does not include necessary information for seismic design such as the values of the overstrength factors and provisions for capacity based design. Furthermore, modern engineered wood products such as cross-laminated timber (CLT) and oriented strand board (OSB) are not included. In the new generation of Eurocode 8, the original EN 1998-1:2004 has been split in two parts: FprEN 1998-1-1:2024: General rules and seismic action [2], and FprEN 1998-1-2:2024: Rules for new buildings [3]. This second part will include Chapter 13 of 41 pages dealing with the design of timber buildings, and Annex L of 4 pages dealing with the non-linear design of timber structures. With these two Sections, the amount of information available to the designer will be brought to the same level of detail and accuracy as for the reinforced concrete and steel buildings [4,5].

In addition, it is noteworthy to point out that a 26-page chapter, #10, with an additional 3-page Annex, on Timber buildings has been added to the new generation of EN 1998-3:2005: Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings [6], which originally did not provide any information on timber buildings. Last but not least, a brand-new 5-page Annex on Timber has been included in the new generation of EN 1998-2:2005 on Bridges [7], which originally did not have any information on Timber bridges.

1.2. Research and technological background on the update of the Eurocode 8 for timber buildings

Timber is a structural material characterized by a high strength-to-weight ratio and, as such, by reduced seismic actions when compared to heavier materials such as reinforced concrete and masonry. On the other hand, however, the material ductility is fairly low and, consequently, timber structures must rely on the ductility of the steel fasteners used in the joints in order to achieve a dissipative behaviour, namely in order to be able to dissipate energy during cyclic loading such as that occurring during an earthquake.

Extensive research has been carried out on the seismic behaviour of timber buildings in the last 20-years, including full-scale shaking table tests of CLT [8,9], lightframe [10] and log-house buildings [11], static monotonic and fully reversed cyclic tests on subassemblies and components [12,13]. Analytical and numerical research has been also carried out, with the aim to calculate q-factors and overstrength factors [14,15,16]. At the same time, a significant technological development has taken place, thanks to the development of new products such as CLT panels and self-drilling screws, which have led to the construction of multi-storey timber buildings throughout Europe (see Figure 1), including in earthquake-prone regions [17] where buildings up to 10 storeys for all-timber solutions and up to 24 storeys for timber-concrete composite structures were built.

Therefore, a complete revision of the few provisions in the current edition of EN 1998-1:2004 [1] was crucial to bridge the gap existing between technological development and regulation.

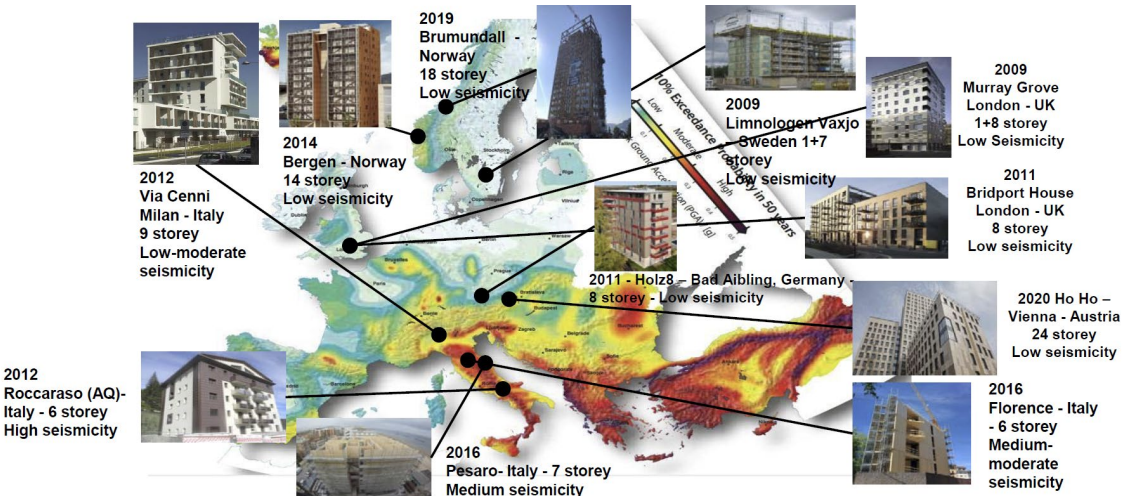


Figure 1: Seismic hazard map of Europe with location of some tall timber buildings built in the last 15 years

2. Revision of the Timber chapter of prEN 1998-1-2.

The new provisions included in the new Timber chapter (i.e. Chapter 13 and Annex L) of prEN 1998-1-2:2024 [3], which is now at the final stage of the inquire process, will include the following significant updates: (i) introduction of new engineered wood and non-wood products used in the seismic design, (ii) a completely new section regarding the structural systems allowed, (iii) general and specific provisions for the dissipative design of each structural system, (iv) a completely new table with the default values of the behaviour factors for low (ductility class DC1), medium (DC2) and highly (DC3) dissipative structural types, (v) rules for capacity-based design (at the local/connection, wall and building level), including the values of the overstrength factors, (vi) the minimum required cyclic ductility of the dissipative zones, and finally (vii) a procedure to determine the non-linear load-deformation curves of dissipative timber components. These updates are discussed at length in [4,5]. In the following, the principles for the seismic design of a timber building in accordance with prEN 1998-1-2:2024 are given, with special emphasis on CLT buildings.

2.1. Seismic design principles

The basic principle for the design of earthquake-resistant timber buildings according to the force-based approach consists in differentiating between low-dissipative (DC1) and dissipative structural behaviour (DC2 or DC3).

The first type of design is based on the assumption of an elastic behaviour of the structure without significant plasticization and energy dissipation, and requires the adoption of a behaviour factor q=1,5. This design is allowed only in earthquake-prone areas characterized by a seismic index S_δ less than or equal to the limit provided in Table 1.

The second type of design, characterized by higher energy dissipation capacity, is based on the choice of a plastic collapse mechanism. The dissipative zones, namely zones that can plasticize and dissipate significant amount of energy, should be identified. The non-dissipative parts of the structure will have then to be designed with significant over-strength with respect to the dissipative parts, using capacity design principles. In this case, a behaviour factor q>1,5 can be assumed.

The behaviour factor q is used in seismic design to calculate the seismic action. For example, in the force-based approach, the seismic base shear force F_b is calculated using Equation (1):

$$F_b = S_r(T_1)\lambda \frac{W}{g} \qquad \text{with } S_r(T_1) = \frac{S_e(T_1)}{q} \qquad \text{for } T_1 > T_B \tag{1}$$

where

- S_r is the ordinate of the reduced spectrum at the period T_1;
- T_1 is the fundamental period of vibration of the building for lateral motion in the direction considered;
- S_e is the ordinate of the elastic response spectrum at the period T_1;
- q is the behaviour factor;
- T_B is the lower corner period of the constant spectral acceleration range;
- λ is a correction factor;
- W is the seismic weight of the building;
- g is the gravity acceleration.

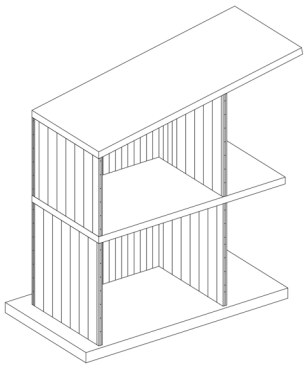
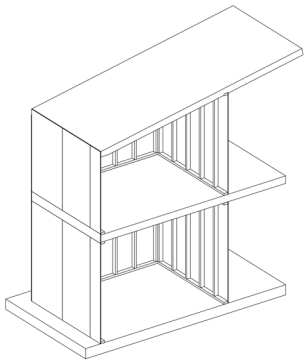
The behaviour factor q is given by the product of the three components q_S(=1,5), q_D and q_R, which are provided in Table 1 depending on the structural type and ductility class. The structural types are Tabled in prEN 1998-1-2:2024 with a drawing and a short description. As an example, an excerpt from prEN 1998-1-2:2024 is given in Table 2.

Table 1: default values of the behaviour factors q depending on the structural type and on the ductility class and maximum values of the seismic index S_δ for design in DC1 (excerpt from prEN 1998-1-2:2024 [3]).

Structural type	**Maximum S_δ for design in DC1 [m/s²]**	**Ductility class**						
		DC1	**DC2**			**DC3**		
		q	q_D	q_R	q	q_D	q_R	q
a) Cross laminated timber (CLT) structures, any height H	4,0	1,5	1,2	1,3	2,3	1,4	1,5	3,2
b) Framed wall structures								
b1) With fully anchored walls, any height H	5,0	1,5	1,5	1,1	2,5	2,4	1,1	4,0
b2) With non-fully anchored walls, any height H	3,0	1,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
c) Log structures, H≤9 m	4,0	1,5	1,2	1,1	2,0	N/A	N/A	N/A
c) Log structures, H>9 m	4,0	1,5	1,0	1,1	1,65	N/A	N/A	N/A

The dissipative zones of buildings in DC2 or DC3 should be located in joints and connections (Figure 2 left) or, alternatively, in systems suitably developed to ensure energy dissipation (energy dissipaters). The energy dissipation in joints and connections should take place by flexural yielding of laterally loaded metal fasteners (Figure 2 right) or laterally loaded bonded-in rods, and the timber members should remain in the elastic range being non-dissipative (Figure 2 left).

Table 2: Timber structural types and examples of structures (excerpt from prEN 1998-1-2:2024 [3])

Examples of structural types	Timber structural types
	a) Cross laminated timber (CLT) structures [a] CLT structures are those where the primary seismic structure (see 3.1.24) is composed of shear walls made of cross laminated timber panels. Glulam, LVL or GLVL may be used as an alternative to CLT only in DC1 and DC2 design and for a seismicity index $S_\delta \leq 4{,}0$ [m/s^2]. CLT structures should be designed according to 13.7.
	b) Framed wall structures Framed wall structures are those where the primary seismic structure is composed of shear walls made of timber frames to which a wood-based panel (e.g. plywood or OSB) or other type of sheathing material is connected. Framed wall structures should be designed according to 13.8. Framed wall structures can be classified as b1) or b2): b1) with fully anchored walls; b2) with non-fully anchored walls.

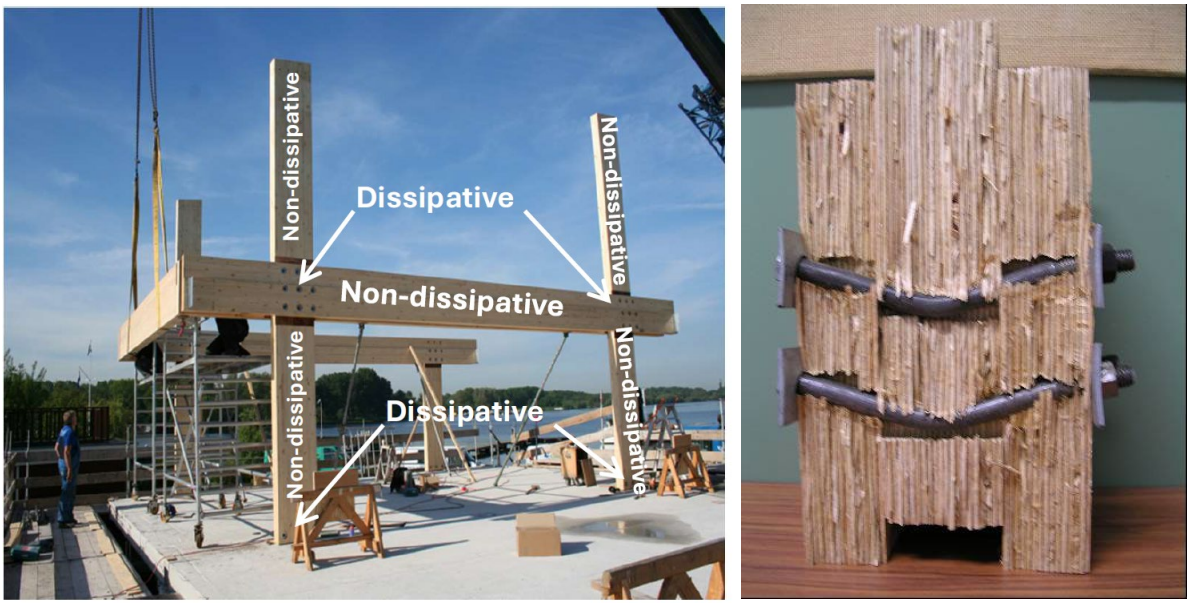
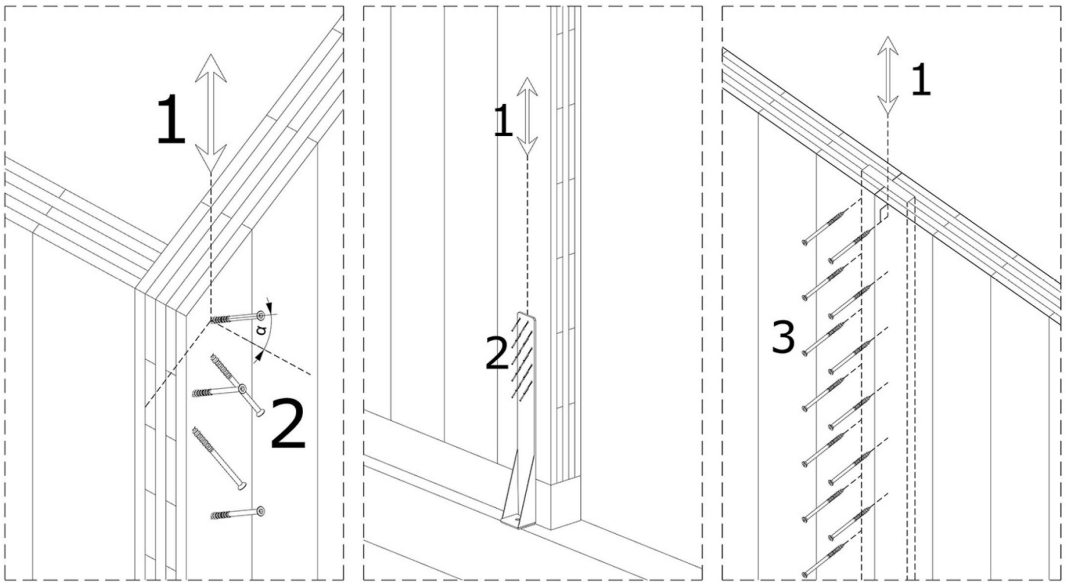


Figure 2: Identification of dissipative (the joints) and non-dissipative (the timber beams and columns) zones (left), and flexural yielding of metal fasteners in the joint (right)

Connections made of fasteners transferring forces mainly by their axial resistance and made of axially-loaded bonded-in rods, as shown in Figure 3 a) and b), should not be considered as dissipative. In dissipative connections, the shear forces should be perpendicular to dowel-type fasteners and to bonded-in rods (Fig. 3 c).

When systems suitably developed for the energy dissipation (energy dissipaters) are adopted, both timber members and connections should be elastically designed.



Keys

1	direction of the shear force being transferred
2	fasteners inclined with respect to the direction of the shear force being transferred
3	fasteners perpendicular to the direction of the shear force being transferred

Figure 3: Non-dissipative ((a) and (b)) connection details, and potentially dissipative (c) connection details, providing that metal fastener plasticization is attained.

The design strength of dissipative zones for DC2 and DC3 design at Significant Damage (SD) Limit State is:

$$F_{\mathrm{Rd,d}} = k_{\mathrm{deg}}\, k_{\mathrm{mod}} \frac{F_{\mathrm{Rk,d}}}{\gamma_{\mathrm{M}}} \qquad \text{with the limitation } k_{\mathrm{deg}} \leq 1 \tag{2}$$

where

$F_{\mathrm{Rd,d}}$ is the design value of the strength of the dissipative zones;
k_{deg} is the strength reduction factor due to degradation under cyclic loading, assumed equal to 0,8 when experimental values are not available;
k_{mod} is the modification factor for duration of load and moisture content (tabled in FprEN 1995-1-1:2024 [18]);
$F_{\mathrm{Rk,d}}$ is the characteristic value of the strength of the dissipative zones, calculated using for example the Johansen equations provided by FprEN 1995-1-1:2024 [18] for dowel-type connections;
γ_{M} is the partial factor for a material property for accidental design situations (usually equal to 1) provided by FprEN 1995-1-1:2024 [18].

The design strength of the non-dissipative components of DC2 and DC3 design and of all members of DC1 design should be calculated as:

$$F_{\mathrm{Rd,nd}} = k_{\mathrm{mod}} \frac{F_{\mathrm{Rk,nd}}}{\gamma_{\mathrm{M}}} \tag{3}$$

where

$F_{\mathrm{Rd,nd}}$ is the design value of the strength of the non-dissipative components;
$F_{\mathrm{Rk,nd}}$ is the characteristic value of the strength of the non-dissipative components, calculated using the formulas provided by FprEN 1995-1-1:2024 [18], for example for ULS of bending of a beam;

γ_M is the partial factor for a material property, for persistent and transient design situations (usually greater than 1) in DC1 design, and for accidental design situations (usually equal to 1) in DC2 and DC3 design, provided by FprEN 1995-1-1:2024 [18].

For DC2 and DC3 design, the seismic verification is then carried out according to Eq. (4):

$$E_{\mathrm{d}} \leq F_{\mathrm{Rd,d}} \tag{4}$$

by ensuring that the design strength of the dissipative component (e.g. the design moment resistance of the joint) is greater than or equal to the effect of the design seismic action in the component, E_{d}, calculated using the reduced spectrum (Eq. (1)). The same verification is carried out also for all components in DC1 design, where however $F_{\mathrm{Rd,d}}$ is replaced by $F_{\mathrm{Rd,nd}}$ in Eq. (4).

For the non-dissipative components (e.g. the timber beam connected to the joint), the seismic verification is carried out by calculating the design seismic demand using capacity design, starting from the actual design resistance of the dissipative component (the joint), multiplying it by the overstrength factor and comparing it with the actual design strength of the non-dissipative component (the beam):

$$\frac{\gamma_{\mathrm{Rd}}}{k_{\mathrm{deg}}} F_{\mathrm{Rd,d}} \leq F_{\mathrm{Rd,nd}} \qquad \text{with the limitation } k_{\mathrm{deg}} \leq 1 \tag{5}$$

where

γ_{Rd} is the overstrength factor, associated to each non-dissipative failure mode, given in Table 3;

k_{deg} is the strength reduction factor;

$F_{\mathrm{Rd,d}}$ is the design strength of the dissipative component;

$F_{\mathrm{Rd,nd}}$ is the design strength of the non-dissipative component.

Equation (5) aims to ensure yielding of the dissipative zones, by overdesigning all non-dissipative members and connections so as to prevent all possible brittle failure modes.

Table 3: values of the overstrength factors γ_{Rd} to be used in capacity design.

Non-dissipative failure mode	**Overstrength factor γ_{Rd}**
Failure modes of timber	1,6
Failure of metal plates in steel-to-timber or steel-to-foundation connections	1,6
Failure of anchor bolts connecting metal plates to the foundation or of anchor bolts connecting two separate metal plates	1,6
Failure of axially loaded timber-to-timber or timber-to-steel connections	1,6
Failure of laterally loaded timber-to-timber or timber-to-steel dowel-type conn.	1,3
Stabilising moment due to gravity loads in log shearwalls	1,3

In dowel-type connections of dissipative zones, failure modes (a), (b) & (c) as defined in FprEN 1995-1-1:2024 [18] and calculated with the Johansen eqs., should satisfy Eq. (6):

$$\gamma_{Rd,d}\, F_{\mathrm{v,Rk,d}} \leq F_{\mathrm{v,Rk,nd}} \tag{6}$$

where

$F_{\mathrm{v,Rk,d}}$ is the characteristic strength of the selected ductile failure mode providing energy dissipation, according to FprEN 1995-1-1:2024 [18];

$F_{\mathrm{v,Rk,nd}}$ is the characteristic strength of the less ductile failure mode, according to FprEN 1995-1-1:2024 [18];

$\gamma_{\mathrm{Rd,d}}$ is a partial factor equal to 1,2.

This provision aims to ensure that, in a dissipative connection, the metal fastener plasticization can be achieved, and the less ductile failure modes characterized by only timber crushing are avoided with a safety margin of 1,2 (see Figure 4).

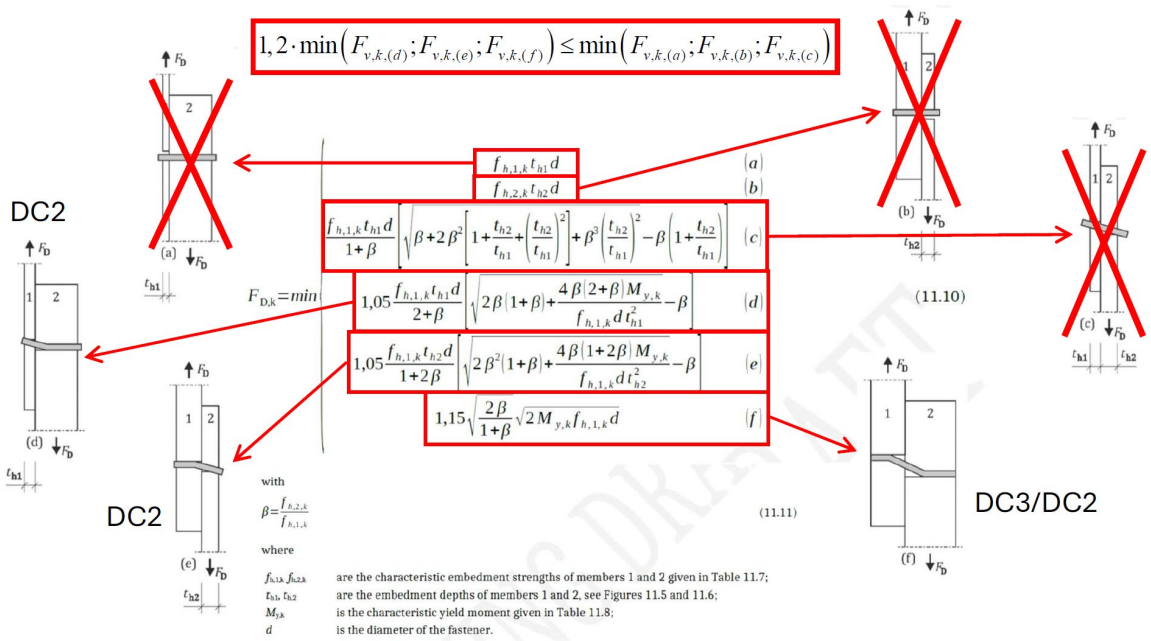


Figure 4: Ductile (with metal fastener plasticization) and less ductile (without metal fastener plasticization) failure modes of a timber-to-timber dowel-type connection with the corresponding Johansen equations, and application of equation (6) to ensure the attainment of metal fastener plasticization in dissipative connections.

Brittle failure modes like splitting, row shear, block shear, plug shear, and net tensile failure of wood, as defined in FprEN 1995-1-1:2024 [18], should be avoided in all dissipative zones by satisfying Eq. (5) (see Figure 5). Reinforcement can be used in a dissipative zone as a mean to prevent brittle failure modes.

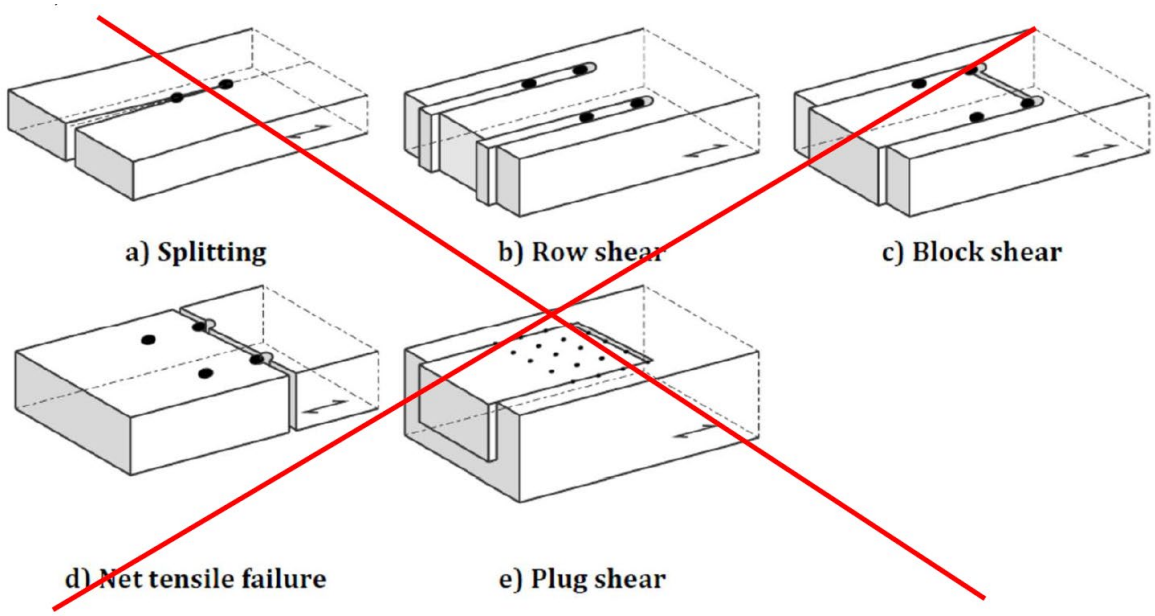


Figure 5: Brittle failure mode, to be avoided in dissipative connections using capacity design (Eq. (5)).

2.2. CLT buildings

Cross-Laminated Timber (CLT) structures are made of CLT panels with a platform-type construction. Glulam, LVL or GLVL may also be used as a structural material but only in DC1 and DC2 design and for a seismicity index $S_\delta \leq 4{,}0$ [m/s^2]. General seismic design rules to be applied both in case of dissipative and non-dissipative structural behaviour, and specific design provisions to be applied for the design in medium (DC2) and high (DC3) dissipative structural behaviour are provided in the prEN 1998-1-2:2024 [3].

A detailed description of the different types of connection is given, which includes the type of uplift and shear-restraint connections of the walls to the foundation and to the inter-storey floors, the vertical (for walls) and horizontal (for floors) shear connection between panels, and the connections between orthogonal walls and between floors and walls underneath. Wall panels should have heights at least equal to the inter-storey height, according to the platform-type construction, and should be either made of a single element («monolithic wall») or composed of more than one panel. Each of these panels should be connected to the other panels by means of vertical joints made with metal fasteners such as screws or nails («segmented wall»). Floors are also composed of more CLT panels connected together with joints similar to the ones used for the segmented walls.

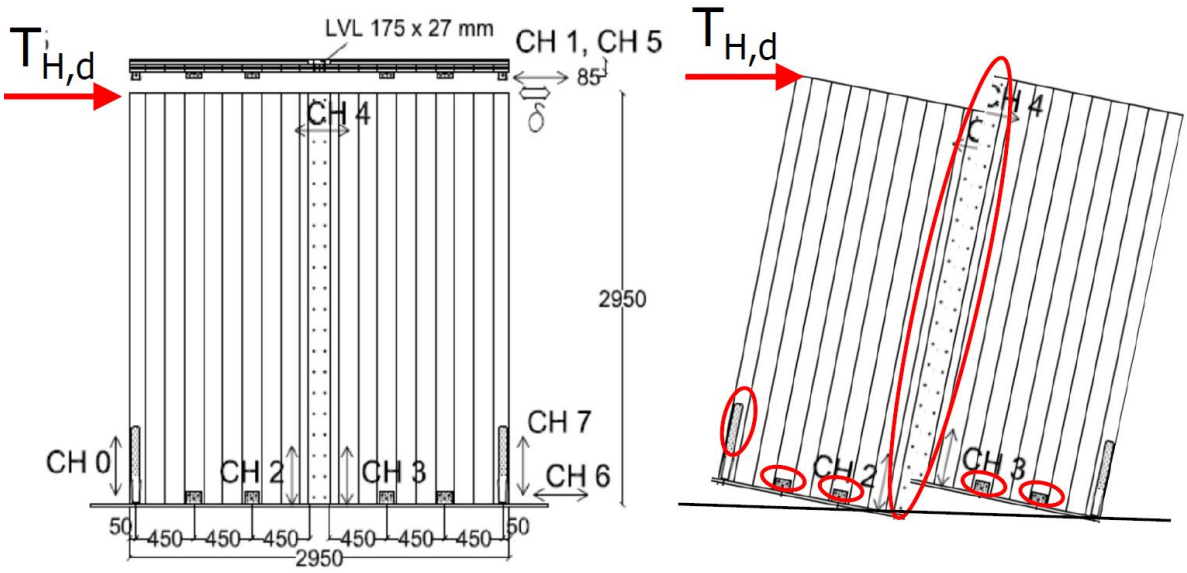


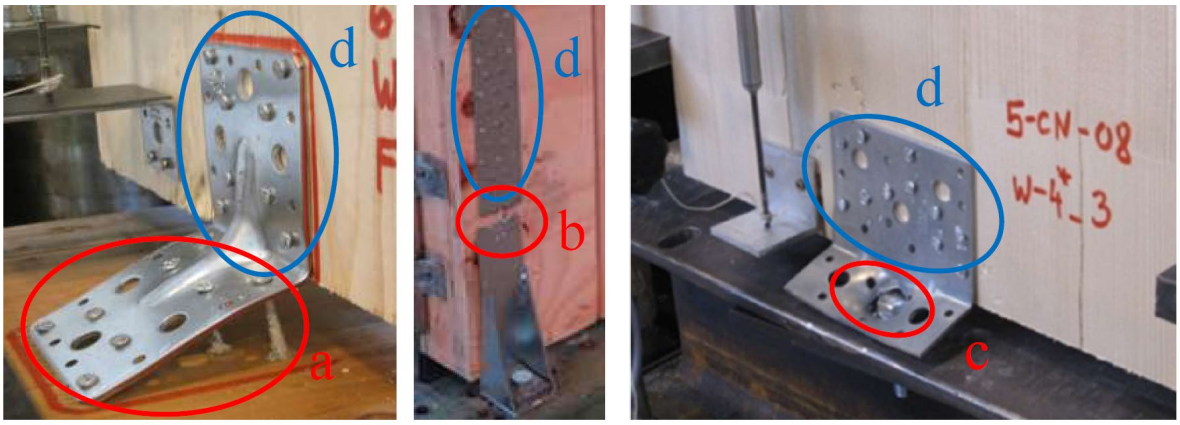
Figure 6: Failure mechanism under seismic load of a segmented CLT wall
(circled in red: the dissipative connections)

CLT buildings designed in DC2 are made of monolithic CLT wall panels, namely walls made of one or more CLT panels extending from one storey, foundation included, to the next one, with non-dissipative vertical panel-to-panel connections.

CLT buildings designed in DC3 are made of segmented walls, namely walls made of more CLT panels extending from one storey, foundation included, to the next one. The panels should measure in width not less than $0{,}25h_s$ where h_s is the interstorey height, and no more than h_s. The panels should be joined to each other with dissipative vertical panel-to-panel connections (see Figure 6), therefore designed according to Eqs. (2), (4) and (6).

In both DC2 and DC3 designs, the steel-to-timber connections between the hold-downs and the CLT wall panel, and between the angle brackets and the CLT wall panel should be designed as dissipative (see Figure 6), therefore according to Eqs. (2), (4) and (6). This is because in CLT buildings, the dissipative plastic mechanism under seismic loading is the rocking of the monolithic walls in DC2 design, and the rocking of the single CLT panels in segmented walls in DC3 design (see Figure 6).

All other members and connections (metal plates of hold-downs and angle-brackets, connections of hold-downs and angle brackets to the foundation and to the supporting floor, CLT panel-to-panel floor connections, CLT floor panel-to-wall connection, connections between perpendicular walls, CLT floor and wall panels) should be designed for the overstrength of the dissipative connections, using capacity design (Eqs. (3) and (5)). In particular, capacity design should be applied at the connection level (hold-downs, angle brackets) to avoid brittle failure (see Figure 7) which would prevent the connection plasticization, the energy dissipation and the possibility to use the default q-factor in the design.



$$\frac{\gamma_{Rd}}{k_{\deg}} \cdot F_{Rd,\,nails\ in\ shear\ (d)} \le \begin{cases} F_{Rd,\,\text{withdrawal}\,screws\ (a)} \\ F_{Rd,\,metal\ plate\ in\ tension\ (b)} \\ F_{Rd,\,\text{anchor bolt pull-through}\ (c)} \end{cases}$$

Figure 7: Capacity based design (Eq. (5)) at the local (connection) level

Further capacity design rules are provided by the prEN 1998-1-2:2024 [3] at the wall level to ensure the plasticization of the step joints between adjacent CLT panels in a segmented CLT wall [19].

Capacity design rules are also provided at the building level for DC3 design to prevent the formation of a weak storey mechanism. The seismic resistance of CLT walls should be higher at lower storeys and should decrease at higher storeys proportionally to the decrease of the storey seismic shear, thus leading to the simultaneous plasticization of the ductile connections in order to maximize the energy dissipation of the whole building (see Figure 8). This is given by the following Equation:

$$\frac{\max(\Omega_{d,i})}{\Omega_d} \le 1{,}25 \qquad (7)$$

where

$\max(\Omega_{d,i})$ is maximum storey overstrength ratio;

Ω_d is the minimum storey overstrength ratio.

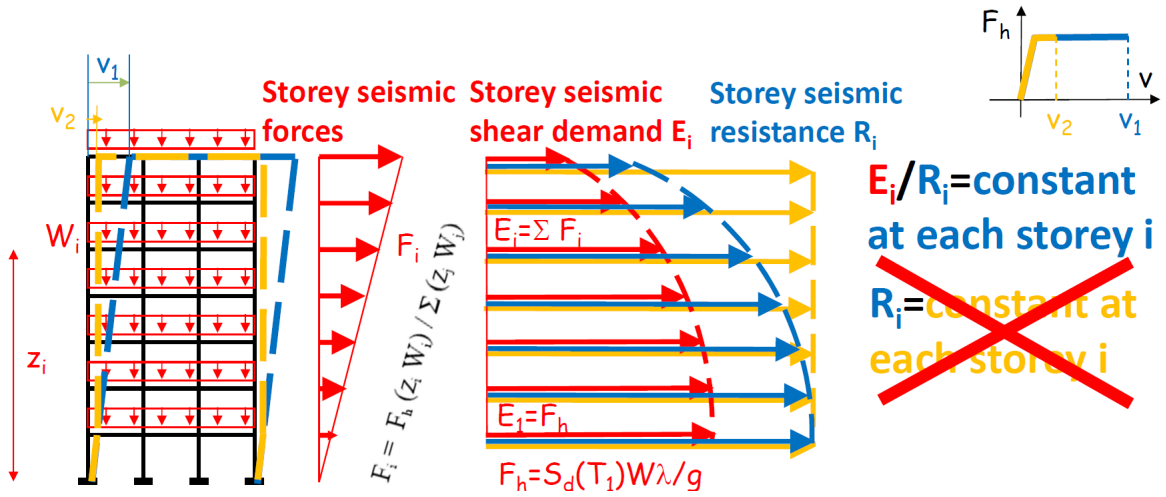


Figure 8: Global failure mechanism of a multi-storey building with simultaneous plasticization at all storeys (in blue) and with plasticization of the only first storey (in yellow)

3. References

[1] CEN, EN 1998-1:2004: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.

[2] CEN, FprEN 1998-1-1:2024: Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 1-1: General rules and seismic action.

[3] CEN, prEN 1998-1-2:2024: Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 1-2: Buildings.

[4] Follesa, M., Fragiacomo, M., Casagrande, D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D., Canetti, D., Rossi, S. (2018). The new provisions for the seismic design of timber buildings in Europe. Engineering Structures, Vol. 168, pp. 736-747, ISSN: 0141-0296.

[5] Fragiacomo, M., Follesa, M., Rinaldi, V., Sciomenta, M., Casagrande, D. (2024). The revision of the Timber chapter of EN1998-1-2, the new generation of the Eurocode for seismic design of new buildings. Proceedings of the 18th World Conference on Earthquake Engineering WCEE2024, Milan (Italy), June 30th to July 5th, 2024, 12 pp.

[6] CEN, FprEN 1998-3:2025: Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings and bridges.

[7] CEN, FprEN 1998-2:2023: Eurocode 8 – Design of struct. for earth. Resist. – Part 2: Bridges.

[8] Ceccotti, A., Sandhaas, C., Okabe, M., Yasumura, M., Minowa, C., Kawai, N. (2013). SOFIE project – 3D shaking table test on a seven-storey full-scale Cross-Laminated building. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 42 No. 13, pp. 2003-2021, http://dx.doi.org/10.1002/eqe.2309.

[9] Ceccotti, A., Follesa, M., Lauriola, M.P. (2007) Quale fattore di struttura per gli edifici multipiano a struttura di legno con pannelli a strati incrociati? Proceedings of the 12th ANIDIS Conferences The Seismic Engineering in Italy (in Italian).

[10] van de Lindt, J.W., Pei, S., Pryor, S.E., Shimizu, H., Isoda, H. (2014). Experimental seismic response of a full-scale six-story light-frame wood building. Journal of Structural Engineering, Vol. 136 No. 10, https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000222.

[11] Piazza, M., Tomasi, R., Grossi, P., Campos Costa, A., Candeias, P.X. (2013). Seismic performance of multi-storey timber buildings - RubnerHaus building. Final Report – Seismic Engineering Research Infrastructures For European Synergies (SERIES), Work package [WP9 – TA5 LNEC].

[12] Izzi, M., Casagrande, D., Bezzi, S., Pasca, D., Follesa, M., Tomasi, R. (2018). Seismic behaviour of Cross-Laminated Timber structures: A state-of-the-art review. Engineering Structures, Vol. 170, pp. 42-52.

[13] van Bakel, R., Rinaldin, G., Leijten, A.J.M., Fragiacomo, M. (2017). Experimental-numerical investigation on the seismic behaviour of moment-resisting timber frames with Densified Veneer wood reinforced timber connections and expanded tube fasteners. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 46 No. 8, pp. 1307–1324, https://doi.org/10.1002/eqe.2857.

[14] Rinaldi, V., Casagrande, D., Fragiacomo, M. (2023). Verification of the behaviour factors proposed in the 2nd generation of Eurocode 8 for Cross Laminated Timber buildings. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 52 No. 4, pp. 910-931, https://doi.org/10.1002/eqe.3792

[15] Gavric, I., Fragiacomo, M., Ceccotti, A. (2015). Cyclic behaviour of typical metal connectors for cross-laminated (CLT) structures. RILEM Materials and Structures, Vol. 48 No. 6, pp. 1841-1857, https://doi.org/10.1617/s11527-014-0278-7.

[16] Fragiacomo, M., Dujic, B., Sustersic, I. (2011). Elastic and ductile design of multi-storey crosslam massive wooden buildings under seismic actions. Engineering Structures, Vol. 33 No. 11, pp. 3043-3053.

[17] Vassallo, D., Follesa, M., Fragiacomo, M. (2018). «Seismic design of a six-storey CLT building in Italy.» Engineering Structures, Vol. 175, pp. 322-338, https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.08.025.

[18] CEN, FprEN 1995-1-1:2024: Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings.

[19] Casagrande, D., Doudak, G., Polastri, A. (2019) A proposal for the capacity-design at wall- and building-level in light-frame and cross-laminated timber buildings. Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 17 No.6, pp. 3139-3167.

Seismic design approach of two realized CLT structures in Slovenia – the multistorey building and the upgrade of the existing building

Dr. Bruno Dujic
CBD d.o.o. Contemporary Building Design
Celje, Slovenia

Co-authors:
Dr. Jurij Jancar and Blaz Kocina
CBD d.o.o. Contemporary Building Design
Celje, Slovenia



Seismic design approach of two realized CLT structures in Slovenia – the multistorey building and the upgrade of the existing building

1. Introduction

Cross-laminated timber (CLT) element is a wood-based multilayered plate product that has become widespread structural element in construction sector also for higher residential structures. In the last years also in Slovenia was designed and executed some higher multistorey structures, where it was recognized, that CLT construction system has a great potential for upgrade of existing buildings - particularly in earthquake-prone areas.
The paper and presentation are presenting seismic design of two different realized CLT structures in Slovenia. The first is a new 5-storey building with combination of reinforced concrete structure of the ground floor, while the second one is 3-storey CLT structure as upgrade of the existing two-story building built from brick walls at the begging of 20th century in the center of Ljubljana.
In both cases design analyses were performed following seismic design rules according to EC8, where for modelling mechanical connections were used some published research results which importantly influence on the seismic response of the building especial when it is needed to limit storey drift to prevent damages on non-structural elements in the buildings during more often seismic events with lower shaking intensity.
With variating connection properties in the calculation model, it was recognized that stiffness of mechanical connections importantly influence on seismic response of the building. Elastic modal analysis with rigid connections between CLT walls and plates underestimate vibration periods, hence causing too low displacements. Therefore, modelling of the connection with properties which considering «real» response of mechanical connectors and fasteners in wood media is the most important segment for getting real deformation response of the building under seismic loads.
Unfortunately, research on seismic behaviour of higher multistorey CLT buildings is hardly keeping up with the increased need of safer and more demanding applications for the building market, therefore proper modelling to predict «correct» seismic response with real horizontal deformations is still very questionable. On the one hand, a lot of experiments (both wall racking and shake table tests) have been conducted over the past years. But on the other hand, the number of publications systematically dealing with the influence of boundary conditions such a connection types, friction, vertical loads, floor diaphragm influence, wall panes sizes, etc. on the global seismic behaviour of multistorey CLT buildings has been scarce. Therefore, modelling of the CLT structure with exact properties of multilayered CLT wall and floor elements without applying real stiffness and load bearing capacity of smeared mechanical connections between CLT elements doesn't predict correct response as such calculation models mostly underestimate the deformations and storey drifts of the building what in realty can cause a lot of damages on the building after some more frequent seismic events with lower intensity.

2. Seismic design of multistorey building

The first example shows seismic design of 5-storey residential building in Celje, Slovenia with CLT structure, which is based on reinforced concrete ground floor. Two iterations of the building were built, and another four are planned to be realized in the soon future. The building has floor plan dimensions of 22 m x 26 m and the height of 19.2 m.
The ground floor, which is used for garage purposes, was designed as a permeable reinforced concrete frame system, as the building is in the flood zone of the Savinja river. Above the reinforced concrete ground floor structure, four residential floors and an additional attic floor for mechanical installations were constructed in solid cross-laminated timber system, including an elevator shaft and a staircase over four floors. Despite the

less load-bearing foundation soils (clay, sand, rubble), due to the lightweight nature of the timber structure, a shallow foundation was carried out where the contact stresses under the strip foundations were between 100 kPa and 115 kPa. The relatively slender reinforced concrete columns in combination with the shear walls of the elevator shaft, ensured a sufficient seismic capacity of the ground floor. The timber construction has the same floor plan in all residential floors.

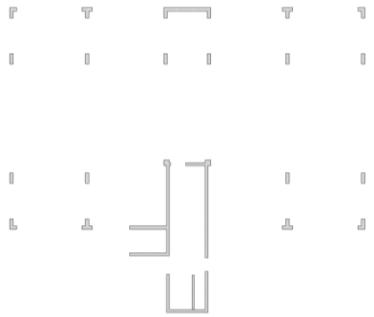


Figure 1: Floor plan of ground floor garage

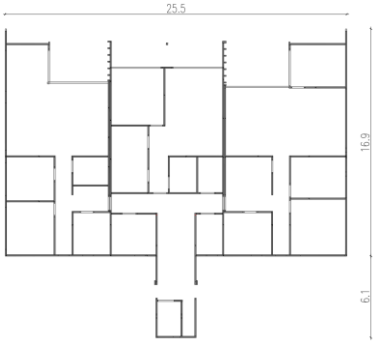


Figure 2: Typical floor plan of a residential floor

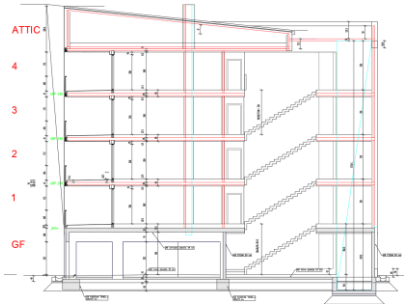


Figure 3: Cross section of the building

CLT walls of 100 mm and 120 mm thickness and double walls between the residential units with 2 times 90 mm thickness were used. The intermediate floor diaphragms were made of CLT plates of 180 mm thickness and reinforced in local places with HEB 240 and HEB 180 steel profiles. The attic slab is 120 mm thick, while the roof trusses are made using LVL X straps.

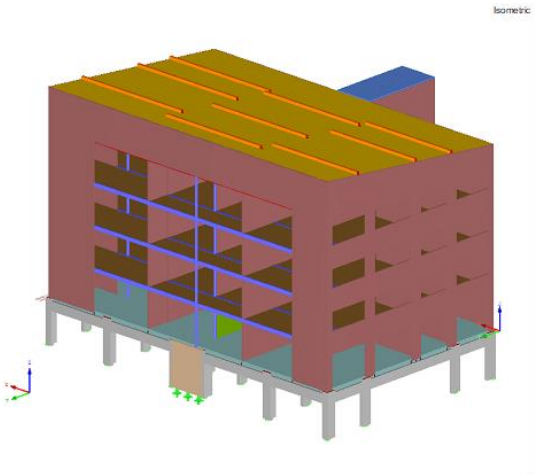


Figure 4: 3D model of the building

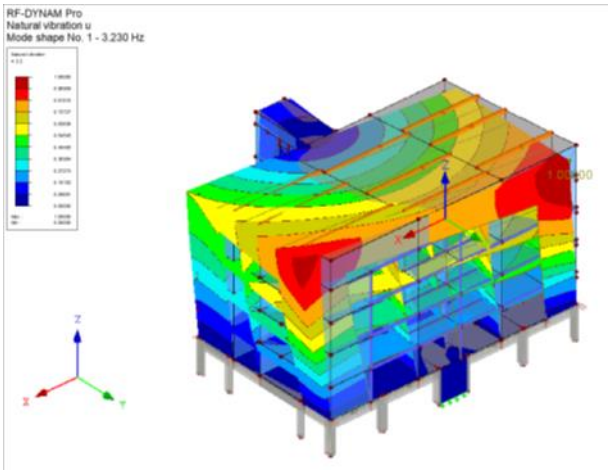


Figure 5: First natural frequency from seismic modal analysis

In the presentation will be presented the main design starting points, boundary conditions, modelling and earthquake design process.

3. Seismic design of three-story upgrade of the existing building

The second example shows a vertical expansion of the existing 2-storey building in the center of Ljubljana, Slovenia with additional three storeys made in cross-laminated timber (CTL) structure. Existing building (basement, ground and 1st floor) dating from the beginning of the 20th century has floor plan dimensions of 15 m x 15 m. Stone walls in the basement and masonry walls in the upper floors with thicknesses between 35 cm and 65 cm form the vertical structure and for floors steel beams with masonry arches were used. Energy inefficiency and seismic hazard were not in favour of the building's future, but the good location provided the opportunity for renovation and vertical expansion.

As residents of the building were mostly senior people, temporary eviction was not an option, which called for a light, fast and prefabricated upgrade solution with minimum strengthening demand. Existing structure with extremely thick walls proved to be sufficient for the additional vertical loads but due to lack of seismic capacity and ductility existing structure was strengthened on its perimeter with 20 cm reinforced concrete envelope from foundation to the top. Stone foundation below main inside load-bearing walls and foundation of the outer walls on the perimeter of the building was strengthened with reinforced concrete belt foundation.
In similar cases of upgraded buildings solution with reinforced concrete plate on the top of the existing structure is the most common one, but due to inability to support the formwork (inhabited apartments) and mainly due to large additional mass, only reinforced concrete horizontal bond above load-bearing brick walls was applied and CLT floor diaphragm replaced concrete slab. Slightly larger CLT plate on the top of existing structure provided more space and net area in upper floors but also assured much needed place for connections between existing and added CLT structure.

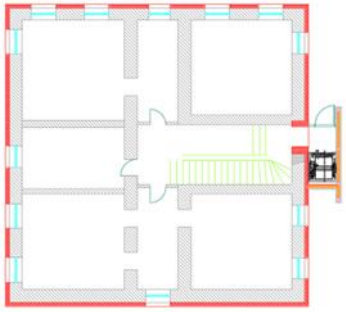


Figure 6: Existing structure floor plan with RC casing and added vertical elevator shaft

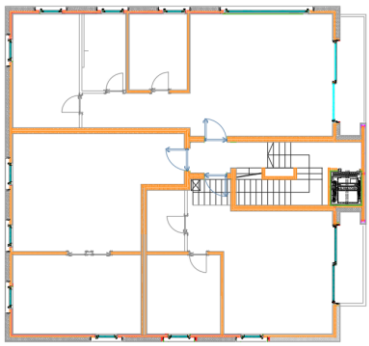


Figure 7: Typical floor plan of CLT expansion

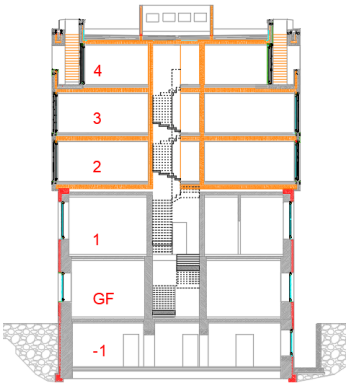
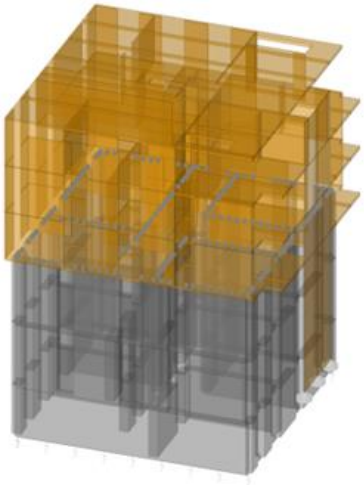


Figure 8: Section of the building

If 20 to 25 cm reinforced concrete slab was used it would represent around 90% of self and permanent load of one additional timber storey. 3-layer CLT wall elements of thickness 100 mm and 110 mm for single walls and between appartements double 3-layer 80 mm and 90 mm walls were used. Floor diaphragms were made of 7-layer CLT 220 mm thick plates.
In case of vertical loads timber structure was designed separately from the existing one and only reaction forces were given for the analysis of the existing structure. For seismic analysis such approach would highly underestimate seismic forces and displacements for the existing structure and for the upgrade therefore a complete 3D model was formed in software TOWER (Radimpex) for the design of timber upgrade. Analysis of seismic mass given in below table (Figure 9) shows that additional three timber storeys represent 24% of total mass above ground level and in general 18% of mass of a complete building with basement. For timber structure shell elements with orthotropic characteristics were used and reduction of shear stiffness in connections between wall and floor elements was modelled according to the number and stiffness of the used shear brackets (TITAN TCS 240, TTV 240, TTN 240 and NINO 100100). The connection between reinforced concrete envelope around outer existing walls and reinforced concrete horizontal belt above the brick walls with upper CLT plate was considered rigid. The connections between added and existing structure were made with SKR-E 12/320 anchor bolts in the center of horizontal beams and TITAN TCS brackets with additional TCW 240 washer plates on the outer perimeter.
Modal analysis with response spectrum (a_g = 0,25g, Soil type C; S = 1,15) was performed for seismic design of the timber part of the building as well as preliminary modal analysis of only existing structure was performed as well in order to obtain the same stiffness of the existing building as expected and calculated in separate analysis. Due to extremely rigid strengthened existing structure and more flexible CLT timber upgrade, only 54% and 43% of seismic mass was exited in 1st and 2nd modal mode. In general, CLT structures are considered relatively rigid but in comparison to the existing structure with very thick walls and 20 cm concrete casing this was not the case. 12 modal modes were taken in calculation in order to include demanded 90% of exited seismic mass.

Figure 10 presents development of the project from the previous existing condition towards CLT expansion assembly to finished building. CLT structure with low additional mass and fast erection (3 weeks) provided the best option for the project development which also shows negative CO2 balance, especially in case of demolishment of the existing building and erecting a new one in concrete.



	Heigh [m]	Sesmic mass [T]	Mass existing structure [T]	
1st floor	4,5	628,2		
2nd floor	8,3	504,2	1132,4	75,9%
3rd floor	12,5	126,3		
4th floof	15,7	125,1	Mass upgrade structure [T]	
Roof	19,0	107,2	358,6	24,1%
		1491		

Figure 9: 3D model of existing and added structure and table with calculated seismic mass



Figure 10: Realisation of the project

Project shows how additional residential areas on top of existing structures can provide funds for the retrofit and renovation of existing building found and therefore prolonging lifetime on existing buildings. With such examples of renovation of the existing building stock, we can significantly reduce construction waste and thus influence the reduction of CO2 emissions. Due to the use of wood for structural purposes, large amounts of CO2 are stored in the structure itself for the duration of the building. With the highest possible net utilization of the building upgrade and the new net sales areas due to the lightness, slenderness, high horizontal stiffness and robustness of the CLT system, the existing building can with these additional funds be completely revitalized with improving its seismic capacity and energy efficiencies.

4. References

[1] European Committee for Standardization (CEN). Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1; Brussels, 2004.

[2] Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings EN 1998-3; Brussels, 2005

[3] Dujic B, Aicher S, Zarnic R, «Investigations on in-plane loaded wooden elements - influence of loading and boundary conditions», Otto Graf Journal, 01/2005, Volume: 16, pp: 259 -271

[4] Fragiacomo M, Dujic B, Sustersic I, «Elastic and ductile design of multi-storey crosslam masive wooden buildings under seismic action» Engineering Structures 2011; pp. 3043-3053

[5] Jancar J, Trajce Z, Premrov M, Dujic B, Hristovski V, «Seismic resistance of existing buildings with added light timber structure stories» Građevinar, 06/2022, Volume: 74, Issue: 5

[6] Sustersic I., and Dujic B., «Simplified cross-laminated timber wall modeling for linear elastic seismic analysis», CIB-W18, Växjö, Sweden, 2012.

[7] Sustersic I, Fragiacomo M, Dujic B. Influence of connection properties on the ductility and seismic resistance of multi-storey cross-lam buildings. CIB-W18. Alghero, Italy, 2011.

Seismic design and requirements for mass timber and timber composite system for high-rise buildings in Japan

Hiroshi Isoda
Kyoto University
Kyoto, Japan



Seismic design and requirements for mass timber and timber composite system for high-rise buildings in Japan

1. Introduction

The structural design of buildings in Japan is regulated by the Building Standard Law (BSL) enforced by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). The objective of this law is to establish minimum standards regarding the site, structure, facilities, and use of buildings to protect life, health, and property of the nation, and thereby to contribute to promoting public welfare. Technical standards for all buildings to ensure building safety with regards to structural strength, fire prevention devices, sanitation, etc. are prescribed in the building code. Structural specification and calculation method are also prescribed in cabinet order and ministerial ordinances as the enforcement order and enforcement regulations of the BSL. Technical standards to be observed are established for each structure classification generally used in Japan such as timber construction, steel construction, or reinforced concrete construction, etc. Moreover, the safety of buildings the size of which exceeds a fixed limit must be ensured through structural calculations (Article 20). Performance-based code has been replacing the original description code since 2000, allowing for use various materials, equipment, and structural methods, including timber-based construction, as long as the building satisfies the performance criteria. Article 37 of the designated building material is also prepared for new structural members but testing methods and performance evaluation procedure must be prescribed for applicable structural members in advance.
Regulation of fireproofing properties are indispensable for timber construction. To ensure the fireproof properties of structures, the law provides standards based on the scale of the structure, its purpose, the types of framework used in parts of the structure (fireproof construction, fire preventive construction, etc.) and materials (non-combustible materials, quasi-noncombustible materials, etc.). Use of timber-based material is not prohibited in the law even though high rise building but non-combustible materials resisting vertical load after an arbitrary hour without an activity of firefighting are required in main structural parts of four story and more. Although various companies are developing timber-based non-combustible materials, they are often expensive and do not allow the wood to be visible on the surface as structural material, and although there are many examples, it is still too early to say that they have become widespread. Anyway, since this paper focuses on seismic design, the topic for mass timber building will be described.

2. Seismic design and requirement

2.1. General requirements

In the Japanese building standard law, two levels of seismic design are required. One is elastic design, which is damage control for moderate earthquakes of which return period is 30-50 years. The second is non-linear design, which is to prevent collapse in the event of a severe earthquake. For each of these external forces, a moderate earthquake is considered to have a horizontal force of 20% of the seismic weight of the building, and a severe earthquake has an external force equal to the seismic weight of the building, but the constant energy law allows the input earthquake motion to be reduced by plasticization. Depending on the type of structure, the capacity of the building against a severe earthquake of 25% to 55% of the building weight is required.
The seismic demands for all structures below the hight of 60m are derived from Equations 1 to 7. For the standard shear coefficient C0, C0=0.2 is used for the moderate level and C0=1.0 for the severe level as mentioned above. Using these values, lateral seismic shear of the i-th story Qi is calculated from Equations 1 to 7 and named Qad and Qud, respectively. Pi of lateral seismic force at each floor is obtained from the difference of lateral seismic shear Qi and Qi-1

$$Q_i = C_i \times \Sigma W_i \quad (1)$$

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_0 \quad (2)$$

$$P_i = Q_i - Q_{i+1} \quad (3)$$

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i\right)\frac{2T}{1+3T} \quad (4)$$

$$\alpha_i = \sum_{j=i}^{n} W_j \Big/ \sum_{j=1}^{n} W_j \quad (5)$$

$$R_t = \begin{cases} 1 & (\text{in case } T < T_c) \\ 1 - 0.2(T/T_c - 1)^2 & (\text{in case } T_c \le T < 2T_c) \\ 1.6T_c/T & (\text{in case } 2T_c \le T) \end{cases} \quad (6)$$

where

Q_i : Lateral seismic shear of the *i*-th story (unit: kN)
C_i : Lateral seismic shear coefficient of the *i*-th story
W_i : Weight of the *i*-th story (unit: kN)
Z : Seismic hazard zoning factor
R_t : Design spectral factor
A_i : Lateral shear distribution factor
C_0 : Standard shear coefficient
P_i : Lateral seismic force of the *i*-th story (unit: kN)
M : Over-turning moment (unit: kNm)
H_i : Height of the *i*-story (unit: m)
a_i : Normalized weight of the *i*-th story
T : Fundamental natural period (s) of the building
T_c : Critical period (s) of the soil (Ground classification II: T_c = 0.6)

2.2. Seismic design for timber structure

The allowable shear capacity of the story is defined from story shear-displacement curve obtained from push-over analysis. The capacity of a single shear wall also defined back-bone curve from the shear wall test. Figure 1 shows the backbone curve. Pa, the allowable shear capacity is determined with the minimum value of following three criteria.

$$Pa = minimum \begin{cases} P_{1/120} \\ 2/3P_{max} \\ P_y \end{cases} \quad (8)$$

P1/120 is the load corresponding to the shear displacement of 1/120rad. P1/120 is considered to avoid the damage of non-structural element such as finishing materials. Pmax is the maximum load. 2/3 means the safety margin for the maximum load. Py is the yield load calculated from the intersection of line 1 and 4 in the Figure 1. Py is included to avoid structural damage. Moderate seismic shear load as mentioned previous section does not exceed the allowable shear capacity.

As for a severe earthquake, story seismic shear force is calculated from equation (8) as C0=1.0 and the force does not exceed the ultimate load, Pu. Pu is obtained equivalent absolute energy corresponding experimental backbone curve and bi-linear model to the displacement of 80% Pmax after Pmax. du and do is pseudo ultimate displacement at the displacement of the 80% Pmax and pseudo yield respectively. It is possible for seismic shear force to consider the reduction factor, Ds, The reduction factor which is similar to response modification factor (R factor) based on Energy-based Newmark method[1] for bi-liner system is obtained the following.

$$Ds=1/\sqrt{}(2d_u/d_0-1) \quad (9)$$

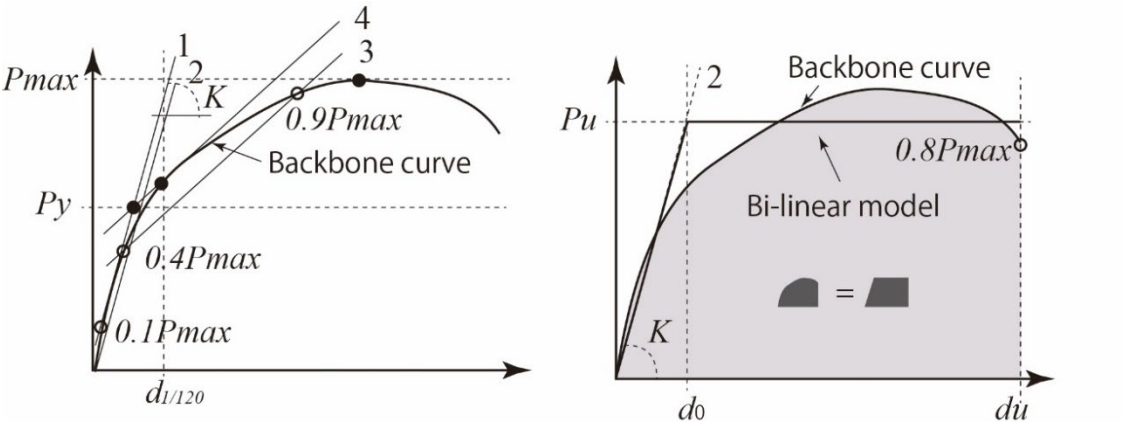


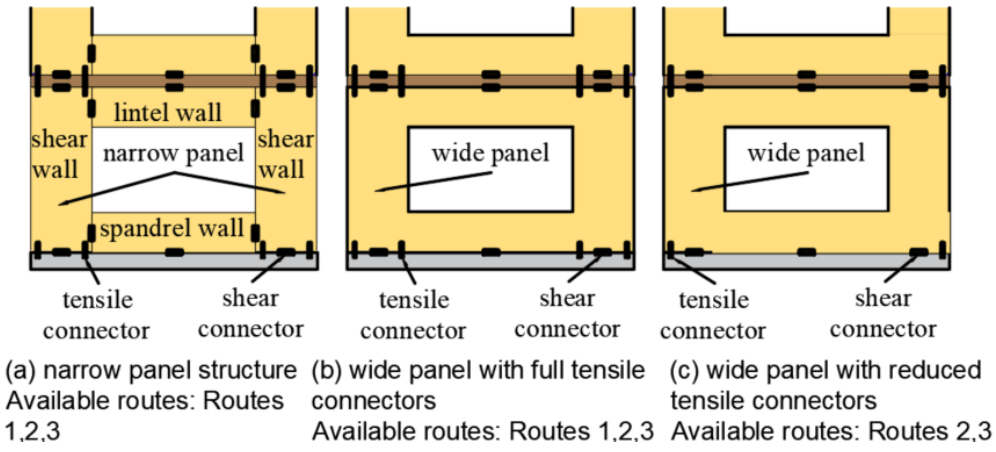
Figure 1: Procedure of calculation of allowable shear performance and Ds of a story shear and dispalcement
Line1: Connecting 0.1 Pmax to 0.4 Pmax
Line2: Parallel to line 1 from the origin
Line3: Connecting 0.4 Pmax to 0.8 Pmax
Line4: Parallel to line 3 along with backbone curve

3. Notification and CLT manual

3.1. Outline of seismic design

To promote the development of cross-laminated timber (CLT) structures, the Japanese Government Notifications on Structural Design of CLT Buildings (GN 611) was issued in 2016. Furthermore, a design and construction manual for CLT building, which provides a detailed explanation of the above notification, was published in August 2016. In both GN 611 and the CLT Manual, CLT structural configurations were categorized into three types of platform-framing buildings[2], as shown in Figure 2. The seismic design method was also classified into three calculation routes: Route 1, Route 2, and Route 3. Table 1 presents the allowable structures and specifications of three design methods. The regulations have changed slightly due to several revisions in a few year and. For example, in the Route 2, buildings up to six stories high are allowed. The revisions will be prepared in the near future to facilitate the CLT construction of buildings.
Route1 is a simple seismic calculation method with strict specifications for CLT shear walls and connections. The shear resistance capacity of each shear wall is calculated using Eq. (10).

$$Qa=3/H\ (Q0+1.5n), \quad (10)$$



(a) narrow panel structure Available routes: Routes 1,2,3
(b) wide panel with full tensile connectors Available routes: Routes 1,2,3
(c) wide panel with reduced tensile connectors Available routes: Routes 2,3

Figure 2: Three types depending on CLT panel and joint

Table 1: Seismic design methods in CLT Manual

Name	Type	Allowable height	Allowable structures
Route-1	Allowable strength design method	Height ≤ 13 m, eaves height ≤ 9 m, story number ≤ 3	Narrow panel structures (Fig.2 a), wide panel structures with full tensile connecters (Fig.2 b)
Route-2	Allowable strength design method	Height ≤ 31 m, story number ≤ 3	Narrow panel structures (Fig.2 a)
			Wide panel structures with full tensile connecters (Fig.2 b)
			Wide panel structures with reduced tensile connecters (Fig.2 c)
Route-3	Ultimate strength design method	Height > 31 m, story number > 3	Narrow panel structures (Fig.2 a)
			Wide panel structures with full tensile connecters (Fig.2 b)
			Wide panel structures with reduced tensile connecters (Fig.2 c)
			Balloon-framing structure

Note: C_A is amplification coefficient, D_s is structural characteristic factor

where Qa is the allowable unit shear resistance (kN/m), H is the height of the shear wall if the height is 3 m or less (H = 3), Q0 is the fundamental resistance of the shear wall (15 kN/m for two- or single-story, 10 kN/m for three-story, more than three-story is not allowed in Route1), and n is the number of lintel walls and spandrel walls.

This capacity is calculated from the assumption of a rocking shear wall system on the foundation, mainly considering the resistance and ductility of anchor bolts. Therefore, the CLT structural configurations of Route 1 are limited in narrow-panel and wide-panel structures with fully tensile connectors (as shown in Figure 2). In the case of wide-panel structures, cracks around the corner of the opening may occur when applying lateral load. When tensile connectors are installed in four corners of each shear wall, the resistance force and ductility are almost the same as those in a narrow-panel structure. When tensile connectors are installed only in four corners of a wide panel, the flexural performance of the floor and connections between the shear wall and lintel wall affect the structural resistance and ductility. Thus, wide-panel structures with reduced tensile connectors (Figure 2 c) are not allowed in current Route 1. To maintain the rocking system on the foundation, certain structural requirements (such as the aspect ratio of shear walls, the dimension of tensile bolts, and the height of lintel and spandrel walls) for Route1 are specified. For example, the tensile bolts of the second story should have higher strength and less ductility than that of the first story. The required resistance for each story is calculated from the seismic weight of the story. Structural design, such as design of walls and floors that bearing gravity load, is required against dead loads and live loads.

Route 2 is an allowable stress design with a numerical analysis, and the assumption of rocking system on the foundation is still used. The lateral resistance of each story is calculated from the structural model within the range of the yield strength of each member and connection. It is a simple linear analysis. However, the calculated stresses in the main members and connections should be multiplied by the amplification coefficient, which is defined according to the structural type and wall width. The amplification coefficient maintains the rocking system on the foundation and the required ductility in accordance with the story resistance to avoid collapse when exposed to an extremely severe earthquake as well. The wide-panel structure with reduced tensile connectors can be designed structurally using Route 2, but the multiplied amplification coefficient should be larger than that of the structure with fully tensile connectors owing to the lower ductility. The smaller ductility comes from cracks around the corner of the opening. It is difficult to estimate the behaviour after the crack appears in a linear analysis.

Route 3 is a detailed design method in which the ultimate capacity and ductility have to be considered in the model. Compared with Route 1, the structure specifications of Route 3 are not strict. The three types of structures displayed in Figure 2 and balloon-framing structures are available for Route 3. As for balloon-framing structures, the lateral force system attachment to the foundation was maintained, but at the time of publication of both the GN 611 and the CLT Manual, experimental data of balloon-framing did not exit and numerical studies were not conducted. In current standard, balloon-framing structure can built in the Route1 due to the revision of the Notification.

3.2. Current Situation

Figure 3 shows the results of a survey of buildings using CLT conducted by the government[3]. It can be seen that the number of such buildings is increasing year on year. The CLT Association has summarized some of the buildings using CLT in its collection of case studies, and these are shown in the photographs. The graph shows the number of buildings in the collection of case studies, organized by number of floors and route. According to this, Route 1 has the most buildings, and most of these have low numbers of floors.
The reason for the high barriers to building high-rise buildings may be due to the difficulty of the design methods and fire prevention regulations, but it may also be related to the fact that the people who have built low-rise buildings in the past are the ones who are doing it now.

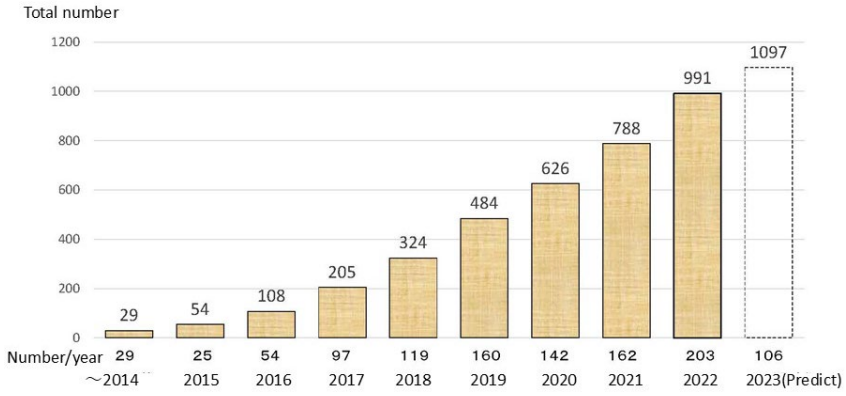


Figure 3: Number of buildings using CLT panel

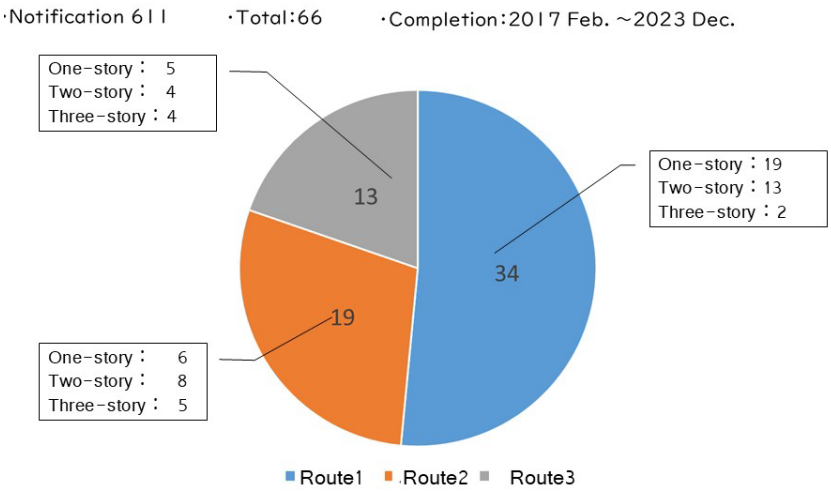


Figure 4: number of calculation method in the number of stories

4. Composite System

In Japan, achieving a pure mid-to-high rise timber structure is difficult, due to the strict restrictions of fire safety implemented in the building code. Therefore, in order to achieve greater building heights while also enabling the utilization of wood, the application of hybrid structures is a potential way to solve such problem. Research on hybrid structures has continued to progress. Here, some of our research will be introduced below.

4.1. Timber structure on reinforce concrete/Steel structure

This structure consists of timber structure on non-timber structure in areas where fire resistance and for high-rise building is required, and a 14-story building has already been built. The law requires that extra measures be taken for the weakest stories in the building if there is a sudden change in rigidity. Technical studies were carried out to determine whether or not to make exceptions for extra measures only in the case where the upper stories are weak.
The figure 5 shows the shaking behaviour of the building with a timber upper structure and a different structure for the lower stories when earthquake force acts on the weight and rigidity of each structural part. If the lower layer is made of a different structure and the weight and rigidity ratio (ratio of rigidity to weight) is similar to that of the timber part, the swaying will be almost the same as that of a purely timber structure (Figure5). In other words, in this case, it is not necessary to calculate the external force using the Ai distribution as mentioned equation 5 and to increase the rigidity ratio. On the other hand, if the lower story is made of reinforced concrete and is heavier than the timber structure, and if the reinforced concrete part is designed as the shear wall system mainly, the ratio of rigidity to weight will be sufficiently large compared to the timber part, and the timber part will be close to being above ground. In this case, the external force distribution is smaller than the Ai distribution, and if the heavy RC is calculated as its actual weight and the stiffness ratio is applied, the design will be excessive. Therefore, it is permissible to set an upper limit for the RC weight when calculating the Ai distribution. The new design method was revised in September of this year, and the notification regarding the stiffness ratio was revised. The outline is as follows

1) The stiffness of the lower floor and the upper wooden structure must be at least 15:1.
2) The weight of the wooden structure must be at least 25% of the total weight.

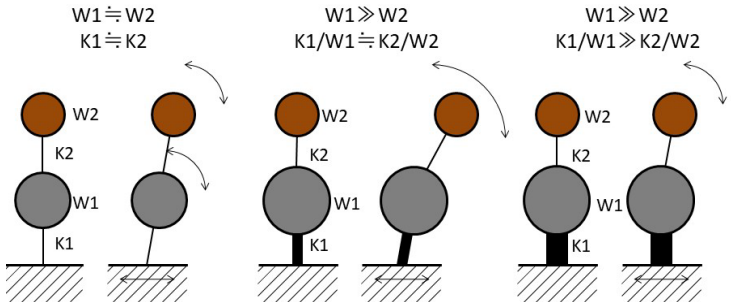


Figure 5: vibration mode in combination of weight of each story
W1:weight of lower stories W2:weight of timber stories, K1:stiffness of lower stories K2:stiffness of timber stories

4.2. Timber structure along with reinforce concrete/ steel structure

In the timber structure along with non-timber structure, structures with different rigidity and load-bearing capacities are combined, so the distribution of forces is complex in integrated structures, and very advanced structural design is required. On the other hand, it is architecturally attractive because it makes possible spatial and morphological structures that could not be achieved with timber-frame and -wall structures alone. Among the structures, it is thought that there are relatively many cases where fire-resistant buildings such as RC structures are arranged in a way that divides the timber parts, creating fire-resistant compartments and avoiding area restrictions for low-rise buildings.

There are several structural issues. A three-dimensional analysis does not solve everything, and there are many issues to consider, such as how to share the load. Design methods are organized as technical materials. Some of these are shown below.

1)The structure should be able to control torsional behavior. Specifically, it is important to ensure that the RC structure in the direction perpendicular to the side that is being shaken has a wall volume which resists enough for timber parts. This is because a couple is generated when the horizontal plane of the timber structure transmits force, and it should be able to sufficiently resist this. This makes it possible to predict the response and verify it using the existing stress through a static analysis in which the distribution of seismic forces in the horizontal direction is proportional to the mass.

2)As a simple planar shape, the length-to-width ratio of the timber foot print shall be L/W=2.0 or less. It is desirable to keep the weight ratio of the timber and RC structures at a similar level, and considering that the weight per unit area of the RC and wooden structures differs by about 5 times, it is good to keep the core layout at about 5 times the area ratio.

3)The performance of the horizontal structural floor should be uniform, and in the primary design, the performance should be such that the overall deformation is limited to 1/200 radium for an earthquake force of Co=0.3 or more. As for the resistant capacity, it is confirmed that the stress of three times or more the stress due to the seismic force (Co=0.2) in the primary design does not exceed the ultimate strength of the member.

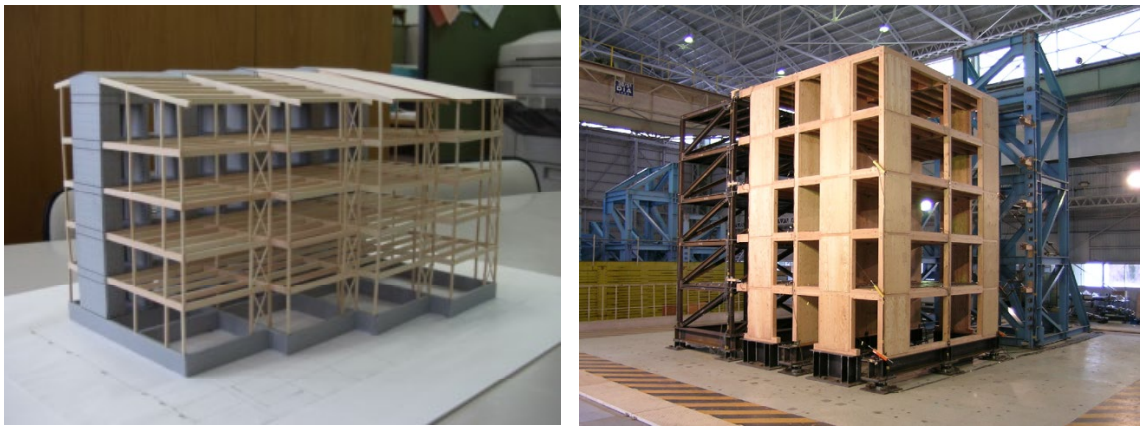


Figure 6: timber structures with non-timber-based structure
(Left: Model, Right: Shaking table test specimen)

4.3. Reinforced concrete / steel frame with CLT infilled shear walls

According to Japanese codes, there is no requirement for fire resistance for members that only resist horizontal force and do not resist vertical load. In other words, by using a timber shear wall in a reinforced concrete or a fireproof-measured steel structure, the timber can be left exposed. This is one of benefits of using timber shear wall in reinforced concrete and steel structure. A secondary benefit of using hybrid wood structures in seismic design is their reduced weight. As base shear is proportional to weight, they attract lower seismic forces compared to concrete structures. Furthermore, the wooden components in hybrid systems can be easily prefabricated. Depending on the simplicity of mechanical connections, it can lead to a reduction in construction cost and time.
So far, many static loading tests have been conducted and was summarised as an academic paper [4],[5]. Some buildings which was received special evaluation have been built. Currently, preparations are underway to revise the relevant laws and regulations so that such structures can be built more generally.



Figure 7: Steel frame with CLT infilled shear walls (Left: Static loading test Right: Real building in Kobe)

5. Conclusions

This paper introduced Japanese regulations and the current situation regarding buildings that use mass timber, especially CLT. There are buildings that are 11 stories high and are made entirely of mass timber, but they have not become widespread due to the strict fire regulations. Therefore, this paper introduced the current situation of composite structures. The research is still ongoing, and there are many research topics for composite structures using timber in the future.

6. References

[1] Veletsos, A.S and N. M. Newmark, (1960). Effect of Inelastic behaviour on the response of simple systems to earthquake motions, Proceedings of the Second World Conference on Earthquake Engineering, Vol.II, 895-912

[2] Sato, M., Isoda, H., Araki, Y., Nakagawa, T., Kawai, N., and Miyake, T. (2019). «A seismic behavior and numerical model of narrow paneled cross-laminated timber building.» Engineering Structures, 179, 9–22.

[3] https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_expl1.pdf

[4] Richard Yip Je Too, Hiroshi Isoda (2023), «Seismic Performance of CLT Shear Wall Infilled Hybrid Steel Frames with Concealed Steel Plates and Drift Pin Connections» Journal of Structural Engineering Vol. 149, No. 9

[5] Richard Yip Je Too, Masanobu Sakashita, Hiroshi Isoda, Yasuhiro Araki (2024). «Seismic performance of RC frame structures with infill CLT shear walls», Engineering Structures Volume 303, 15 March 2024, 117473

Adhesive joints for the Wind of Change Tower –

Currently the world's tallest timber wind turbine tower

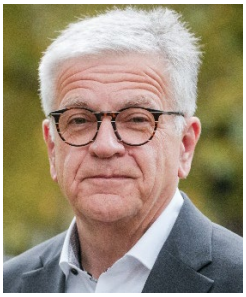
Malte Mérono
Fraunhofer Institute for Wood Research, WKI
Braunschweig, Germany



Jonas Wranne
Modvion AB
Gothenburg, Sweden



Harald Schwab
Fraunhofer Institute for Wood Research, WKI
Braunschweig, Germany



Bonded connections for the Wind of Change Tower –

Currently the world's tallest timber wind turbine tower

1. Introduction

In the context of global warming and the CO_2 debate, wood and timber construction are no longer just topics for experts. They are also on the minds of the general public, and for some time now they have been attracting more and more attention, and not just in Germany.
The most innovative products and construction methods are being researched, developed and implemented. In addition to pure timber constructions, more and more connection methods using different materials, especially in combination with the key technology of «bonding», are the focus of research and implementation. In this context, different materials are usually combined and the positive properties of the individual components are exploited. These can be well-known research priorities and applications such as the wood-concrete composite construction in screwed or glued form, but also the use of glued-in steel parts, in the form of perforated plates or steel rods to connect wooden components to each other.
The «Wind of Change Tower» (WOC) project, completed in 2023 by Modvion AB of Gothenburg, Sweden, is an impressive innovative structure that combines novel components and material combinations and demonstrates the possibilities, including on-site bonding.

In the course of the Fraunhofer WKI's supervision of the adhesive bonding work on the construction site, the question arises as to the feasibility in Germany and the necessary guidelines. This topic will be considered separately in the course of the examination of the various applications and with particular regard to DIN 1052-10 at the end of the conference paper.

2. Partners presentation

2.1. Fraunhofer Institute for Wood Research, WKI

Building the future with renewable raw materials. Since 1946.
Sustainability has been the central theme at the Fraunhofer WKI since its foundation in 1946. Founder and eponym Dr. Wilhelm Klauditz is considered a pioneer of the modern wood-based materials industry. Today, the Fraunhofer WKI utilizes the entire spectrum of renewable raw resources in order to develop sustainable materials, components and chemical products.

The institute, with locations in Braunschweig, Hanover and Wolfsburg, specializes in process engineering, molding and component production with biomaterials, bio-based binders and coatings, functionalization, fire protection, material and product testing, recycling processes and the utilization of renewable raw materials in buildings and vehicles. Furthermore, the Fraunhofer WKI is one of the leading research institutions in the field of indoor air quality.

Virtually all the processes and products resulting from the institute’s research activities are used in industry. Through its research and development activities, the Fraunhofer WKI provides an important contribution towards the development of a bio-based circular economy (circular bioeconomy).

In addition to the various research topics, the Fraunhofer WKI also has an ISO/IEC 17025 accredited and nationally recognised testing, monitoring and certification body.
This presentation will focus on the «Structural Bonding» test centre, which is authorised to act as an independent body for all adhesives used in load-bearing and non-load-bearing timber construction, as well as bonded timber and hybrid components. With this in mind, the Fraunhofer WKI supported Modvion in the construction of the Wind of Change Tower (WOC).

In addition to the testing services, the Fraunhofer WKI offers with its WKI|AKADEMIE® a professional training centre with various specialist courses. For the area of adhesives and bonded products, but also for the repair of load-bearing timber components, the training of persons in accordance with DIN 1052-10 is available here. After successfully completing the course, these persons are considered to be experts and are authorised to carry out bonding work for their companies.

2.2. Modvion AB

Modvion is developing wind turbine towers made from wood that offer cost-effective tall towers. Using wood offers dramatic reductions in carbon emissions associated with tower production, compared to load bearing equivalent steel-based alternatives.

R&D to prove the feasibility of using timber for dynamically loaded structures has been ongoing since 2016 when the company was incorporated. In April 2020 a 30 m tall technology demonstrator was installed on the island of Björkö in the Gothenburg northern archipelago. The Björkö installation is elevating the Chalmers research wind turbine that is used for electromechanical research into wind turbine, electric grid, and energy systems dynamic research.

In 2020 the European Commission's EIC Accelerator programme granted Modvion one of its largest contributions towards the Wind of Change (WoC) project. WoC's purpose is to develop and erect a commercial scale wind turbine using Modvion's tower technology, complete with third party review of the construction, to therefore demonstrate a viable product for the addressable market. The 105 m tall Wind of Change tower was erected on site close to Skara, Sweden in 2023. Installation and commissioning of the Vestas V90 2 MW turbine has been completed and handed over to the end customer (Varberg energi).

A comprehensive research and development effort has been undertaken by Modvion to dimension and verify the tower construction. These efforts include iterative aeroelastic dynamics simulation of the power plant, advanced analysis of stress distribution on global and component scale and strength verification through destructive testing of all relevant components and load directions.

3. The segmented tower structure

3.1. Technical realisation

The Modvion tower is inherently modular. Two separate load bearing adhesive joints have been developed to join the tower components. The joints have been verified by design and laboratory testing to transfer >=90% of the timber member characteristic strength in their primary directions. The joint design and testing have been subject to a third-party design assessment and accepted to be used with dynamic loading in the application of a wind turbine tower.
LVL is 55% stronger than steel per kg, reducing tower weight by up to 30%.

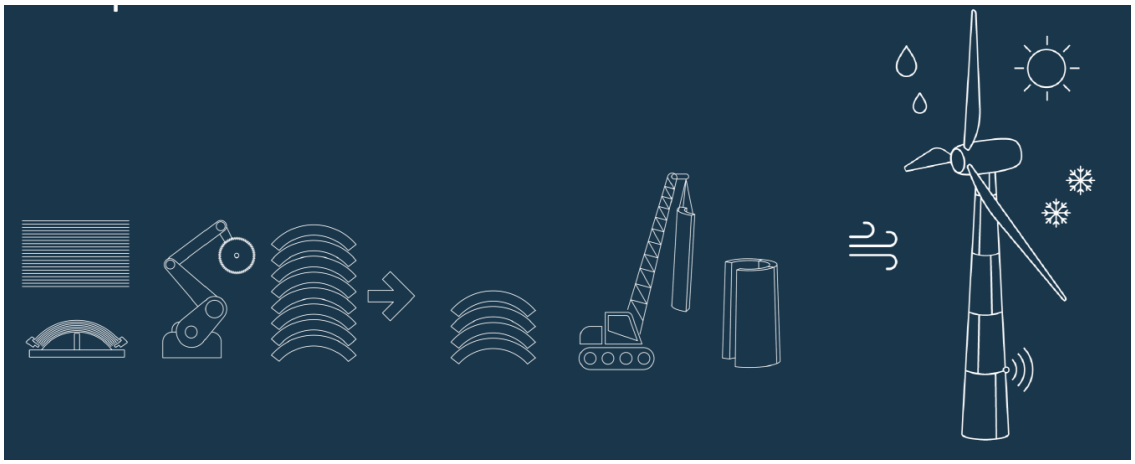


Figure 1: Schematic structure of the segmented process for wooden wind turbine towers by Modvion AB

3.2. Advantages of the segmented construction method

Towers over 100 m are difficult, if not impossible, to transport, and the market wants at least 150 m. The modular way of building towers allows to use standard road transports. This opens up to construction sites with otherwise limited access.

3.3. Technical and commercial limits

The size of the turbines is rapidly growing. The average global turbine size is expected to be 6.6 MW by 2030. This is driving demand for tall tower solutions and for bringing technology like ours to market. 60% of The EU's permit for wind power exceeds 230 m in total height. This is a major technical challenge for industry – and a fantastic opportunity for Modvion!

4. The «Wind of Change Tower» (WOC)

4.1. Data on the building project

- 103.3 m tower height (150 m installation height), base diameter 5.65 m
- 7 sections comprising of 28 timber modules
- Vestas V90, 2 MW turbine
- Completed in 2023



Figure 2: Finalized Wind of Change Tower

4.2. Realisation «on site bonding»

The Wind of change project was Modvion's first on site bonding project and it was performed under a time stressed schedule. The different type of bonding operations was tested in advance and the personnel received training in a controlled environment before having to do it at site. The adhesive is injected from the bottom of the cavity that shall be filled, and the air is evacuated at the top until glue comes out. Extensive testing was done to conclude the flow properties of the adhesive to be able to know that the cavities are completely filled with no air trapped.

4.3. Challenges for construction site bonding

Finding mixing/dosing equipment that is mobile and not too heavy has been hard. All equipment is designed to be stationary indoors with little limitation to available surrounding space. We purchased a standard mixing/dosing machine and modified it to make it as compact as possible and put it into a steel cage to handle safe hoisting.
Handling large volumes of adhesive in a small space and at heights requires a good logistic planning. Refilling of the mixing equipment was done manually which was not optimal. A complete closed refilling system is desired.



Figure 3: Assembly of Wind of Change Tower

4.4. Solutions for construction site bonding

One of the advantages of building towers is that you can create your own microclimate. The modules that form the complete sections forms a closed space together with a weather hat and a closed bottom. The temperature and humidity can be controlled quite easy. Working on a construction site draws a lot of resources that are expensive and all preparations that can be done in advance shall be considered and executed. We are exploring different ways of optimizing all process steps to make them more robust and to utilize the materials and consumables more effectively.



Figure 4: Top adapter bonding at Wind of Change Tower

5. Realisation in Germany

The production of glued load-bearing timber components, such as the glued-in perforated steel plates or longitudinal gluing of the individual modules into segments in the WOC Tower, is subject to more extensive regulations in Germany than in the rest of Europe. The following section therefore refers to the legal bases of the state building codes, including the specific details from DIN 1052-10 on non-European-regulated glued products and types of construction. In particular, the article shows the requirements that must be met to prove the suitability of gluing load-bearing timber components. The production of glued load-bearing timber components, such as the glued-in perforated plates or longitudinal gluing of the individual modules into segments in the present case of the WOC Tower. The following section therefore refers to the legal bases of the state building regulations, including specific details from DIN 1052-10 on glued products and types of construction not regulated at the European level. In particular, the article shows the requirements that must be met to demonstrate the suitability of gluing load-bearing timber components. New in this regard are the references to the changes in the revised DIN 1052-10 [6], which are summarized in the draft version of October 2022 [7].

5.1. CE-marked construction products according to the Construction Products Regulation

The Model Building Code (MBO) [1] allows the use of construction products bearing the CE marking according to the Construction Products Regulation [2] if the declared performance corresponds to the provisions in the state building codes or issued on the basis of the state building codes for a specific use. This proof of usability and the CE marking can be provided either by European harmonized product standards or by European Technical Assessments (ETA). One such harmonized product standard is, for example, DIN EN 14080:2013-09 «Timber structures – Glued laminated timber and laminated veneer lumber – Requirements».
Manufacturers who produce construction products according to this standard must verify the compliance of their products, as defined in Annex ZA of the respective standard. Accordingly, these glued construction products fall under the conformity system 1, which means that the manufacturer must maintain an appropriate factory production control (FPC), carry out further testing in accordance with a prescribed test plan in the factory and carry out initial type-testing at the start of regular industrial production. In addition, the manufacturer must involve a product certification body to carry out an initial inspection

to assess the factory production control, an initial type-test with regard to the reaction to fire (if necessary) and the adhesive strength including the durability of the adhesive strength, as well as an initial inspection and ongoing monitoring.

5.2. Adhesively bonded construction products not regulated by European standards

However, not all products fall under the scope of harmonized products, especially with regard to new types or innovative products. These products deviate in crucial points (properties) from the harmonization. This includes, among other things, non-regulated wood species, new adhesives or certain constructive applications. The Model Building Code shows ways in which a usability certificate can be obtained for this.
For the execution of gluing work for the production of load-bearing timber components and glulam, the Model Manufacturer and User Ordinance MHAVO [3] must also be observed. According to this, the manufacturer and the user must have specialized staff with special expertise and experience as well as special equipment. The required training and professional experience of the specialized staff as well as the required equipment are determined by the technical rules published by the supreme building authority in accordance with §85a MBO in the currently valid version of the VV TB according to state law. Manufacturers and users must prove to an inspection authority recognized according to §24 sentence 1 no. 6 MBO that they have the prescribed skilled personnel and equipment before the work is carried out for the first time and then at intervals of no more than five years. Inspection bodies for the inspection according to §24 sentence 1 no. 6 MBO are recognized by the building supervisory authorities of the federal states and announced in the «Directory of Inspection, Monitoring and Certification Bodies according to the State Building Regulations» (PÜZ Directory) published by the German Institute for Construction Technology [4], [5].
The MBO also indicates that this is specifically regulated in the administrative regulations of the federal states.
According to the Model Administrative Regulation 2023/1, C 2 «Requirements for the submission of the declaration of conformity for construction products according to § 22 MBO», C 2.3 «Construction products for timber construction», published in April 2023, DIN 1052-10:2012-05 must be complied with for the following construction products:

- C 2.3.1.1 Glued load-bearing components in accordance with DIN 1052-10:2012-05, sections 6.2 to 6.5 and 7.7 except for construction products according to consecutive no. C 2.3.1.5; these are glued wall, ceiling and roof elements that are clad or planked on both sides, e.g. panel elements in panel construction;
- C 2.3.1.2 load-bearing structures made of laminated beams, glued laminated timber or laminated veneer lumber made of softwood with nail plate connections;
- C 2.3.1.3 glued composite components made of glued laminated timber, unless covered by DIN EN 14080, and cross-laminated timber;
- C 2.3.1.5 Glued wall, ceiling and roof elements with cladding or planking on both sides, e.g. panel elements for timber frame houses. Proof of suitability for gluing load-bearing timber components in accordance with DIN 1052-10:2012-05 «Manufacture and execution of timber structures – Part 10: Supplementary provisions»

DIN EN 1995-1-1:2010-12 «Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings» and the associated national annex contain regulations for the design, structural design and execution of load-bearing timber structures. They also refer to a number of reference standards, but only partially cover the scope of glued timber components. For this reason, DIN 1052-10 with supplementary provisions was drafted and enacted for Germany. The requirement contained in Section 5 of the standard for proof of suitability for gluing load-bearing timber components by a recognized testing laboratory is based on the building authority specifications and legal requirements described above.
In terms of content, DIN 1052-10:2012-05 requires proof that the executing and managing personnel are qualified and able to carry out the aforementioned gluing work and that the technical facilities of the company are suitably equipped for this purpose. The qualification of the responsible specialist personnel is to be proven by successful participation in

a training course lasting several days on the gluing of load-bearing timber components. For the repair of load-bearing components through bonding, additional proof of successful participation in a course regarding repair is to be provided. Both courses must be carried out by a recognized testing centre.
With its WKI|AKADEMIE®, the Fraunhofer WKI has for several years successfully offered the courses required in DIN 1052-10 as core courses «Specialist in Adhesive Bonding in Wood Construction» and «Specialist in the Repair of Load-bearing Timber Components through Adhesive Bonding» in collaboration with the Technical University Braunschweig (Prof. M. Sieder) and the Eberswalde University for Sustainable Development (Prof. M. Jahreis). Particular attention is paid to the implementation and documentation of factory production control (FPC).

DIN 1052-10:2012-05 provides for six different certificates.
These are:

- Certificate «A» for glued composite components made of glued laminated timber, unless regulated in DIN EN 14080, and fully bonded ribbed panels made of glued laminated timber ribs and cross laminated timber panels with a panel thickness greater than or equal to 60 mm^2;
- Certificate «B» for glued connections and reinforcements in the form of glued-in steel rods, glued-on reinforcements and scarf joints. This certificate is only obtained if the suitability of the production of all three types of connection can be demonstrated;
- Certificate «C1» for construction products and types of construction with general building inspectorate approval;
- Certificate «C2» for glued laminated timber panels and ribbed panels, if not regulated by DIN EN 14372 (editor's note: this standard does not exist for these construction products);
- Certificate «C3» for finger joints in one-piece cross-sections made of solid timber, unless regulated in DIN EN 15497;
- Certificate «D» for the repair of load-bearing timber components by means of crack filling, glued-in steel rods, glued-on reinforcements and scarf joints. Here, too, all the skills mentioned must be demonstrated.

If the inspection is positive, the inspection body will check the bonding quality on samples of bonded load-bearing timber components or connections or reinforcements.
If this test also yields positive results, one of the above certificates can be issued, depending on the application. It is valid for a maximum of five years. During these five years, two intermediate tests will be carried out to confirm suitability. A new inspection will be carried out before the five years are up.
For companies that are carrying out repairs to load-bearing components for the first time under the D certificate, the first four representative repair measures relevant to stability must be carried out on the basis of an assessment by an experienced expert in timber construction and must be supervised by the recognized inspection body.

6. Prospects

For several years now, gluing has been considered a key technology, not only in timber and timber hybrid construction. The project «Wind of Change» Tower, a wooden tower made of bent LVL elements and with a tower height of 103.3 m, impressively demonstrates the innovation and application potential of timber construction. Wood in combination with structural two-component adhesives and metal connectors allows structures to be created that not only withstand purely quasi-static loads but can also be used for long periods under dynamic loads. With their new project, which is to be completed in 2026, the company Modvion, supported by the Fraunhofer WKI, is taking a further step towards renewable energies. An implementation of the wooden towers according to the segmented concept is entirely conceivable in Germany, provided that the European as well as national regulations are adhered to.

7. References

[1] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002, geändert durch den Beschluss der Bauministerkonferenz (BMK) vom 22./23.09.2022
English Translation: Musterbauordnung (MBO), November 2002 version, amended by the resolution of the Conference of Construction Ministers (BMK) of 22/23 September 2022

[2] Construction Product Regulation (CPR) zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 9. März 2011
English Translation: Construction Product Regulation (CPR) laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC of March 9, 2011

[3] Muster-Hersteller- und Anwenderverordnung (MHAVO), Fassung vom 06.03.2018
English Translation: Model Manufacturer and User Ordinance (MHAVO),
version dated March 6, 2018

[4] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) 2023/1
English Translation: Model Administrative Regulation for Technical Building Rules (MVV TB) 2023/1

[5] Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen (PÜZ-Verzeichnis) vom 01. Januar 2023
English Translation: Directory of testing, inspection and certification bodies according to the state building regulations (PÜZ directory) as of January 1, 2023

[6] DIN 1052-10:2012-05: Holzbauwerke – Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken – Teil 10: Ergänzende Bestimmungen
English Translation: DIN 1052-10:2012-05: Timber structures – Design and construction – Part 10: Supplementary provisions

[7] DIN 1052-10:2022-10 E: Entwurf, Holzbauwerke – Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken – Teil 10: Ergänzende Bestimmungen zu Verbindungsmitteln und nicht europäisch geregelten geklebten Produkten und Bauarten
English Translation: DIN 1052-10:2022-10 E: Design, timber structures – Production and construction of timber structures – Part 10: Supplementary provisions for fasteners and non-European regulated glued products and types of construction

Der Wangen-Turm – das gelungene Upscaling gekrümmter Holzschalenelemente

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers
Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen,
Universität Stuttgart, Deutschland



Dr.-Ing. Gerhard Dill-Langer
Materialprüfanstalt, Abteilung Holzkonstruktionen,
Universität Stuttgart, Deutschland



Gregor Neubauer
Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen,
Universität Stuttgart, Deutschland



Der Wangen-Turm – das gelungene Upscaling gekrümmter Holzschalenelemente

1. Der Wangen-Turm – ein architektonisches Wahrzeichen und wegweisender Holzbau

Eingebettet in die Landschaft des Westallgäus ist der Wangen Turm ein architektonisches Wahrzeichen und ein wegweisender Holzbau für die Landesgartenschau 2024 in Wangen im Allgäu. Basierend auf der Forschung des Exzellenzclusters «Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC)» der Universität Stuttgart ist der Turm die erste in voller Höhe begehbare Struktur, die tragende selbstformende Holzbauteile verwendet. Die charakteristische Form ist Ausdruck einer neuen, aus natürlich nachwachsenden, lokal verfügbaren und regional verarbeiteten Materialien bestehenden Architektur. Diese Innovation im Holzbau wird ermöglicht durch die Integration von Forschung, materialgerechter und computerbasierter Planung, digitaler Fertigung, qualifiziertem Handwerk und geeigneten Nachweismethoden für die baurechtlichen Anforderungen.



Abbildung 1: Der Wangen Turm ©ICD/ITKE/IntCDC University of Stuttgart

Der Wangen Turm verbindet als architektonisches Wahrzeichen das Landesgartenschau-Gelände im Argen-Tal mit den Hügeln der umliegenden Landschaft. Am Boden ergeben sich die Turmeingänge durch die geschwungenen Öffnungen in den Brettsperrholzelementen, die sich zu drei Seiten hin öffnen. Innen bietet der Turm durch die spiralförmig aufstrebende Holzstruktur ein einzigartiges Raumerlebnis, das durch das Spiel von Licht und Schatten auf den gekrümmten Holzflächen unterstrichen wird.

Die 23 Meter hohe Hyperboloidkonstruktion des Turms besteht aus 12 tragenden, einfach gekrümmten Brettsperrholzsegmenten (BSP) mit einer Querschnittsdicke von nur 130 Millimetern. Die globale Geometrie des Turms, kombiniert mit den einfach gekrümmten BSP-Elementen, führt zu einem flächenaktiven Holztragwerk, das die horizontalen Wind- und Erdbebenbelastungen abträgt und dem Turm seine markante Silhouette verleiht. Die Krümmung gibt den Bauteilen dabei zusätzliche Steifigkeit, ähnlich wie bei Wellblechen. Die Treppenspindel trägt ausschließlich die vertikalen Verkehrslasten auf den Stufen ab und wird durch Zug- und Druckstreben horizontal durch die Holzkonstruktion gehalten.
Die Aussichtsplattform besteht aus radial angeordneten Stahlträgern und wirkt nach dem Speichenradprinzip als aussteifende Scheibe gegen ein Ovalisieren des oberen Turmbereichs durch die Windbeanspruchung. Computerbasierte Planungsmethoden, die das Materialverhalten und die Herstellungsbedingungen von Anfang an integrieren, sind das Kernstück des Entwurfs und der hochpräzisen Umsetzung dieses Forschungsdemonstrators. Millimetergenaue Vorfertigung und präzisionsgefräste Verbindungsdetails ermöglichten die Montage vor Ort in nur drei Tagen und die nahtlose Integration der Stahltreppe, des Glasoberlichts und der Aussichtsplattform des Turms.

Der Wangen Turm kann hierbei als die konzeptionelle Fortentwicklung eines früheren Bauwerks – dem Urbach Turm im Remstal – angesehen werden, der nach demselben Konstruktionsprinzip aus teilweise selbstgekrümmten Brettsperrholzelementen aufgebaut war, jedoch in einem erheblich geringeren Maßstab (Höhe 14 m). Außerdem ist der Urbach Turm nicht begehbar, sodass es sich rechtlich nicht um ein genehmigungspflichtiges Bauwerk, sondern um eine hinsichtlich der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit nicht nachzuweisendes Kunstobjekt handelt.
Der Wangen Turm stellt daher ein Upscaling des Technologie- und Konstruktionsprinzips des Urbach Turms dar, welches Herausforderungen nicht nur aufgrund technischen Skalierungseffekte, sondern vor allem auch aufgrund der Randbedingungen des Baurechts zu Folge hatte – insbesondere im Zusammenhang mit Genehmigungspflichten der von normativen Regelungen abweichenden innovativen Bauweisen (siehe Abschnitt 4).

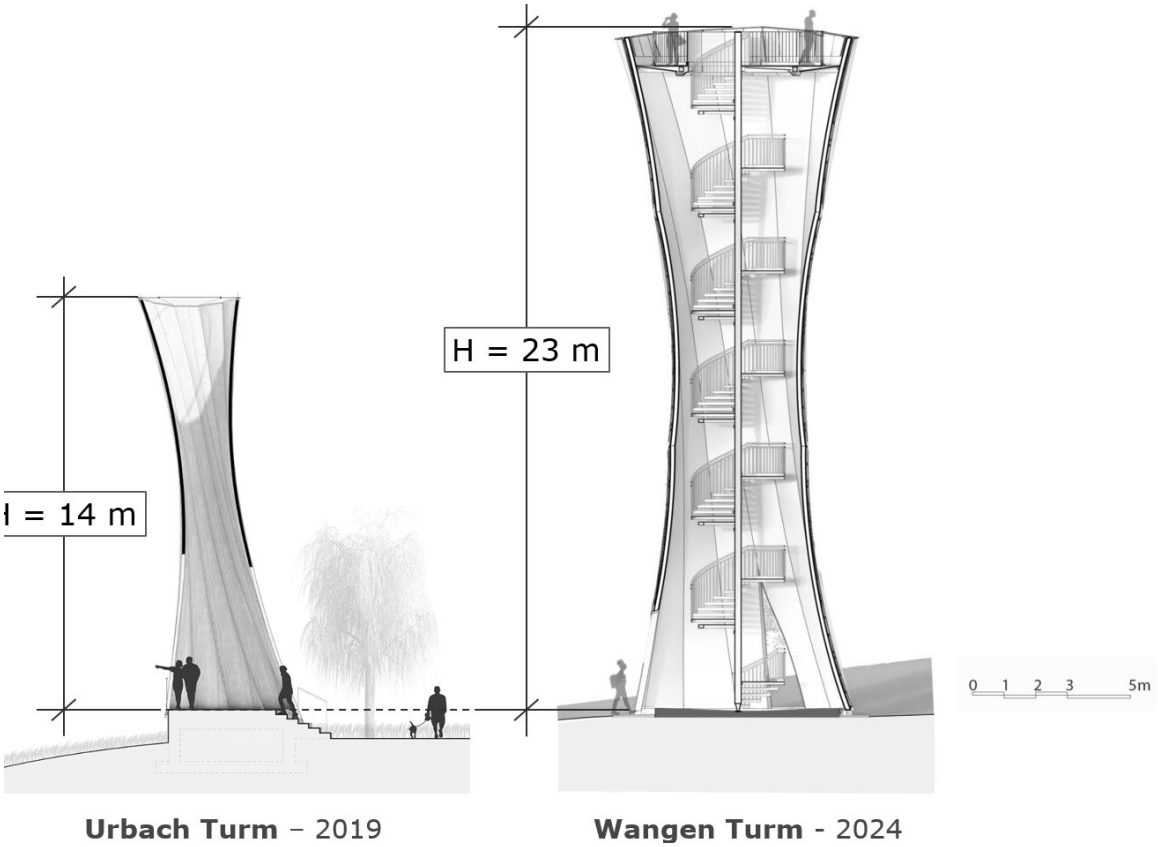


Abbildung 2: Upscaling vom Urbach- zum Wangen-Turm ©ICD/ITKE/IntCDC University of Stuttgart

2. Planung und Produktion von selbstgeformten Holzbauteilen

Der Wangen Turm ist der weltweit erste begehbare Aussichtsturm, der gekrümmte großformatige Bauteile verwendet, von denen einige sich durch das Schwinden des Holzes selbsttätig formten. Für gewöhnlich werden das feuchtigkeitsbedingte Schwinden und Verformen als Nachteile des Baustoffes Holz betrachtet. Inspiriert von biologischen Vorbildern wie dem Fichtenzapfen, der auf wechselnde Umgebungsfeuchte mit der Formänderung seiner Schuppen reagiert, können ähnliche Prinzipien jedoch zur gezielten Formgebung von gebogenen Holzbauteilen eingesetzt werden. Hierbei wird die exakte Formveränderung hin zu einer vorgegebenen Zielkrümmung nur durch das charakteristische Schwinden des Holzes bei einer Abnahme des Holzfeuchtegehalts während des üblichen, industriellen Trocknungsprozesses angetrieben.



Abbildung 3: Herstellung gekrümmter Brettsperrholzelemente ©ICD/ITKE/IntCDC University of Stuttgart (Photo: Aaron Wagner)

Für die Herstellung der selbstgeformten BSP-Bauteile wurde ausschließlich Fichtenholz verwendet. Die selbstformenden doppelschichtigen Platten wurden als flache Paneele aus jeweils einer 30 Millimeter starken «aktiven» Schicht und einer kreuzweise verleimten 10 Millimeter dünnen «restriktiven» Schicht hergestellt. Im Gegensatz zur typischen industriellen Holzverarbeitung wurden die Bretter nur leicht luftgetrocknet verwendet. Die «aktive» Schicht mit höherem Feuchtigkeitsgehalt wurde in einer flachen Vakuumpresse mit der «restriktiven» Schicht verleimt. Nach dem Laminieren wurden die flachen Paneele einem kontrollierten Trocknungsprozess unterzogen, bei dem die aktive Schicht senkrecht zur Faserrichtung der Bretter schwindet, sodass sich die Paneele von selbst in die vorausberechnete Form biegen. Drei gekrümmte doppelschichtige Platten wurden überlappt und zusammen mit einer 10 Millimeter dünnen, elastisch gebogenen Sperrschicht verklebt, um die 130 Millimeter dünnen, formstabilen und präzise gekrümmten BSP-Rohlinge herzustellen.

3. Materialorientierter, ressourcenschonender Holzbau

Computerbasierte Entwurfs- und Simulationsmethoden, die das Materialverhalten von Beginn an berücksichtigen, sowie eine digitale Vorfertigung bilden die Grundlagen, um gekrümmte BSP-Platten für eine ressourceneffiziente, formaktive Holzstruktur zu nutzen. Die integrierten Holzverbindungen konnten so direkt aus dem digitalen Modell abgeleitet und mittels CNC-Fräsen präzise umgesetzt werden. Jedes der zwölf 23 Meter langen Tragwerkssegmente des Turms besteht aus drei einzelnen BSP-Elementen, die 5-achsig CNC-gefräst und mit einer eigens entwickelten, in den Querschnitt eingelassenen tragend verklebten Laschenverbindung aus Furnierschichtholz verbunden wurden, um durchgängige BSP-Elemente bei gleichbleibenden Querschnittsabmessungen zu ermöglichen. Die exakte Position und Geometrie der Verbindungen wurde so generiert, dass gleichzeitig die Anforderungen der Statik wie auch der Fertigung optimiert und die Gesamtmenge des Materialverschnitts minimiert wurde.



Abbildung 4: Fertigung und Fügung der Turmbauteile ©ICD/ITKE/IntCDC University of Stuttgart

Bereits in der Werkhalle wurden die zwölf Turmbauteile in Zweiergruppen vormontiert, wodurch die Bauzeit vor Ort entscheidend verkürzt werden konnte. Auch die schlanken Stahlverbinder, die das statische Bindeglied zwischen dem Holztragwerk und dem Treppenhaus darstellen, sowie die meisten der 168 Lärchenholzpaneele der Fassade wurden in der Fabrik vormontiert. Vor Ort konnten die Turmbauteile in nur drei Tagen auf ihrem Fundament aus Recyclingbeton mit CO_2-reduziertem Zement aufgestellt werden. In den fertigen Holzrohbau wurden anschließend die Segmente der Spindeltreppe sowie die, sieben Meter überspannende, Aussichtsplattform von oben eingehoben.

4. Technologische Herausforderungen, experimentelle und rechnerische Untersuchungen und baurechtliche Umsetzung

Die beschriebene innovative Bauweise führte in vielfältiger Hinsicht zu Herausforderungen hinsichtlich der Herstellungstechnologie, dem mechanischen Nachweis und der baurechtlichen Genehmigung der nicht geregelten Produkte und Bauarten vor allem der unterschiedlichen tragenden Holzverklebungen.
Ein Beispiel hierfür sind die Laschenstöße der BSP-Elemente: Aufgrund der gegenüber dem Urbach-Turm nahezu verdoppelten Höhe mussten die in den Abmessungen begrenzten gekrümmten Brettsperrholzelemente in Höhenrichtung mittels geklebter biegesteifer Stöße an jeweils zwei Stellen verbunden werden. Zu diesem Zweck wurde eine spezielle getreppte Laschenverbindung aus Furnierschichtholz – auf Basis von Vorarbeiten des Exzellenzclusters IntCDC – entwickelt.



Abbildung 5: Fügung zweier Brettsperrholzelemente mittels getreppter Laschenverbindung aus Furnierschichtholz ©ICD/ITKE/IntCDC University of Stuttgart

Um eine ordnungsgemäße Verklebung der Laschen mit den bei der tragenden Holzverklebung generell stark beschränkten Klebfugendicken zu erreichen, waren die vorproduzierten getreppten Furnierschichtholz-Formteile in Anpassung an die Geometrie der BSP-Fügeteile selbst leicht gekrümmt. Um die trotzdem verbleibende Imperfektionen ausgleichen zu können, musste ein für diese Anwendung bislang nicht zugelassener fugenfüllender 2-Komponenten-PU-Klebstoff verwendet werden. Der Pressdruck wurde mittels Schraubenpressklebung aufgebracht.

Mittels experimenteller Charakterisierung der Klebfugenintegrität an Kleinproben, die aus Prototyp-Verbindungen entnommen wurden, wurde die Verwendbarkeit des neuartigen Klebstofftyps nachgewiesen. Die Tragfähigkeit der Stoßverbindung wurde mittels Zugversuchen an vollmaßstäblichen Abschnittsstreifen an der MPA Universität Stuttgart ermittelt und somit das der Statik zugrundeliegende Bemessungsmodell bestätigt.

Auf Grundlage dieser und einer Vielzahl anderer experimenteller und rechnerischer Untersuchungen zu den ungeregelten Bauweisen im Wangen-Turm wurde die notwendige Zustimmung im Einzelfall (ZiE) in Verbindung mit einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung (vBg) durch die oberste Bauaufsicht des Landes Baden-Württemberg erteilt und somit die völlig neuartigen Bauweisen und Technologien ohne Abstriche hinsichtlich der Bauwerkssicherheit anwendbar gemacht.

a) 

b) 

Abbildung 6: Laschenstoß aus Furnierschichtholz zur Verbindung der BSP-Elemente in Höhenrichtung
a) Zugprüfung an vollmaßstäblichen Abschnitten mit dem verklebten Vollstoß
b) Versagensbild des Stoßes nach der Zugprüfung

5. Projekt Partner

Exzellenzcluster IntCDC – Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur, Universität Stuttgart

Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD)
Prof. Achim Menges, Martin Alvarez, Monika Göbel, Laura Kiesewetter, David Stieler, Dr. Dylan Wood
Mit Unterstützung von: Gonzalo Muñoz Guerrero, Alina Turean, Aaron Wagner

Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (ITKE)
Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers, Gregor Neubauer

Blumer-Lehmann AG
Katharina Lehmann, David Riggenbach, Jan Gantenbein

mit **Biedenkapp Stahlbau GmbH**
Markus Reischmann, Frank Jahr

Stadt Wangen im Allgäu

Landesgartenschau Wangen im Allgäu 2024 GmbH

6. Weitere Projektbeteiligte

Wissenschaftliche Zusammenarbeit:
Professur für Forstnutzung Prof. Dr. Markus Rüggeberg, TU Dresden

Weitere beratende Ingenieure:
wbm Beratende Ingenieure
Dipl.-Ing. Dietmar Weber, Dipl.-Ing. (FH) Daniel Boneberg

Collins+Knieps Vermessungsingenieure
Frank Collins

Schöne Neue Welt Ingenieure GbR
Florian Scheible, Andreas Otto

lohrer.hochrein Landschaftsarchitekten DBLA

Baugenehmigung:
Prüfingenieur: Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Blaß, Karlsruhe
Gutachter: MPA Stuttgart, Dr.-Ing. Gerhard Dill-Langer, Prof. Dr. Philippe Grönquist

Zusammenarbeit für Fundament:
Fischbach Bauunternehmen

7. Projektunterstützung

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Zukunft Bau – Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen / BBSR

Fatigue resistance models and verification of laminated LVL wind turbine tower bonded connections

Erik, Dölerud
Modvion AB
Göteborg, Sweden



Geir, Söderin
Modvion AB
Göteborg, Sweden



Fatigue resistance models and verification of laminated LVL wind turbine tower bonded connections

1. Abstract

Modvion is developing wind turbine towers made from wood that offer cost-effective tall towers. Using wood offers dramatic reductions in carbon emissions associated with tower production, compared to load bearing equivalent steel-based alternatives.

In 2020 the European Commission's EIC Accelerator programme granted Modvion one of its largest contributions towards the Wind of Change (WoC) project. WoC's purpose is to develop and erect a commercial scale wind turbine using Modvion's tower technology, complete with third party review of the construction, to therefore demonstrate a viable product for the addressable market. The 105m hub height Wind of Change Power plant has now been in continuous operation for a year producing renewable energy into the European power grid.

The Modvion tower is inherently modular. Two separate load bearing adhesive joints have been developed to join the tower components. The joints have been verified by numerical analysis and laboratory testing to withstand the extreme and fatigue load cases as given by the IEC 61400 standard for wind turbine design. The joint design and testing have been subject to a third-party design assessment and accepted to be used with dynamic loading in the application of a wind turbine tower.
Fatigue design and verification of the tower wall and joints is of a particular interest as limited prior art exist.

2. Wind of Change

The Wind of Change project is Modvion's first commercial wooden tower installation taking place in the municipality of Västra Götaland, Sweden. The purpose of the project is to prove the technology and viability of using wood to build wind turbine towers. For this project the tower is 105 metres tall with a Vestas V90 wind turbine placed on top, reaching a total height of 150 metres including the blades.
The tower was completed in September 2023 and the turbine installed in October of the same year.



Figure 1: Wind of Change power plant

2.1. Load bearing design

The loads acting on the wooden tower are generated in an iterative process with aero-elastic simulations performed by the turbine OEM with the dynamic properties of a laminated wooden tower.
A large number of load cases are evaluated for various wind- and turbine operating conditions. The resulting stress signals are evaluated to find extreme load conditions as well as basis for fatigue load analysis in each cross section of the tower.

The tower is a modular load bearing shell design. It consists of 28 curved modules joined together on the long edges to form tubular tower sections. The sections are stacked and joined to form the full tower.

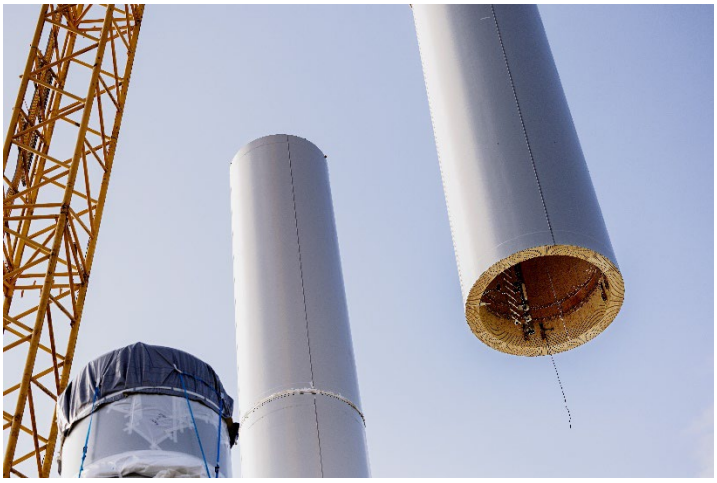


Figure 2: Picture of site assembly process.

Two load bearing joints are employed to transfer load between tower modules; the longitudinal joint that connect the modules on the long edge and the transversal joint that connect the tubular tower sections.

The longitudinal joint is comprised of an adhesive joint acting primarily in shear that is completed by injecting structural adhesive into the gap between modules during section assembly on site.
The transversal joint is a Glued in Plates (GiP) joint comprised of a perforated steel plate spanning the dividing line between sections that is bonded into a slit-shaped cavity using structural adhesive. Closing of this joint is carried out during tower stacking on site.

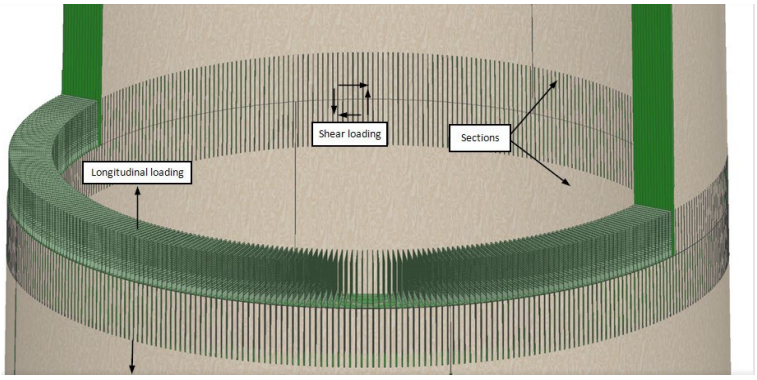


Figure 3: Principal illustration of Transversal joint.

The structural design is developed and tested with regards to, but not limited to, the EIC 61400 standard for wind turbine design as well as the EN 1990 and other applicable Eurocode standards such as the EN 1995 regulations for timber construction. National technical requirements are also applicable and have been considered.

A comprehensive structural strength test program has been carried out that has proven the resistance performance of the tower wall and joint solutions. All relevant loading modes have been identified and evaluated, to create a full basis for tower verification. Investigated modes include axial normal stress, tangential bending stress and shear in plane stress. Static (ULS) and dynamic (FLS) resistance have been tested.

3. Fatigue resistance models

Fatigue as a phenomenon in timber materials is in need of further research. Christian & Aicher (2016) give a sound introduction to the topic and draw the conclusion that, especially for solutions based on high performance timber materials such as Lvl, the existing models are lacking. The only standardised model given in the EN1995-2 standard is identified as a conservative interpretation of the work done by Mohr(1999) which is mostly based on test results given on CLT and solid timber materials.
Modvion has been successful in verifying its tower design for the wind turbine application using the Mohr models directly. A comparison between the two timber models and existing resistance models given for other materials reveal some interesting conclusions.

3.1. Fatigue verification basics

The fatigue phenomenon occurs when a structural member fails due to being subjected to repeated cyclic loading at stress levels below the static capacity. For design of dynamic structural applications, such as wind turbines, it is often a design driving failure mode.

On a micro-mechanical level, it is theorized that the lifetime of a member under specific loading is governed by two phases: crack initiation and crack growth. Final failure occurs when the remaining cross section can no longer withstand the cycle peak stress level. Whether crack initiation or crack growth is governing the lifetime depends on a number of factors such as material composition, surface roughness and loading characteristics.
The obtained behaviour is obviously also highly dependent on what kind of material is studied with isotropic metallic materials and composite fibre materials behaving differently.

Typically, the resistance of a material is given by an S-N curve. This curve relates the number of loading cycles that can be withstood at a given stress level. These curves are obtained through experiments. It is common to conduct a series of cyclic loading tests on fixed stress levels to obtain a dataset that can be used to fit a mathematical model.

It is a common view that the behaviour of the S-N curve differs at high load level or low load level. This is due to the influence of static strength failure related effects as stress levels approach critical capacity. The fatigue resistance can then be divided into two domains; the low cycle count high stress domain and the high cycle count low stress domain.

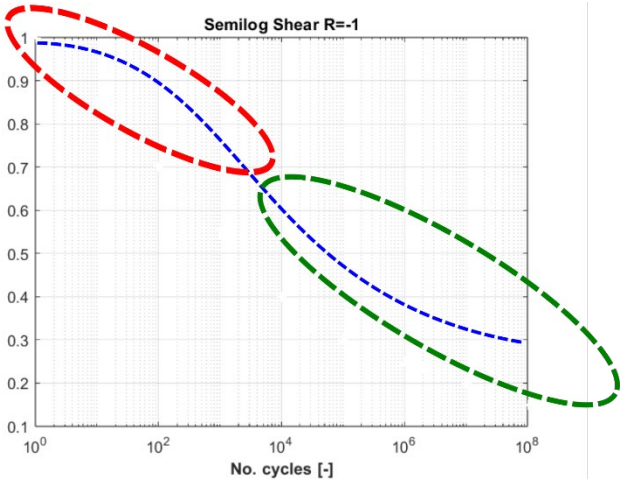


Figure 4: S-N curve example with domains.

Wind turbines are not subjected to a series of harmonic oscillations with fixed stress levels but rather an erratically varying load signal originating from the wind and the turbine operation. It is common to handle this discrepancy by performing a transformation of the stress signals into an equivalent distribution of harmonic signals. The most common method for this is the rain-flow count method. The Palmgren-Miner damage summation theory can then be used to determine the contribution to damage accumulation from each signal and summed to investigate the effect on the structure throughout its lifetime.
Modvion uses the S-N curve, Rain flow count, Palmgren-Miner method to analyse its structures as it is the method stipulated in the wind turbine standards and the only practically useful method known to the authors. It is used for analysis of the tower wall material as well as the joints.

3.2. S-N curve definitions

Modvion has performed two fatigue test campaigns on its joint solutions. The SET600 to investigate the transversal joint and the SEL to investigate the longitudinal joint. The results have been analysed using the ISO12107 standard that fits an exponential function to the test results using regression analysis and calculates a characteristic limiting curve based on the distribution of the test results.

$$\sigma = bN^{-\frac{1}{a}}$$

This is a common curve definition for S-N curves of metallic materials. It is used in the EN1993-1-9 to define fatigue capacity in steel construction. It is also used in the «Prospect for new guidance in the design of FRP» issued by the European Commission to provide guidelines on how to verify FRP composite structures.

The Mohr and EN1995-2 models use a different S-N curve definition that fits a logarithmic curve definition to fatigue test data and the characteristic static strength of the material.

$$\sigma = 1 - c * \log_{10} N$$

There are differences and similarities in how the methods for different materials are treated; in composites and timber a dependence on R, the relationship between average and max stress levels in load cycles, is emphasised while in metals analysis can be performed on the range of cycles independent of average stress level.

The curve definitions create straight lines in either a loglog or semilog diagram respectively. In the interest of clarity, diagrams in both formats will be presented here when relevant.

3.3. Test results and fitted models

Test data with curve fits are provided below which demonstrate excellent correlation to the selected models for results above 5E4 cycles. Both test series have been performed at R = -1 meaning fully reversing alternating load. The Goodman linear relationship is used to expand the tested models for other R values when applicable.

SET600

A small-scale sample representation of the glued in plates joint designated the transversal joint. Sample is designed to fail in the bond line to provide verification basis for the composite connection between timber-adhesive-steel plate.

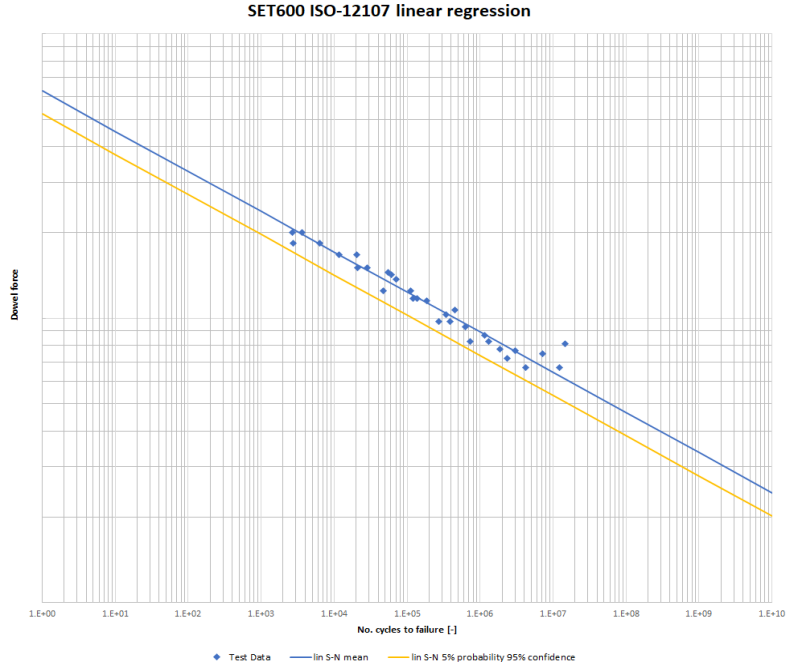
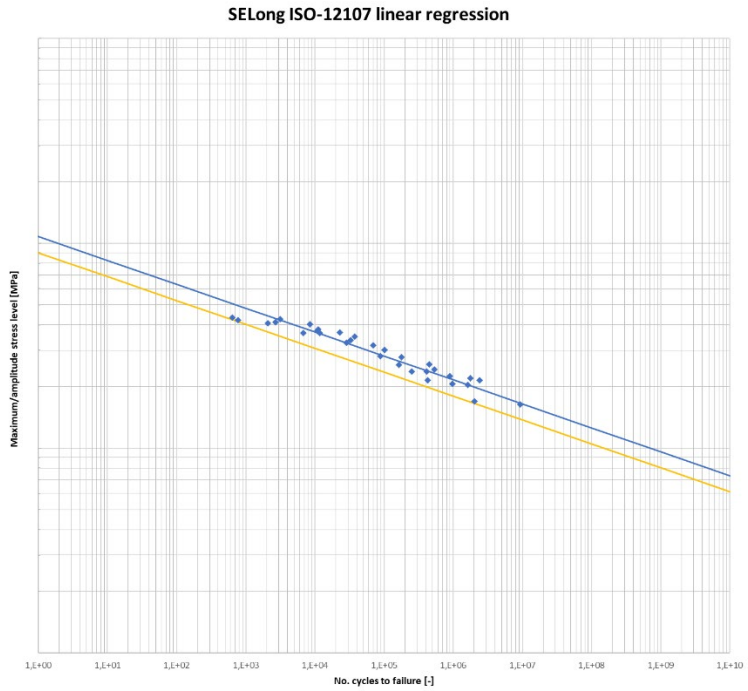




Figure 5: SET600 sample

SEL

A small-scale sample representation of the bonded edge joint designated the longitudinal joint. Sample is designed to fail in shear in the bond line to provide verification basis.



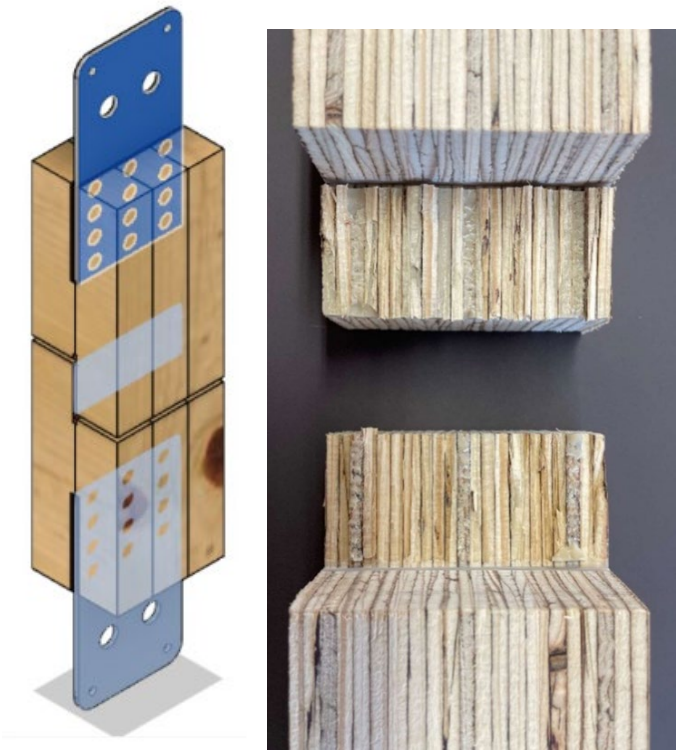


Figure 6: SEL sample illustration and failure mode example.

3.4. Comparison between fatigue resistance models and test results

In this section a comparison between S-N curves of various models is provided. For simplicity and to illustrate the need for further research it is limited to purely alternating shear as the point is most clear there. Both joints are operating in shear as the main load path between components.

Timber models

Comparing the two timber models some observations can be made.

- The difference is largest in the domain >1E6 cycles
- The Bi-linear Mohr curve somewhat resembles an exponential function

– The EN1995-2 model prevents any cycle counts higher than 5E7 cycles regardless of stress levels.

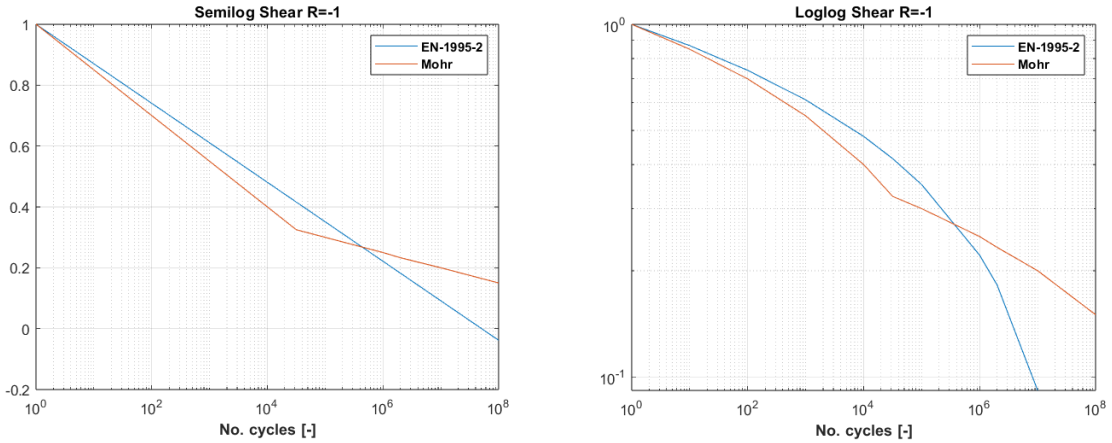


Figure 7: Timber models

The hard limit to 5E7 cycles is interesting as there are 3E7 seconds in a year. Alternating shear is a loading mode that occurs in most applications that experience some kind of resonant oscillation, like a vibration or as a reaction to rotating machinery.

Exponential model

If we add a normalised arbitrarily fitted rendering of an exponential function and the test results given above, some additional observations can be made.

– The exponential function looks like the best fit to the test data for both series in the high cycle count domain.
– In the low cycle count domain, the timber models look like a better fit.
– The Bi-linear curve from Mohr kind of combines these traits but looks overly conservative in the «knee section»

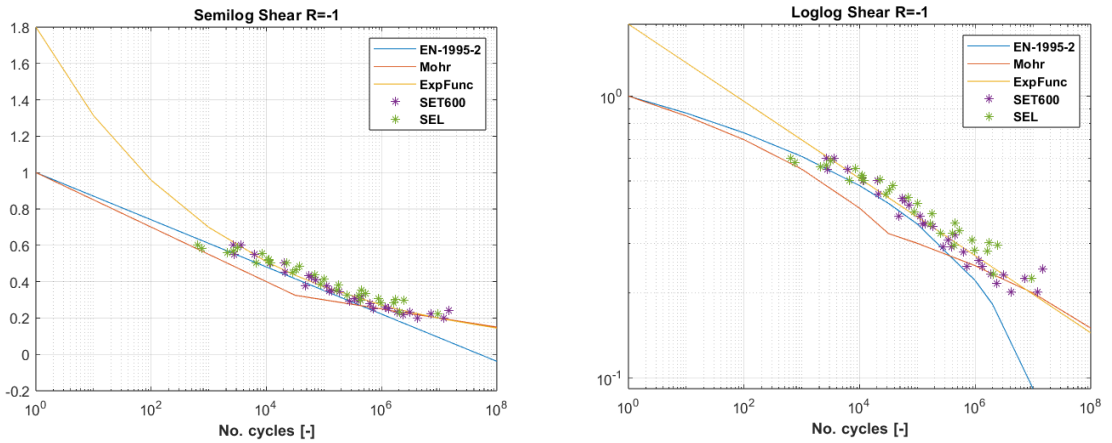


Figure 8: Exponential model

Wind turbine application

If we plot the timber models against an example of a representative FLS load complex from a wind turbine system and a realistic rendering of the SEL test results we can make additional observations.

– Stress levels in the load case are low in comparison to both models and test results.
– The load case will entail stress signals above 5E7 cycles at a low stress level.
– The timber models appear to under predict the resistance compared to test results.

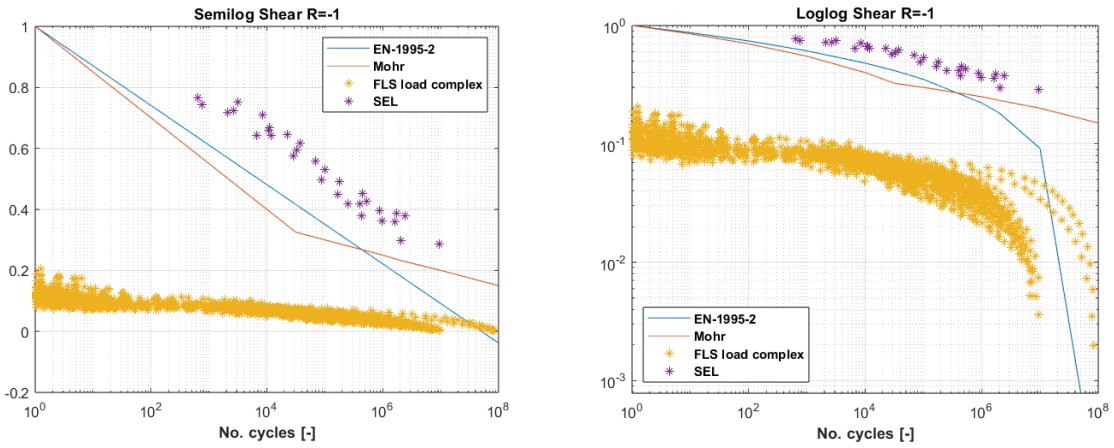


Figure 9: Application

The En1995-2 model will prevent verification of wind turbine installations in timber. As the model pass through the zero-stress level this holds regardless of design choices and topography if your structural member is subjected to alternating shear.

3.5. Discussion

The presented data shows that the existing timber fatigue resistance models are unnecessarily conservative with respect to bonded joints in LVL solutions. The discrepancy is largest in the high cycle count domain which is likely the important domain for most dynamically loaded applications subjected to wind loads or other erratic natural phenomenon. In wind turbines alternating shear (at a low stress level) occurs due to movements coupled to the rotation of the turbine and the blade wakes passing the tower. In a typical modern turbine operating continuously for 30 years the number of turbine revolutions will likely be in the range of 5E7-10E7 with the number of blade passages three times as high.
Additional research efforts should therefore be directed towards testing and analysing timber-based solutions in this domain. Timber cannot be tested at high frequencies (see Jockwer et.al. WCTE 2023) without risking test results due to heat buildup in the samples affecting material properties. This makes fatigue testing at or beyond 1E7 cycles cumbersome and expensive which may have contributed to the lack of data.

A suggestion for an improved model could be to combine an exponential model in the high cycle fatigue domain with other provisions in the low cycle fatigue domain. In literature there appears to be some debate on the existence of a fatigue limit in timber materials. This issue is elegantly resolved by the use of an exponential model formulation. In the high stress low cycle count domain the IEC 61400 standard discusses the risk of influence of static strength effects on the fatigue performance and advices that special care be given to resolve this domain if needed.

4. Conclusion

Modvion has developed a timber-based wind turbine tower solution that meets the criteria for industry adaptation. The design was installed and commissioned Q4 2023.
To facilitate the high-performance, cost-effective design; timber joints with excellent stress transfer efficiency have been developed. The joints enable and unlock the performance characteristics of the timber material without the need for excessive member stress reduction measures.
Work at Modvion RnD is now focused on realising the next step on our path to widespread market adaptation. A 166m hub height tower for a 6MW turbine is currently being developed.



5. References

[1] **Mohr, B.** Zur Interaktion der Einflüsse aus Dauerstands- und Ermüdungsbeanspruchung im Ingenieurholzbau. [Document] München: Technische Universität München, 1999.

[2] **Z. Christian, S. Aicher** FATIGUE BEHAVIOUR OF TIMBER COMPOSITES AND CONNECTIONS FOR ULTRA HIGH WOODEN TOWERS: WCTE 2016

[3] **Dölerud, E.** Probably the strongest timber joint in the world?:
12th Forum Wood Building Nordic Växjö 2023

[4] EN 1995-2 (2004) (English): Eurocode 5: Design of timber structures – Part 2: Bridges

[5] EN 1993-1-9 (2005) (English): Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-9: Fatigue

[6] L. Ascione, J.-F. Caron, P. Godonou, K. van IJselmuijden, J. Knippers, T. Mottram, M. Oppe, M. Gantriis Sorensen, J. Taby, L. Tromp; Prospect for new guidance in the design of FRP; EUR 27666 EN; doi: 10.2788/22306

[7] ISO 12107:2012 Metallic materials – Fatigue testing – Statistical planning and analysis of data

[8] **Jockwer, R., Landel, P., Norbäck, V., Ziethén, R., Dölerud, E., Naveda, L. A., & Åkerström, C.-J.** (2023). FATIGUE RESISTANCE OF ADHESIVE BONDED CONNECTIONS WITH AND WITHOUT INTERNAL STEEL PLATES IN LARGE TIMBER STRUCTURES. World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023), 2118–2124. https://doi.org/10.52202/069179-0281

[9] EN IEC 61400-1:2019 (E): Wind energy generation systems – Part 1: Design requirements

Three concepts of circular wood – and how to get there

Kristine Nore
Omtre AS
Hønefoss, Norway



Three concepts of circular wood – and how to get there

1. Why Circular Wood?

The concept of circularity challenges the prevailing linear «take-make-dispose» model, promoting a more sustainable approach to resource use. While nature inherently operates in a circular manner, human systems have largely adopted a linear model. This linear economy is based on the concepts of «supply and demand» and forms the foundation of modern economics. In contrast, circularity offers a more efficient method for utilizing resources by extending their lifespan, enhancing repairability, and increasing flexibility for reuse.

Circularity is often discussed today as a new approach, but it is far from novel in the context of traditional building practices, particularly in wood construction. Prior to the industrial era, human resource use was predominantly circular. However, current discussions on circularity still lack a common language. The key performance indicators (KPIs) for circularity are yet to be fully defined, and there is ongoing debate about what qualifies as a «circular» solution.

Circularity is one of the six climate and environmental objectives in the EU taxonomy. Globally, half of all extracted resources are used in buildings, making the built environment a primary target for reuse and sustainability efforts. But is this resource depletion also a concern for wood?

One clear reason to promote the use of wood in circular systems is its «short carbon cycle,» a characteristic shared by all bio-based materials. This answers the question above; Wood is not a part of resource depletion. However, circularity perspectives are still of beneficial! This paper will focus on three specific aspects of circular wood:
- Flexibility at the component level
- Flexibility at the building design level
- Reusability of structural timber components

1.1. Circularity in Brief

The need to improve resource efficiency and reduce our reliance on finite resources has been emphasized by the UNEP[1]. The simplified circular methodology, based on UNEP's guidelines, can be summarized as:

AVOID waste, reduce construction material use, and enhance circularity.
SHIFT towards bio-based materials for carbon storage.
IMPROVE the use of non-renewable building materials and processes.

For wood, the shift toward bio-based materials is especially beneficial. This approach contributes to carbon capture and storage (bioCCS), which is becoming increasingly relevant in upcoming EU regulations under the European Green Deal. Both buildings as carbon sinks and the introduction of Global Warming Potential (GWP) indicators are expected to be incorporated into new building codes.

Circularity often focuses on the use of materials, the design of building components, and the potential for material reuse. These aspects will be explored in more detail below.

2. Circular Concepts of Wood

2.1. Flexibility at the Timber Component Level

The draft of the CEN/TS 350 Circular Construction Terminology defines a «component» as «a part of a construction containing a defined combination of products.» This includes all types of timber structural elements, from wood studs to nail-plate timber frameworks.

In the SirkTRE project, Holar Architecture has designed a kindergarten based on two schools in Båtsfjord, Finnmark – a remote region in northern Norway. See www.holar.no-/prosjekt/batsfjord-barnehage/. Circularity plays a significant role in such areas due to the logistical and resource constraints of the region.

Norwegian building regulations, TEK17 [2], already emphasize the importance of flexible components. For example, section 9.5 mandates that «buildings must be designed and built so that they can be easily dismantled.» This flexibility is crucial for addressing issues such as incorrect assembly, damage, or the need for renovations.

However, there is still a lack of consensus on what dismantling should look like in practice. Should components retain their original form? Are current connectors compatible with the requirement for disassembly? What is the best method for dismantling?

The concept of designing for disassembly was prevalent in building technology before the advent of modern materials and systems. Whether using nails, screws, or other connectors, the ease of disassembly needs clearer standards. In Norway, a working group on circular timber structures is in the process of defining these standards.

2.2. Flexibility at the Building Design Level

Designing flexible building typologies, which can easily adapt to changing needs, supports the long lifespan of structures. Flexible buildings, designed for multi-purpose use, are already commonplace in steel and concrete construction. The challenge is adapting these principles to timber-based designs. Fortunately, new long-span design rules in the revised Eurocode 5 (EN 1995-1) provide solutions for timber structures.

Fire and moisture risks are not inherently problematic for wood, though improved designs can enhance resilience. Moisture, for example, can be monitored through sensors or designed systems that alert to moisture beyond acceptable thresholds.

In the SirkTRE project, the Framework – a modular, demountable timber apartment building – was developed. This system uses a fixed grid of columns, shafts, and stairwells that allow for multiple layouts and apartment sizes. The design is flexible enough to accommodate the full life cycle of its inhabitants, with easy adaptation for future needs. More details can be found at www.fragmentoslo.no.

Another SirkTRE concept, SirkBO, is a circular prefabricated house designed by Haugen Zohar Architects, ready for two pilot projects. See www.sirkbo.no. The goal is to redefine future housing standards.

2.3. Reusability of Structural Timber Components

Reusing timber components was common practice in the past. In Norway, many barns have been rebuilt using timber from older structures, with notches and markings still visible in the wood. Timber has an outer «offering layer» that, when protected, allows the wood underneath to retain qualities like freshly cut timber.

Today, however, much of this timber is diverted to the bioenergy sector, with around 90% of return wood in Norway being used for incineration. The renovation system, combined with high energy prices, has made it challenging to repurpose wood for structural uses.

Nevertheless, the SirkTRE material flow analysis, soon to be published, demonstrates significant potential for timber reuse. SirkTRE aims to reuse 50% of waste wood in building products, equating to roughly 1 million cubic meters of timber. Of this, 20–25% could soon be repurposed as solid wood in the timber industry.

SirkTRE is investigating methods for ensuring the quality and careful disassembly of timber components to facilitate their return to the industry. Several pilot projects have proven the feasibility of this approach, providing a foundation for growth in the timber sector. See Figure 1 These findings are discussed in the Forum Wood Building Nordic 2023 paper in Växjö [3].



Figure 1: Cow barn built in 2022 with 75% return wood.

3. How to Achieve a Circular Wood Industry

3.1. Emerging Standards

SirkTRE has focused on developing standards to establish trust and drive the timber reuse industry forward. ISO 59000-series provides an overarching framework for circularity, defining principles such as durability, reusability, upgradeability, and repairability. The CEN system has also initiated work on circular construction through CEN TC 350.

In Norway, several standards have been developed for evaluating return wood, prNS 3691: Evaluating return wood, covering:
- Terminology and general rules
- Cleanliness
- Visual strength grading

Ongoing work includes standards for evaluating combined structural timber products and a certification process for the competence required to assess the reuse of timber.

However, more work remains. Standards for design, disassembly, and material flow mapping need to be developed. This includes the industrial strength grading of return wood, lifecycle assessments (LCA), and material passports to track materials throughout their lifecycle.

3.2. Circular Wood Policies

The **European Wood Policy Platform** has endorsed a policy paper advocating for a wood-based circular bioeconomy to ensure a sustainable Europe. Efficiency and circularity must be integrated into every stage of the wood supply chain, from harvesting to processing and product end-of-life.

Global initiatives are also supporting a circular bioeconomy. According to a WWF report, policymakers can foster circularity through the following actions:

1) Limit the linear economy by taxing and restricting access to non-circular products.
2) Finance circular solutions through changes in procurement practices, subsidies, and increased green investments.
3) Standardize design practices to facilitate circularity and support sharing platforms.
4) Use standardized indicators and mandatory reporting to measure and communicate circularity progress.
5) Promote awareness and training in circular economy principles through education and public campaigns.

3.3. Concluding remark

The timber industry must respond proactively to the growing demand for circularity, ensuring wood remains a cornerstone of future sustainable built environments.

4. References

[1] United Nations Environment Programme, & Yale Center for Ecosystems + Architecture (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293.

[2] **TEK17 (2023)** Regulations on technical requirements for construction works, DiBK, Norwegian Building Authority https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/9/9-7 Version current as of 2023-09-08.

[3] Nore K., Wuyts W., Sebastian Larsson S. (2023) Reuse of Wood – the Nordic Model, 12th Forum Wood Building Nordic Växjö, Sweden.

HBV-Decken vollständig kreislauffähig – re-use und re-cycling in der Praxis angekommen!

Dr. Jan Wenker
Brüninghoff Group
Heiden, Deutschland



Stefan Behring
Brüninghoff Group
Heiden, Deutschland



HBV-Decken vollständig kreislauffähig – re-use und re-cycling in der Praxis angekommen!

1. Ausgangssituation und Motivation

Die Bau- und Immobilienwirtschaft in Deutschland war im Jahr 2021 für 61 % des mineralischen Ressourcenverbrauchs [1] und 55 % des Abfallaufkommens [2] verantwortlich. Auch zur Klimaerwärmung trägt die Bauwirtschaft in erheblichem Maße bei: «Insgesamt werden rund 40 % der gesamten THG-Emissionen in Deutschland durch die Herstellung, Errichtung, die Modernisierung und die Nutzung und den Betrieb der Wohn- und Nichtwohngebäude (Hochbau) […] verursacht» [3, S. 17).

Gesetzliche Rahmenbedingungen fordern daher zunehmend, dass Baustoffe und Bauteile wiederverwendet bzw. recycelt werden können. Die konzeptionelle Berücksichtigung der Wiederverwendbarkeit im Rahmen der Entwicklung bzw. Herstellung eines Produktes ist in der Bauindustrie bisher nicht weit verbreitet. Dies ist jedoch für einen reibungslosen und hochwertigen Rückbau zwingend erforderlich. Produkte und Bauteile, die den Aspekt der Wiederverwendung berücksichtigen, verursachen bei sonst gleichen Leistungskriterien derzeit in den meisten Fällen höhere Herstellungskosten. Im Planungs- und Bauprozess eines Gebäudes haben bauausführende Unternehmen zudem nur geringen Einfluss auf den Entwurfsprozess und damit die konstruktive Ausgestaltung eines Gebäudes und die Auswahl von zu verbauenden Produkten. Der Lebenszyklus muss allerdings ganzheitlich betrachtet werden von der Planung über Errichtung, Nutzung, Instandhaltung bis hin zum wünschenswert möglichst späten Rückbau eines Gebäudes.

Umweltbewusstsein und ein reduzierter CO_2-Fußabdruck: Holz-Beton-Verbundelemente vereinen diese Aspekte bekanntlich durch den verminderten Einsatz von Beton im Vergleich zur Massivdecke. Um den bereits etablierten hybriden Deckenelementen einen zweiten oder dritten Lebenszyklus zu ermöglichen, werden diese durch neu entwickelte reversible Bauteilanschlüsse, eine optimierte Kerve und spezielle Verbinder nun komplett rückbaubar und damit kreislauffähig. Damit sind sowohl Wiederverwendung (re-use) des kompletten Elements als auch sortenreine Weiterverwertung (re-cycling) von Holz und Beton einfach und wirtschaftlich möglich.

2. Weiterentwicklung zur vollständigen Rückbaufähigkeit

Das Holz-Hybridsystem, bestehend aus tragenden Holzstützen in Kombination mit Holz-Beton-Verbund Rippendecken (HBV-Rippendecken, vgl. Abbildung 1), ist der Stand der Technik im Hause Brüninghoff weiterentwickelt worden.

Zukünftig bietet sich durch eine rückbaufreundlichere Gestaltung der Bauteilanschlüsse und Entwicklung entsprechender Rückbauverfahren die Möglichkeit, HBV-Decken einem Gebäude zu entnehmen und als Ganzes – unter Beibehaltung aller Eigenschaften – andernorts wieder einzubauen. Ist die Wiederverwendung in Form eines Wiedereinbaus nicht möglich, können die Materialien Holz und Beton mit einer Kervenverbindung gemäß CEN TS 19103 [4] sortenrein voneinander getrennt werden.

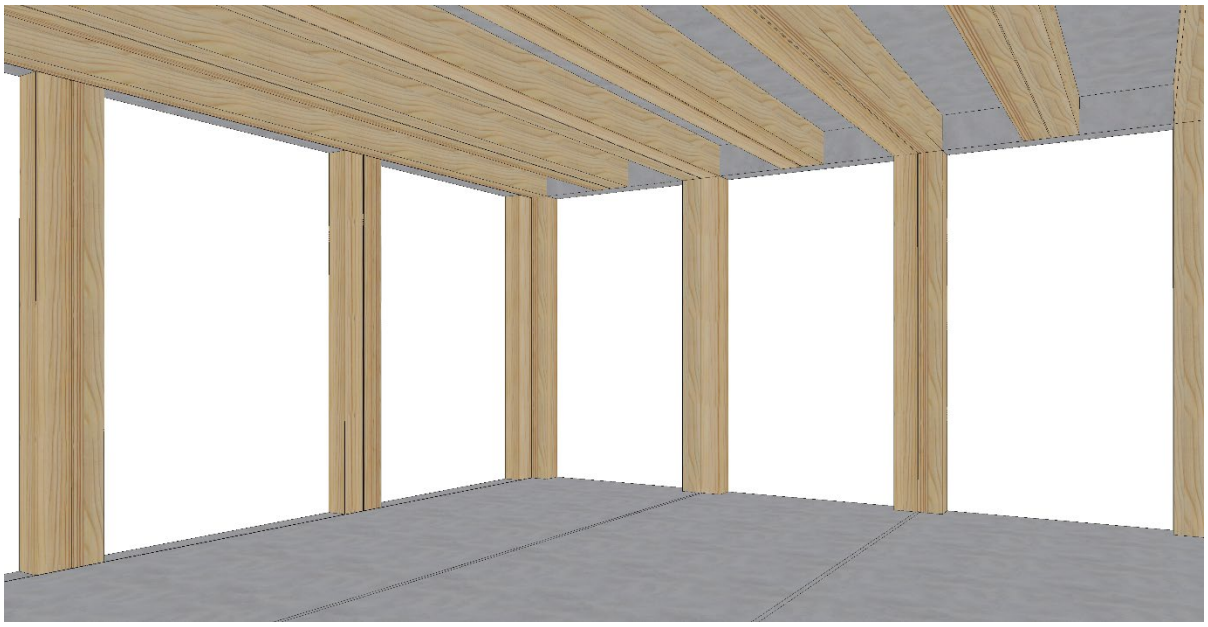


Abbildung 1: Holz-Hybridsystem mit HBV-Rippendecken als Vollfertigteil (Grafik: Brüninghoff Group)

Dies wird ermöglicht durch eine rückbauoptimierte Kervenform und insbesondere durch die gemeinsam mit dem Entwicklungspartner Reisser Schraubentechnik GmbH entwickelte vollständig demontierbare Abhebesicherung gemäß CEN TS 19103 [4]. Hier schützt ein Hüllrohr den im Beton liegenden Teil des Schraubengewindes vor Betonanhaftungen. Die Kraftübertagung erfolgt daher über eine Unterlegscheibe (vgl. Abbildung 2a). Durch eine intelligente Abdeckung des Schraubenkopfes ist die Auffindbarkeit auf der Rohdecke und das einfache vollständige Freilegen des Schraubenantriebs gewährleistet (vgl. Abbildung 2b). Die unter dem Markennamen Reisser KVB-Verbinder erhältliche HBV-Abhebesicherung verfügt über eine allgemeine Bauartgenehmigung [5, 6].



Abbildung 2a: Reisser KVB-Verbinder (Bild: Reisser Schraubentechnik GmbH)



Abbildung 2b: Reisser KVB-Verbinder mit Schutzkappe zur Sicherstellung der Demontagefähigkeit (Bild: Reisser Schraubentechnik GmbH)

Nach der Demontage der rückbaufähigien Abhebesicherung und Trennung von Holz und Beton steht der Betonbruch aus den HBV-Decken wieder zur Verfügung und kann direkt in den Produktionsprozess für Bauteile aus Recyclingbeton (RC-Beton bzw. R-Beton) zurückgeführt werden. Das Holz kann einer hochwertigen stofflichen Weiterverwendung, zur Holzwerkstoffherstellung oder Energieerzeugung dienen.

3. Großversuch unter Praxisbedingungen

Weit spannende Decken, ausgeführt als Fertigteil, sind im Falle eines Gebäuderückbaus sehr gut geeignet, für einen erneuten Einsatz an anderer Stelle wiederverwendet zu werden. Durch weiterentwickelte Bauteilanschlüsse, die rückbauoptimierte Kervenform in Kombination mit der Leistungsfähigkeit des KVB-Verbinders gelingt es, re-use und re-cyclingfähige HBV-Decken seriell und wirtschaftlich herzustellen und vor allem auch perspektivisch wieder rückzubauen. So die Annahme. Um die Praxistauglichkeit der weiterentwickelten Aspekte in der Herstellung und insbesondere beim Rückbau unter Beweis zu stellen, wurde ein Großversuch konzipiert mit 3 Deckenelementen und knapp 70 m² Gesamtfläche.

Im Großversuch wurde an einer Deckensituation bestehend aus drei HBV-Deckenelementen mit den Abmessungen von je 2,49 m x 8,91 m die Wiederverwendungs- und Recyclingfähigkeit untersucht und nachgewiesen. Zunächst wurde der Versuch vollständig montiert inklusive des Vergusses der Fugen und Stützenanschlüsse unter Praxisbedingungen «wie im Bauwerk». Anschließend erfolgte der geplante Rückbau des Großversuchs bestehend aus den vollständig miteinander gekoppelten Deckenelementen «B1-B3». Ziel ist, zwei der Deckenelemente (B1 und B2) anschließend in einem realen Bauvorhaben «wiederzuverwenden». Der zweite Schritt umfasste die Trennung von Holz und Beton (Recycling des Betons und Kaskadennutzung des Holzes) für ein Deckenelement (B3).

3.1. Versuchsaufbau

Untersucht wurde ein Holz-Hybridsystem in der konstruktiven Ausführung als Stützen-Riegel-System mit HBV-Rippendecke. Im Bauwerk sind die tragenden Stützen werkseitig mit der vorgefertigten Fassade verbunden. Die Fassade selbst ist nicht-tragend. Auf die Stützen werden die HBV-Decken aufgelegt. Exakt diese Situation wurde im Versuch als Ausschnitt aus einem gerade in der Ausführung befindlichen Kunden-Bauvorhaben nachgebildet: 3 Deckenelemente, aufgehende Stützen aus dem darunterliegenden Geschoss, Wand und Fassade. Den Versuchsaufbau zeigt Abbildung 3.



Abbildung 3: Versuchsaufbau von der Fassadenseite gesehen, bestehend aus drei Deckenelementen, Stützen und Fassade in originaler Montagesituation (Bild: Brüninghoff Group)

Die einzelnen Deckenelemente werden im Brüninghoff Betonfertigteilwerk als Vollfertigteile hergestellt und auf der Baustelle zu einer Deckenscheibe zusammengesetzt. Abbildung 4a/b zeigt die Herstellung der HBV-Vollfertigteile mit Reisser KVB-Verbindern als Abhebesicherung sowie als Torsionsfessel für den Beton-Randbalken.



Abbildung 4a: Deckenproduktion mit Reisser KVB-Verbindern (Bild: Brüninghoff Group)

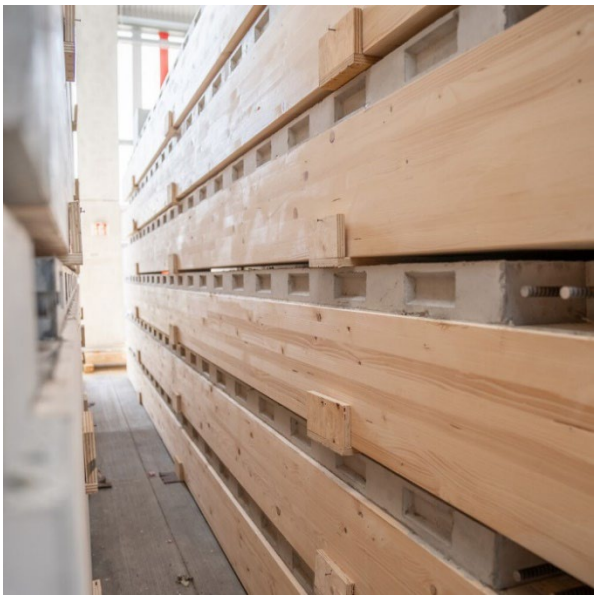


Abbildung 4b: HBV-Rippendecken als Vollfertigteil (Bild: Brüninghoff Group)

Fassadenseitig wird ein Ringanker zur Aufnahme von Zugkräften ausgeführt, der Scheibenschub wird i. d. R. durch vergossene Längsfugen mit Schubverzahnung aufgenommen. Auch die Verbindung des Knotenpunktes der Stütze zur Decke erfolgt durch Betonverguss (vgl. Abbildung 5). In die Untersuchung zur Rückbaufähigkeit der Decken war daher auch die Außenwand mit Fassade einzubeziehen. Die Montage und Verbindung der Deckenelemente erfolgte vollständig wie unter Baustellenbedingungen. Da die Ausführung der nichttragenden Fassade für den Rückbau der Decken unerheblich ist, wurde diese nur als funktionsreduziertes Tafelelement ausgebildet.

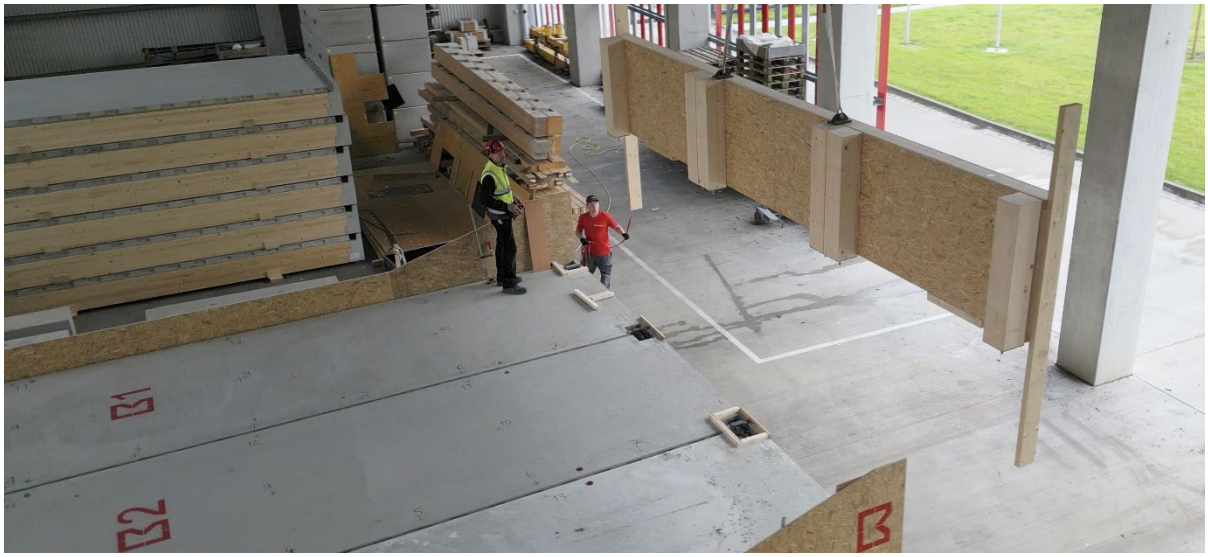


Abbildung 5: Versuchsaufbau von oben gesehen; Montage der Wand, Ringankerausbildung, Vergussbereich Stütze/Decke sowie Längsfugen im unvergossenen Zustand (Bild: Brüninghoff Group)

Mit den Einzelabmessungen der Decken von 2,49 m x 8,91 m ergibt sich somit eine Gesamtdeckenfläche von ca. 67 m^2. Die Deckenelemente B1 und B2 werden nach dem erfolgreichen Rückbauversuch eins-zu-eins in einem Kunden-Bauvorhaben «wiederverwendet». Für das Deckenelement B3 erfolgte das Recycling mit sortenreiner Trennung von Holz und Beton. Die auf diese Art zurückgewonnen Deckenbalken werden ebenfalls in dem Bauvorhaben als Stützen weiterverwendet. Abbildung 5 zeigt die raumseitige Draufsicht des Versuchstandes. Der Versuchsaufbau wurde so angenommen, dass die beiden äußeren Decken jeweils an eine Treppenkernwand anschließen. Dieser Anschluss wurde durch seitlich angebrachte Platten simuliert, sodass der Rückbau unter realen Platz- und Größenverhältnissen stattfand.

3.2. Rückbau (Demontage) der Deckenelemente B1 bis B3

Im ersten Schritt wurden die drei Deckenelemente unter Erhalt ihrer Gestalt und Funktion zurückgebaut. B1 und B2 wurden anschließend zur Wiederverwendung vorbereitet.

Der Rückbau der Deckenelemente B1 bis B3 gliederte sich in folgende Teilschritte:
– Lösen und Abheben der Außenwand
– Freilegen und Lösen der Verbindung des Ringankers
– Freilegen des Knotenpunktes Stütze / Decke
– Auftrennen der Vergussfugen
– Abheben der Decken
– Freilegen / Wiederherstellen des verzahnten Fugenrandes für den Wiedereinbau

Die Wand wurde lotrecht mit dem Kran angehoben und löste sich leicht vom Knotenpunkt. Nach Abheben der Wand ist die Verbindung des Ringankers und der Knotenpunkt Stütze / Decke zugänglich. Das Freilegen des Ringankers erfolgte mit dem Stemmhammer. Nach dem Freistemmen konnte die Verbindung des Ringankers gelöst werden. Im Anschluss daran erfolgte das Freilegen des Knotenpunktes Stütze / Decke mittels Kernbohrgerät. Das Auftrennen der Vergussfugen erfolgte durch Fugenschnitt mit einer schienengeführten Betonkreissäge. Nach dem Entfernen des Vergussmaterials aus der Fuge konnte die Decke vom Auflager abgehoben werden. Dies veranschaulicht Abbildung 6a.



Abbildung 6a: Abheben des vollständig gelösten Deckenelements (Bild: Brüninghoff Group)



Abbildung 6b: Zur Wiederverwendung vorbereitete Deckenelemente B1 und B2 (Bild: Brüninghoff Group)

Schließlich wurde die Fugenverzahnung am Deckenrand durch Freistemmen wiederhergestellt. Durch den nachträglichen Verguss entstehen nur geringe Adhäsionskräfte zwischen Vergussbeton und Betonfertigteil. Dadurch ist es möglich, den Vergussbeton sehr einfach und rückstandsfrei zu entfernen. Auch wenn das Lösen der Verbindungen, des aus statischen Gründen notwendigen baustellenseitigen Vergusses, bisher nicht zerstörungsfrei möglich ist – Freistemmen bzw. -Schneiden und Entfernen des Vergussbetons ist immer nötig – so liegt das Deckenelement nach dem Rückbau unbeschädigt und vollumfänglich wiedereinsetzbar vor (vgl. Abbildung 6b). Der Anteil des zu entfernenden Vergussbetons bezogen auf die Betonmenge des vorgefertigten Deckenelements liegt unter 2 %.

3.3. Sortenreine Trennung von Holz und Beton (Recycling) an Deckenelement B3

Im zweiten Schritt wurde die sortenreine Trennung basierend auf rückbauoptimierter Kerve und Reisser KVB-Verbinder als Abhebesicherung am Deckenelement B3 untersucht. Die Trennung von Holz und Beton erfolgte in Kooperation und mit Maschineneinsatz der Heermann Abbruch & Recycling GmbH (Gescher-Hochmoor).

Das sortenreine Trennen und anschließende Recycling der Materialien des Deckenelements B3 gliederte sich in folgende Teilschritte:

- Freilegen der KVB-Verbinder an Abhebesicherungen und Torsionsfesseln
- Lösen der Schrauben in den KVB-Verbindern
- Abtrennen des Randquerträgers
- Trennen von Betonplatte und Holzbalken
- Brechen der Betonplatte und aufbereiten zu RC-Gesteinskörnung Typ I
- Abtrennen der obersten Lamelle (Kerven) und Weiterverwenden der Holzbalken als Stützen bzw. Recycling in der Holzwerkstoffherstellung

Bevor Beton und Holzbalken voneinander getrennt werden konnten, waren zunächst alle Abhebesicherungen zu demontieren. Dazu wurde der Schraubenantrieb des Reisser KVB-Verbinders durch Aufbohren freigelegt (vgl. Abbildung 7a). Anschließend konnten die Schrauben problemlos gelöst werden (vgl. Abbildung 7b). Die Kappe des KVB-Verbinders hält den Schraubenantrieb frei von Beton, womit das Lösen der Schraube möglich ist.



Abbildung 7a: Aufbohren und Freilegen des Schraubenantriebs im Reisser KVB-Verbinder (Bild: Brüninghoff Group)



Abbildung 7b: Lösen der Abhebesicherung durch Herausdrehen der Schraube aus dem Reisser KVB-Verbinder (Bild: Brüninghoff Group)

In der Gesamtschau kann festgehalten werden, dass es durch eine rückbauoptimierte Kerve in Verbindung mit dem Reisser KVB-Verbinder inklusive Abdeckkappe gelingt, Betonplatte und Holzbalken einfach voneinander zu trennen (vgl. Abbildung 8).



Abbildung 8: Deckenelement B3; Lösen der Rippen (BSH-Balken) (Bild: Brüninghoff Group)

Beton und Holz konnten nun getrennt dem jeweiligen Wertstoffkreislauf zugeführt werden. Der Beton wurde durch Brechen und Aufbereiten zu RC-Gesteinskörnung Typ I dem Einsatz im Hochbau – hier in neuen Betonfertigteilen – zugeführt. Aus den Holzbalken können durch Abtrennen der obersten Lamelle, welche die Kerven enthält, beschädigungsfreie Querschnitte erzeugt werden. Im vorliegenden Fall wurden die Holzbalken als tragende Außenwandstützen weiterverwendet. Der Einsatz als vertikale raumhohe Stütze hat den Vorteil, dass aus einem Deckenbalken zwei Stützen gewonnen werden können. Durch das Halbieren der Trägerlänge kann eine während der Nutzungsphase der Decke entstandene Krümmung der Balken resultierend aus Deckendurchbiegung, vollständig beseitigt werden.

4. Re-use in der Praxis – Wiedereinbau auf der Baustelle!

Nach der Trennung von Holz und Beton wurden aus den Holzbalken des Deckenelements B3 tragende Stützen mit dem Querschnitt 24 cm x 24 cm hergestellt (vgl. Abbildung 9a). Dazu wurden zunächst vom Ausgangsquerschnitt 24 cm x 36 cm die obersten 3 Lamellen abgetrennt. Die Kerven mit 35 mm Tiefe befinden sich ausschließlich in der obersten-Lamelle. Die Vorgehensweise, Stützen aus den Deckenbalken zu produzieren, funktioniert demnach auch bei Querschnitten 24 cm x 32 cm oder 24 cm x 28 cm, die bei geringeren Spannweiten ebenfalls in HBV-Deckenelementen zum Einsatz kommen können. Anschließend wurde der Querschnitt gehobelt und gefast. Abbildung 9b zeigt ein Wandelement mit den auf diese Weise hergestellten Stützen.



Abbildung 9a: Beschädigungsfreier Holzquerschnitt zur Weiterverwendung (Bild: Brüninghoff Group)



Abbildung 9b: Außenwandelement mit Stützen aus ehemaligen Deckenbalken (Bild: Brüninghoff Group)

Am 16. Oktober 2024 wurden die Deckenelemente B1 und B2 bei einem Bauvorhaben in Schönberg (Niederbayern) [7] montiert. Durch das entwickelte Rückbaukonzept bzw. -verfahren ist es gelungen, die Deckenelemente beschädigungsfrei aus dem Versuchsstand auszubauen. Somit besteht grundsätzlich kein Unterschied zwischen dem Wiedereinbau bereits in einem vorherigen Lebenszyklus verbauter Elemente und der Montage neuer Deckenelemente. Es ist lediglich bei Rückbau aus einem Bestandsgebäude die Durchbiegung der Decken infolge Langzeiteinwirkungen bereits in der Planung des neuen Gebäudes zu berücksichtigen. Die erneute Montage der re-use HBV-Deckenelemente zeigen die Abbildungen 10 bis 12. Rückmeldungen von der Baustelle waren durchweg positiv, es war kein Unterschied in der praktischen Handhabung der wiederverwendeten Deckenelemente feststellbar.



Abbildung 10: Ankunft und Entladen der Deckenelemente in Schönberg (Bild: Fotostudio Eder)



Abbildung 11a: Einheben des Deckenelements B1 auf der Baustelle (Bild: Fotostudio Eder)

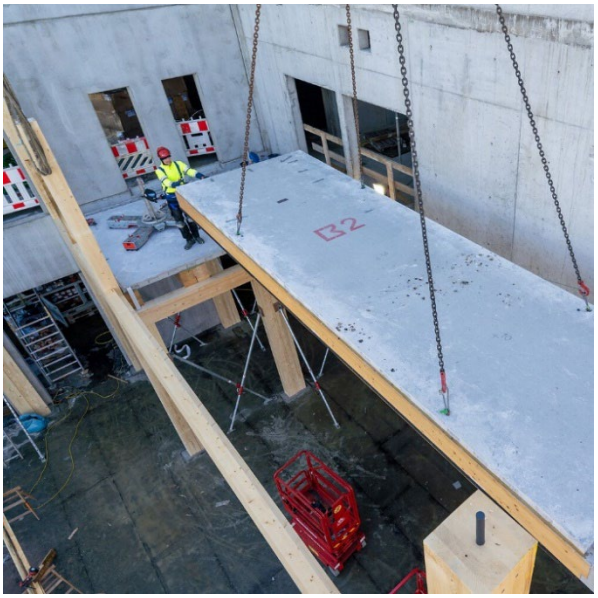


Abbildung 11b: Einheben und Verlegen des Deckenelements B2 auf der Baustelle (Bild: Fotostudio Eder)

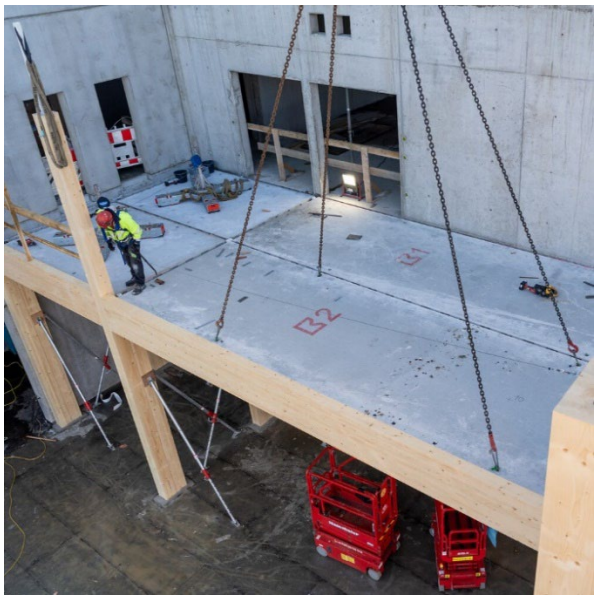


Abbildung 12a: Fertig verlegte Deckenelemente (Bild: Fotostudio Eder)



Abbildung 12b: Erneutes Koppeln des Ringankeranschlusses (Bild: Fotostudio Eder)

5. Fazit und Ausblick

Im Großversuch zur Rückbau- und Recyclingfähigkeit eines Holz-Hybridsystems in der konstruktiven Ausführung als Stützen-Riegel-System mit HBV-Rippendecke, bestehend aus drei Deckelementen mit einer Gesamtfläche von knapp 70 m^2, konnte gezeigt werden, dass sowohl Demontage und Wiederverwendung ganzer Deckenelemente (re-use) als auch sortenreine Trennung von Holz und Beton (re-cycling) mit den hinsichtlich Rückbaus optimierten Bauteilfügungen und Verbindungen möglich sind. Speziell der Reisser KVB-Verbinder mit Abdeckkappe als rückbaufähige Abhebesicherung im Zusammenspiel mit rückbauoptimierten Kerven ermöglicht eine sortenreine Trennung von Holz und Beton.

Die drei Deckenelemente konnten zerstörungsfrei demontiert werden. Zwei der Deckenelemente (B1 und B2) wurden in einem Kunden-Bauvorhaben «wiederverwendet» mit exakt derselben Qualität wie sie neue Bauteile aufweisen (vgl. Abbildung 13).



Abbildung 13: Re-use in Sichtqualität – so geht kreislauffähiges Bauen! (Bild: Fotostudio Eder)

Das Deckenelement B3 wurde sortenrein in seine Bestandteile zerlegt. Der Beton wurde zu RC-Gesteinskörnung Typ I recycelt und die Deckenbalken zu tragenden Stützen weiterverwendet.

Die Annahme, die dem Großversuch zugrunde lag, konnte somit bestätigt werden. Eine Wiederverwendung ganzer Bauelemente (re-use) sowie eine hochwertige Weiterverwendung bzw. -verwertung einzelner Materialien (re-cycling) ist Stand heute technisch möglich und kann auch wirtschaftlich in Zukunft interessant sein. Für sämtliche Schritte des Rückbaus wurde der Arbeitsaufwand (händischer und maschineller Aufwand, «Mensch und Maschine») dokumentiert. Nachfolgend wird der Rückbauaufwand nach den Kriterien des Urban Mining Index [8, 9] bewertet, um eine objektive Beurteilung der Rückbaufähigkeit der entwickelten Systeme zu erhalten. Global gesprochen verursacht die Wiederverwendung kompletter Elemente den geringsten Energieaufwand und ist daher stets zu bevorzugen. Somit entsteht eine Kaskade «re-use vor re-cycling».

Zu in der Praxis breit angelegten Bestrebungen hinsichtlich re-use bedarf es jedoch gesetzlicher und normativer Regelungen, sowie gesicherter Erkenntnisse und Methoden zur Bewertung der Tragfähigkeit für weitere Nutzungsphasen. Wie die eigenen Erfahrungen aus dem Großversuch gezeigt und bestätigt haben, ist es unerlässlich den Ablauf des Rückbaus bereits in allen Entwurfsphasen und bei der Detailplanung sehr genau zu berücksichtigen. Das heißt, die Planung muss sowohl die Errichtung wie auch den späteren Rückbau des Gebäudes umfassen. Planungsfehler für die Rückbauphase erschweren die beschädigungsfreie Demontage und den Rückbau für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft erheblich.

Das Denken von Gebäuden im gesamten Lebenszyklus ist unerlässlich!

6. Literaturverzeichnis

[1] Statistisches Bundesamt: Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Materialflüsse in Millionen Tonnen. Online, Abruf am 17.09.2024. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Tabellen/material-energiefluesse.html

[2] Statistisches Bundesamt: Abfallwirtschaft. Kurzübersicht Abfallbilanz. Online, Abruf am 17.09.2024. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html#647044

[3] Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland. Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds «Errichtung und Nutzung von Hochbauten» auf Klima und Umwelt. BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2020, ISSN 1868-0097

[4] DIN CEN/TS 19103: 2022-02: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Berechnung von Holz-Beton-Verbundbauteilen – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung CEN/TS 19103:2021. Deutsches Institut für Normung, Februar 2022

[5] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): KVB-Verbinder – Reisser Schrauben als Abhebesicherung für Holz-Beton-Verbunddecken mit Kerven. Allgemeine Bauartgenehmigung aBG Z-9.1-916 vom 06.08.2024

[6] Reisser Schraubentechnik GmbH: KVB-Verbinder. Sicher zugelassen. Die erste Abhebesicherung mit Zulassung für Holz-Beton-Verbunddecken mit Schubkerve, Informationsbroschüre, 2024

[7] https://www.brueninghoff.de/news/details/spatenstich-bei-sesotec-in-niederbayern/ und https://www.brueninghoff.de/news/details/meilenstein-in-schoenberg-erreicht/ Abruf am 06.11.2024

[8] Rosen, A.: Urban Mining Index. Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 344 Seiten, 2021

[9] Hillebrandt, A., Riegler-Floors, P., Rosen, A., Seggewies, J.-K.: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource, Edition Detail, 2021

7. Über Brüninghoff

Seit über 50 Jahren perfektioniert die Brüninghoff Group das industriell vorgefertigte Bauen in der Kombination aus Holz, Beton, Stahl und Aluminium. Sechs Gesellschaften der Group mit 700 Beschäftigten planen, produzieren, realisieren und erbringen Serviceleistungen für Immobilien. Sie treiben Innovationen voran und sind Technologievorreiter für nachhaltige und ressourceneffiziente Bauteil-, Gebäude- und Energielösungen. Brüninghoff versteht das Gebäude im Lebenszyklus und bietet alle Leistungen aus einer Hand bis hin zur Wiederverwendung der eigenen Produktentwicklungen.

Hasletre – ein anpassungsfähiges, demontierbares Bürogebäude in Holzbauweise in Oslo

Moritz Groba
Oslotre
Oslo, Norwegen



Hasletre – ein anpassungsfähiges, demontierbares Bürogebäude in Holzbauweise in Oslo



Abbildung 1: Fassade – Foto: Einar Aslaksen

1. Ausgangspunkt

Das Projekt HasleTre im Nordosten Oslos ist ein ca. 3000 Quadratmeter großes Bürogebäude mit 4 Etagen in Holzkonstruktion auf einem Keller in CO_2-reduziertem Beton. Es ist ein Vorzeigebeispiel für die zukünftige kreislauforientierte Bauindustrie. Die Holzkonstruktion ist darauf ausgelegt, demontiert und wiederverwendet werden zu können, unter anderem durch die großflächige Anwendung von Holz-zu-Holz-Verbindungen.

Der Startschuss für das Projekt fiel im Dezember 2019. Die Baugenehmigung wurde im Dezember 2020 eingeholt, im März 2021 wurde der Bürobau auf dem Mietmarkt angeboten und im Herbst 2022 fertiggestellt. Das Gebäude ist langfristig an «Save the Children», auf Norwegisch «Redd Barna», vermietet, die im Januar 2023 die Einweihung feierten.

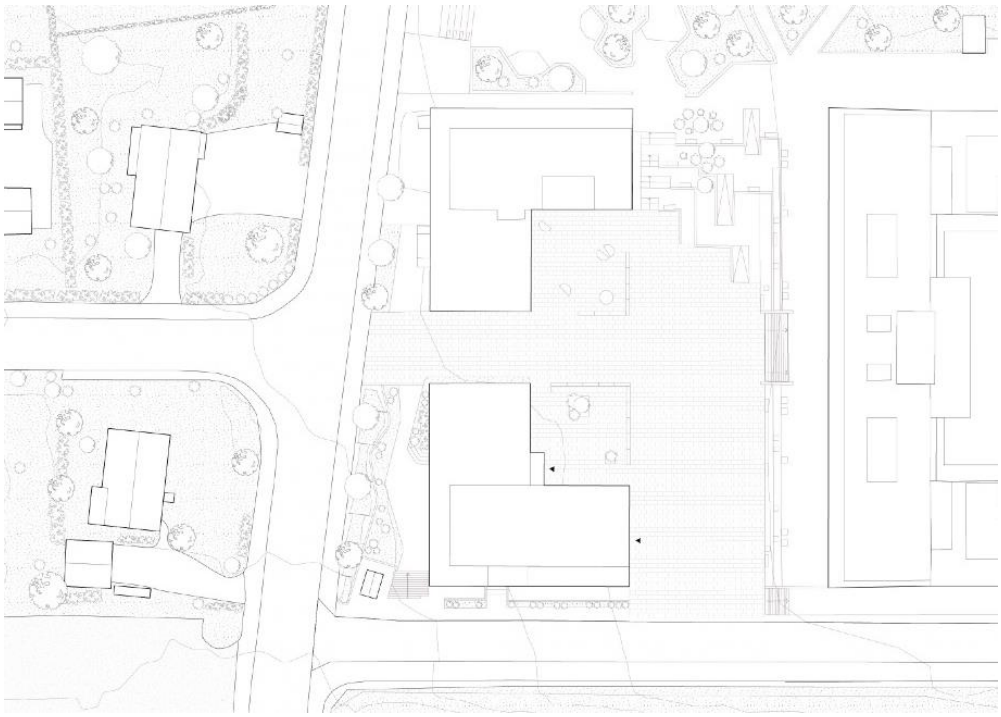


Abbildung 2: Situationsplan – Foto: Oslotre

HasleTre ist Norwegens erstes demontierbares und wiederverwendbares Bürogebäude aus Holz. Der umfangreiche Einsatz von vorgefertigten Holzelementen und innovativen Holz-zu-Holz-Verbindungen im Tragwerk und den Decken ermöglicht eine einfache Montage und Demontage. Das Innenraumkonzept setzt die Umweltambitionen des Gebäudes fort, indem es auf eine demontierbare Einrichtung und die Wiederverwendung von losem Inventar aus den alten Büros von Redd Barna setzt.

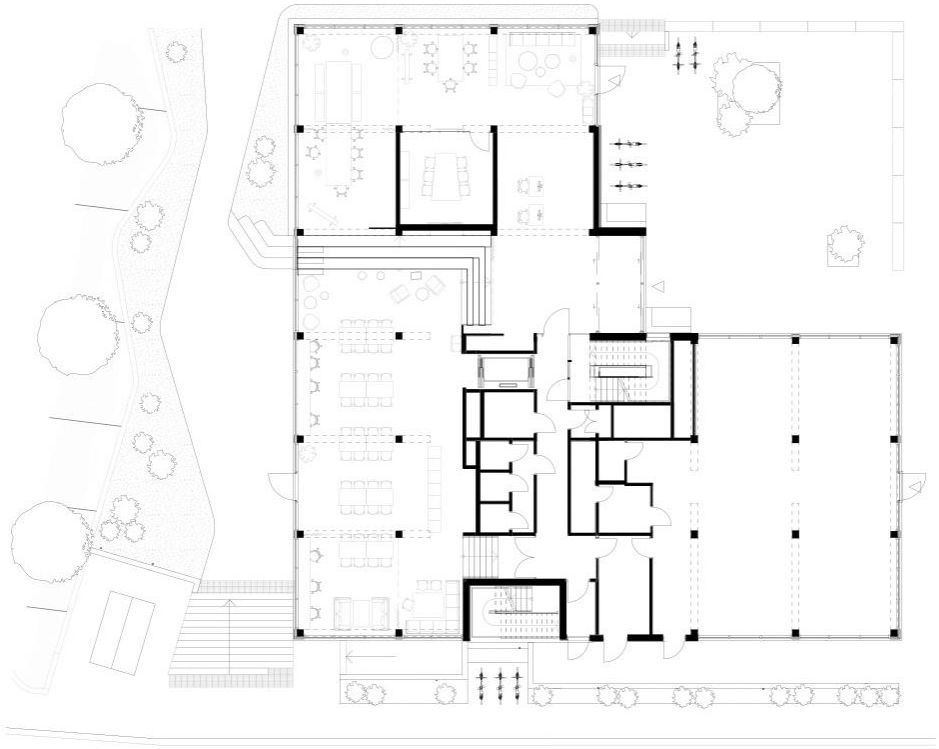


Abbildung 3: Plan Erdgeschoss – Foto: Oslotre

HasleTre ist ein Beispiel dafür, wie gute Architektur zu nachhaltiger Innovation und dem Umbruch der Bau- und Immobilienbranche hin zu einer neuen Kreislaufwirtschaft inspirieren und beitragen kann.



Abbildung 4: Millimetergenaue Vorfertigung und Montage – Foto: Moritz Groba

Weltweit ist der Bausektor für etwa 40 % der Treibhausgasemissionen, ca. 40 % des Rohstoffverbrauchs und rund 40 % der Abfallerzeugung verantwortlich. Diese Entwicklung kann in einer Welt mit zunehmendem Ressourcenmangel und negativen Klimaänderungen nicht beibehalten werden. Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen und der Übergang von der Wegwerf- zur Kreislaufwirtschaft sind wichtige Ansätze, um diese Herausforderungen zu lösen.

Neben der Bestellung eines Büros in Holzbauweise, war die Konzentration auf Wiederverwendung und Wiederverwertbarkeit von Anfang an von Bauherrenseite gefordert. Ein Aspekt dieses Ziels war, dass Gebäudekomponenten, Technik und Interieur angepasst, demontiert und wiederverwendet werden können. Auf diese Weise wird Flexibilität und Anpassungsfähigkeit mit eingeplant, und die verwendeten Materialien und Komponenten können lange im Kreislauf verbleiben.
Bereits früh wurde für das Projekt auch die Ambition ausgerufen, die Treibhausgasemmissionen gegenüber einem Bürogebäude in konventioneller Bauweise um mindestens 50% zu reduzieren.

2. Entwurfsprozess

HasleTre ist das Resultat einer engen Zusammenarbeit zwischen ambitionierten Bauherren und Mietern und visionären Architekten und Innenarchitekten, mit dem gemeinsamen Ziel, etwas Außergewöhnliches zu schaffen. Für Höegh Eiendom und AF Eiendom, die gemeinsam das gesamte Areal «Hasle Linje» bebauen, hatte Oslotre schon früher eine Studie für ein Bürogebäude im südnorwegischen Moss durchgeführt.
Diese frühere Zusammenarbeit verdeutlichte das Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen um bis zu 60 % durch den Ersatz von Stahl- und Betonstrukturen durch Holz. Diese Erkenntnisse waren die Grundlage für die Formulierungen der Ansprüche für HasleTre.

Für den Mieter Redd Barna entsprach das Gebäude den eigenen formulierten Umweltambitionen, die eines der Kernthemen der Fokussierung auf faire Lebensbedingungen für Kinder und zukünftige Generationen bilden. Das Innenarchitekturbüro Romlaboratoriet wurde aufgrund seiner Ambitionen innerhalb der Themen Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft ausgewählt, um das architektonische Konzept in der Möblierung fortzusetzen.

Die Konzeptualisierung des Projekts sowie die Entwurfs- und Vorplanungsphase wurden von den Bauherren gesteuert. Gemeinsam mit den Architekten konzipierten Vertreter der Bauherren und wichtige Fachplaner das Projekt und verankerten früh zentrale Umweltziele für den Bau eines demontierbaren und wiederverwendbaren Holzgebäudes mit BREEAM NOR Excellent-Zertifizierung.
In einer Konzeptstudie wurden Untersuchungen zu Materialauswahl, Tragstrukturen und Verbindungen durchgeführt, um die Eignung für die Demontage und die generelle Baubarkeit zu belegen. Die Konzeptstudie gab der Projektgruppe die nötige Sicherheit um mit innovativen Ansätzen, insbesondere für die Holzverbindungen und das Tragwerk zu planen.

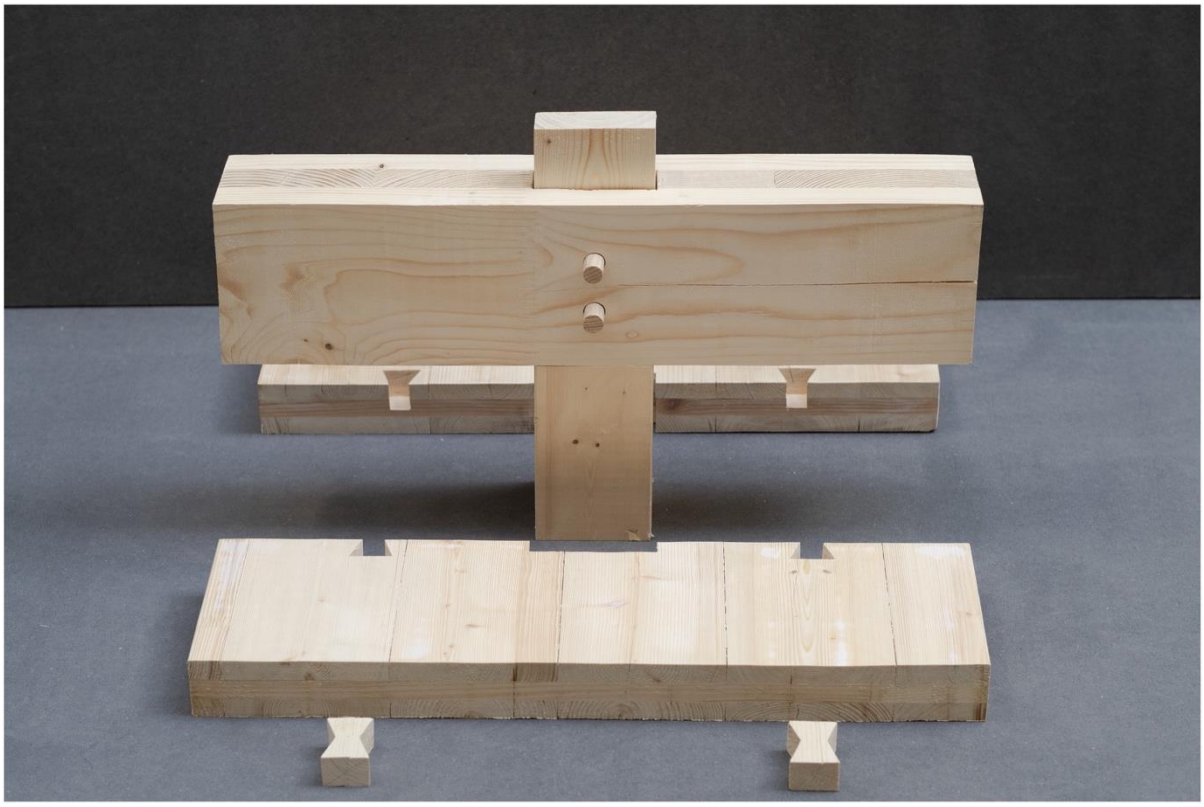


Abbildung 5: Mock Up Konstruktionsprinzip – Foto: Jørgen Tycho

Während der Vorplanung wurden die Holzverbindungen in Modellen in der Werkstatt der Architekten weiter ausgearbeitet. Diese Studien waren sehr wichtig, um Verständnis für und Vertrauen in die Bauabläufe und Tragfähigkeit der Verbinder zu schaffen und waren damit entscheidend dafür, dass diese Lösungen auch im fertigen Projekt zur Anwendung kamen.

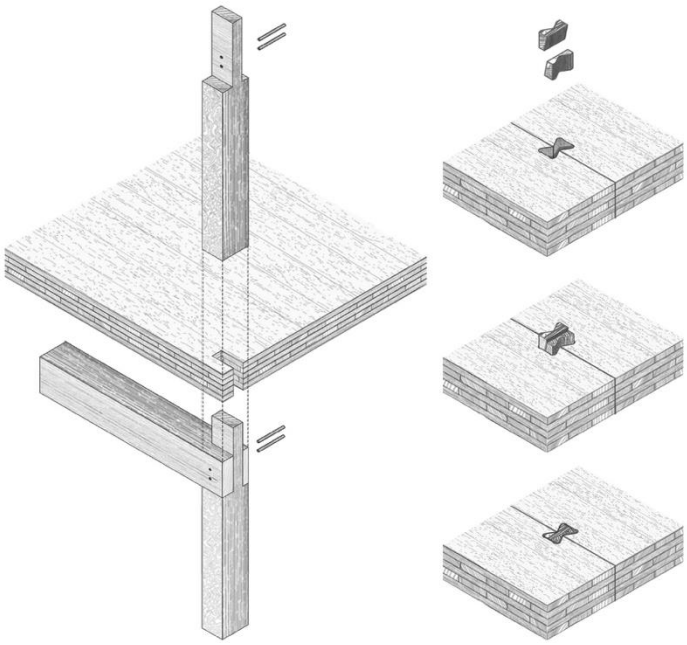


Abbildung 6: Konstruktionsprinzip – Foto: Oslotre

Mit dem Übergang zum Detailprojekt übernahm ein Generalunternehmer das Projekt. Dessen Verpflichtung zu den gesetzten Umweltzielen und Ambitionen des Projekts war der Schlüssel zur Umsetzung innovativer Lösungen und zur Integration von wiederverwendeten Materialien in das Projekt.

Redd Barna unterzeichnete im Sommer 2021 den Mietvertrag für HasleTre und erhielt damit die Möglichkeit, aktiv an der Entwicklung der Innenraumlösungen und des Interieurs teilzunehmen. In Zusammenarbeit mit ihren eigenen Innenarchitekten von Romlaboratoriet und den Innenarchitekten des Bauherrn von I.D. arkitektur entwickelte Redd Barna ein Innenraumkonzept, bei dem die Holzarchitektur des Gebäudes und wiederverwendetes Inventar die Grundlage für das Design bildeten. Soziale Nachhaltigkeit und Innovation standen auch bei Redd Barna und Romlaboratoriet hoch im Kurs, sowohl Schülerinnen und Schüler von weiterführenden Schulen als auch Arbeitsintegrationsunternehmen wurden engagiert, um Möbel zu recyceln oder herzustellen.

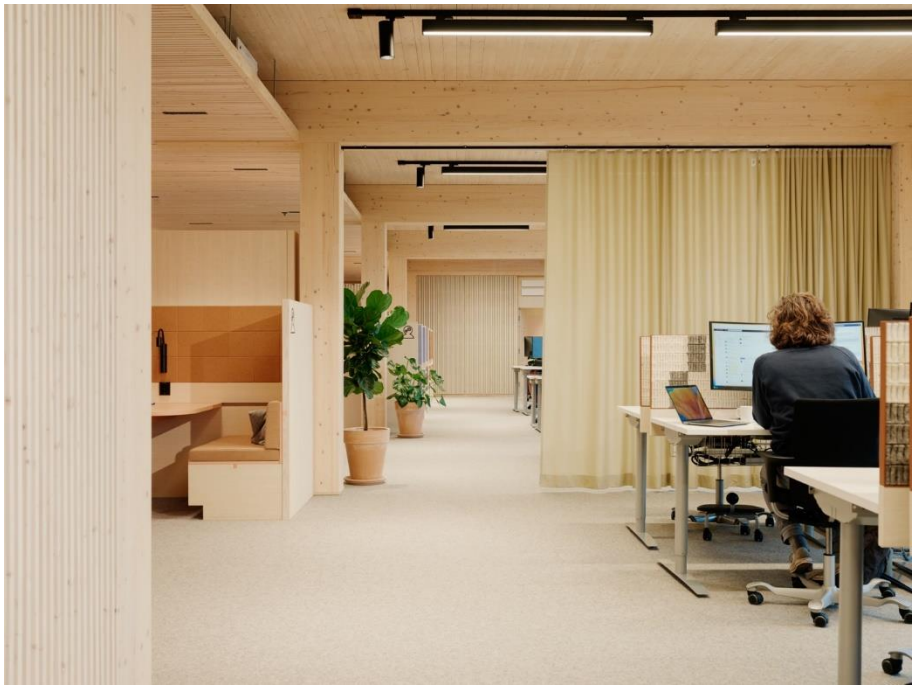


Abbildung 7: Arbeitsplätze und renovierte Möbel – Foto: Einar Aslaksen

Die Zuweisung von Verantwortlichkeiten und Risikobewertungen kann sowohl bei der Arbeit mit innovativen Lösungen als auch mit wiederverwendeten Materialien herausfordernd sein. Eine frühzeitige Verankerung von Prinzipien und Lösungen ist entscheidend, um die Kontinuität im Projekt vom Anfang bis zum Abschluss sicherzustellen. Im HasleTre-Projekt konnten die Architekten beispielsweise die Verantwortung für die Bauplanung übernehmen und den Lieferanten bei der Einführung neuer und unbekannter Lösungen entlasten. Darüber hinaus übernahm der Bauherr ein Teil des Risikos durch die Verwendung gebrauchter Materialien im Projekt. Diese Bereitschaft, Risiken zu tragen, ist ein zentrales Mittel zur Förderung von Innovation.

Die noch recht junge Wiederverwendungsbranche befindet sich in der Entwicklung und in starkem Wachstum, hat jedoch weiterhin Herausforderungen in Bezug auf unter Anderem Verfügbarkeit und Logistik und damit auch die Materialpreise. Dies spiegelt sich im Prozess rund um das HasleTre-Projekt wider, wo der Einsatz von wiederverwendeten Materialien zu weniger Vorhersehbarkeit führte und Ad-hoc-Untersuchungen und Materialauswahl während des Prozesses erforderte sowie Anpassungen und Änderungen an bereits geplanten Lösungen.

3. Gebäudekonzept

HasleTre wurde für Demontage und Wiederverwendung und somit zirkuläre Strategien mit Fokus auf den Materialkreislauf bei der Errichtung, während der Nutzung und beim Abbau konzipiert.

Die Tragstruktur wurde so gestaltet, dass größtmögliche Standardproduktionsformate verwendet wurden, die wenig bearbeitet und perforiert sind. Dadurch behalten die Elemente auch nach dem Abbau ihren Wert.



Abbildung 8: 15 x 3m große Brettsperrholzelemente – Foto: Moritz Groba

Die Verwendung von Holz-zu-Holz-Verbindungen reduziert den Einsatz von Stahl im Gebäude und ermöglicht eine vereinfachte Demontage. Wenn erforderlich, können die Holzverbindungen aufgebohrt oder -gesägt werden, ohne dass die Bauelemente beschädigt werden. Die Brettsperrholzelemente in Decken und Wänden sind mit zweiteiligen, doppelten Schwalbenschwanzverbindungen in Birkensperrholz (X-fix aus Österreich) verbunden. Dies ist das erste Mal, dass das X-fix-System in Skandinavien zum Einsatz kam.



Abbildung 9: X-Fix Verbinder in einer der Wände – Foto: Moritz Groba

Die Stützen und Balken sind mit langen, schlanken Dübeln aus Buchenholz fixiert. Hierfür wurde der Balken ab Werk vorgebohrt, diese Bohrungen dienten dann als Schablobe für die Bohrung in der Stütze während der Montage. So konnten leichte Toleranzen aufgenommen werden.



Abbildung 20: Montage Buchendübel – Foto: Moritz Groba

In der zentralen Achse der Konstruktion sind die Balken unterbrochen. Hier wird die sekundäre Tragfähigkeit der eigentlich quer zu den Balken spannenden Brettsperrholzplatten ausgenutzt, um frei über den 1,6 m breiten Installationskorridor zu spannen. Somit werden Perforierungen in den Trägern vermieden und damit die Wiederverwendbarkeit erhöht. Gleichzeitig können Installationen leicht angepasst werden, ohne von Durchbruchdurchmessern abhängig zu sein.



Abbildung 31: Freier Installationskorridor, Rohbauphase – Foto: Moritz Groba

Die Holzverkleidungen im Inneren sind mit Lignoloc Holznägeln befestigt, so dass nicht Reste von Metallstiften die Wiederverwendbarkeit der Holzplatten beeinträchtigen.
Das Projekt stellt damit ein Gebäude der nächsten Generation dar, bei dem alte Holztechniken an die moderne industrielle Produktion angepasst wurden.



Abbildung 42: LignoLoc Holznägel – Foto: Moritz Groba

Die Planung und Organisation des Gebäudes ermöglichen alternative Nutzung und Umgestaltung der Räumlichkeiten im Laufe der Zeit. Die Stützen stehen in einem einfachen, quadratischen Raster mit rund fünf Metern Achsabstand, was eine einfache Aufteilung in neue Räume entsprechend zukünftiger Anforderungen ermöglicht.



Abbildung 13: Plan Typische Etage – Foto: Oslotre

Das Innere ist anpassungsfähig gestaltet, mit demontierbaren Oberflächen, leicht zugänglichen technischen Systemen und einem modularen Holzboden auf Stützfüßen, der sich einfach an Änderungen im Plan anpassen lässt. Demontageanweisungen werden dem Gebäude beigelegt und bieten Anleitungen für Änderungen und den endgültigen Abbau.
Im Bau werden unter anderem das Lüftungsaggregat, Akustikplatten, Sanitärinstallationen und Bodenbeläge aus anderen Projektenwiederverwendet. Redd Barna setzt die Wiederverwendung mit seinem Interieurkonzept fort, das auf der Wiederverwendung von Möbeln und Inventar basiert.

Die Fassade ist mit unbehandelten Schindeln in Fichtenkernholz verkleidet, die in ihrer Kleinteiligkeit und mit dem liegenden Format sowie der auf Sicht variierenden Vergrauung die Ziegelfassade des benachbarten «Vinslottet» aufnehmen.



Abbildung 54: Fassade an der Dachterrasse – Foto: Moritz Groba



Abbildung 65: Sitztreppe – Foto: Einar Aslaksen

4. Umwelteigenschaften

Das fertige Projekt hat sowohl national als auch international viel Aufmerksamkeit auf sich gezogen, da es zeigt, dass es möglich ist, effiziente Holzbauten zu errichten, ohne dass dies zu Lasten der architektonischen Qualität oder der Umwelt geht. HasleTre gewann den norwegischen Preis als «Holzbau des Jahres 2022», war einer der drei Finalisten für den Architekturpreis der Stadt Oslo 2023 und gewann die renommierte Anerkennung des norwegischen Instituts für Design und Architektur (DogA) 2024.

Redd Barna berichtet von gesteigerter Zufriedenheit und Präsenz unter ihren Mitarbeitern. Das Projekt ist zu einem wichtigen Identitätsmerkmal für die Organisation geworden, das ihre eigene Arbeit für eine nachhaltige Zukunft für Kinder weltweit unterstützt.
Die Berechnungen für HasleTre zeigen eine 59%ige Reduktion der Treibhausgasemissionen aus Materialien und Energieverbrauch über einen Lebenszyklus von 60 Jahren gemäß der norwegischen Referenz «FutureBuilt Zero v01». Die Verwendung von regionalem, norwegischen und schwedischen Holz ist ein entscheidender Faktor für die erhebliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Das Gebäude ist BREEAM NOR Excellent-Zertifizierung zertifiziert, was die ganzheitliche Herangehensweise des Projekts an Umwelt und Nachhaltigkeit bescheinigt.

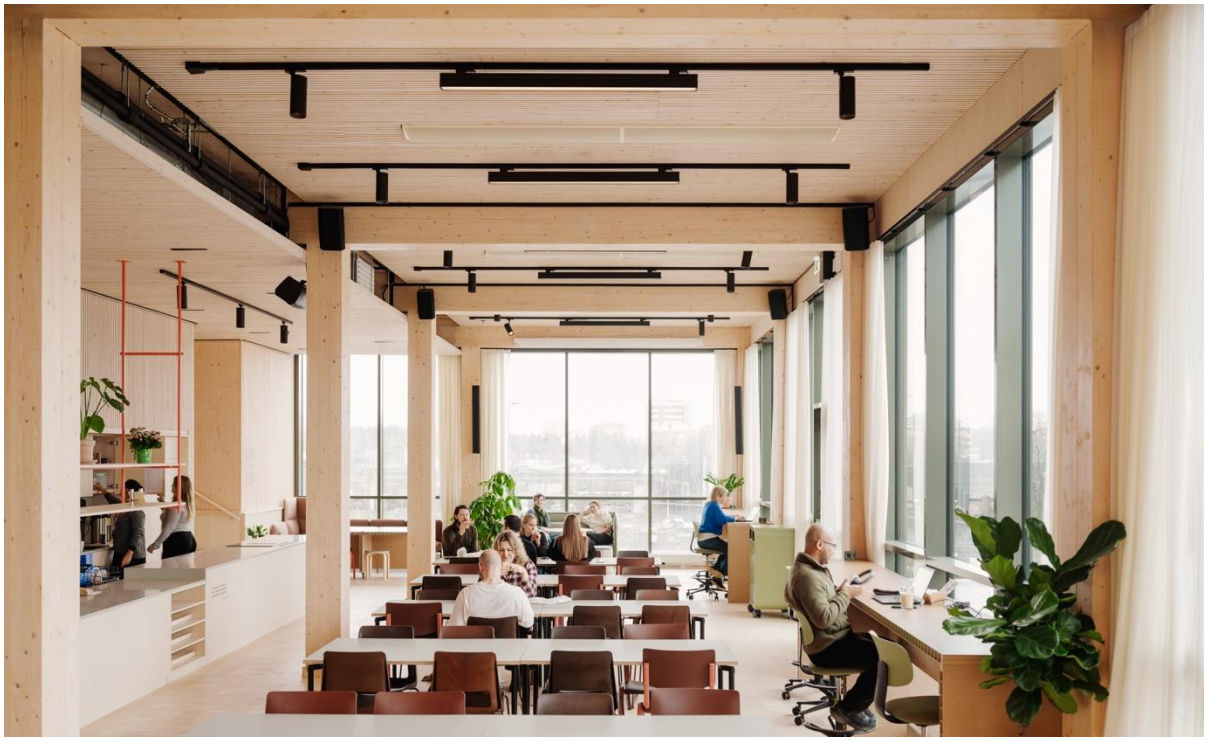


Abbildung 76: Multifunktionsraum – Foto: Einar Aslaksen

Für die Möblierung wurden 60% der gebrauchten Möbel von Redd Barna wiederverwendet oder zusätzliche Möbel auf dem Gebrauchtmarkt erworben. Mit einer durchschnittlichen CO_2-Einsparung von 90 kg pro Möbelstück hat das Projekt alleine hier mehr als 35 Tonnen CO_2 Emissionen eingespart.
Die verbleibenden 40% der Möblierung sind notwendige Neukäufe, die alle verschiedenen Umwelt- und Kreislaufanforderungen entsprechen. Bänke und Tische sind aus dem Material Greengridz (biologisch abbaubar, recycelte Zellulosefasern) gebaut und sind so konzipiert, dass sie demontiert werden können. Kantinenstühle bestehen aus recyceltem Meeresplastik.

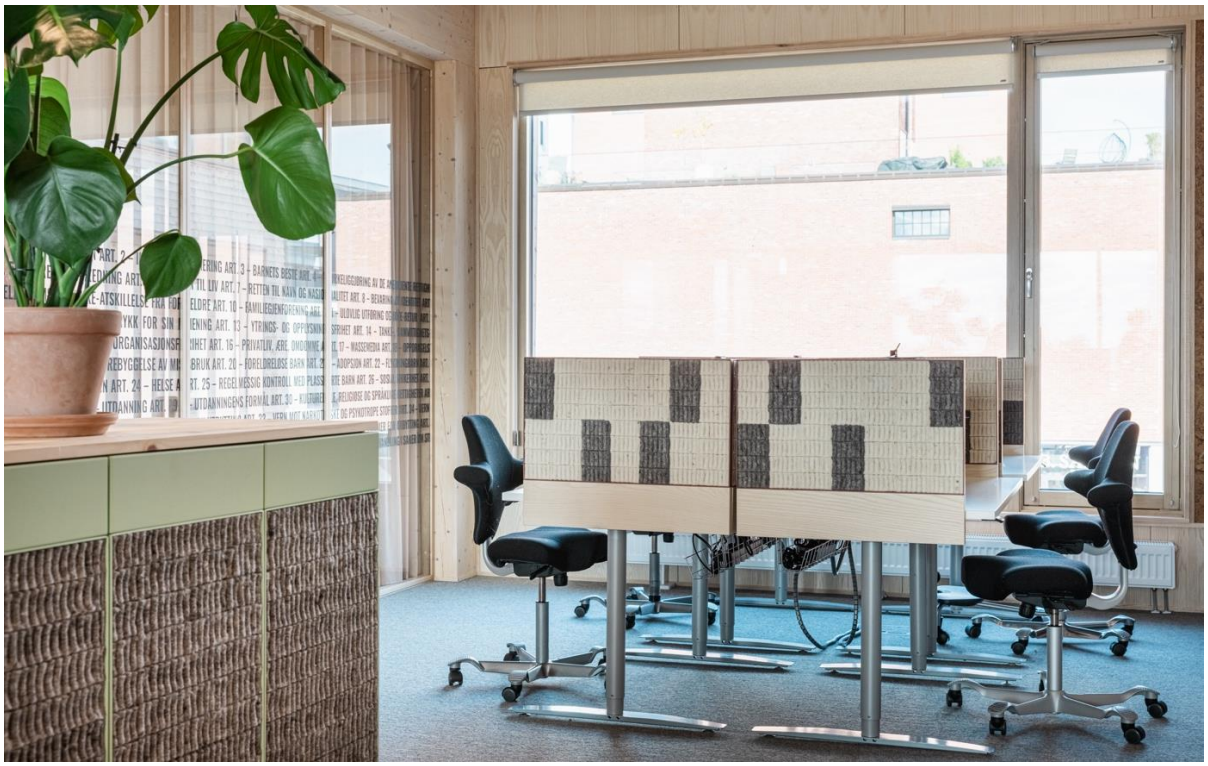


Abbildung 87: Arbeitsplätze mit Woll-Absorbenten – Foto: Kevin Fauske

Weitere Beispiele sind Trennwände aus überschüssiger Wolle, Besprechungstische mit überschüssigem Linoleum und kleine Tische mit Platten aus recyceltem Aluminium.

Gesundheit und Lebensqualität sind eines der 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen und eine wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige gesellschaftliche Entwicklung. In Norwegen verbringen wir etwa 90% unseres Lebens in Innenräumen. Daher ist ein gesundes Raumklima von entscheidender Bedeutung für die präventive Gesundheitsfürsorge. In HasleTre schaffen freiliegende Holzoberflächen eine natürliche, warme Atmosphäre. Die umfangreiche Verwendung von Holzlamellen und Korkplatten sorgt für eine gute Raumakustik. Der Teppich in den Büroräumen ist ein industriell hergestellter Ziegenhaarteppich mit hygroskopischen, luftreinigenden und antiseptischen Eigenschaften. Die hygroskopischen Eigenschaften von Holz und Wolle tragen dazu bei, die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen zu regulieren und stabil zu halten. Große, gut platzierte Fenster in der Fassade sorgen für ausreichend Tageslicht, was sich positiv auf die Konzentration der Menschen auswirkt. Öffnungsflüge in vielen Fenstern und Raumsteuerungen von Temperatur, Licht und Sonnenschutz geben den Nutzern persönlichen Einfluss auf das Raumklima.

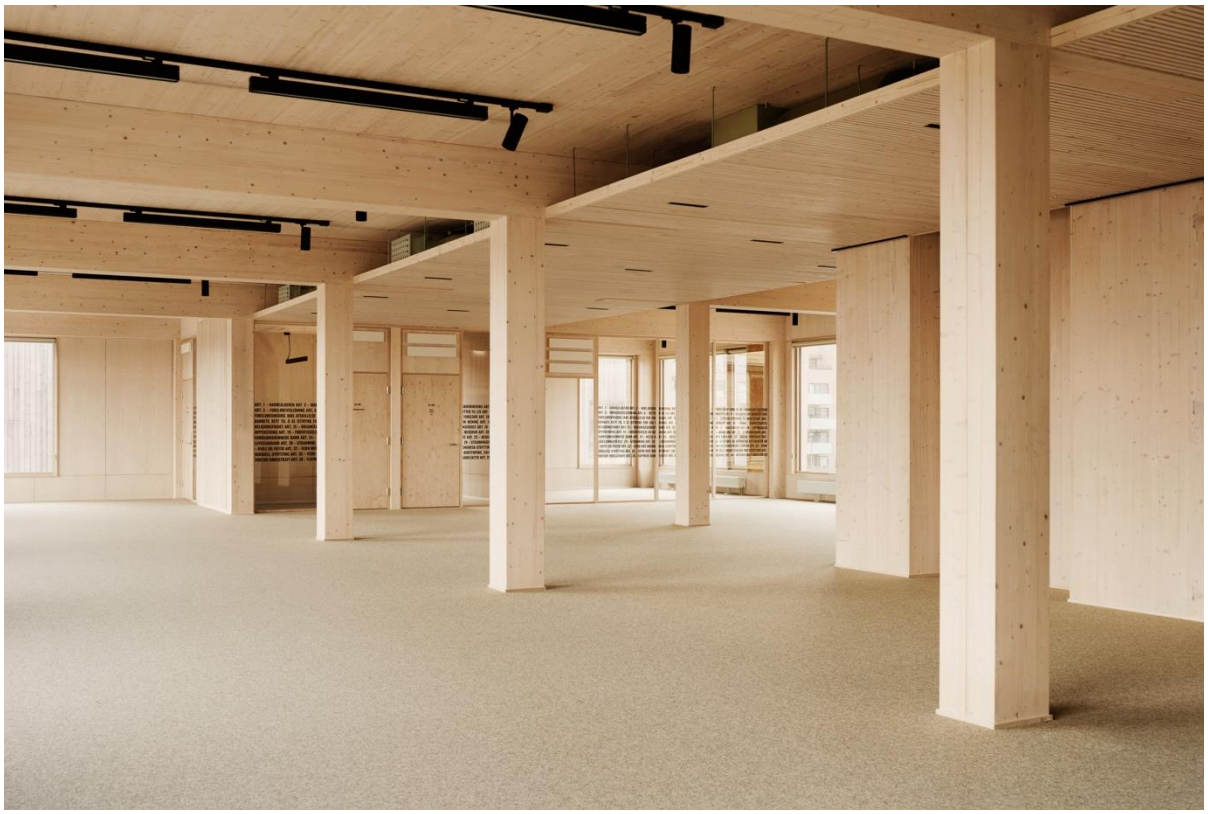


Abbildung 98: Büroetage – Foto: Einar Aslaksen

Die Kombination all dieser Elemente trägt dazu bei, dass HasleTre ein angenehmes und gesundes Gebäude ist, in dem man sich gerne aufhält. Ein Gebäude, das gute Rahmenbedingungen für einen produktiven Arbeitstag schafft.

Derzeit läuft eine Studie in Zusammenarbeit mit Redd Barna und der NMBU (Norwegens Umwelt- und biowissenschaftliche Universität in Ås), um die mögliche Reduktion des Krankenstandes durch den Umzug in ein neues Gebäude mit weitreichendem Einsatz von Naturmaterialien und gutem Tageslichteinfall im Vergleich zu älteren Daten aus früheren Räumlichkeiten zu untersuchen.
Gleichzeitig werden verschiedene quantitative Messungen zur Luftqualität, Akustik, Wohlbefinden und Stromverbrauch durchgeführt, um die Ergebnisse zu untermauern.

Die Konzeptionierung für einen kreislaufwirtschaftlichen Materialfluss bei der Errichtung, Nutzung und Entsorgung schafft wirtschaftliche Auswirkungen für die Gesellschaft und den Bauherrn. Durch die Planung für die Demontage wird HasleTre zu einer wertvollen Materialbank für zukünftige Generationen, die gleichzeitig das im Holz gebundene CO_2 einlagert.
Die Planung eines Neubaus, bei dem bereits jetzt berücksichtigt wird, wie die Materialien in 100 Jahren demontiert und wiederverwendet werden können, ist eine zugleich uralte und im heutigen gebauten Kontext neue und innovative Denkweise.
Sie verändert das etablierte Verständnis von Gebäuden als einmalige Investition. Materialien und Komponenten, die zurück in die Wertschöpfungskette gelangen, haben sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile. Dies ist ein grundlegend andersartiges Denken, das das Investitions- und Renditeverständnis für die gesamte Bauindustrie verändern kann. So wurden zum Beispiel die Bürostühle von Redd Barna in ein sogenanntes «Möbelspa» geschickt und erhielten daraufhin als erste wiederverwendete Möbel eine 3-jährige Neuwertig-Garantie nach Neubezug und Überholung. Auf diese Weise trägt die Wiederverwendung von Möbeln zu einer erhöhten Nachfrage nach Handwerksbetrieben und zur Sicherheit für die weitere Verwendung vorhandener Produkte bei. Durch die Arbeit von Romlaboratoriet wurden für das Projekt auch akustische Trennwände basierend auf Restmaterialien aus der Wollproduktion entworfen und entwickelt. Überschüssige Wolle, die sonst als ungeeignet für die Garnproduktion betrachtet wird, wird wieder in die Wertschöpfungskette aufgenommen.

Durch Regenbecken, Biotopdächer und grüne Fassaden leistet das Projekt auch einen wichtigen Beitrag zur Abdämpfung von Starkregenereignissen und zur Stärkung der biologischen Vielfalt in der Umgebung; durch die Bepflanzung mit heimischen Gewächsen, die bestäubenden Insekten anziehen, sowie die Installation von Insektenhotels und Vogelhäuschen an der Fassade.



Abbildung 109: Übersichtsbild mit dem «Vinslottet» im Hintergrund – Foto: Moritz Groba

Ohne Parkplätze für Autos geplant, ist HasleTre auch ein wichtiges Vorzeigeprojekt für die Förderung umweltfreundlicher Verkehrsmittel. Das Gebäude ist an ein bereits gut etabliertes Fahrradnetz angeschlossen. Es gibt großzügige und gut ausgestattete Umkleideräume für Fahrradfahrer, und die Nutzer des Gebäudes können eine sichere und verschlossene Fahrradgarage nutzen. Das Gebäude ist sehr gut an den öffentlichen Nahverkehr angebunden, mit zwei U-Bahn-Stationen und mehreren Bushaltestellen innerhalb eines Radius von 450 m.

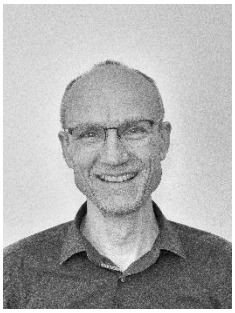
Freitag, 6. Dezember 2024

Block A

Exponierte Ingenieurbauwerke

Argumente für die Wirksamkeit und Notwendigkeit des vorbeugenden baulichen Holzschutzes

PD Dr.-Ing. Matthias Frese
Karlsruher Institut für Technologie
Holzbau und Baukonstruktion
Karlsruhe, Deutschland



Elisabet Kuck, M.Sc.
Karlsruher Institut für Technologie
Holzbau und Baukonstruktion
Karlsruhe, Deutschland



Argumente für die Wirksamkeit und Notwendigkeit des vorbeugenden baulichen Holzschutzes

1. Einleitung

1.1. Relevanz des vorbeugenden baulichen Holzschutzes

Positive und negative Erfahrungen mit der Dauerhaftigkeit von verbautem Holz belegen, dass gelungene vorbeugende bauliche Maßnahmen [1] ein Garant für das langfristige Bestehen von verbautem Holz sind. Zu solchen Maßnahmen zählen vor allem weite Dachüberstände und oberseitige bzw. seitliche Bekleidungen von Holzbauteilen sowie bauliche Voraussetzungen für schnelles Ableiten von Wasser auf direkt bewittertem Holz und schließlich Zutritt von trocknender Luft. Diese vorbeugenden baulichen Maßnahmen stellen für das Holz entweder ein stets trockenes Materialklima oder aufgrund eines gegebenen Rücktrocknungspotenzials ein variables Materialklima sicher, so dass Wachstumsbedingungen für holzzerstörende Pilze nicht gegeben sind [2]. Holz kann unter diesen Bedingungen hunderte von Jahren haltbar und tragfähig bleiben.
Mittlerweile gibt es im gegenwärtigen Holzbau eine enorme Spanne von individuellen baulichen Gegebenheiten bis hin zu konstruktiven Details, deren Dauerhaftigkeit sicherzustellen ist. Im Entwurfs-, Planungs- und Detaillierungsprozess verlangt das vor allem bei exponierten Bauwerken aus Holz, zum Beispiel Brücken, offenen Überdachungen und Türmen, nach einer genauen individuellen Analyse der zukünftigen feuchte- und trocknungsbedingten Prozesse und Randbedingungen. Hierzu sind nachvollziehbare Erfahrungen mit althergebrachten Maßnahmen des vorbeugenden baulichen Holzschutzes, besondere Lösungsansätze, neue Empfehlungen und inspirierende Impulse hilfreich.
Im Auftrag des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg wurden im Zuge einer Feldforschung zwei Jahre lang Maßnahmen und Sachverhalte zum vorbeugenden baulichen Holzschutz an Bauwerken, die mehrheitlich ab 1950 entstanden sind, dokumentiert, analysiert, bewertet und für normative Prozesse aufbereitet [3]. Die Identifikation der betreffenden Holzbauwerke und ihrer Ausstattung erfolgte für diese Feldforschung systematisch und zufällig. Ein entscheidendes Hilfsmittel waren auch gut zugängliche Dokumentationen und Publikationen, die entsprechende äußerliche bauliche Merkmale vermittelten. Eine Identifikation über Äußerlichkeiten führt dazu, dass vor allem Ausstattungen beobachtet und dokumentiert wurden, die im Zusammenhang mit Niederschlägen und Sonneneinstrahlung stehen. Das ist naheliegend, weil fast jede Form des Schutzes vor allem gegen Niederschläge bzw. feuchte- und sonnenlichtbedingte Veränderungen äußerlich und mit dem Auge wahrnehmbar sind. Andere Maßnahmen und Ausstattungen gegen Auffeuchtung während Transport-Lagerung-Montage, zu hohe Einbau- bzw. Nutzungsfeuchte, Feuchte aus angrenzenden Stoffen oder Bauteilen und schließlich Tauwasser lassen sich nicht ohne Weiteres mit dem bloßen Auge erkennen. Die vom äußeren Erscheinungsbild und tatsächlichen Zustand abhängige Identifikation führt daher zu einer nicht repräsentativen Darstellung von gelungenen und bisweilen missglückten oder verfehlten Maßnahmen des vorbeugenden baulichen Holzschutzes. Im statistischen Sinne handelt es sich damit um eine nicht kontrollierbare Erhebung, die dem wissenschaftlichen Nachweis der Wirksamkeit oder Notwendigkeit einer Maßnahme nicht gerecht wird. Gleichwohl dient eine solche Darstellung dem Schildern von Sachverhalten und damit der so wichtigen Sensibilisierung für den vorbeugenden baulichen Holzschutz.
Für dieses Referat wurden aus den zusammengetragenen Maßnahmen und Sachverhalten vor allem solche ausgewählt, die einen technischen Bezug zu exponierten Bauwerken aufweisen. Solche Bauwerke bewegen sich fast immer in dem Spannungsfeld, das durch «Zeigen» und «Schützen» der Holzkonstruktion gekennzeichnet ist. «Zeigen» und «Schützen» sind zwei Absichten, die sich zunächst einmal ausschließen, denn was man zeigt wird auch nass. Das muss aber nicht immer so sein. Es gibt Mittel und Wege, Kompromisse und Lösungen, die beiden Zielen gerecht werden.

1.2. Wirksamkeit und Notwendigkeit

Dass vorbeugende bauliche Maßnahmen gegen Niederschläge immer direkt oder bisweilen indirekt sichtbar sind, mag für die Weiterentwicklung und Konsolidierung des vorbeugenden baulichen Holzschutzes essenziell sein. Gute und schlechte Erfahrungen sind damit wahrnehmbar und im Zusammenhang mit der Dauerhaftigkeit für entsprechende Abschätzungen als Grundlage normativ sogar vorgesehen, s. [4, Abschn. 2.4 (4)]. Vorbildlich vorbeugend baulich geschützte Bauwerke vermitteln über Jahrzehnte, oftmals auch über Jahrhunderte hinweg gute Erfahrungen. Sie können bei gegebenem Willen verinnerlicht und auf überzeugende Weise weitergegeben werden. Ein immer wieder dafür angeführtes Beispiel sind all die gedeckten und seitlich angemessen mit Boden-Deckel-Schalung bekleideten Holzbrücken, die sich bei entsprechender Instandhaltung und rechtzeitiger Reparatur als äußerst dauerhaft erweisen. Um ihre Tragstruktur zu erfahren, muss man sie ihrer Funktion folgend durch- oder überschreiten, weil sie von außen nicht sichtbar ist. Jene Bauwerke, die für ernüchternde Erfahrungen stehen, dienen dem wichtigen Gegenteil. Bei ihnen hat man die Struktur häufig nach außen gekehrt und dadurch nicht nur dem Auge, sondern auch der Witterung preisgegeben. Es steht außer Zweifel, dass der nach über 220 Jahren vorhandene Zustand der in Abb. 1 dargestellten Brücke und derjenige nach etwa 50 Jahren des in Abb. 2 dargestellten Kirchengebäudes auf direkte Weise etwas über Wirksamkeit bzw. Notwendigkeit des vorbeugenden baulichen Holzschutzes mitteilen. Das kann eine theoretisch-normative oder theoretisch-technische Empfehlung nicht leisten. Wir brauchen daher eine praktische Ergänzung: Der Eigenwahrnehmung für Wirksamkeit und Notwendigkeit von vorbeugenden baulichen Maßnahmen sollte daher besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.



Abbildung 1: Ockenauer Steg im Jahr 2022 über die Jagst bei Kirchberg, Bj. um 1800, Dachhaut 2021 erneuert; ein Beleg für die Wirksamkeit von Maßnahmen des vorbeugenden baulichen Holzschutzes



Abbildung 2: Kirchengebäude im Jahr 2023, Kaiserslauterner Straße, Karlsruhe, Bj. um 1970; ein Beleg für die Notwendigkeit von Maßnahmen des vorbeugenden baulichen Holzschutzes

In diesem Sinne werden im Referat Holzbauwerke, Details und Veränderungen vorgestellt, an denen vor allem die Wirksamkeit der vorbeugenden baulichen Maßnahmen, aber auch deren Grenzen direkt erfahrbar sind. Ortsangaben laden dazu ein, sich bei Gelegenheit oder auch zielgerichtet von den Zuständen und Gegebenheiten selbst ein Bild zu machen. Die Verfasserin und der Verfasser sind aufgrund eigener Erfahrung davon überzeugt, dass dadurch trennende Distanz zwischen Theorie, Lehre und Normen einerseits und der Wirklichkeit andererseits aufgehoben wird. In der Konsequenz stärkt das autodidaktische Kompetenzen, die eine essenzielle Voraussetzung für gelungene zukünftige Planungen sind.

2. Studienobjekte mit Exposition

2.1. Auswahl und Themen

Die Besprechung und Abfolge der weiteren elf Studienobjekte in Tab. 1, die als gebaute Argumente fungieren, ist so festgelegt, dass überkommene Auffassungen zu vermeintlich vorbeugenden baulichen Maßnahmen, positive und negative Erfahrungen, gute präventive Vorkehrungen, diesbezügliche Versäumnisse, Instandsetzungen und Verbesserungen inhaltlich korrespondieren. Das Ziel der nachfolgenden Darstellungen wäre erreicht, wenn Leserinnen und Leser konzeptionelle, detailbezogene und organisatorische Elemente des vorbeugenden baulichen Holzschutzes und entsprechende Erfahrungen danach besser kennen, stärker als bisher miteinander vernetzen und dadurch das sichere Beherrschen und Umsetzen des vorbeugenden baulichen Holzschutzes gefördert wird.

Tabelle 1: Ausgewählte Holzbauwerke und Themen der Argumentation

Studienobjekt	Thema
Bogenbrücke über die Alb, Karlsruhe	Nachgerüstete Bekleidungen und Bleche
Rotary-Brücke über den Broye-Kanal	Luftiger Flankenschutz für langlebige Bogenträger
San-Niclà-Brücke über den Inn	Baulicher Holzschutz als primäres Entwurfsziel
Neckarsteg bei Remseck	Glas schützt Fachwerkträger
Schutzbauten, Chur	Holzlamellen weisen dem Wasser den Weg
Salzlagerhalle, Geislingen a. d. Steige	Transluzente PVC-Paneele als Wetterschutz
Verwaltungssitz Pamina, Lauterbourg	Glas schützt Fassade
Bahnhof Busenbach, Albtal	Notwendigkeit von Opferbrettern
Bahnsteigüberdachung, BF Niebüll	Überdachung für Reisende und Holz
Riesbergturm bei Murrhardt	Holzoberfläche begünstigt Trocknung
Sternbergturm bei Gomadingen	Keine Kompromisse bei Türmen

2.2. Erfahrungen mit Schutzmaßnahmen bei Brücken

Bogenbrücke über die Alb, Karlsruhe, Bj. 2003
Diese Brücke entstand ursprünglich ohne Flankenschutz und nur mit oberseitig aufgebrachter Blechabdeckung einschließlich Tropfkante (Abb. 3). Das nachträgliche Bekleiden der vormals bewitterten Flanken der Bögen und Querträger mit Dreischichtplatten (nach dem Jahr 2007) ist eine folgerichtige Verbesserung angesichts der etlichen Fäuleschäden an direkt bewitterten Flanken von BS-Holzträgern mit horizontaler bzw. geneigter Stabachse (Abb. 4, links). Aktuell werden solche Bekleidungen immer wieder nachgerüstet. Sie sollten bei derartigen Bauteilen daher kategorisch von Anfang an vorgesehen werden. Andernfalls sind bei unbekleideten Konstruktionen in der Angebotsphase unbekannte Folgekosten für ein nachträgliches Bekleiden großzügig einzukalkulieren. Ein nachträgliches Bekleiden sollte daher die Ausnahme bleiben. Es ist nicht nur teurer, sondern auch weniger wirksam als ein ganzheitlicher vorbeugender baulicher Holzschutz, der am Anfang der Planungs- und Entwurfsphase in enger Abstimmung mit dem Tragwerk festgelegt wird. Bei unvermeidlichen nachträglichen Bekleidungen sollten dann kleine Öffnungen, Revisionsklappen o. Ä. vorgesehen werden, um bei Inspektionen mit Endoskopen arbeiten zu können. Als sinnvoll wird das vor allem im Bereich von Anschlüssen erachtet. Es besteht auch die Möglichkeit, klapp- oder demontierbare Bekleidungen vorzusehen. Stöße bei den nachgerüsteten Abdeckblechen müssen zwingend regensicher ausgeführt werden, damit die beabsichtigte Verbesserung nicht durch neu hinzukommende Mängel konterkariert wird (Abb. 4, rechts).



Abbildung 3: Bogenbrücke über die Alb im Jahr 2007 (links) und ursprünglich unbekleidete Flanken der Bögen und Querträger (rechts)



Abbildung 4: Nachträgliche Bekleidung im Jahr 2022 (links) und Beeinträchtigung bzw. Nachlassen der Dichtwirkung im klaffenden Stoßbereich der nachträglich aufgebrachten breiteren Abdeckbleche (rechts)

Rotary-Brücke über den Broye-Kanal, Schweiz, Fertigstellung 2001

Anders als bei der Bogenbrücke über die Alb, wurden die Bögen der Rotary-Brücke gleich zu Beginn mit einem Flankenschutz aus tangential angeordneten Leisten ausgestattet (Abb. 5), um sie ursprünglich für 80 Jahre auszulegen [5]. Zwischenzeitlich ist bestätigt [6], dass nach 20 Jahren «*die Kernelemente der Brücke – die Bogenträger […] in einem guten Zustand sind*». Es ist davon auszugehen, dass eine tangential ausgerichtete Flachkant-Leistenschar mit trapezförmigem Querschnitt einen wirksamen Schutz für die BS-Holz-Oberflächen bietet. Zugleich hat die Luft freien Zutritt zu den Oberflächen. Nachdem bei sehr stürmischem Regenwetter doch einmal Feuchtigkeit an die Oberflächen gelangt ist, kann sie ungehindert und daher zügig abtrocknen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die durch die Leistenschar gegebene Verschattung. Sie dämpft bzw. reduziert ein allzu schädliches Aufheizen und damit eine Rissbildung nach Auffeuchtung und anschließender Trocknung.



Abbildung 5: Rotary-Brücke im Jahr 2002 (links) und tangential angeordnete Leisten nach 20 Jahren Schutzfunktion (rechts)

San Niclà-Brücke über den Inn, Schweiz, Bj. 1993

Lange vor dem Bau der beiden vorgenannten Brücken, erhielten die gedrungenen Bögen der San Niclà-Brücke (Abb. 6) einen kompromisslosen Schutz, vgl. [2,7]. Sie benötigen keine gemeinsame Auskreuzung oder Verbindung im Scheitelbereich, auch nicht unterhalb der Fahrbahn. Die Stabilität eines jeden Bogens ist durch die beiden Widerlager, die horizontale Lagerung unterhalb der beiden Kreuzungspunkte mit der Fahrbahnscheibe und durch den gedrungenen Querschnitt gegeben. Das Entwurfsprinzip folgt dem Grundsatz, dass allein radial angeordnete Opferbretter und oberseitige, regensicher gestoßene Kupferbleche ausreichen, um den vorbeugenden baulichen Holzschutz für die Bögen zu gewährleisten. Durchdringungen der Opferbretter und der Kupferbleche werden durchweg vermieden. Selbst die beiden Querträger unterhalb der Kreuzungspunkte mit der Fahrbahn schließen genauso wie die Hängestangen an der nicht bekleideten Unterseite der Bögen an, vgl. Abb. 6, rechts. In diese Anschlusspunkte bzw. Bohrungen wird so gut wie nie Wasser eindringen.



Abbildung 6: San-Niclà-Brücke im Jahr 2021 (links) und radial angeordnete hinterlüftete Opferbretter (rechts)

Neckarsteg Remseck, Bj. 1988

Eine Brücke, die einen vollkommenen Wetterschutz bei zugleich nahezu freiem Blick auf Tragwerk und Umfeld erhalten soll, ist beispielsweise zu verglasen. Das wurde beim Neckarsteg Remseck (Abb. 7, links) umgesetzt [8,9]. Der Querschnitt der Brücke gleicht einem steilen Satteldach, das wie ein tatsächliches Dach mit mineralischen Schindeln, hier jedoch aus Glas, gedeckt ist. Die «Traufe» liegt sehr tief, sodass die Untergurte der geneigten Fachwerkträger ebenfalls vor Schlagregen bewahrt werden (Abb. 7, rechts). Nahezu alle Holzbauteile sind damit kompromisslos geschützt. Eventuell anfallendes Tauwasser kann aufgrund der Luftbewegungen (10 cm Spaltöffnung zwischen den Glasschindeln im Überlappungsbereich) zügig abtrocknen.



Abbildung 7: Neckarsteg im Jahr 2007 (links) und geschützter Kontenpunkt (rechts), Fotos: Dennis Vogel

2.3. Ganzheitliche Konzepte für quaderförmige Bauten

Schutzbauten Chur, Schweiz, Bj. 1986

Nach 35 Jahren freier Bewitterung belegt das nach den Grundsätzen «Wasser schnell ableiten», «Luft freien Zugang zum Holz ermöglichen» und «kleine Querschnitte verwenden» gestaltete Fassadengefüge der Schutzbauten in Chur (Abb. 8, links), dass vorbeugender baulicher Holzschutz selbst bei direkter Bewitterung gelingen kann. Das Fassadengefüge erfüllt damit nicht nur eine Schutzfunktion für das archäologische Erbe, sondern auch für die neue tragende Holzkonstruktion im Inneren. Dieser notwendige Doppelnutzen mag zu einer besonderen Haltung bei der Ausbildung der Fassadenelemente geführt haben [10]. Der gesamte Schutz wird – einer Jalousie ähnlich – durch geneigte Bretter (Lamellen) und vertikale Rahmen realisiert, vgl. Abb. 8, rechts. Die Lamellen der einzelnen Rahmen werden auf der Innenseite durch jeweils zwei stählerne Zentrierleisten gehalten, die für Formstabilität und damit u. a. für Funktionstüchtigkeit hinsichtlich des Ableitens von Wasser nach außen sorgen. Alle Bauteile sind leicht zu inspizieren und, gemäß einer Einschätzung vor Ort, technisch gut zu warten. Reine Reparaturen sind auf einfache Weise möglich. Das Schutzkonzept beruht auf dem Prinzip des einzigen Details, das zur Bewältigung der Flächen vervielfältigt wurde. Dieses Prinzip ist aus der Bautechnik für Tabakschuppen bekannt. Bei solchen Schuppen wurden sogar verstellbare Lamellen vorgesehen, um eine kontrollierbare Belüftung und bei schlanker hoher Bauform sogar einen Kamineffekt zu gewährleisten.



Abbildung 8: Schutzbauten im Jahr 2021 (links) und Lamellen im Eckbereich (rechts)

Salzlagerhalle, Geislingen a. d. Steige, Bj. 2016

Eine moderne Möglichkeit des Wetterschutzes bieten u. a. lichtdurchlässige PVC-Wellplatten. Im Falle der ausgezeichneten Salzlagerhalle in Geislingen [11] schützen sie die dahinterliegende Holzkonstruktion des Haupttragrahmens und lassen sie als solche etwas verschwommen erscheinen (Abb. 9, links).



Abbildung 9: Salzlagerhalle im Jahr 2021 (links) und Auflagersituation (rechts)

Die Stützenfüße der Rahmen stehen auf erhöhten Lisenenaussparungen; sie sind so vor Spritzwasser und Schlagregen sowie Feuchte aus dem direkt angrenzenden Beton bewahrt (Abb. 9. rechts). Im Vordachbereich stehen die Stützen direkt auf einem angehobenen Betonsockel. Im Giebelfeld sind vor den Eckstützen und dem Binder imprägnierte, hinterlüftete Dreischichtplatten angebracht. Wasser kann sich bei ungünstigem Schlagregen dennoch auf der waagerechten Sockeloberseite ansammeln. Verfärbungen zeigen vergangene Durchfeuchtung der Stützenfüße an und signalisieren einen Anreiz für zukünftige Verbesserung.

Verwaltungssitz Eurodistrict Pamina, Lauterbourg, Bj. 2010
Vergleichbar mit dem Schutzkonzept des Neckarstegs ist die teilweise Verglasung des Verwaltungssitzes Eurodistrict Pamina (Abb. 10, links). Nach 14 Jahren gibt es einen deutlichen Farbunterschied zwischen den verglasten und direkt holzsichtigen Fassadenflächen. Während die verglasten einen rotbraunen Farbton beibehalten haben, sind die direkt holzsichtigen vergraut. Es entsteht ein Kontrast (Abb. 10, mittig). Der verglaste Gebäudeteil wirkt wie eine große Vitrine, in der der gesamte Gebäudeteil präsentiert, aber nicht dem Regen ausgesetzt wird. Das Verglasen stellt einen äußerst dauerhaften Rundumschutz sicher, der die Wahrnehmung der Holzoberfläche nur teilweise stört bzw. verändert und einem Vergrauen des Holzes bislang offensichtlich vorbeugt. Die Qualität des Blicks von innen nach außen wird je nach Verschmutzungsgrad der Scheiben mehr oder weniger eingeschränkt (Abb. 10, rechts). Probleme bereitet in diesem Zusammenhang der kleine Zwischenraum hinter der vorgelagerten Verglasung beim Reinigen der Scheibeninnenflächen. Das Verglasen ganzer Fassaden kann als Konsequenz des vorbeugenden baulichen Holzschutzes aufgefasst werden, wenn keine Dachüberstände vorgesehen sind.



Abbildung 10: Verglaste Fassade im Jahr 2024 (links), holzsichtiger Bereich (mittig) und Detail (rechts)

2.4. Holzschutzdetails bei offenen Überdachungen

Bahnhof Busenbach, Albtal, Bj. 1991
Nach über 30 Jahren Bewitterung gibt es an den nach Südosten und Nordwesten ausgerichteten Randpfetten der Flachdachstreifen über den Bahnsteigen des Bahnhofs Busenbach eindeutige Unterschiede in der Veränderung des BS-Holzes. Beweggründe diesen Bahnhof in Holz zu bauen werden in [12] mitgeteilt. Während die oberseitig mit Blechen abgedeckten Randpfetten, die nach Südosten ausgerichtet sind, rissig und im Farbton eher hell geblieben sind (Abb. 11), wurden die nach Nordwesten ausgerichteten durch einige wenige Fruchtkörper, Algen oder Moose besiedelt und weisen daher auch Faulstellen auf (Abb. 12, rechts). Es mag u. a. dem auf der Südostseite stark ausgeprägten Schwinden und Quellen geschuldet sein, dass die Verklebung eines Holzstopfens nachgelassen hat (Abb. 12, links). Im vorliegenden Fall waren die mit 12 cm Breite und 40 cm Höhe gewählten Randpfetten für die sich langfristig einstellenden Feuchteverhältnisse auf der schattigen Nordseite letztlich zu gedrungen, als dass das Querschnittsinnere immer wieder rechtzeitig auf eine unschädliche Holzfeuchte zurücktrocknen konnte, vgl. [2, S. 17f]. Eine einfache Lösung zur Vorbeugung gegen diese unzuträglichen Veränderungen wären Opferbretter gewesen, wie sie z. B. bei der San-Niclà-Brücke vor den Bogenflanken vorgesehen wurden.



Abbildung 11: Randpfetten im Jahr 2021; Giebel nach Südosten (links) und nach Nordwesten (rechts)



Abbildung 12: Schäden an den Randpfetten des Giebels nach Südosten (links) und nach Nordwesten (rechts)

Bahnsteigüberdachung Niebüll, Bj. 2011

Die beiden Bahnsteigüberdachungen des Bahnhofs Niebüll für die Gleise 1/2 und 3/4 bieten den wartenden Fahrgästen und den tragenden Holzbauteilen gleichermaßen Schutz gegen Niederschläge (Abb. 13, links). Das begründet einen klugen Doppelnutzen. Das Auflegen von Pfetten auf die Rähme der Joche bietet die Möglichkeit, den jeweiligen Außenseiten der Joche am südlichen und nördlichen Bahnsteigende ausreichend Dachüberstand zu geben. Die am Hirnholz geschützten (Abb. 13, rechts) auskragenden Rähme der einzelnen Joche ermöglichen wiederum Dachüberstand für die jeweiligen Außenseiten der Stützen. Die elegant gekrümmten Kopfbänder schließen weit oben an die Stützen an, so dass nur sehr selten Niederschlagswasser in den Zwickel des Verbindungsbereichs eindringen kann. Die am Bahnhof Niebüll vorgefundene Konstruktion könnte zu einem Standard für Bahnsteigüberdachungen werden. Unter [13] wurde mitgeteilt: «*Die Umbaumaßnahme im Bahnhof Niebüll soll zur Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Personen-Nahverkehrs in Schleswig-Holstein dienen. Die Bahnsteigdächer der beiden Mittelbahnsteige wurden in Holzbauweise in Anlehnung an die alte Holzdachkonstruktion neu konstruiert.*»



Abbildung 13: Bahnsteigüberdachung im Jahr 2022 (links) und Kappe mit Taubenabwehr am Ende eines Rähms (rechts)

2.5. Luftige oder wettergeschützte Bauweise von Türmen

Riesbergturm bei Murrhardt, Bj. 1999

Der quadratische Grundriss des Riesbergturms (Abb. 14, links) wird aus jeweils vierteilig aufgelösten Eckstützen gebildet (Abb. 14, mittig). Zusätzlich sind vier einteilige, innere Stützen für die Treppenläufe angeordnet. Eher kleine und einheitliche Querschnittsdimensionen begünstigen ein schnelles Abtrocknen von eingetragener Feuchte. Anschlusspunkte sind durchgängig mittels lösbarer Bolzenverbindungen und zwischengelegten GEKA-Dübeln oder Abstandsscheiben ausgebildet (Abb. 14, rechts). Die Belüftung der Anschlusspunkte ist damit gegeben. Die vorhandene Dachkonstruktion mit Dachüberstand schützt lediglich die oberste Aussichtsebene. Die Konstruktion ist ohne Tropfkanten ausgebildet. Hirnholzflächen sind abgeschrägt, jedoch nicht abgedeckt oder geschützt. Der zugige Standort und die konsequente Belüftung ermöglichen jederzeit eine Abtrocknung. Inwiefern ein chemischer Holzschutz aufgebracht wurde und gegebenenfalls wirkt, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden.



Abbildung 14: Riesbergturm im Jahr 2021 (links), aufgelöste Eckstütze (mittig) und Knotenpunkt (rechts)

Sternbergturm bei Gomadingen, Bj. 1953

Die Funktion eines Aussichtsturmes ist der Ausblick von oben auf das Umland (Abb. 15, links), nicht der Anblick von außen (Abb. 15, mittig). Diese unbestechliche Überzeugung vermittelt der Sternbergturm, ohne Kompromisse beim vorbeugenden baulichen Holzschutz einzugehen. Fenstereinfassungen im Ausguck sind mit Blechen ausgebildet und weisen Tropfkanten auf. Schalungsbretter wurden unterseitig zur Tropfnasenausbildung abgeschrägt. Der ganze Turm steht auf einem hohen mineralischen Sockel. Wer die geschützte tragende Konstruktion und ihre Knotenpunkte im Inneren kennenlernen will (Abb. 15, rechts), muss emporsteigen. Spuren vorangegangener Durchfeuchtung sind dabei an einigen Stellen sichtbar und auf gelegentliche Durchfeuchtung durch Schlagregen zurückzuführen.



Abbildung 15: Ausblick vom Sternbergturm ins Umland (links), Ansicht im Jahr 2021 (mittig) und Knotenpunkt im Inneren (rechts)

Ständige Belüftung durch Öffnungen an den Stößen der geschuppt angeordneten Boden-Deckel-Bretterschalung lässt eingetragene Holzfeuchte jedoch rasch wieder abtrocknen.
Der Steg über die Jagst (Abb. 1) und der Sternbergturm bei Gomadingen (Abb. 15) sind 180 km voneinander entfernt, aber im Sinne eines bis in die Gegenwart gelingenden vorbeugenden baulichen Holzschutzes nah beieinander. Mit rechtzeitiger angemessener Fürsorge für ihre Instandhaltung werden sie ihre jeweilige Funktion, der Bauform und Gestaltung folgen, noch lange erfüllen.

3. Fazit

Der alte Ockenauer Steg, das recht junge Kirchengebäude und die elf Studienobjekte mit ihren jeweiligen technischen und gestalterischen Merkmalen zum vorbeugenden baulichen Holzschutz sind ein kleiner, aber didaktischer Erfahrungsschatz. Das, was diese Holzbauten im Einzelnen vermitteln, sind vor allem wirksame Maßnahmen für Dauerhaftigkeit, aber auch fallweise Versäumnisse, die wiederum die Notwendigkeit des vorbeugenden baulichen Holzschutzes betonen.
Es ist wünschenswert, dass die verantwortungsvolle Berücksichtigung und Nutzung dieses Erfahrungsschatzes in zukünftigen Entwurfs-, Planungs- und Detaillierungsprozessen, nicht nur bei exponierten Bauwerken, sondern bei Holzbauwerken allgemein pilzbedingten Schäden vorbeugt. Dieser Erfahrungsschatz möge durch eigene Beobachtungen, Überlegungen und Analysen ständig erweitert werden.
Die Berücksichtigung und Nutzung der damit verbundenen wertvollen Erfahrungen reduziert eine für die Gesellschaft kostenintensive Nachsorge bei Bauwerken mit entsprechenden Schäden, z. B. [14], und stärkt Langlebigkeit, Zuverlässigkeit und zugleich die gebotene Nachhaltigkeit im Bauwesen.

Förderhinweis: Die hier vorgestellten Ergebnisse sind Teil eines Projekts zum vorbeugenden baulichen Holzschutzes, das vom Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg initiiert und finanziert wurde.

4. Literatur

[1] DIN 68800-2:2022-02 Holzschutz –Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau

[2] Schulze, H.: Sicherung des baulichen Holzschutzes. Bauforschung für die Praxis, Bd. 45, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1998

[3] Frese, M.; Sander, S.; Kuck, E.: Konstruktionsprinzipien, Leitdetails und Empfehlungen für den vorbeugenden baulichen Holzschutz von Nichtwohnungsbauten in Holzbauweise. Veröffentlichung in der Reihe *Karlsruher Berichte zum Ingenieurholzbau* in Vorbereitung

[4] DIN EN 1990:2021-10 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

[5] Jacob, S.: Brückenschlag über die Broye. Bauen mit Holz 105 (2003), Heft 12, S. 14-18

[6] Botschaft zur Gemeindeversammlung Ins vom 29. November 2019; https://www.ins.ch/de/aktuelles/index.php (Abruf: 22.6.2022)

[7] Schwaner, K.: Innbrücke San Niclà/Schweiz – Möglichkeiten voll ausschöpfen. mikado 2 (1994), Heft7/8, S. 37-41

[8] Längste freitragende Holzbrücke der Welt. Bauen mit Holz 90 (1988), Heft 11, S. 783

[9] Lips-Ambs, FJ.: Ein Dreiecksfachwerk als Haupttragsystem. Bauen mit Holz 90 (1988), Heft 12, S. 830-833

[10] Tagsüber Baukörper, nachts eine Laterne. In: Hochparterre 11 (1998), Heft 4, S. 14

[11] Holzbaupreis BW 2018, S. 20f: Sonderpreis «Ingenieurbau»

[12] Lips-Ambs, FJ.: Gefordert war eine Holzkonstruktion. Bauen mit Holz 93 (1991), Heft 9, S. 631-633

[13] https://www.grassl-ing.de/hochbau/details/p/show/bahnsteigdach-ersatzneubau-niebuell/ (Abruf: 30. Januar 2023)

[14] Mangelhafte Planungen bei Gebäuden des Landes. Pressemitteilung des Rechnungshofs Baden-Württemberg vom 17. Juli 2023. www.rh.baden-wuerttemberg.de (Abruf: 25.10.24)

Durchdacht überdacht – E-Ladestationen aus Holz

Marcus Fischer
Hasslacher Building Solutions GmbH
Sachsenburg, Österreich



Durchdacht überdacht – E-Ladestationen aus Holz

1. Einleitung

Die zunehmende Nachfrage nach nachhaltigen Energielösungen hat dazu geführt, dass versiegelte Flächen, wie Parkplätze, neu bewertet werden – nicht nur als funktionale Abstellflächen, sondern auch als potenzielle Energiequellen. Eine Möglichkeit besteht darin, Parkplatzflächen mit Solar-Panels auszustatten, um Sonnenenergie mit PV-Paneelen zu gewinnen. Neben der Energieerzeugung könnte eine solche Nutzung versiegelte Flächen ökologisch aufwerten und zur Reduzierung des CO_2-Fußabdrucks beitragen. Gleichzeitig wird das Konzept von Parkflächen innovativ neu gedacht und an die Anforderungen einer umweltbewussten Marktwirtschaft angepasst.

Zudem gibt es immer mehr Bedarf an Infrastrukturbauten für die Elektromobilität. Auch hier wird vermehrt auf Überdachungen gesetzt, wobei das Dach hier nicht vorrangig als Energiequelle herangezogen wird sondern ein in-Dach PV-Lösung das hochwertige Image für den Ladestandort unterstreicht

Unterschiedliche Kundenwünsche sind ein zentraler Antrieb für Innovation und Marktentwicklung. Wenn Unternehmen gezielt auf spezifische Bedürfnisse und Anforderungen Ihrer Kunden eingehen, entstehen oft neue Produktideen oder Dienstleistungen, die nicht nur bestehende Zielgruppen besser bedienen, sondern auch ganz neue Marktsegmente erschließen können. Diese neuen Segmente bieten Potential für neue, maßgeschneiderte Lösungen, die gezielt entwickelt werden können. Eine nachhaltige Markenbildung in Holzbauweise führt ebenfalls zu einer neuen Orientierung im Bereich bisheriger Überdachungen von EV-Charging Hubs.

Diese gesamtökonomischen Entwicklungen führen zu einem Umdenken der Materialsprache, sowie auch vermehrter Einsatz von naturbasierten Baustoffen zu Lösungen, die eine Ladestation neu bedacht – Durchdacht- überdacht.

1.1. Projekthistorie

Das Erste Projekt für Ladestationen mit Überdachungslösungen in 2017/2018 mit dem Produktnamen K-Port waren einzelne Initialprojekte für systembasierte Überdachungen zur Anwendung am Standort Woolwich wie auch Portishead. Nutzer sind hier Kunden der Siemens Energy AG, die unter Dach Ihr PKW Laden können.
Die Hess Timber GmbH wurde hierzu für die Holzkonstruktion in UK beauftragt.



Abbildung 1: K-Port Portishead, UK, ©North Somerset Council



Abbildung 2: K-Port Woolwich, UK, ©Hewitt Studios

Der Mineralölkonzern SHELL startete mit dem Gedanken bei EV-Ladestationen eine Holzbauweise für die Überdachung von PKW-Ladeplätzen heranzuziehen. In der Projektentwicklung waren Konzeptionen von einem kompletten Neubau einwes Charging Hubs in der Nähe von London in der Bearbeitung. Aufgrund diverser Gründe wurde es mit dem Standort jedoch nichts und gestoppt.
Es hat sich jedoch in London Fulham ergeben einen bestehenden Standort neu zu betrachten. Der Rückbau einer bestehenden, konventionellen Tankstelle für fossile Kraftstoffe, öffnete die Möglichkeit eine Neukonzeption an diesem Standort zu schaffen, welcher komplett auf die Elektro Mobilität setzt. Dieser Ladepark wurde dann in Holzbauweise durch die Hess Timber GmbH ausgeführt.



Abbildung 3: SHELL Fulham, UK, ©Ed Robinson

Die Neue Station für die Elektromobilität hatte eine sehr positive Rückmeldung auf der Kundenseite sowie in der Branche der Energieversorger zur Folge. Dies führt zu weiteren Projekten mit SHELL als Auftraggeber an verschiedenen Standorten in Europa. Die HASSLACHER Gruppe entschied sich die Canopies in Holzbauweise mit verschiedenen Ausführungen zu systematisieren.
Teilweise haben die Dächer eine PV-Glas Eindeckung, CLT mit Foliendach oder ein Trapezblech zur wasserführenden Ebene des Daches.



Abbildung 4: SHELL Barking, UK ©SHELL UK



Abbildung 5: SHELL Bad Saulgau, DE ©HASSLACHER

In der weiteren Entwicklung und Betrachtung des Marktes sind neue Kontakte und in dem Segment entstanden und Projekte gemeinsam umgesetzt worden.



Abbildung 6: MER Ladepark Spittal an der Drau, AT, ©MER Austria



Abbildung 7: MER Ladepark Kirchlengern, DE ©Norbert N

1.2. EnBW Ladehub Chemnitz Nahetal sowie Bingen am Rhein

Der Energieversorger EnBW Energie Baden-Württemberg, hatte uns zur Umsetzung eines Ladehubs in Holzbauweise kontaktiert. Das Konzept war geplant für den Standort Nahetal bei Chemnitz sowie für den Standort Bingen an der Brenz am Rhein, nähe Mainz.

Das vorgelegte Konzept wurde bereits durchgeplant und im Hinblick auf die Ausführung als Gesamtobjekt inkl. Photovoltaik, Attikabekleidung, Leuchtreklame und Downlights ausgeschrieben. Die Planung war jedoch nicht im angedachten Budget errichtbar und hatte zu viele Merkmale, welche die Konstruktion verteuerten.



Abbildung 8: Original Konzept EnBW Ladepark, ©EnBW / Inros Lackner

Das Team der Hasslacher Building Solution untersuchte zusammen mit HESS Timber GmbH das Konzept und erarbeitete für den Kunden eine wirtschaftlichere Konstruktion aus. Das neu entworfene Konzept erreichte die Budgetplanung des Auftraggebers und wurde dann exakt baugleich an 2 Standorten durch die Fa. HESS Timber GmbH realisiert.

Erschwerend zum Budgetdruck kam, dass die Ladesäulen sowie Parkplatz Infrastrukturelemente bereits installiert sind, wenn die Dachmontage erfolgen soll. Zudem erfolgte die Montage beider Standorte um eine Woche versetzt parallel im schneereichen Januar 2024.

Grundsätze dabei sind folgende Ziele:
- Nutzung des gleichen Konzeptes an 2 (oder mehreren) Standorten
- Vermeidung der Trägerbreiten > 280mm
- Optimierung der Anschlüsse
- Montagefreundlichkeit von Holzkonstruktion bis PV Glasdach / Elektroinstallation
- Schlagregendichte PV-Glas-Glas Dacheindeckung
- Wartungsfreundliche Dachkonstruktion
- Design Hauptmerkmale aus Erstentwurf des Kunden zu übernehmen

Kerndaten der geometrischen Anforderung an die Dachkonstruktion:
- Dachfläche 24,65m x 12,80m, mit PV eingedeckt.
- 2 A-Stützen zur Lastabtragung im Achsabstand von 12,00m
- Lichte Durchfahrt unter Dach bei 4m
- Max Dach Höhe 6,00m
- Befestigung am Fußpunkt über Schraubverbindung
- Verdecktliegende Installation für Entwässerung / Notentwässerung sowie Elektroinstallation
- 16 Ladeplätze zu überdachen inkl. Ladesäulen und deren Bedienbereich

Die Festlegung der Holzart an sich erfolgte Gemäß DIN 68800. Entsprechend der Tabelle können die Holzbauteile der angedachten Konstruktion durchaus in GK 0 bei entsprechender Konstruktion eingestuft werden. Demnach ist die Ausführung in Fichte Brettschichtholz realisierbar.



Abbildung 9: DIN 68800 Einstufung ©Informationsdienst Holz

Maßnahmen die zur Einstufung in GK0 herangezogen werden können:
- Abstand zum Boden mind. 30cm (durch besondere Maßnahmen ggf. 15cm möglich)
- Direkt bewitterte, waagrechte, tragende Holzbauteile oberseitig abdecken
- Direkt bewitterte, senkrechte, tragende Holzbauteile oberseitig auf Hirnholz abdecken
- Wenn Schnittholz/KVH, dann kerngetrennt einzuschneiden, max. Dimension 16/16cm
- Holz-Holz Kontaktflächen zu reduzieren oder belüften/schützen

Die Montage der kompletten Konstruktion, ab OK Fundamente, sollte innerhalb 4 Wochen realisiert werden, was auch die PV-Glas Eindeckung sowie die Entwässerungs-, Metallarbeiten, Elektro- und Werbebeleuchtungsarbeiten betrifft. Daher sind die Bauteile der Verbindungen so ausgewählt, dass die Konstruktion sich selbst schnell stabilisiert und einfache, schnelle Montageverbindungen hat.

Konstruktionsbeschreibung:
- Bifaciale PV Module in Alu-Verglasungssystem integriert, Achsabstand 1,11m x 1,98m
- Sparren aus Fichte BSH GL24h 120/160mm, Achsabstand 1,11m
- Längsträger Fichte BSH GL28c 280/760mm sowie Randträger Gl24c in 160/880mm
- Querträger Blockverklebt aus mehrteiligen Komponenten GL 28h in 280..610mm bis 800mm Bauteilhöhen formgefräst
- Fichte BSP Platte zur Aussteifung der A-Stützen d=80mm
- Fichte BSH GL 24h Stützen in 280/540mm
- Aussteifungselemente in der Dachebene über Stahl-Zugstabsysteme

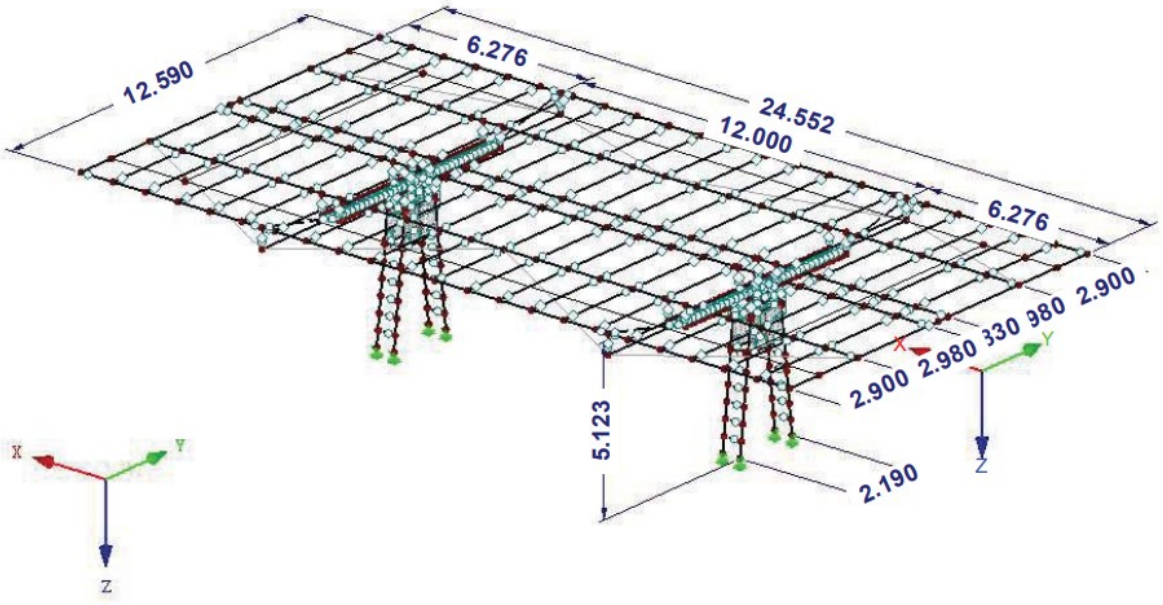


Abbildung 10: R-FEM Übersichtsmodell; ©Freiraum ZT GmbH

Die vormals schräg angeordneten Einzelstützen wurden hier durch zusammengesetzte A-Stützenböcke mit aussteifender CLT Scheibe getauscht. Diese sind im Werk komplett vormontiert und in einem Hub auf der Baustelle montiert worden.

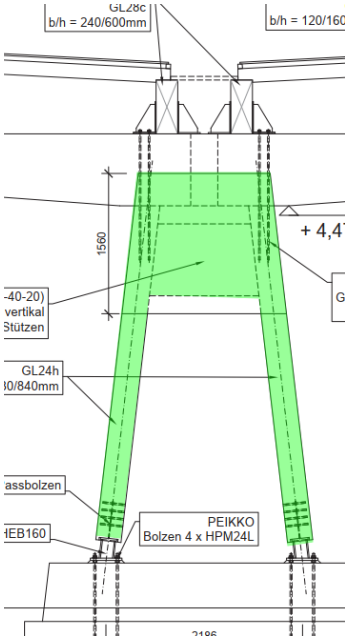




Abbildung 11/12: A-Stütze @Freiraum ZT GmbH; HASSLACHER

Der Fußpunkt der Stützen, ausgeführt über mehrschnittige Holz-Stahlblech Stabdübel-Verbindungen, ist über einbetonierte Ankerstäbe mit Schraubverbindung erfolgt. Die Fuge wurde nachträglich mit Quellmörtel (schwindarmen Mörtel) vergossen.



Abbildung 13: Stützenfuss bei Eröffnungsfeier ©HASSLACHER

Die darauf gesetzten Querträger sind im Werk aus 4 Komponenten zusammengesetzt. Die Bauteile wurden so angeordnet, dass die Installation der Gebäudetechnik im Zentralen Bereich nach unten geführt werden können. Dies beinhaltet die Entwässerung wie auch Notentwässerung sowie die komplette Elektroinstallation sowie PV-Leitungen in entsprechenden Schächten.

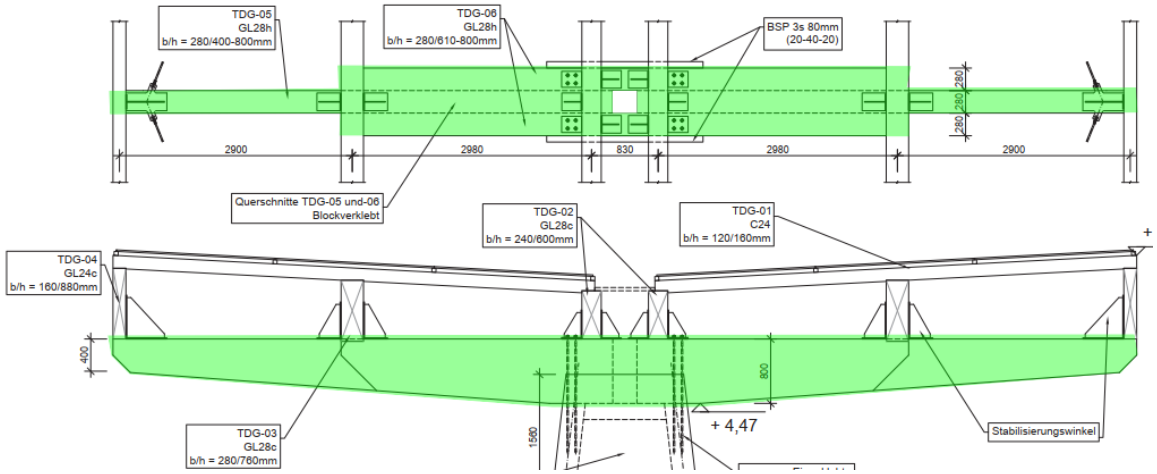


Abbildung 14: Blockverklebter Querträger

Die Verbindung zwischen dem Zusammengesetzten Querträger sowie der Stütze erfolgt über eine Steckverbindung mit in Stützen eingeklebten Gewindestangen (Einzellänge 1,50m Länge, 16 Stück je A-Stütze), die dann oberseitig am Träger mit Konterplatte und Mutter verbunden wurden.



Abbildung 15: eingeklebte Gewindestangen ©HASSLACHER

Die weiterführenden Holzbauteile sind mit klassischen Stahl – Holzverbindungen versehen ausgeführt und sichtbar befestigt. Die Montage der Holzbauleistung erfolgte über Scherenbühnen und Kran innerhalb von 3 Werktagen.



Abbildung 16: Montage Holzbau; ©HASSLACHER



Abbildung 16: Montage Holzbau fertig gestellt; ©HASSLACHER

Die Montage der PV-Glas Eindeckung,die Metallbekleidung für die Attika und die Beleuchtungselemente der Reklame erfolgte im Nachgang.



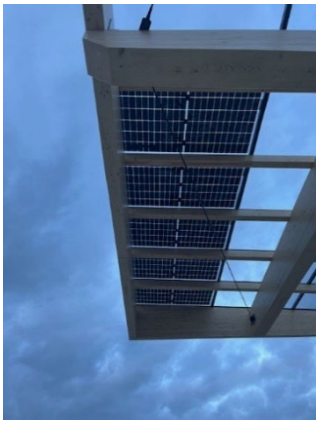


Abbildung 17/18: Montage PV System ©HASSLACHER



Abbildung 19: EnBW Ladepark ©EnBW

Die Gesamte Montagedauer je Standort lag bei 3,5 Wochen und war somit komplett im Rahmen der Erwartungen des Kunden.

1.3. Warum ein Dach? Warum aus Holz?

Warum ein Dach?
Bei den Tankstellen mit Flüssigtreibstoffen sind Überdachungen technisch vorgeschrieben um das Vermengen und versickern von Regenwasser und Treibstoff zu verhindern.

Bei Ladestationen für Elektrofahrzeuge ist das nicht geregelt, dennoch werden hier Dächer gebaut.

Eine Überdachung bei Ladestationen bietet mehrere Vorteile:
- Wetterschutz für Nutzer: Nutzer können ihre Fahrzeuge komfortabel bei Regen, Schnee oder starker Sonne laden, was die Benutzerfreundlichkeit und Attraktivität der Ladestation erhöht. Logische Konsequenz daraus ist eine höhere Frequentierung und Auslastungsrate der Ladepunkte > ökonomischer Vorteil
- Schutz der Ladeinfrastruktur: Die Überdachung schützt die Ladetechnik vor Witterungseinflüssen wie Regen, Schnee und UV-Strahlung. Das verlängert die Lebensdauer der Geräte und senkt Wartungskosten.
- Integration von Solarenergie: Überdachungen bieten eine ideale Fläche für Solarmodule, mit denen direkt vor Ort nachhaltige Energie gewonnen, gespeichert und für das Betreiben der Ladestation genutzt werden kann. Dies reduziert den Bedarf an externer Energiezufuhr und steigert die Nachhaltigkeit der Anlage.
- Kennzeichnung und Sichtbarkeit: Überdachungen helfen dabei, Ladestationen im Straßenbild sichtbarer zu machen, was besonders an großen Parkplätzen hilfreich ist und Fahrern die Orientierung erleichtert.
- Ladeerlebnis statt notweniges Übel: Das Konzept eines modernen Ladeparks beinhaltet mehr als das zur Verfügung stellen einer Ladeeinrichtung.

Insgesamt macht eine Überdachung Ladestationen komfortabler, langlebiger und, insbesondere bei einer Bauweise aus Holz, ökologisch effizienter, was sowohl Nutzern und Betreibern sowie auch der Natur zugutekommt. Länger geschützte Technik ist im Regelfall auch länger in Nutzung.

Warum dann in Holzbauweise?
Im Grunde ist es ganz pragmatisch und einfach zu sehen. Durch ein Ereignis in der Ölbranche, dem Schiffsunglück der Exxon Valdez vor 35 Jahren, wurde begonnen die Betrachtung der ökonomischen Bewertung von nicht-handelbaren Gütern zu betrachten. Es wurde erstmals versucht fest zu halten, was denn der Umweltschaden des Tankerunglückes tatsächlich in monetären Beträgen wäre.
Nach dem Johann Heinrich von Thünen-Institut (Expertise Bericht aus 2022) ist dies eine Betrachtung von Präferenzen und Zahlungsbereitschaften von Verbrauchern für Produkte und bestimmte Produkteigenschaften zu ermitteln. Abgewandelt davon ergibt sich dann

eine Bewertungsmethode in der Marktforschung, welchen Preis Verbraucher bereit sind für ein verändertes und umweltfreundlicheres Produkt mehr zu bezahlen.

Im Falle des Vorganges «PKW-Laden» kann dies für das Produkt Strom betrachtet werden. Dazu kommen Faktoren der Verbesserungen der Ladestation an sich, wie eben auch ein Dach bzw. ein Dach in Holzbauweise das sich differenziert und am Ende auch messbaren Erfolg im Ladesegment bietet.

Der Naturbaustoff Holz hat psychologisch und physiologisch betrachtet sehr viele positive Eigenschaften, die mehr und mehr in den Vordergrund rücken. Holz wird durch das menschliche Auge und der Codierung des Menschen besser wahrgenommen als Stahl. Es steigert die Aufenthaltsqualität von Räumen und Orten. Führt zusätzlich zu positiven Empfindungen an sich und gehört daher auch zum Rahmen der Mittel die zu «Healing Environments», im Sinne des biophilen Designs führen.

2. Fazit

Gebäude bzw. Räume, in denen wir uns aufhalten beeinflussen uns. Räumlichkeiten, in denen wir uns bewegen wirken sich darauf aus, wie wir arbeiten, lernen und uns erholen. Eine spürbare bessere Aufenthaltsqualität bei Ladeparks mit Holzbauweise belegen dies spürbar für den Menschen durch bessere Erholung und angenehmere Pausenzeiten.

Generell wird oft nur das gemessen, was gehandelt wird oder monetär direkt bewertet werden kann. Doch oft wird ignoriert und übersehen, welche immensen Leistungen die Natur als Wert für den Menschen und die Umwelt hat.

Zitat von Winston Churchill:
«Wir formen unsere Gebäude, danach formen Sie uns»

Aussichtsturm Idarkopf

Ein Hybridbauwerk nach dem Prinzip des bauteilbezogenen Holzschutzes

Johannes Weinmann
Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG
Schwäbisch Hall, Deutschland



Aussichtsturm Idarkopf
Ein Hybridbauwerk nach dem Prinzip des bauteilbezogenen Holzschutzes

1. Allgemeines und Planungsaufgabe

Der im Naturpark Saar-Hunsrück gelegene Idarkopf stellt mit 744 m Höhe einen der höchsten Berge des Bundeslandes Rheinland-Pfalz dar. Bereits seit den 80er-Jahren stand am selben Standort ein Aussichtsturm in Holzbauweise – jedoch wurde dieser 2018 durch einen Brand stark beschädigt. Eine Sanierung wäre grundsätzlich nicht unmöglich gewesen, angesichts des Alters von knapp 40 Jahren wurde diese aus perspektivischer und schlussendlich finanzieller Sicht verworfen. Erste Entwürfe sahen eine Stahlkonstruktion vor, der Grundstückseigner *Landesforsten Rheinland-Pfalz* hatte jedoch andere Pläne. Aufgrund der außergewöhnlichen Lage in dicht bewaldetem Gebiet und in unmittelbarer Nähe zum Nationalpark Hunsrück-Hochwald wurde eine nachhaltigere und innovativere Konstruktionsweise bevorzugt. Schlussendlich fiel die Entscheidung für eine klimafreundliche Holzbauweise und das *Ingenieurbüro Miebach* wurde mit der Entwurfs- und Tragwerksplanung beauftragt. Ziel der Planung war nicht nur der Entwurf und die Umsetzung eines Turmes am Standort Idarkopf, sondern vielmehr die Entwicklung eines modernen und dauerhaften Holztragwerks, welches auch als Leuchtturmprojekt für weitere Tragwerke fungieren soll. Folglich wurde dem konstruktiven Holzschutz ein besonders hoher Stellenwert zugeteilt, welche sich auch in der Wahl der Materialien im Sinne einer hybriden Holz-Stahlkonstruktion widerspiegeln sollte. Mit Erfolg – denn bereits jetzt befinden sich in der Region weitere Türme dieser Bauart in der Planung.



Abbildung 1: Panoramabild Aussichtsturm Idarkopf – (*Rene Nolte/Soonteeam CC/EdelSteinLand)*

Bedingt durch den angedachten Neubau am gleichen Standort sahen die bauseitigen Rahmenbedingungen die Wiederverwendung des Bestandfundaments vor. Da die umliegenden Bäume jedoch im Lauf der Jahre weiter in die Höhe gewachsen waren, sollte die neue Aussichtsplattform möglichst weit über der 24 m hohen Plattform des abgebrannten Turms liegen. Durch die Fundamentabmessungen von ca. 9,5 m x 9,5 m, einer Höhe von 1,8 m und der Ausführungsweise (verwendete Betongüte und Bewehrung) wies das Bauteil naturgemäß ein beschränktes Tragvermögen auf. Folglich wurde im Rahmen eines iterativen Planungsprozesses die maximal umsetzbare Höhe auf der Bestandsbodenplatte ermittelt. Aufgrund der minimalistischen und effizienten Bauweise konnte die Aussichtsplattform um stolze 4 m auf 28 m angehoben werden. Die Stützenköpfe ragen bis auf eine maximale Höhe von 31,1 m über die umliegenden Baumkronen hinweg.

2. Konstruktion

Die Konstruktion gliedert sich tragwerkstechnisch gesehen in vier Bereiche auf. Die den Entwurf prägenden, gekrümmten Brettschichtholzträger stellen das Primärtragwerk dar, welches vom Sekundärtragwerk – den Auskreuzungen und Druckriegeln – ausgesteift wird. Das Tragwerk der kopfseitigen Plattform stellt die Nutzung des Aussichtturms sicher, während eine zentrale Spindeltreppe der Erschließung dient.

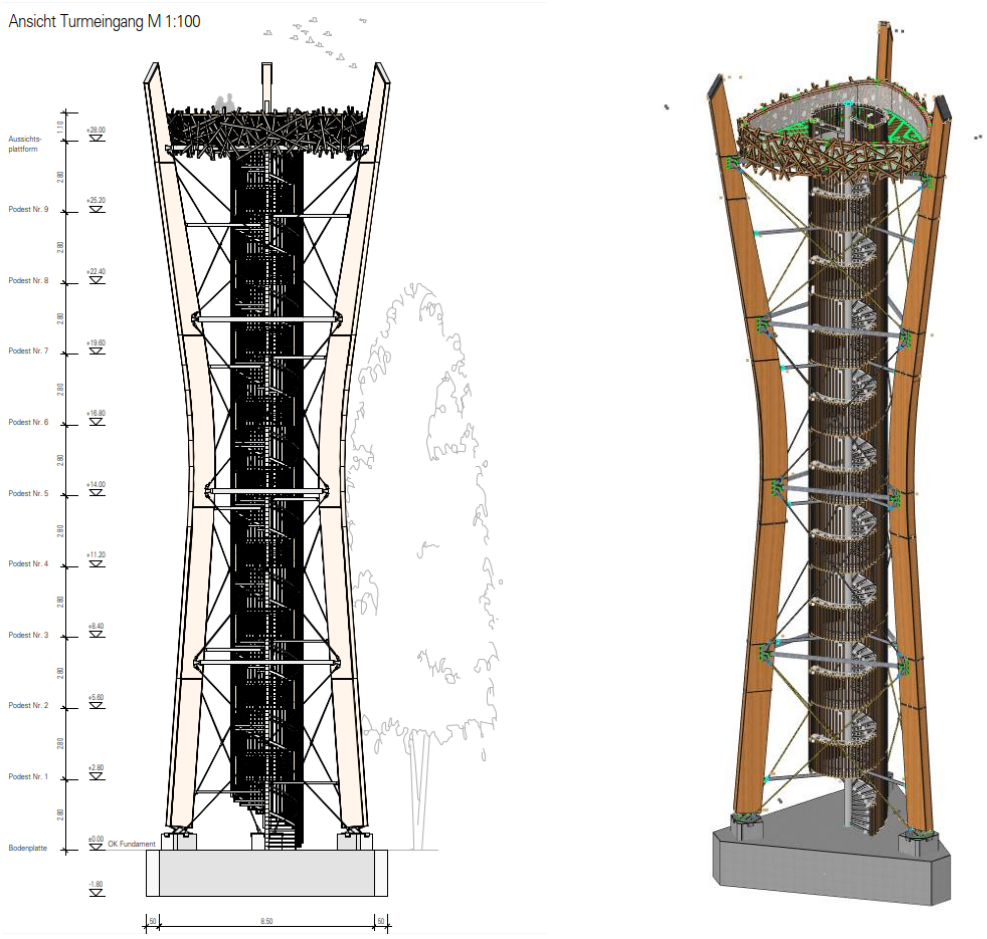


Abbildung 2: Links Turmansicht Entwurfsplanung (*Ingenieurbüro Miebach*) und rechts Isometrie 3D-Modell Werkstattplanung (*Schaffitzel Holzindustrie)*

Die drei Hauptstützen wurden aus Fichtenbrettschichtholz der Güte GL24h gefertigt und weisen eine Länge von 30,36 m (Bogenmaß) auf. Im unteren Bereich belaufen sich die Querschnittsabmessungen auf 24 x 90 cm – da die Beanspruchungen im oberen Viertel abnehmen verjüngt sich der Querschnitt hier auf bis zu 24 x 50 cm. Ihre charakteristische Form ermöglicht die Ausbildung einer wesentlich größeren Aussichtsplattform als das Bestandsfundament mit vertikalen Stützen zugelassen hätte – durch die Gabelung konnte der Abstand vom Zentrum zur Innenkante der Stütze im Bereich der Plattform um ca. 90 cm vergrößert werden. Die Stützenlagerung ist als gelenkige Verbindung konstruiert und

nutzt jeweils zwei oberseitige und drei unterseitige Fahnenbleche, verbunden durch einen durchgehenden Bolzen Ø 36 mm. Diese Konfiguration gewährleistet eine optimale Beweglichkeit und Lastübertragung. Die Grundplatte des Anschlussstahlteils verfügt über eine unterseitige Schubknagge, um die horizontalen Lasten in die Sockelaufkantung abtragen zu können. Die einbetonierten Gewindestangen des Vorgängerbaus wurden wiederverwendet und zum Lastabtrag des neuen Turmes herangezogen. Die Grundplatte verfügt zudem über zwei von der Stütze losgelöste Fahnenbleche, um geometrische Konflikte mit der Fußpunktverbindung der Stütze zu vermeiden.

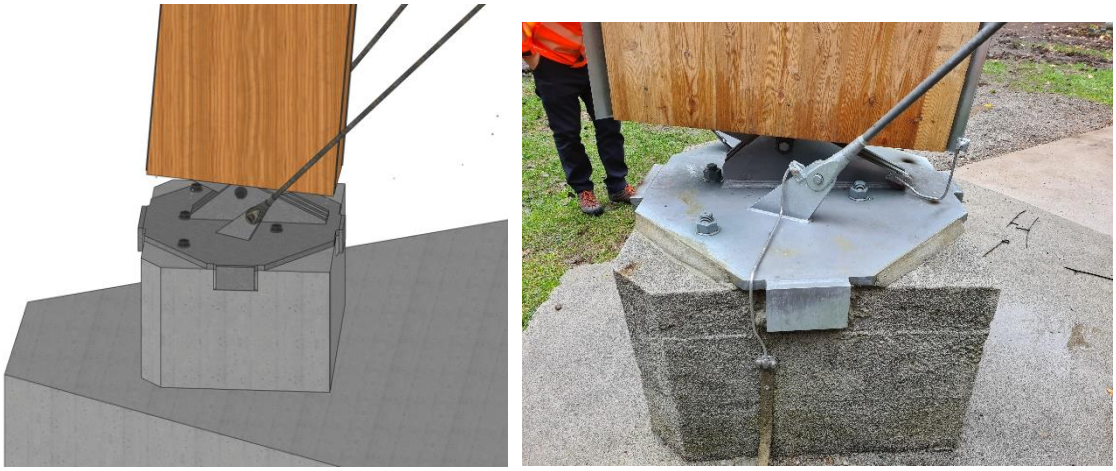


Abbildung 3: Fußpunkt Stütze und Verbandsanschlüsse an Stahlteil Betonsockel – links 3D-Modell Werkstattplanung und rechts bauseits (*Schaffitzel Holzindustrie)*

Die Aussteifung wird über Auskreuzungen mittels Zugstabsystem Ø 24 mm in Kombination mit Druckriegeln aus Stahlrundrohren Ø 177,8 x 5 mm sichergestellt. Die Lage der Druckriegel befindet sich in etwa in den Viertelspunkten der Stützenlänge unterhalb der Plattform. Die exakte Lage wurde anhand der resultierenden Neigungen der Auskreuzungen hinsichtlich einer statisch günstig wirkenden Kraftverteilung festgelegt. Der Anschluss der Rohre und Zugstäbe an die Stützenquerschnitte erfolgte über ein Stahlteil, welches die drei in unterschiedlichen Winkeln angrenzenden Bauteile mit Fahnenblechen und Bolzen Ø 24 mm kraftschlüssig verbindet. Diese Stahlteile liegen sich wiederum jeweils an den beiden Stützenaußenflächen gegenüber und werden mit durchgehenden Passbolzen Ø 20 mm gekoppelt. Geometrisch bedingt können diese Anschlüsse nicht exakt an den Systemachsen ausgerichtet werden – resultierende Versatzmomente werden durch die Brettschichtholzstützen abgetragen.

In der Ebene der Aussichtsplattform wurde das Tragwerk in erster Linie mit Rundrohren Ø 193,7 x 20 mm ausgeführt, welche über Fahnenbleche und Bolzenverbindungen Ø 30 mm die tragende und aussteifende Ebene aufspannen. Auf dieser Ebene wurden drei vorsegmentierte Trägerroste montiert. Diese bestehen aus lastabtragenden Stahlquadratrohren 50 x 50 x 5 mm, einem aufgesetzten Aluminiumrost 50 x 50 x 3 mm, sowie dem Belag aus Lärchenbohlen 155 x 50 mm. Die Absturzsicherung wurde über einen Handlauf aus Accoyaholz, sowie ein vertikal spannendes Seilnetz zwischen Handlauf und Trägerrost gewährleistet. Die gestalterische Nestoptik des Turms wurde mit fünflagigen, scheinbar verspielt angeordneten, Lärchenhölzern 40 x 60 mm erzeugt. Um auch an dieser Stelle nichts dem Zufall zu überlassen erfolgte die Anordnung der einzelnen Hölzer jedoch nach Plan.



Abbildung 4: Anschluss Verband und Druckriegel Plattform an Stütze – links 3D-Modell Werkstattplanung und rechts bauseits (*Schaffitzel Holzindustrie)*

Die Spindeltreppe trägt ihre vertikalen Lasten selbstständig über die Spindel, welche in der zentralen Vertikalachse des Turms verortet ist, in das Fundament ab. In fünf Punkten wird die Spindel zur Stabilisierung und Aussteifung über jeweils zwei Streben mit den gekrümmten Holzstützen verbunden. Die Stabilisierungsstreben wurden auch an dieser Stelle mittels Rundrohren Ø 101,6 x 5 mm ausgeführt, welche mit Bolzen Ø 24 mm an ein Stahlteil der Stütze verbunden wurden. Mittels Fahnenblechen und Vollgewindeschrauben wurde das Stahlteil an der inneren Stirnseite der Holzstützen befestigt.

3. Witterungsschutz

Bereits zu Beginn der Planungen war die Errichtung einer langlebigen Konstruktion das Ziel aller Beteiligten. Aus diesem Grund wurde bereits bei der Wahl der Materialien mit größter Sorgfalt vorgegangen. Zur Minimierung der Wartungsintensität und Maximierung der Haltbarkeit wurde ein bauteilbezogener Holzschutz implementiert, der dadurch eine wirtschaftliche und zugleich offene Bauweise erlaubt. Dementsprechend erfolgte der Witterungsschutz für die einzelnen Bauteile separat und nicht mit einer umschließenden Gebäudehülle. Als ausführendes Unternehmen wurde *Schaffitzel Holzindustrie* bereits frühzeitig hinzugezogen, um gerade die Detailausbildung mit Hinblick auf die Umsetzung des Witterungsschutzes, aber auch der Montageanforderungen, bereits innerhalb des Planungsprozesses abzustimmen. Zudem wurde bauherrenseits ein staatlich geprüfter Holzschutzgutachter hinzugezogen, somit konnten Entscheidungen und Abstimmungen auf schnell und effizient getroffen werden.

Schlanke, frei bewitterte Aussteifungsglieder wurden mit dauerhaften Stahlbauteilen erstellt. Die Hauptstützen aus Brettschichtholz sind hingegen vollflächig mit Dreischichtplatten aus Lärchenholz verkleidet. Die Dreischichtplatten sind auf einer Unterkonstruktion aufgebracht und somit hinterlüftet ausgebildet. Kantprofile aus Titanzink dichten alle Übergänge der Beplankung untereinander, sowie an den Ecken ab und erzeugen somit einen vollständigen Schutz des tragenden Stützenquerschnitts vor äußeren Witterungseinflüssen. Die Einteilung der Schalungsflächen erfolgte zum einen anhand der Lage der Anschlussstahlteile, zum anderen in Hinsicht auf die maximale Plattenlänge von 5 m. Die Plattengrößen an den Montagepunkten der Verbandsstahlteile sind dabei bewusst kleiner ausgebildet, um Revisionsarbeiten zu vereinfachen.

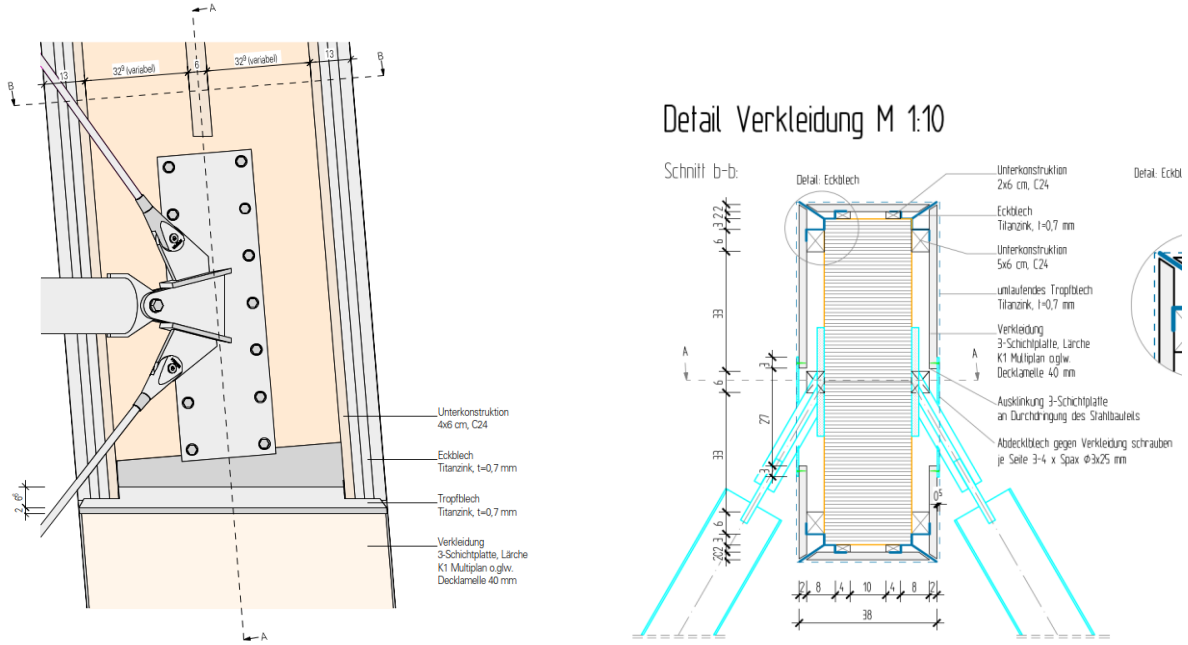


Abbildung 5: Anschluss Verband und Druckriegel an Stütze / Ausführung Verkleidung – links Entwurfsplanung (*Ingenieurbüro Miebach*) und rechts Werkstattplanung (*Schaffitzel Holzindustrie)*

Auch die Aussichtsplattform wurde nach dem minimalen Wartungsprinzip geplant. Durch die Verschraubung in den Aluminiumprofilen wird eine potentielle Beschädigung der tragenden Stahlrohrquerschnitte vermieden. Einzig die Lärchenholzdielen des Bodenbelags stellen ein zu wartendes Bauteil dar. Der Handlauf wurde witterungsbeständig in Accoyaholz ausgebildet – gemeinsam mit dem unterhalb anschließenden Seilnetz bildet er eine wartungsarme Absturzsicherung.

Der Treppenlauf wurde als reiner Systemstahlbau ausgeführt. Flachstahlstellbretter spannen zwischen Spindel und Flachstahlwange, während die Trittflächen mit Gitterrosten belegt sind. Die vertikale Holzverkleidung des Treppenlaufs dienen lediglich dem optischen Erscheinungsbild und besitzt daher keine nennenswerten Wartungsanforderungen.

Aufgrund der exponierten Lage besteht der zwingend erforderliche Bedarf eines Blitzschutzes. Der Turm verfügt daher über Fangleitungen aus Aluminium, welche an den Stützenköpfen installiert wurden und entlang der Stützen bis zum Fundament verlegt wurden. Die Treppe wurde zudem mit einem Potentialausgleich versehen.

4. Vorfertigung

Durch die hallenseitige Vorfertigung können viele Arbeitsschritte witterungsunabhängig und mit erleichterter Handhabung ausgeführt werden. Vorteile, welche durch den bauteilbezogenen Witterungsschutz umso mehr zum Tragen kamen. Sämtliche Stahlteile wurden vorab montiert, ebenso wie die Unterkonstruktion samt Kantblechen und Plattenschalung. Bauseits erfolgte letzten Endes lediglich die Fügung der einzelnen Bauteile.

Eine besondere Herausforderung stellte hier das exakte Einmessen und Ausrichten der Stahlteile auf den gekrümmten und teils gevouteten Stützen dar. Durch die Vormontage der gesamten Verkleidung konnten die Stahlteile bauseits nicht mehr ausgerichtet werden, da die Befestigung der Stahlteile witterungsgeschützt unterhalb der Verschalung erfolgte. Hier war also ein höchstes Maß an Genauigkeit erforderlich, um eine reibungslose Montage zu ermöglichen. Aufgrund der gekrümmten Bauteilkanten und der unterschiedlichen Neigungen der Abschlussbleche erhielten auch die Schalungsplatten sehr individuelle Abmessungen – samt variierender Abschnittswinkel.

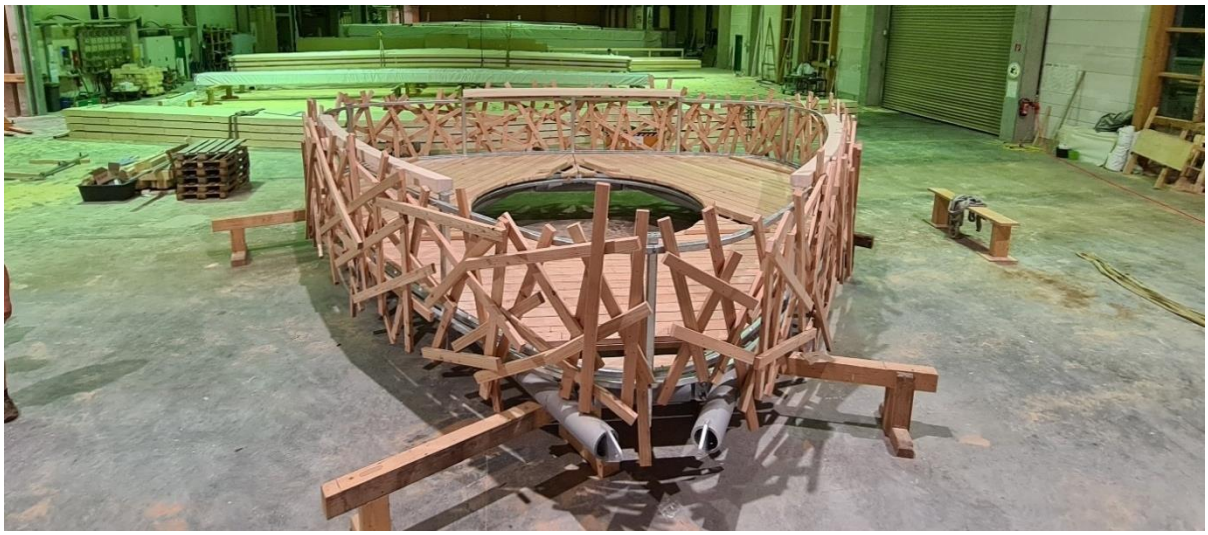


Abbildung 6: Zwischenstand Podest während Vorfertigung – *Schaffitzel Holzindustrie*

5. Montage

Bei der Montage galt es zuerst die Fußstahlteile der Stützen einzumessen und dabei gleichzeitig die Randbedingungen der bauseitig vorhandenen Gewindestangen des Vorgängerbaus einzuhalten. Nach erfolgter Einmessung wurden die Stahlteile mit Ausgleichsmörtel vergossen – die Ausrichtung der Stützen war somit vorgegeben und konnte im weiteren Ablauf nicht mehr ausgerichtet werden.



Abbildung 7: Aufrichtung vorgefertigte Stütze an Montagebock (links) und Bauzustand erste Stütze mit La gesicherungen (rechts) – *Schaffitzel Holzindustrie*

Als nächstes wurden die Stützen gestellt und ausgerichtet, auch hierzu wurde bauseits ein Geometer hinzugezogen, um die Ausrichtung der Bauteile plangemäß auszuführen. Um die Stützen aus der horizontalen Transportlage schadensfrei aufrichten zu können, wurde ein Behelfsbock mittels Bolzen verwendet (siehe Abbildung 7- linkes Bild). Doch wie misst man eine gekrümmte Stütze, welche mit einer noch nichtexistierenden Mittelachse (= Spindel) eine Ebene aufspannt präzise ein? Nachdem die angedachte Herangehensweise

des Geometers sich bauseitig als nicht praxistauglich erweis, wurden die Stützen zimmermannstechnisch über Mittelrisse an den Innenstirnseiten der Stützen präzise ausgerichtet und über den unteren Verband sowie seitliche Abstützungen in der Lage gesichert. Es folgte der Einbau der ersten beiden Druckriegelstränge, sowie der Verbände im Nachgang. Die Verbindungen mit einem Bolzen sind hinsichtlich der geringen Anzahl der Verbindungsmittel und der einfachen Fügung an sich zwar sehr montagefreundlich, allerdings können mangels statisch nicht umsetzbarer Langlöcher keine Toleranzen aufgenommen werden. Damit alle Bauteile gefügt werden konnten war somit ein hoher Grad an Genauigkeit erforderlich, was aufgrund der präzisen Ausrichtung der Stahlteile in der Vormontage schlussendlich ohne größere Schwierigkeiten gelang.

Abschließend erfolgte die Einbringung der Plattform auf dem Gabelkopf. Hierzu wurde ein dreifaches Gehänge verwendet. Ein zusätzlicher Kettenzug ermöglichte die präzise Justierung der Plattform. Dies war erforderlich, um die nur noch minimal justierbaren Bolzenverbindungen an die Stützen fügen zu können.
Abschließend wurde die Spindeltreppe in einzelnen Segmenten durch die Plattformöffnung eingebracht und mit der Bodenplatte und den Holzstützen fixiert.



Abbildung 8: Einhub Podest (links) und letztes Treppensegement (rechts) – *Schaffitzel Holzindustrie*

6. Zusammenfassung

Der Aussichtsturm Idarkopf steht als eindrucksvolles Beispiel für nachhaltiges Bauen im öffentlichen Raum und zeigt auf, wie ingenieurtechnische Holzbauweise in komplexer Umgebung realisiert werden kann. Durch die hybride Kombination von Holz und Stahl wird nicht nur die Langlebigkeit, sondern auch die klimafreundliche Nutzung natürlicher Ressourcen in den Fokus gerückt. Der Turm dient als Leuchtturmprojekt im Bereich des bauteilbezogenen Holzschutzes.

Dank der sorgfältigen Planung und der engen Zusammenarbeit zwischen den Planungsbüros, dem ausführenden Holzbauunternehmen und den zuständigen Forstbehörden konnte ein Bauwerk geschaffen werden, das nicht nur die Landschaft bereichert, sondern auch als Vorbild für zukünftige Projekte dient. Die innovative Konstruktion und die effiziente Vorfertigung tragen maßgeblich zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks bei und demonstrieren das Potenzial moderner Holz-Hybridbauweise.

Über Auto und Bahn – Olympiabrücke Paris über die Autobahn A1 und Bahnhofsbrücke Zwolle

Frank Miebach
Ingenieurbüro Miebach
Lohmar, Deutschland



2 Brücke Paris und Zwolle | F. Miebach

Über Auto und Bahn – Olympiabrücke Paris über die Autobahn A1 und Bahnhofsbrücke Zwolle

1. Oylmpiabrücke über Autobahn A1 in Paris

Im Norden von Paris ist im Zuge der olympischen Spiele 2024 zwischen den Stadtteilen Le Bourget und Dugny ein neues ikonisches Holzbrückenbauwerk über dem Autobahnring der A1 entstanden.

1.1. Entstehung Wettbewerbsidee

Im Zuge eines ausgelobten «Conception et construction» Wettbewerbs konnten sich Teams bestehend aus Planern und ausführenden Firmen für die Teilnahme bewerben. Nach erfolgreicher Selektion als eins von drei Teams wurde eine Entwurfsbearbeitung gefordert, die mit einem verbindlichen Preisangebot «schlüsselfertig» eingereicht werden musste.
Da eine wesentliche Forderung an ein Brückenbauwerk darin bestand, dass das Bauwerk einem Brandereignis von 120min standhalten muss, wurde der Werkstoff Holz sehr vorteilhaft.
Inspiriert durch bereits umgesetzte Blockträgerbrücken aus Brettschichtholz – allen voran unsere Brücke aus Neckartenzlingen – wurden unterschiedliche Tragsysteme auf Tauglichkeit hin untersucht.

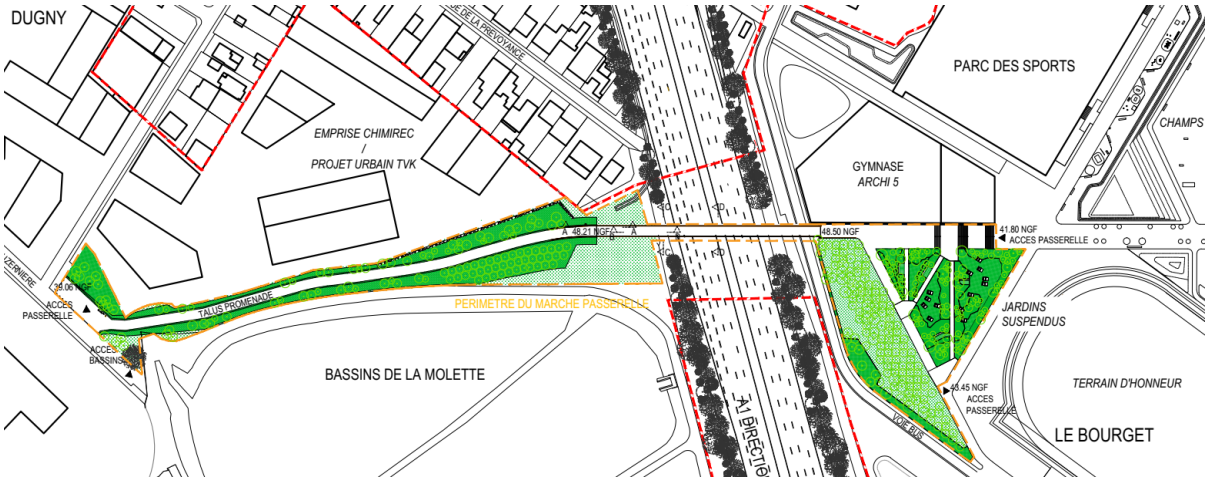


Abbildung 1: Lageplan

1.2. Bietergemeinschaft

Planung:

Architektur:	Exploration Architektur
Gesamtplanung mit Fundamente:	AIA Ingenierie
Holzüberbau:	Ingenieurbüro Miebach
Landschaftsarchitektur	D'ici là
Geotechnik:	Semofi

Ausführung:

Generalunternehmer und Tiefbau:	COLAS
Holzbau:	Simonin S.A.S.

1.3. Herausforderung Planung und Umsetzung

Die Forderung nach einer 100m langen und über 50m frei über die Autobahn spannenden Brücke machte die Wahl einer geeigneten Bauform anspruchsvoll. Im Holzbrückenbau sind derartige Spannweiten selten. Anfängliche Überlegungen mit obenliegendem Tragwerk als

Bogen oder Pylonkonstruktion wurden Zugunsten einer Blockträgerbauweise zurückgestellt, da die massive und kompakte Bauart Vorzüge aufweist: Man kann den konstruktiven Holzschutz gut durch den wasserdichten Belag sicherstellen, der oberseitig ausreichend auskragt. Zusätzlich wurde der Querschnitt der Brücke so konzipiert, dass er sich einer 30° Linie aus der Vertikalen nach unten hin verjüngt. Dadurch gilt das Tragwerk gem. EC1995-2 als geschütztes Tragwerk. Ein chemischer Holzschutz ist irrelevant.
Des Weiteren lässt sich die hohe Brandschutzanforderung zur Standsicherheit nach einem 2-stündigen Brandereignis mit einem derartigen Vollquerschnitt gut erfüllen. Bei einer Abbrand-Rate von 1,2mm/min ergibt sich ein Querschnittsverlust umlaufend von 144mm nach 120 Minuten. (Sonderuntersuchen von dem Labor der Fa. CERIB) Dies gilt es demnach bei der Produktion hinzuzuaddieren.
Der zweiteilige Trägeraufbau, bestehend aus französischem Douglasienholz in GL24h, wurde bei der Firma Simonin in Ostfrankreich gefertigt.
Der wasserdichte Betonbelag mit Asphaltabdeckung liegt unterlüftet auf Querlattungen aus Douglasienholz auf. In Brückenmitte wurden zusätzlich zwei Leerrohre integriert.

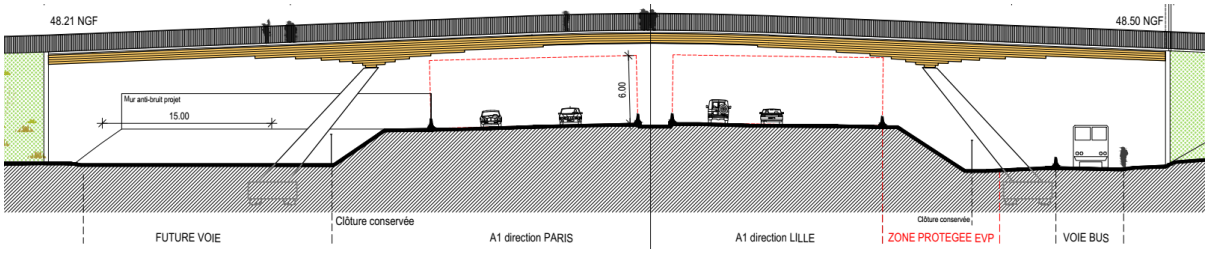


Abbildung 2: Seitenansicht mit Autobahnprofil

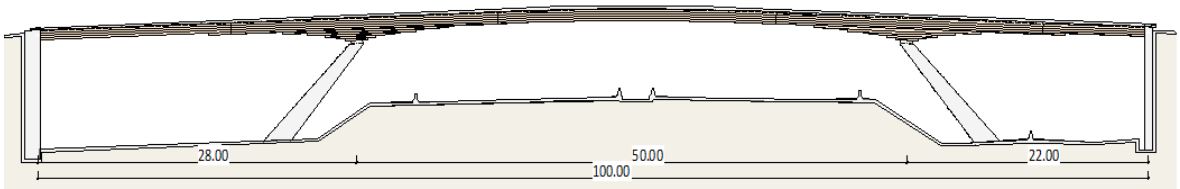


Abbildung 3:Seitenansicht mit Bauwerkslänge

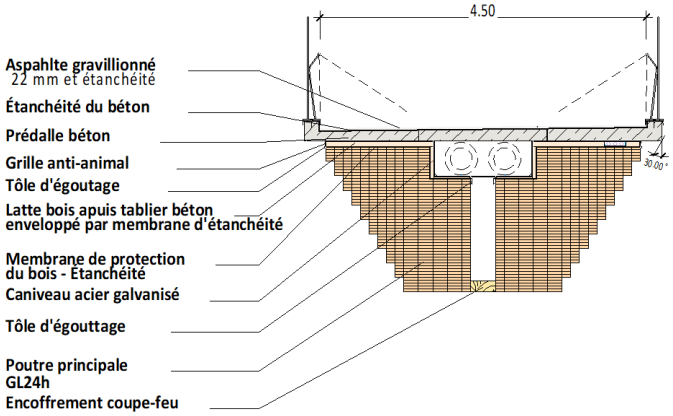


Abbildung 4: Querschnitt Blockträgerbrücke mit Leerrohren

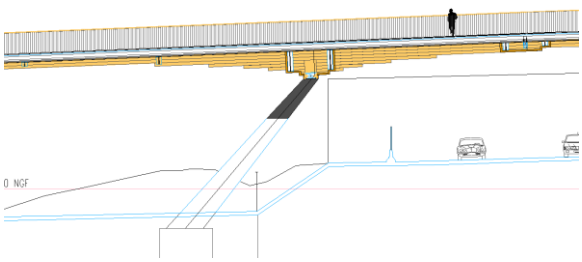


Abbildung 5: Auflagerdetail Zwischenpfeiler

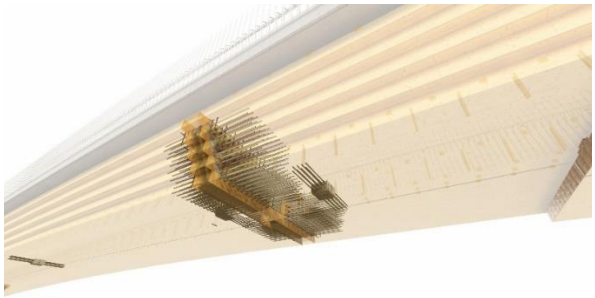


Abbildung 6: Visualisierung Verbindungsmittel im Stoß

Eine besondere Herausforderung stellten die favorisierten kurzen Transportlängen der Träger bis zur beengten Baustelle neben der Autobahn dar. Die 100m lange Konstruktion wurde in fünf Segmente in Längsrichtung, und der Querschnitt zweigeteilt in Querrichtung erstellt. Als sehr montagefreundlich stellte sich die Verbindung der Bauteile mittels eingeklebter Gewindestangen und Stahlkonsolen heraus. Diese Verbindung, die die Firma Simonin unter dem Namen «Resix» patentiert hat, erlaubt stumpfe Bauteilstöße, die vor Ort durch eine Stahl-Stahlverbindung rasch zu montieren sind.
Für den Brandschutz wurden die Verbindungsbereiche mit Holzzulagen und 2 x 20mm Gispskartonplatte «Weather Defence» nachträglich verschlossen.

1.4. Ergebnis

Das hölzerne Tragwerk wurde Anfang August 2023 in Sechs nächtlichen Sperrpausen von jeweils 6Std. planmäßig montiert. Der Belag folgte Ende 2023 gut durch Schutzgerüste abgesichert über dem fließenden Verkehr.



Abbildung 7: Visualisierung



Abbildung 8: Montage

Eine gestalterische Besonderheit stellen die zwei geneigten Zwischenpfeiler in vorgefertigter Stahlbetonbauweise dar. Die Vormontage erfolgte an der Baustelle in vertikaler Ausrichtung. Nach dem Ausschalen wurden die Pfeiler in Ihrer geneigten Position abgesenkt. Die Pfeilerneigung bringt den Vorzug, dass die Spannweite reduziert wurde, und die Gründung im ungestörten Bereich erfolgen konnte.
Die dadurch erzeugte Geometrie erzeugt eine gestalterische Dynamik, die das kompakte Tragwerk zu den anwachsenden Zwischenauflagern hin figürlich betont.



Abbildung 9: Einhub



Abbildung 10: Pfeilerfundament



Abbildung 11: Fertigstellung März 2024

Et: Voila!

1.5. Beteiligte Brückenbau

Bauherr	Société de Livraison des Ouvrages Olympiques – SOLIDEO
Designplanung	Exploration Architecture (Architektur) AIA Ingenierie (Gesamtplanung und Fundamente) IB-Miebach (Design und Tragwerksplanung Holzüberbau)
Ausführungsplanung	IB-Miebach (Brückenüberbau) AIA Ingenierie (Gründung und Betonbau)
Ausführende Firmen	Colas (Generalunternehmer, Fundamente) Simonin S.A.S. (Holzbau und Stahlbau)

Steckbrief:
Länge: 100,00 m
Breite: 4,50 m
Konstruktion: dreifeldrige, durchlaufende Blockträgerbrücke mit Haupttragwerk aus block-verleimtem Brettschichtholz GL24h, Belag aus Beton und Stahlgeländer



Abbildung 12: Untersicht



Abbildung 13: Ansicht Pfeiler

2. Bahnhofsbrücke über 12 Bahngleise in Zwolle

2.1. Entstehung Wettbewerbsidee

Die Idee zur Notwendigkeit einer Brücke in der niederländischen Stadt Zwolle entstand bereits 2019 zur Verbindung des Hauptbahnhofes mit dem südlichen, industriell geprägten Stadtgebiet. Der erste initiale Brückenentwurf basierte noch auf einer einfachen, geraden Stahlbrücke, die eine Verbindung über die Gleise schafft. Im Rahmen der städteplanerischen Analyse wurde ein besonderer Anspruch an die Brücke im Bereich Nachhaltigkeit und Prägung des Stadtbildes entwickelt. Mit diesem Anspruch wurde durch die Stadt ein Planungsteam aus unterschiedlichen Spezialisten zusammengestellt, um eine Brücke zu entwickeln, die den städtebaulichen Visionen entsprechen konnte.

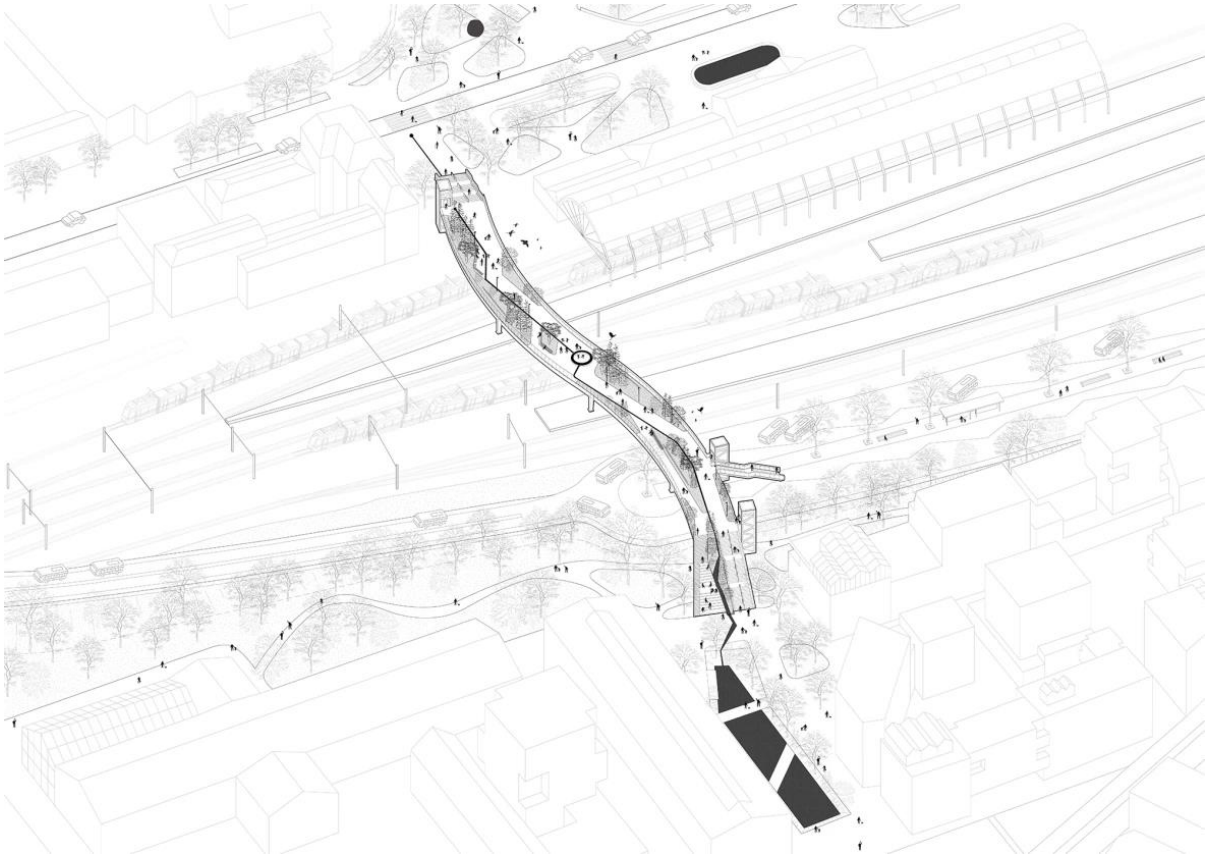


Abbildung 14: Konzept (Karres en Brands)

2.2. Planergemeinschaft und Vision

Das Planungsteam aus den Landschaftsarchitekten Karres en Brands aus Hilversum (NL) sowie den Spezialisten für Urbanes Design IPV Delft (NL) wurde mit Unterstützung von Wouter Kolijn zusammengestellt und 2020 mit der Planung der Brücke beauftragt. Die Bearbeitung erfolgt hier in enger Zusammenarbeit, die auch durch die Covid Pandemie geprägt wurde. Um hierbei dennoch eine gute visuelle Kooperation zu ermöglichen, wurde in der Planungsphase vermehrt auf Hilfsmittel wie Virtual Reality und eine Vielzahl von Livevisualisierungen zurückgegriffen.
Gemeinsam wurde die Vision einer «Elevated Street» entwickelt. Einer Brücke, die sich wie ein erhabener Straßenzug mit üppigem Grün über die Gleise schlängelt. Es ergibt sich eine Brücke von einer Länge von ca. 130 Metern mit Treppenanlagen auf beiden Seiten, die sich durch eine Parkähnliche Gestaltung auszeichnet, die neben der Nutzung durch Fußgehende auf 10 Metern Breite ausreichend Raum für eine intensive Begrünung zulässt.



Abbildung 15: Visualisierung (Karres en Brands)

2.3. Herausforderung Planung

Neben den technischen und gestalterischen Anforderungen waren bereits bei der Entwicklung der ersten Skizzen ein langfristiger Zeitplan mit bereits festgelegten Sperrzeiten für die zu überbrückenden Gleise zu berücksichtigen. Die Montage der Hauptkonstruktion musste in einer Zeit von 100 Stunden abgeschlossen werden, um den wichtigen Verkehrsknotenpunkt im Norden der Niederlande nicht länger zu behindern.
Darüber hinaus musste sehr behutsam mit den bestehenden Konstruktionen im Baufeld umgegangen werden, so dass die Trassenführung der Brücke über mehrere Schritte optimiert werden musste.
Neben den Spannweiten von über 34,0 Metern und der kurzen Montagezeit war die Entwicklung eines Querschnittes mit einer planmäßigen Lebensdauer von 100 Jahren in Holzbauweise bei Aufnahme einer Deckstruktur als Gründach. Um diese Ansprüche zu erfüllen wurde ein möglichst redundantes System, bestehend aus vier massiven blockverklebten Holzträgern aus GL28h (Fichte) gewählt. Die Träger werden über Stahlrahmen gekoppelt, und mit einer belüfteten Belagskonstruktion aus Brettsperrholz belegt. Dabei wird die Brettsperrholzlage nur zur Aufnahme der Lasten aus dem Aufbau herangezogen, sodass ein Austausch jederzeit möglich ist. Um eine Überwachung der zweilagigen EPDM-Abdichtung auf der BSP-Lage zu ermöglichen musste ein vollflächiges Monitoringsystem integriert werden.



Abbildung 16: Visualisierung (Karres en Brands)

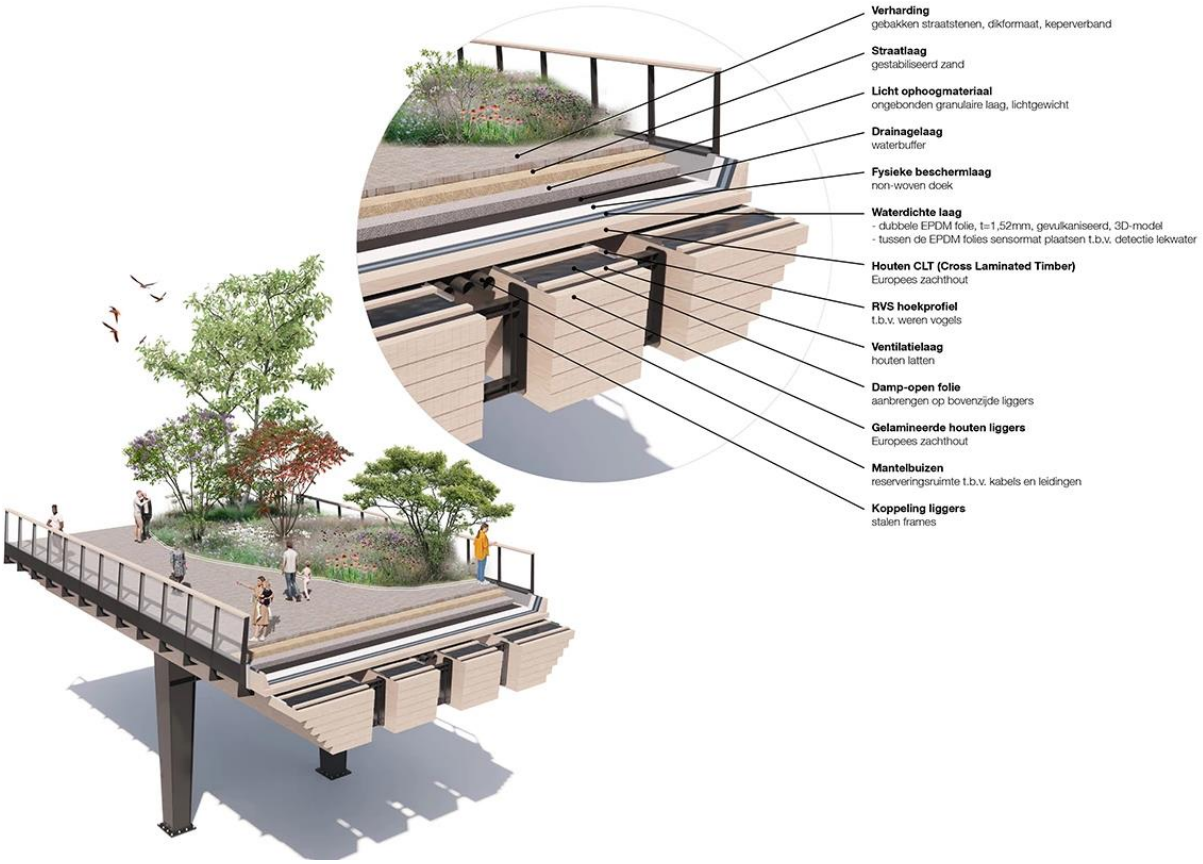


Abbildung 17: Querschnittsaufbau (IPV Delft)

Im Rahmen der Tragwerksplanung mussten bereits in frühen Stadien spezielle Anforderungen überprüft werden. So wurde die Brücke für ein Brandszenario eines Zuges bemessen, was besonders bei den Stahl-Kopplungen eine Herausforderung darstellte. Durch die sorgsame Platzierung dieser Elemente und den Schutz einiger Stahlteile durch Holzverschalungen lies sich ein redundantes System entwickeln, das auch den Anforderungen an progressives Versagen genügen konnte.
Aufgrund der hohen Komplexität der Struktur wurde die Tragwerksplanung des Holzüberbaus bis zur Realisierung durch das IB-Miebach betreut und parallel in ein BIM-Modell übertragen, welches nun den digitalen Zwilling der fast fertigen Brücke abbildet.

2.4. Herausforderungen bauliche Umsetzung

Das Niederländische Unternehmen Dura Vermeer wurde gemeinsam mit den Norddeutschen Holzbrückenspezialisten von Schmees und Lühn mit der Umsetzung des Projektes betraut.
Die Brücke stellte allein durch die massiven Abmessungen und komplexen Geometrien eine besondere Herausforderung für alle beteiligten Unternehmen dar. Anhand einer hochdetaillierten Planung sowie der testweisen Montage sowie der präzisen Fertigung – auch durch die Lieferanten der Brettschichtholzträger, Schaffitzel Holzindustrie und Wiedmann Holzleimbau – ließ sich eine Montage im gegebenen Zeitfenster umsetzen.
Es ist zu betonen, dass die erforderliche Präzision bei der Fertigung weit über den normativen Anforderungen liegt. So musste für die Montage bei einer Länge von über 130 Metern Toleranzen von lediglich wenigen Millimetern ausreichen. Um dies zu gewährleisten wurde die Hauptkonstruktion bereits im Werk durch zur Probe aufgebaut und dabei die exakte Lage der Stützkonstruktionen berücksichtigt. Mit den hieraus gewonnenen Erkenntnissen lies sich die Montage im knappen Zeitfenster ohne größere Hindernisse umsetzen, wobei sowohl bei der Durchführung der Transporte sowie der Dimensionierung der Mobilkräne nahe an den Grenzen der Realisierbarkeit gearbeitet werden musste.



Abbildung 18: Montagetest im Werk (Schmees und Lühn)

2.5. Ergebnis

Die Gesamtkonstruktion der Brücke befindet sich aktuell noch im Bau, wobei die Holzkonstruktion und der Überbau bis auf den Brückenbelag bereits fertiggestellt ist. Die Brücke wird durch drei Treppenanlagen – welche aus Gründen der Dauerhaftigkeit aus Stahl konzipiert wurden – erschlossen sowie drei Aufzüge, die sich durch eine Schaftkonstruktion in Holzbauweise auszeichnen.







Abbildung 19: Fotos Fertigstellung (Schmees und Lühn)

2.6. Beteiligte

Bauherr	Gemeente Zwolle (NL)
Auftraggeber	ProRail
Designplanung	Karres en Brands (Landschafts- und Stadtplanung) IPV Delft (Architektur) IB-Miebach (Konstruktion und Tragwerksplanung) Attis (Gründachplanung und Wasserkonzept) Breed (Gründung)
Ausführungsplanung	IB-Miebach (Brückenüberbau) abt consulting (Gründung und Betonbau) Lindschulte (Stahlbau Treppen und Portale)
Ausführende Firmen	Dura Vermeer (Generalunternehmer) Schmees und Lühn (Holzbau und Stahlbau)



Abbildung 20: Untersicht (IB-Miebach)

Glued GLVL panels for a new footbridge over the Brussels Ring

Laurane Néron
Ney & Partners WOW
Brussels, Belgium



Glued GLVL panels for a new footbridge over the Brussels Ring

1. Project background

The Flemish Government is seeking to reconnect the areas inside and outside the Ring of Brussels, through the project "*Werken aan de Ring*" led by De Werkvennootschap (DWV). The new bicycle and pedestrian bridge over the busy Vier Armen intersection will be an important link on the yet-to-be-built F29 cycle highway connecting Brussels, Tervuren and Leuven. Ney and Partners has been selected as the architectural and structural design office for these projects. In collaboration with Ney and Partners WOW, their timber engineering division, the Vier Armen footbridge was an ideal opportunity to explore innovative ways to construct bridges with timber.

2. Footbridge design

2.1. Integration in the surroundings and design choices

The bridge creates a bicycle and pedestrian connection between two forest areas separated by the R0 ring road. The bicycle bridge is designed as an integrated element within the forest areas rather than an additional infrastructure element on top of the existing roads. The design emphasizes safety, comfort, and integration into the environment, with as little interaction as possible with the underlying busy intersection and tunnel of the ring road.

The bridge was constructed from a single 67.5m span to minimize interaction with the infrastructure. The choice of timber in the bridge design is obvious in this forested environment. However, timber was not only used for cladding and finishes, but also for the load-bearing structure. The single span requires a structural height that is provided above the bridge deck in order to keep the bridge deck as low as possible, minimizing the height to be climbed by cyclists and increasing cycling comfort. A timber box structure made of GLVL panels gives the bridge its required structural height. Cyclists ride through the structure and are shielded from the busy road below at the *Vier Armen* junction. The landings are made of reinforced earth with green slopes that also blend into the green environment.



Figure 1: Aerial view of the footbridge crossing the Vier Armen junction

2.2. Components detailing

The bridge design is an integrated solution, with each component fulfilling multiple functions. The timber box girder is comprised of a bottom flange, side plates, and a top flange, each of which is made of Kerto® GLVL-Q panels and serves a primary function in the main load-bearing structure of the bridge. The bottom flange serves as the bridge deck. The lateral panels serve to protect the users from vehicular traffic and also function as parapets. The top flange serves as a protective roof, shielding users and the underlying timber structure from rain.

To increase the incidence of natural light and provide cyclists with a view of the exterior, openings are cut in the side plates at a fixed rhythm of 3 metres. The openings become smaller towards the support points, where more structural material is required, and increase in size at mid-span, where the structure allows material to be removed from the side plates. The shape of the openings is based on structural logic on the one hand and is determined by the regulations for parapets on the other. The bottom of the openings is sufficiently high above the tread so that no additional features are required as parapets.



Figure 2: Interior view of the timber box under construction

2.3. Durability and water management

Effective water management is crucial in the design of timber structures to ensure durability and extend their lifespan. This was a core consideration in the design of this bridge and several measures were applied to get to a robust solution.

The roof's geometry is specifically designed to prevent driving rain from coming into contact with the structure. In both transverse and longitudinal sections, the roof extends far enough to shield the structure from rain at an angle of 45°. The bridge deck incorporates a 2% longitudinal slope, allowing any water that reaches the deck to drain towards the abutments. Furthermore, a series of sensors has been installed with the objective of monitoring the timber elements over time and detecting the presence of moisture. Two distinct types of sensors are employed:

- Moisture content sensors: Pins connected by electrical wires are embedded in the LVL panels at critical joints of the deck, façade, and roof to measure moisture content.
- Leakage detection system: A membrane (smartex® by Progeo) covers the entire deck area, complemented by detection stripes along the perimeter of the roof to identify potential leaks.

All data is collected by the client, and alerts are triggered if threshold values are exceeded. This monitoring system, combined with regular visual inspections, enables early detection of any anomalies, allowing for timely interventions to prevent damage from escalating. This thoughtful approach to water control not only improves the durability of the timber structure but also demonstrates timber's viability as a resilient material in modern, weather-resistant construction.

2.4. Finishes

The bridge incorporates a range of high-quality finishes to ensure durability, functionality, and aesthetic appeal:

- The roof is clad with aluminium panels, providing robust protection against the elements.
- With a usable width of 6 meters, the walking surface on the bridge deck is constructed from wooden larch planks with anti-slip grooves to enhance safety.
- The inner surfaces are lined with a secondary structure of larch slats. This secondary layer, commonly used in wooden bridges, protects the main structure and can be replaced if necessary. In addition, the non-planar surface design helps to deter graffiti, as the irregular texture makes it difficult to apply and maintain graffiti.
- The facades are covered with Western Red Cedar shingles. This traditional wood tile technique provides effective protection for the LVL panels while maintaining the natural, warm appearance of timber.



Figure 3: Finishes of deck, façade and roof

3. Structural features

3.1. Timber box girder

The timber box girder is designed with slender LVL (Laminated Veneer Lumber) plates, reinforced by transverse frames made from the same material. These frames are spaced at a fixed interval of 3 meters, stabilizing the walls and roof.

The structural height of the timber box increases toward the mid-span, where a higher sense of space is achieved, enhancing the user experience. This geometric configuration also aligns with the structural demands, as additional inertia is required at the center of the span, where the bending moment is highest. Consequently, the structural height above the bridge deck ranges from 5.6 to nearly 7 meters.

The main structural elements consist of glued LVL panels (GLVL). The roof operates primarily in compression, the deck in tension, and the facades channel shear forces toward the supports.

Achieving the final structural geometry required an iterative design process, refining the dimensions, joints, and façade openings to meet both engineering and architectural specifications. This process accounted for numerous construction parameters, including standard LVL plate sizes, press dimensions for gluing, transportation constraints, and assembly techniques. Integrating these considerations allowed the design team to arrive at an optimized and functional geometry that aligns with architectural and structural requirements.

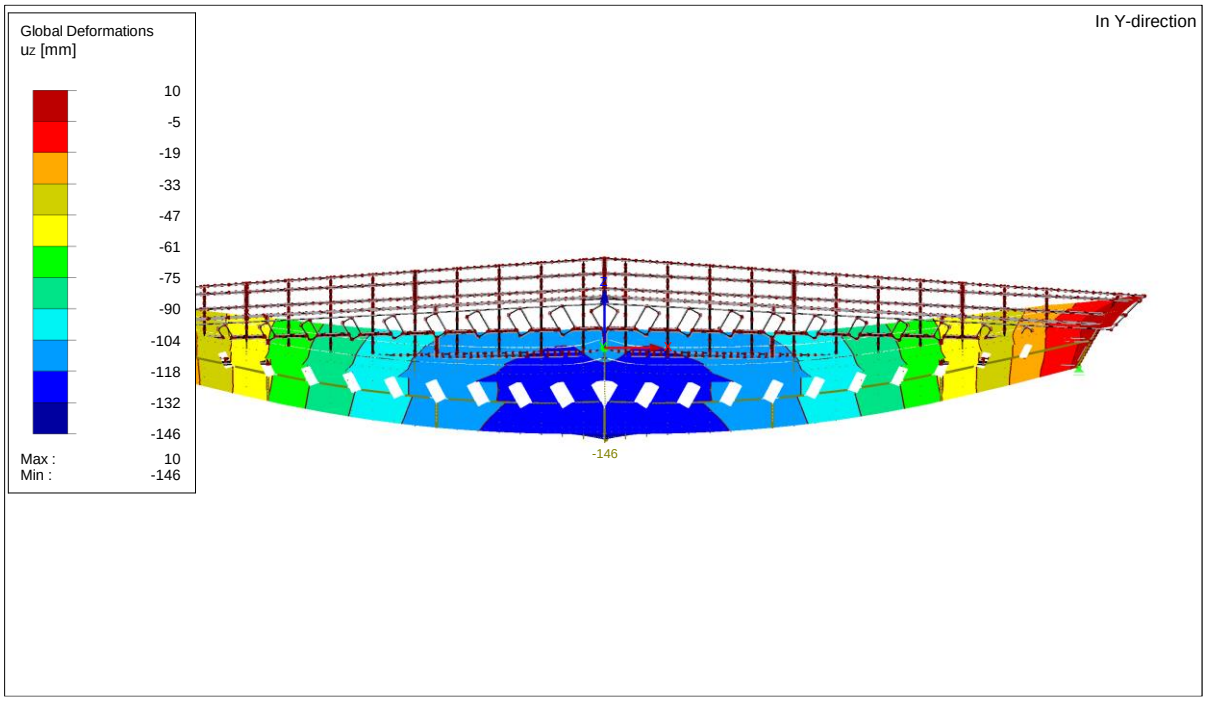


Figure 4: Deflections under dead load - Results from RFEM model

3.2. Assembly of GLVL panels

The timber panels are constructed from multiple layers of standard Kerto Q® (supplied by MetsäWood), bonded to form robust, thick panels up to 22 cm. The cross-layering of these laminations aligns with the specific directional forces encountered by the structure, maximizing strength. This approach harmoniously combines functionality, safety, and sustainability, while highlighting the unique properties of Kerto GLVL.

Three main types of connections were used to assemble the bridge:
- Continuity joints: Steel plates and dowels embedded within the structure were employed to transfer tension and compression forces between segments, maintaining longitudinal continuity.
- Diaphragm Joints: For large planar surfaces, shear connections were managed through steel plates and nails in the roof, while aluminium blocks inserted into grooves facilitated the deck's shear resistance.
- T-sections: To connect the deck, façade, and roof, inclined fully-threaded screws were used, providing a secure and cohesive assembly.

For both aesthetic and durability purposes, the design emphasizes invisible connections, which not only maintain the visual integrity of the timber structure but also shield the steel components from environmental exposure, enhancing long-term resilience.



Figure 5: Assembly of GLVL panels on the prefabrication area

4. Fabrication and Mounting

The bridge construction was managed by the general contractor Via Build!, with executive engineering studies conducted by sBlumer ZT GmbH on behalf of the timber subcontractor, Holzbau Amann.

Given the bridge's significant span, it was divided into six segments, each no longer than 12 meters, to meet standard transportation limits. The segments were prefabricated in Holzbau Amann's workshops in Germany and then assembled on-site near Tervuren Avenue, approximately 800 meters from the final installation site. This approach minimized on-site construction, facilitating a rapid assembly process that was completed within four weeks.

To ensure protection during assembly, the division into six segments allowed each LVL panel section to be quickly covered. After each segment was installed, it was immediately protected with its roof and a waterproofing membrane before the next segment assembly began. This method prevented water accumulation and safeguarded the timber structure.

On October 21, 2024, the bridge, weighing 290 tonnes, was transported from the prefabrication site to its final position. Mounted on Self-Propelled Modular Transporters (SPMT) by Sarens, it was driven to the Vier Armen junction. The final placement on its supports occurred during the night, drawing a crowd of spectators to witness this precise operation.



Figure 6: Transportation of the footbridge on SPMT from the prefabrication site to its final location

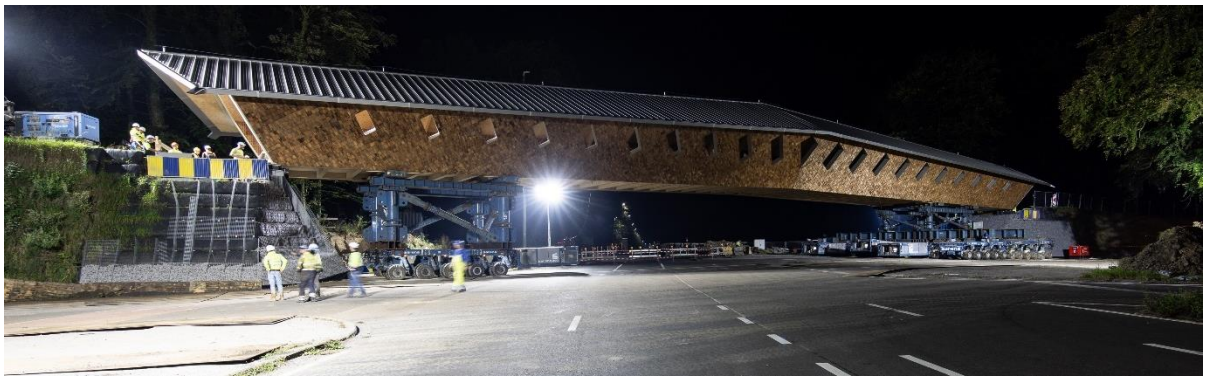


Figure 7: Night view of the footbridge mounted on its final supports

5. Environmental impact

In an era where reducing carbon emissions is essential to combat climate change, timber bridges offer a promising approach to minimizing environmental impact. By quantifying all emissions associated with a project in terms of CO_2 equivalents, the Global Warming Potential (GWP) serves as a comprehensive metric for evaluating and comparing the environmental impact of different materials and construction techniques.

As shown in the GWP comparison chart of Ney & Partners' bridge projects (Figure 8), the Tervuren timber footbridge achieves a notably low GWP compared to other bridges constructed from conventional materials. The inclusion of timber's biogenic carbon storage further reduces its overall GWP, placing the Tervuren footbridge as one of the most environmentally favourable options.

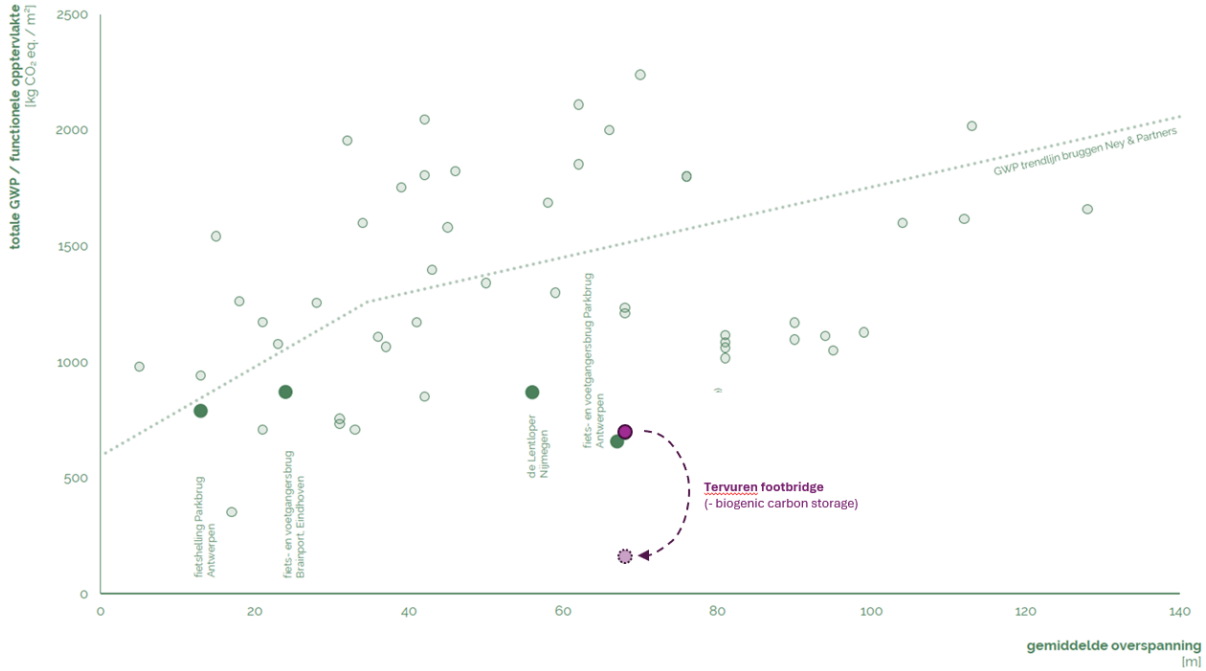


Figure 8: GWP comparison of Ney & Partners bridge projects

6. Conclusion

The 67.5-meter span timber footbridge, constructed using glued GLVL panels as the primary structural material, represents an innovative and sustainable approach to covered timber bridge design. This project demonstrates the feasibility of achieving long spans without intermediate supports, underscoring the potential of timber in applications traditionally dominated by concrete and steel. By incorporating a bio-sourced material, the bridge not only reduces embodied carbon but also aligns with modern environmental goals for minimizing the ecological footprint of infrastructure.

New Timber Bridges in Spain and Experiences from the Past

Julio Vivas
Media Madera Ingenieros Consultores
Spain



New Timber Bridges in Spain and Experiences from the Past

1. Abstract

This paper presents an overview of recent timber bridge projects in Spain, along with lessons learned from historical timber bridge constructions. It explores the material advantages of wood in civil engineering, covering aspects of sustainability, structural durability, and innovative design applications. The paper also discusses current technologies for testing and monitoring, and how insights from past practices shape modern bridge design and maintenance.

2. Historical Background of Timber Bridges in Spain

While timber bridge construction reached a high level of development in Central Europe, with numerous structures still standing today as historical examples, Spain has relatively few remnants of a similar tradition. This disparity is due in part to the different climatic conditions and the types of timber resources traditionally available in Spain, as well as to the structural and design approaches historically employed in Spanish timber bridges.

In the 1980s and 1990s, Spain saw a resurgence in timber bridge construction with the use of glued laminated timber (glulam). However, many of these early projects faced significant preservation challenges due to the treatments and design practices used at the time. Specifically, the wood was treated with water-soluble salts containing arsenic, a preservative method that, while effective against pests, did not account for the unique requirements of structural timber exposed to the elements. Additionally, many of these bridges lacked design-based protection measures, such as sheltering components from direct water exposure or accounting for drainage, which would have helped prevent degradation.

Most notably, much of this early timber bridge construction used **spruce wood**, a type of timber that is not easily impregnable. As a result, it did not absorb the arsenic-based treatment effectively, leaving the structures vulnerable to rot and decay. Over time, many of these bridges deteriorated, failing to achieve the intended longevity and reinforcing negative perceptions about the durability of timber structures in Spain.

However, there are examples of timber bridges from this period that have endured, particularly those constructed with **Scots pine** (Pinus sylvestris). Unlike spruce, Scots pine is more suitable for impregnation and, when properly treated and maintained, has shown a high level of durability. Some of these bridges remain in good condition today, serving as evidence of the potential for timber as a sustainable, long-lasting material when design, material selection, and preservation techniques are appropriately aligned.

This mixed historical legacy has influenced current attitudes toward timber construction in Spain, where skepticism remains due to past failures. Nevertheless, these experiences underscore the importance of selecting appropriate wood species and applying both chemical and design-based protection measures to ensure the durability of timber bridges in diverse environmental conditions.



Figure 1: There are numerous examples, built in the late 20th century and even more recently, where chemical treatment was applied to wood species that are difficult to impregnate, such as spruce.

3. Contemporary Timber Bridge Projects and Structural Typologies in Spain: Structural Design and Typologies

The resurgence of timber as a primary material in Spanish bridge construction reflects a broader trend toward sustainable and aesthetically pleasing infrastructure. Timber bridges across Spain showcase innovative structural typologies and highlight the versatility of wood in modern engineering. This section presents key examples of contemporary timber bridges – focusing on the Guadalhorce River Mouth Bridge, the Amorebieta Bridge, and the unique band-tied and cantilevered bridges over the Duero River – and examines the structural approaches used in these projects.

3.1. Timber Bridges as a Sustainable Solution

Modern timber bridges align with Spain's commitment to sustainability. Timber is a renewable resource that sequesters carbon dioxide, offering an eco-friendly alternative to conventional materials like steel and concrete. In contemporary projects, engineered wood products such as laminated timber enhance the mechanical properties of wood, making it suitable for longer spans and demanding applications. By integrating timber bridges into public infrastructure, Spain is fostering an environmentally responsible approach that also enhances the aesthetic value of natural landscapes.

3.2. Structural Typologies in Spanish Timber Bridges

The structural typologies utilized in Spanish timber bridges reflect both traditional engineering principles and modern innovations that enhance durability, functionality, and environmental integration:

- **Simple Beam Structures**: Typically used for shorter spans (up to 30 meters), simple beam structures consist of bi-supported beams that distribute loads evenly. These structures are valued for their simplicity, ease of maintenance, and cost-effectiveness. Laminated timber is commonly used to increase strength and environmental resistance, with protective coatings applied to extend longevity.

- **Two-Hinged and Three-Hinged Arches**: For spans of 30–70 meters, these arches leverage wood's compressive strength, making them highly efficient for bearing significant loads. They harmonize with natural landscapes, making them suitable for scenic areas. Three-hinged arches, in particular, offer greater flexibility under varying loads and temperature conditions, enhancing durability.
- **Bow-String and Tied-Bow Bridges**: These bridges, also known as tied-arch bridges, feature an arch supported by a horizontal tie element that stabilizes the structure by counteracting outward forces. Tied-bow bridges are ideal for longer spans, where the tie reduces strain on the abutments, allowing for simpler foundation requirements. They make efficient use of wood's tensile and compressive strengths, suiting both pedestrian and light vehicle traffic.
- **Lattice (Truss) Bridges**: Commonly used for long spans, lattice or truss bridges distribute loads through interlocking diagonal and vertical elements. This design provides high stiffness and stability, making it ideal for bridges exposed to dynamic forces like wind or traffic. Laminated timber trusses with moisture-resistant coatings are particularly suitable for humid environments, such as river crossings.
- **Mixed Typologies**: Examples like the Duero River bridges combine a **band-tied** structure with **cantilevered sections**. The horizontal tension band effectively distributes forces, while the cantilevered segments offer stability across wide spans. This hybrid approach minimizes foundation requirements, integrating seamlessly with the environment and enhancing structural resilience.



Figure 2: Some examples of various structural typologies of timber bridges in Spain.

3.3. Key Examples of Modern Timber Bridges in Spain

The Guadalhorce River Mouth Bridge (Málaga): This pedestrian and cyclist bridge, opened in 2020, spans 270 meters across the Guadalhorce estuary, making it the longest timber bridge in Spain. Constructed with laminated Scots pine (Pinus sylvestris), this bridge exemplifies how appropriate material selection and preservation can extend the lifespan of timber structures. Scots pine was chosen for its durability and ability to withstand the coastal environment, where humidity and salt exposure present unique challenges. The bridge's design incorporates drainage solutions and non-toxic treatments that protect the timber from moisture, ensuring that it remains structurally sound with minimal maintenance.



Figure 3: Guadalhorce river mouth bridge.

The Amorebieta footbridge (Bizkaia): Built in 2008, this bridge demonstrates the potential of timber for vehicular infrastructure. Designed with laminated timber beams that span significant distances without intermediate supports, the Amorebieta Bridge has maintained an excellent state of preservation, without maintenance, 18 years after its construction. Treated with protective coatings and designed for easy inspection, it showcases how timber can meet the demands of regular traffic in urban settings



Figure 4: Amorebieta bridge

Timber Bridges Over the Duero River: The timber bridges over the Duero River, which incorporate a unique combination of **band-tied (banda-tesa)** and **cantilevered** structural systems, highlight innovative approaches in Spanish timber bridge engineering. This hybrid typology uses a horizontal tension band to counteract outward forces, combined with cantilevered sections that allow for extended spans without intermediate supports. These features are particularly useful in wide river crossings, where structural stability and minimal impact on the natural environment are key considerations.



Figure 5: Timber footbridge over the Duero river.

4. Lessons Learned and Future Implications

The recent timber bridge projects across Spain demonstrate how structural innovation, appropriate material selection, and preservation techniques are reshaping perceptions of timber in infrastructure. These projects illustrate the importance of:

- **Material Selection**: Choosing wood species such as Scots pine, which is impregnable and suitable for harsh environments, is crucial to ensuring durability.
- **Comprehensive Preservation**: Combining chemical treatments with design strategies that control moisture exposure is essential to maintaining timber bridge longevity.
- **Sustainable Design**: Timber bridges blend harmoniously with natural landscapes, reflecting a modern approach to infrastructure that values environmental integration and aesthetic appeal.

By adopting these principles, Spain is paving the way for a new era of timber bridge construction that balances tradition and innovation, providing models for sustainable infrastructure worldwide.

4.1. Hybrid (Mixed) Structures

Hybrid, or mixed, timber bridge structures combine wood with other materials, such as steel or concrete, to optimize both performance and durability. Hybrid structures are employed in situations where timber alone might not meet all design requirements, particularly for longer spans or high-load applications. In Spain, **timber-concrete composite bridges** are still uncommon but present a significant opportunity to introduce timber in road bridge construction—a prospect that has faced historical resistance until now. These composite structures are more prevalent in Central and Northern European countries, where they are recognized for their resilience and efficiency in vehicular applications.
Common types of hybrid structures in timber bridge engineering include:

- **Timber-Steel Hybrids**: These designs use steel components, such as tension rods or cables, to reinforce timber arches or beams. This combination allows for greater spans and load capacities than timber alone, while still maintaining wood's aesthetic appeal and sustainability.
  - **Example**: Tied-bow or truss bridges reinforced with steel ties or bracing elements to enhance stability.
  - **Advantages**: These structures take advantage of wood's compressive strength and steel's tensile strength, creating a balanced, resilient system.
- **Timber-Concrete Composites**: Timber-concrete composite bridges feature a concrete deck or foundation with a timber superstructure, commonly used for vehicular bridges where a durable road surface is needed. The combination of a concrete deck for wear resistance and timber components for weight reduction offers a practical solution for high-load applications.

- **Example**: Composite beam bridges with a concrete deck provide a rigid, wear-resistant surface, while timber elements reduce the overall weight.
- **Advantages**: Concrete offers high resistance to wear and water exposure, while timber reduces the bridge's weight and overall environmental footprint.

Hybrid structures allow engineers to customize each bridge based on specific requirements, combining the strengths of each material to overcome timber's limitations in isolation. In Spain, the adoption of timber-concrete hybrids for road bridges could introduce sustainable timber solutions in vehicular infrastructure, following the example set by other European countries where such designs have demonstrated their effectiveness.

4.2. Design Considerations for Timber Bridges

Regardless of the typology, certain design principles are applied consistently across timber bridge structures to ensure durability and functionality:

- **Maximizing Axial Load Resistance**: Designs prioritize alignment with wood's strengths in compression and tension, minimizing exposure to bending stresses where possible.
- **Environmental Protection**: Measures such as coatings, proper drainage, and UV protection are incorporated to extend the timber's lifespan.
- **Modularity for Maintenance**: Components are designed for easy inspection and replacement, crucial for preserving the structural integrity of timber bridges over time.

4.3. The Principle of «Form Follows Function»

A fundamental philosophy in timber bridge engineering is the idea that «form follows function.» This approach ensures each design element serves a clear structural purpose, while also enhancing the bridge's aesthetic qualities:

- **Functional Design**: Each structural choice, whether a truss, arch, or hybrid solution, is based on specific requirements for load-bearing, durability, and environmental conditions.
- **Natural Integration**: Timber bridges offer a unique opportunity to harmonize with surrounding landscapes, making them especially suited for environmentally sensitive or scenic areas.

5. Testing and Monitoring in Timber Bridges

The structural performance and safety of timber bridges are ensured through rigorous testing and monitoring protocols. Given the unique properties of wood and its responses to environmental conditions, Spanish timber bridges increasingly implement advanced testing methods and monitoring technologies to meet modern safety and serviceability standards. This section outlines the testing and monitoring techniques used in timber bridge projects and explores the role of «Smart Bridge» technology in enhancing structural integrity and longevity.

5.1. Dynamic Testing for Timber Bridge

Dynamic testing is a critical part of timber bridge design, particularly for pedestrian bridges or structures exposed to varying load conditions. Dynamic tests help engineers understand how the bridge behaves under conditions like wind, pedestrian movement, and other dynamic loads. Key aspects of dynamic testing include:

- **Vibration Analysis**: Vibration tests are performed to measure the natural frequencies of the bridge. These frequencies provide insights into the stiffness and damping properties of the structure, which are crucial for assessing stability and resonance risks. For example, a common approach is to apply controlled loads or utilize vibration sources to simulate pedestrian or vehicular traffic, then analyze how the structure responds.
- **Modal Analysis**: Modal analysis determines the different vibrational modes of the bridge, helping engineers identify areas of potential weakness or unexpected flexing. By understanding these modes, engineers can refine designs to reduce oscillations that may compromise structural integrity.

– **Load Testing**: Load tests are conducted to assess the bridge's performance under maximum anticipated loads. By applying controlled loads, engineers can observe the distribution of forces across the structure, verifying that the bridge meets design standards and safety requirements.

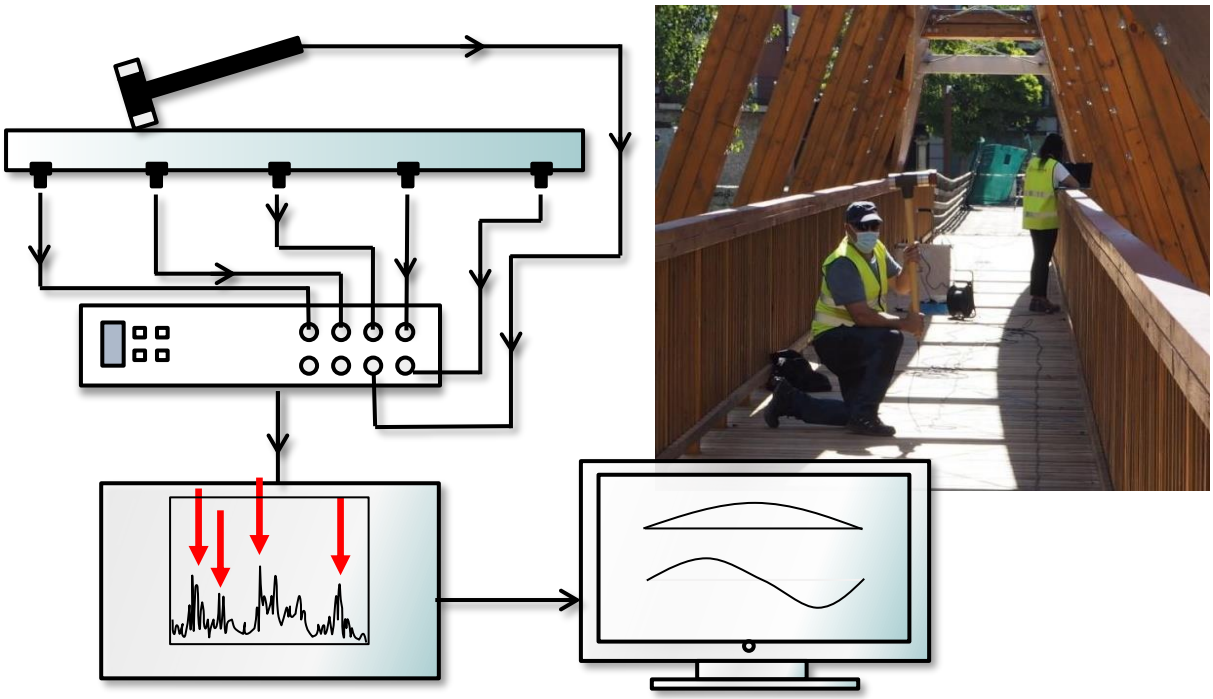


Figure 6: Experimental modal analysis using impact hammer on a timber footbridge.

These tests are essential for verifying simulation models and ensuring that the timber structure will perform as expected under real-world conditions. In Spain, many timber bridges undergo routine dynamic testing, particularly those exposed to heavy pedestrian traffic or environmental loads.

5.2. Simulation and Predictive Modeling

Simulation has become an integral part of timber bridge engineering, allowing for the modeling of various load scenarios before physical construction. While simulation provides valuable predictive data, it is important to note some limitations in the context of timber:

– **Limitations in Structural Wood Modeling**: Wood is an anisotropic material, meaning its properties differ along different grain directions. This complexity can make accurate simulation challenging, especially under dynamic loads such as those from pedestrian traffic or environmental factors like wind. These limitations require that simulations be validated with real-world testing to ensure accuracy.
– **Integration of Testing and Simulation**: Combining dynamic testing with simulation results enables engineers to calibrate their predictive models, providing a more accurate representation of the bridge's behavior. This integration helps in identifying potential areas of concern before they arise in the field, enhancing both safety and efficiency in timber bridge design.

5.3. Smart Bridge Technology in Timber Bridge Monitoring

The concept of «Smart Bridges» has been adopted in Spain to leverage modern monitoring technologies in timber bridge construction. This approach integrates sensors and automated systems to track structural health in real time, allowing for proactive maintenance and ensuring long-term durability. Key components of Smart Bridge technology include:

– **Humidity and Temperature Sensors**: Wood is sensitive to moisture and temperature fluctuations, which can affect its strength and durability. Smart Bridges are equipped with sensors that monitor these environmental factors, providing continuous

data on the moisture content and temperature variations within the bridge's structure. This information is crucial for detecting early signs of wood degradation, such as warping, cracking, or rot, allowing for timely maintenance interventions.
- **Load and Traffic Monitoring**: Smart Bridges often feature sensors that track the types and intensity of loads passing over the structure. By monitoring traffic patterns and load weights, engineers can assess whether the bridge is being subjected to stress beyond its design capacity. This data helps in adjusting maintenance schedules and ensuring that the bridge remains structurally sound despite varying load conditions.
- **Dynamic Response Sensors**: To monitor the bridge's vibrational behavior over time, Smart Bridges utilize accelerometers and other sensors that measure dynamic responses. By tracking changes in vibration frequencies and other dynamic metrics, engineers can detect shifts in the bridge's structural behavior, which may indicate issues such as material fatigue or loosening of joints.
- **Automated Alert Systems**: When sensor data indicates potential structural issues, the Smart Bridge system can automatically trigger alerts to maintenance teams. This immediate notification system enables quick responses to issues before they escalate, minimizing repair costs and preventing safety risks.

5.4. Benefits of Real-Time Monitoring and Data Analysis

Real-time monitoring through Smart Bridge technology offers several advantages in the maintenance and management of timber bridges:

- **Proactive Maintenance**: Continuous monitoring enables maintenance teams to address issues before they become critical. For example, if moisture levels in the wood exceed safe limits, preventive treatments can be applied to protect the timber before it degrades significantly.
- **Extended Lifespan**: By tracking and responding to environmental and load-related stresses, Smart Bridge systems help extend the lifespan of timber structures. Routine adjustments based on real-time data reduce the wear on critical components, ensuring that the bridge remains safe and functional for a longer period.
- **Data-Driven Decision Making**: The data collected from Smart Bridge sensors provides engineers with valuable insights for both current and future projects. Analyzing data trends allows for more informed design decisions, leading to better materials selection, optimized maintenance schedules, and refined structural models for future timber bridge projects.
- **Environmental and Safety Compliance**: Monitoring systems ensure that timber bridges meet regulatory standards for environmental exposure and structural safety. By maintaining compliance with these standards, timber bridges can achieve certification for sustainable and resilient infrastructure.

6. Insights and Lessons from Historical Timber Bridges

Many of the approaches used in modern timber bridges draw from historical experiences with wood as a structural material. Lessons from the past underscore the importance of quality materials and protective design elements to enhance the lifespan of critical components. In this section, we will explore how strategies from historical timber bridges – such as protecting primary structural elements and designing for accessibility in maintenance – are applied in contemporary projects.

7. Conclusion

In Spain, significant efforts in research and innovation are underway to promote the use of timber in infrastructure, with the aim of overcoming the deep-seated biases against its use in outdoor applications. By advancing testing methods, implementing modern preservation techniques, and integrating "Smart Bridge" technology, Spanish engineers and researchers are working to demonstrate timber's durability, sustainability, and structural capabilities. These ongoing efforts not only address the material's historical perception but also pave the way for timber to become a reliable, sustainable choice in modern infrastructure across the country.

Block B

Zweiachsig gespannte Balkenroste

Smart Timber Grid – neue Verbindungstechniken für Balkenroste

Roland Maderebner
Universität Innsbruck | AB Holzbau
Innsbruck, Österreich



Sebastian Hirschmüller
TH Rosenheim | ZFET,
Rosenheim, Deutschland



Sophia Reuss
Universität Innsbruck | AB Holzbau
Innsbruck, Österreich



Michael Flach
Universität Innsbruck | AB Holzbau
Innsbruck, Österreich



Smart Timber Grid – neue Verbindungstechniken für Balkenroste

1. Einleitung

Mit dem Forschungsprojekt «Smart Timber Grid» werden die Potentiale von Trägerrosten aus Vollholz untersucht, die eine ökologische und wirtschaftliche Variante zu herkömmlichen Parkplatzüberdachungen aus Stahl oder Brettschichtholz darstellen sollen. Die Besonderheit liegt in der zweiachsigen Tragrichtung der gitterförmigen Struktur aus gestapelten Balken. Aufgrund der Redundanz können mit diesen Systemen zum Teil höhere Sicherheitsreserven im Vergleich zu einachsig gespannten Tragwerken mobilisiert werden. Durch die gestapelten, wechselseitig durchlaufenden Balkenlagen können dadurch auch mit kleineren Vollholzquerschnitten und Stablängen größere Spannweiten erreicht werden. Somit kann oft auf den Einsatz von Brettschichtholzträgern verzichtet werden, was zu einer Reduktion der Materialkosten führt.
Ein weiterer innovativer Aspekt des Projekts ist die Verwendung von dünnen Metallbändern, die in stark beanspruchte Balkenabschnitte eingelegt werden. Diese Bänder sind mit auf beiden Seiten hervorstehenden Metallzähnen versehen, die eine zusätzliche Verbindung mit den Holzbalken ermöglichen. In Kombination mit Schrauben wird ein Klemmeffekt erzeugt, der eine flächenhafte Übertragung von Schubkräften erlaubt und gleichzeitig die Steifigkeit der Struktur erheblich steigert.
Ein zusätzliches Augenmerk wird auf die Verwendung von Robinienholz gelegt, um von der natürlichen Dauerhaftigkeit dieses Materials zu profitieren. Robinienholz ist aufgrund seiner hohen Widerstandsfähigkeit gegenüber Witterungseinflüssen besonders attraktiv für den Außeneinsatz, wird jedoch aufgrund der Schwierigkeit der Klebetechnologien (Fingerzinken) bisher kaum in der Bauindustrie genutzt. In diesem Projekt wird daher geprüft, wie Robinienholz erfolgreich in die Konstruktion integriert werden kann.
Neben der Entwicklung der Tragstruktur werden in Zusammenarbeit mit Klimatologen der Universität Innsbruck auch mögliche Synergien für die Kühlung durch die Überbauung mittels begrünter Parkplatzüberdachungen bestehender, versiegelter Flächen und Konzepte der Energiegewinnung in städtischen Gebieten untersucht. Diese Aspekte sind jedoch nicht Gegenstand dieses Artikels.

2. Tragstruktur

Ziel des Forschungsprojekts im *Arbeitspaket Tragsysteme* ist es ein einfaches Tragsystem aus kleinteiligen Bauteilkomponenten zu entwickeln mit dem ein zweiachsig gespanntes Tragsystem aus Holz hergestellt werden kann, das gegenüber einachsig gespannten Haupttragwerken die Vorteile der Redundanz nutzt, um zusätzliche Tragreserven zu mobilisieren und mit Querschnitten aus Konstruktionsvollhölzern (KVH) realisiert werden kann. Das dafür gewählte Balkenrost aus gekreuzt gestapelten Kanthölzern bietet eine effiziente Lösung, die sich speziell für Parkplatzüberdachungen mit großzügigen umlaufenden Auskragungen eignet um Feld und Stützmomente ausgleichen zu können. Dazu werden Balken in zwei Richtungen kreuzweise so übereinandergelegt, dass die Balkenlagen wechselseitig durchlaufend ausgeführt werden können, um unnötige Stöße zu vermeiden. Konkret heißt das, dass die erste und dritte Balkenlage in Längsrichtung und die zweite und vierte Lage in Querrichtung durchläuft (Abbildung 1). Die Kreuzung der Lagen kann sowohl rechtwinklig als auch rautenförmig unter einem gewählten Winkel erfolgen. Die Rastermaße können in Abhängigkeit von der darüber liegenden Schalung und den gewählten Stützenabständen flexibel festgelegt werden. Zwischen den durchlaufenden Lagen werden bei Bedarf Füllhölzer angeordnet, um die durchlaufenden Balken schubsteif miteinander zu verbinden. In den stark beanspruchten Balkenlagen erfolgt die

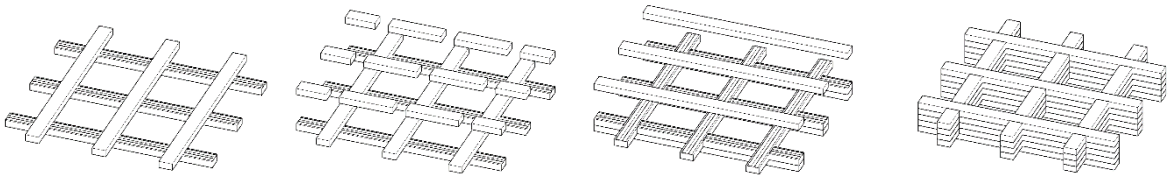


Abbildung 1: Aufbau Trägerrost mit Darstellung Füllhölzer und Schubverbinder



Abbildung 2: Gebauter Prototyp in Trins (Tirol), Bildquelle Michael Flach

Verbindung zwischen Füllhölzern und den durchgehenden Lagen mittels einem durchlaufenden Metallband mit beidseitig vorstehenden Metallzähnen. In den gering beanspruchten Bereichen kann man sich auf Schrauben alleine beschränken.

Die Aussteifung der Dachfläche zu einer Scheibe erfolgt über eine diagonal verlegte Holzschalung, die auf der oberen Balkenlage befestigt wird. Der Balkenrost lagert gelenkig auf im Boden eingespannten Stützen. Für die gekreuzten Balkenlagen eignen sich quadratische Standardquerschnitte sehr gut, die bei Bedarf auch überhöht eingebaut werden können um Verformungen auszugleichen. Im Bereich der Stützenachsen werden die Balken doppelt angeordnet oder können mit größerer Breite ausgeführt werden. Dieses System ermöglicht eine einfach an die vorliegenden Gegebenheiten anpassbare Tragstruktur, welche sich gut für großflächige Überdachungen eignet.

Für ein Pilotprojekt in Trins am Brenner in Tirol werden Berechnungen für ein Standardraster mit unterschiedlichen Dachlasten durchgeführt, um eine Bandbreite an Querschnitten zu ermitteln, mit derer ein Großteil der Anforderungen abgedeckt werden kann. Das Objekt ist eine um 30° verschränkt angeordnete Parkplatzüberdachung mit einem Stützenraster von 6,6 x 3,46 m² sowie einer rundum laufenden Auskragung über die Auflagerpunkte von rund 2,2 m (Abbildung 2). Das Raster des Balkenrosts beträgt dabei 0,6 x 1,1 m². Es wurden Lasten für intensive oder extensive Begrünung sowie Schneelasten in Tallagen und in mittleren Höhenlagen in Tirol angenommen. Mit Querschnitten von 80 x 80 mm² bis zu 120 x 120 mm² aus Fichte (C27) oder Robinie (D45) können alle berechneten Anforderungsvarianten abgedeckt werden.

3.1. Schubverbinder

Für die Übertragung der Schubkräfte wird ein dünnes Metallband mit beidseitig herausgeschabten Zähnen verwendet. Dieser sogenannte *Sharp-Metal* Verbinder, der gemeinsam mit den Firmen NUCAP (Kanada) und Rothoblaas (Italien) an der Universität Innsbruck entwickelt wurde, kann als flächenhaftes Verbindungsmittel im Holzbau eingesetzt werden und stellt eine Alternative zur Schraubpressverklebungen dar. Dieses bereits 2019 beim IHF in Innsbruck vorgestellte Konzept wird in Zukunft mit der ETA-24/0058 geregelt. Der Verbinder besteht aus einem 50 mm breiten und 0,75 mm starken Metallstreifen, aus dem

Zähne mit einer Höhe von rund 2 mm herausgeschabt sind (Abbildung 3) und Holzbauschrauben die ein Lösen des Bleches von der Oberfläche verhindern. Die gezahnten Oberflächen werden im Zuge der Montage in die benachbarten Holzoberflächen der zu verbindenden Bauteile eingepresst. Der dazu nötige Anpressdruck kann unter Einhaltung bestimmter Rohdichten der Holzbauteile und Schraubenabständen sowie einer Begrenzung der Länge des *Sharp-Metals* von rund 650 mm mittels Teilgewindeschrauben (TBS nach ETA-11/0030) mit einem Durchmesser von 8 mm, einem Tellerkopf und einer Gewindelänge von ≥ 100 mm erzeugt werden. Aufgrund der geringen Blechstärke ist ein Einschrauben ohne Vorbohren möglich [1]. Durch die flächige Anwendung können im Vergleich zu reinen stiftförmigen Verbindungsmitteln wesentlich höhere Fugensteifigkeiten und Schubbeanspruchbarkeiten erreicht werden. Der Vorteil gegenüber Klebefugen liegt darin, dass Aushärtezeiten entfallen und Kräfte sofort übertragen werden können und eine einfache Anwendung auf der Baustelle möglich ist. Dadurch können Holzelemente direkt vor Ort verbunden und der Transportaufwand reduziert werden. Die experimentellen Charakterisierungen zur Ermittlung der bemessungsrelevanten Eigenschaften des *Sharp-Metal* Verbinders werden in der Technischen Versuchs- und Forschungsanstalt der Universität Innsbruck durchgeführt. Anhand von Einpressversuchen, Scherversuchen und Push-Out-Prüfungen des *Sharp-Metal* Verbinders im Holz sowie Stahl-Zugversuche zur Klassifizierung der Materialeigenschaften des Verbinders konnten Bemessungsmodelle entwickelt werden [2, 3].
Durch die geringen Zahnhöhen ist besonderes Augenmerk auf Änderungen der Querschnittsabmessungen zufolge Feuchteänderungen zu legen. Dafür werden umfangreiche Versuche und FE-Analysen durchgeführt. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden zusätzliche Randbedingungen für die Anwendung des *Sharp-Metals* gemacht (Abbildung 4). Dabei wird prinzipiell eine versetzte Anordnung der Schrauben und eine Verwendung von herzgetrenntem Holz empfohlen, da dadurch der Einfluss der Querschnittsänderungen minimiert werden kann (Abbildung 5).



Abbildung 3: *Sharp-Metal* Verbinder [1]

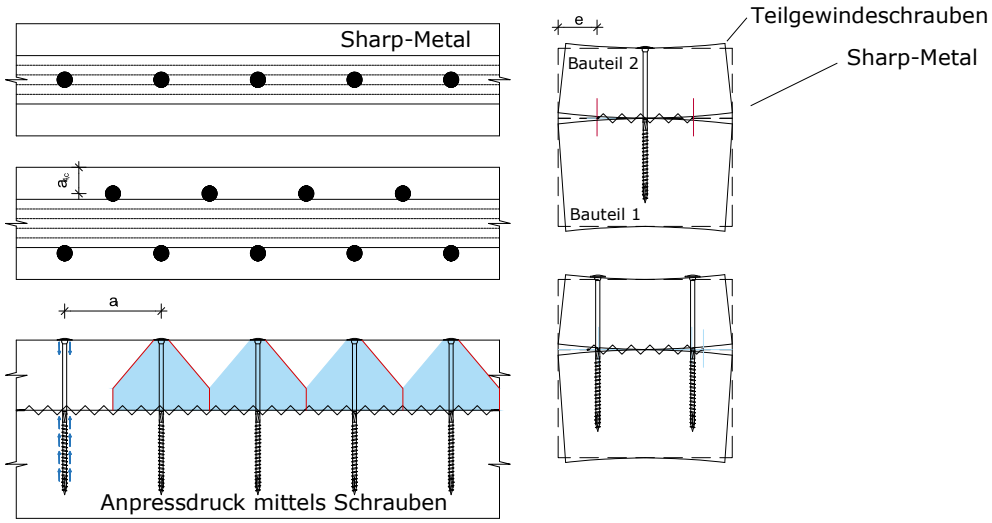


Abbildung 4: Montage *Sharp-Metal*, Schraubenanordnung und Abstände

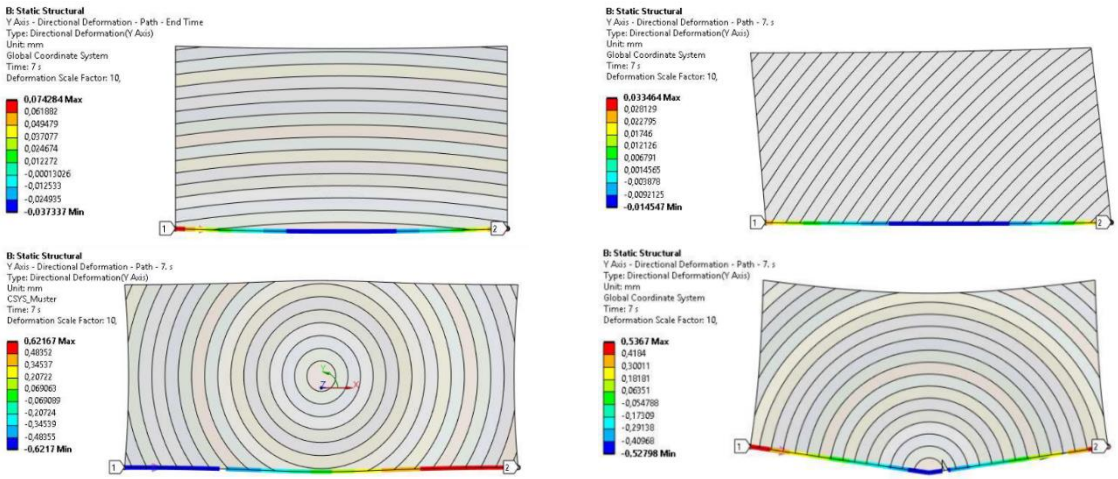


Abbildung 5: FE-Analysen zu Formänderungen rechtwinklig zur Kontaktebene der Querschnitte in Abhängigkeit der Jahrringorientierung bei einer Feuchteänderung von 7 % (ANSYS 2024)

Die Versuche zur Bestimmung der charakteristischen Parameter des *Sharp-Metal* Verbinders wurden bisher nur an Fichtenholz durchgeführt. Da ein Teil des Projektes die Überprüfung einer möglichen Verwendung des *Sharp-Metal* Verbinders in Robinienholz ist, werden Scherversuche des *Sharp-Metal* in Kombination mit Robinienholz durchgeführt, welche in Kapitel 4.2 beschrieben sind.

3.2. Berechnung und Modellierung der Tragstruktur

Die Vorbemessung erfolgt mit einer Handrechnung, bei der die jeweiligen Balkenabstände, die Anzahl der Balkenlagen und die Balkenquerschnitte relativ genau abgeschätzt werden konnten. Im Vordachbereich konnten die Balkenlagen statisch bestimmt und somit recht präzise ermittelt werden. Die Zonen mit Kräftekonzentrationen zwischen den Stützen wurden mit angenommen Lasteinflussbreiten und Ersatzquerschnitten mit Hilfe des Gamma-Verfahrens sowie dem Schubanalogieverfahren abgeschätzt.
Mit den Ergebnissen der Vorbemessungen werden der Balkenrost mit einem Stabwerksprogramm berechnet [4] und mittels Plausibilitätsprüfung kontrolliert. Die Hauptlagen in Längs- und Querrichtung werden mit den realen Einzelquerschnitten abgebildet, so dass im Gegensatz zur händischen Berechnung keine Ersatzquerschnitte für den zusammengesetzten Querschnitt angenommen werden, sondern die durchlaufenden gestapelten Einzelquerschnitte. In den Knotenpunkten werden die Balken über gelenkige Starrstäbe verbunden. Die Schubübertragung durch die Füllhölzer erfolgt in den Hauptträgern mit *Sharp-Metal* Verbindern, die in die Füllhölzer auf der Ober- und Unterseite eingepresst werden und zusätzlich mit Schrauben gegen Herausziehen gesichert sind. In den Nebenträgern werden nur Schrauben verwendet.
Die Modellierung der Verbindungsmittel erfolgt über Querkraftfedern C_0 und C_{90} (Abbildung 5). Da je Feder zwei Schubfugen vorliegen, wird die Fugensteifigkeit halbiert. Für den *Sharp-Metal* Verbinder wird die Fugensteifigkeit gleichmäßig auf neun Koppelstäbe in Längsrichtung beziehungsweise vier Koppelstäbe in Querrichtung verteilt. Die angegebenen charakteristischen Festigkeitskennwerte entsprechen der Verbindung des *Sharp-Metal* Verbinders mit Schrauben gemäß ETA-24/0058. Verwendet werden TBS-Schrauben mit d = 8 mm im Abstand von a_1 = 100 mm. In Längsrichtung werden zwei *Sharp-Metal* Verbinder nebeneinander verwendet. In Querrichtung genügt ein Metallband. Bei allen anderen zusammengesetzten Trägern erfolgt die Verbindung der Einzelquerschnitte mit einfachen Schraubenverbindungen. Es werden in Richtung der Querlagen zwei Schrauben je Feld und in Richtung der Längslagen fünf Schrauben je Feld verwendet. Die Schalung wird als Fläche modelliert, die gelenkig auf der oberen Balkenreihe gelagert ist. Der Balkenrost ist gelenkig mit den im Boden eingespannten Stützen verbunden (Abbildung 2). Zur Vereinfachung wird das Balkenrost als horizontale Fläche gerechnet, Neigungen sowie die Schubstnachgiebigkeit des Querschnittes werden vernachlässigt.

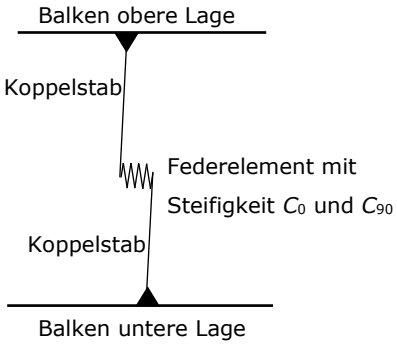


Abbildung 6: Modellierung der Verbindfuge über Querkraftfedern

3.3. Querschnittsoptimierung und Redundanz

Gegenüber einachsig gespannten Balken hat die gekreuzte Anordnung der Balkenlagen den Vorteil, dass sich die Lasten in zwei Richtungen ableiten lassen. Dadurch entsteht eine Vernetzung der Balken, die eine Steifigkeitsverteilung mit hoher Redundanz bewirkt. Dank Redundanz sorgt das vernetzte Balkensystem dafür, dass Balken mit höheren Steifigkeitskennwerten die schwächeren Balken unterstützen. Dies erhöht nicht nur die Tragsicherheit bzw. die Robustheit des Gesamttragwerks, sondern gestattet es auch, höhere charakteristische Festigkeiten anzusetzen, um Holz einzusparen. Dieses Konzept ist bereits im Eurocode 5 mit dem sogenannten k_{sys} Faktor abgebildet. Durch den Einfluss auf die Verteilung der Schnittgrößen bei unterschiedlichen Elastizitätsmoduln benachbarter Balken und Streuungen der Festigkeitskennwerte können so zusätzliche Potentiale genutzt werden (Anm.: Genauere Untersuchungen dazu erfolgen im ersten Quartal 2025).
Die einzelnen Querschnitte werden schrittweise so aufeinander abgestimmt und optimiert, dass eine höchst mögliche Ausnutzung jedes Querschnitts erzielt wird. Die hohe Ausnutzung ist vor allem der abgestuften Balkenlage im Bereich der Vordächer zu verdanken, deren Flächenanteil ca. 60 % an der Gesamtdachfläche ausmacht. Aufgrund der nahezu doppelten Spannweite in Tragwerkslängsrichtung wird die Balkenlage um eine Schicht verstärkt. Dies hat den besonderen Vorteil, dass sich drei Balkenlagen in Längsrichtung mit zwei Balkenlagen in Querrichtung ungehindert kreuzen und sich dabei der Schwerpunkt der Achsen in beiden Richtungen in gleicher Höhe befindet.
Sowohl die Balkenlage in Längs- als auch in Querrichtung wird aufgrund der Lastkonzentration zwischen den Stützenachsen verstärkt. Da die Höhe der Balkenlage zum Stapeln überall gleich sein muss, erfolgt die Verstärkung über eine zusätzliche Breite der Querschnitte der Balken, die die Stützen verbinden.
Bei einer Lastverdopplung steigt der Holzanteil mit der Quadratwurzel an. In Bezug auf die Trägerhöhe wirkt sich das aber nur auf eine Zunahme der statischen Höhe von 20 % aus, so dass sich das Erscheinungsbild bei der Verdopplung der Lasten nur wenig verändert. Konkret heißt das, dass ein Standardquerschnitt in Fichte von 100 x 100 mm nur auf 120 x 120 mm erhöht werden muss, um die doppelte Last aufzunehmen. Auch das Verhältnis der Steifigkeiten der verschiedenen Balkenlagen untereinander ist bei allen Lastkonfigurationen nahezu unverändert. Ähnliches gilt bei einer Veränderung der Festigkeit. Ersetzt man Fichtenholz mit einem Standardquerschnitt von 120 x 120 mm durch Robinienholz mit rund doppelter Biegefestigkeit, so ergibt sich ein Querschnitt von 100 x 100 mm.

4. Robinie

Die Robinie ist ein Laubholz, welches z.B. in Ostösterreich, in den benachbarten Ländern Ungarn und Slowenien sowie in Brandenburg vorkommt und geerntet wird. Sie zeichnet sich durch gute mechanische Kennwerte und durch eine hohe Witterungsbeständigkeit und somit eine große Dauerhaftigkeit aus, welche sonst nur von Tropenhölzern erreicht wird. Zudem ist die Robinie ein schnell wachsendes Holz, welches bereits im Alter von 40 – 50 Jahren nutzholztaugliche Dimensionen erreicht.

Mit einer mittleren Rohdichte von ρ_m = 720 kg/m^3 gehört die Robinie zu den schwersten und härtesten heimischen Holzarten. Aufgrund der hohen Dauerhaftigkeit findet die Robinie häufig Anwendung in frei bewitterten Bereichen, z.B. als Terrassenbelag oder Fassadenverkleidung sowie als Rundholz, z.B. für Zaunpfähle oder auf Spielplätzen. Bei diesen Anwendungen werden die Herausforderungen, welche bei der Verwendung von Robinie als Bauholz auftreten, umgangen. Diese liegen in der Trocknung, der verwundenen Wuchsweise sowie im Bereich von Verbindungsmitteln.
Aufgrund der hohen Rohdichte trocknet Robinienholz nur langsam. Trotz dessen besitzt das Holz ein günstiges differentielles Quell- und Schwindverhalten. Die Robinie neigt jedoch zu starkem Werfen und Verziehen bei der Trocknung. Durch eine Versiegelung der Querschnittsflächen lassen sich allerdings deutlich bessere Ergebnisse erzielen [5].
Die verwundene Wuchsweise der Robinie führt dazu, dass sich nur relativ kleine Querschnitte mit kurzer Stablänge herstellen lassen. Dadurch haben längere Balken häufig Keilzinkungen mit sehr geringen Abständen von 40 – 50 cm. Aufgrund der hohen Festigkeit des Holzes erweist sich die Keilzinkung jedoch als Schwachstelle und im Rahmen der Recherche konnte kein Hersteller gefunden werden, welcher Robinienholz-Balken mit zugeordneter Festigkeitsklasse verkauft. Aufgrund dessen werden im Rahmen des Projektes zusätzlich Biegeprüfungen an Balken aus Robinienholz durchgeführt, welche in Kapitel 4.1 beschrieben sind. Eine weitere Herausforderung stellt die Verwendung von metallischen Verbindungsmitteln in Robinienholz dar. Aufgrund des hohen Gerbsäureanteils neigen metallische Verbindungsmittel zu Korrosion und Verfärbung, weshalb rostfreie Stähle verwendet werden sollten. Für den in Kapitel 2.1 beschriebenen *Sharp-Metal* Verbinder aus Edelstahl wurden bisher nur Versuche in Kombination mit Fichtenholz durchgeführt und die Zulassung gilt für mittlere Rohdichten $\rho_m \leq$ 525 kg/m^3, welche bei Robinienholz deutlich überschritten wird. Deshalb werden im Rahmen des Projektes Versuche zur Verwendung des *Sharp-Metal* Verbinders in Kombination mit Robinienholz durchgeführt, welche in Kapitel 4.2 beschrieben sind.

4.1. Keilzinkenprüfungen Robinienholz

Hinsichtlich der Materialeigenschaften ist eine Festigkeitsklasse von D40 bis D50 bei Robinie erreichbar. Die Herausforderung liegt darin, dass es keinen Hersteller für Robinienbalken mit festgelegten Festigkeitskennwerten gibt, da die Keilzinkenverbindungen häufig die benötigten Anforderungen nicht erfüllen. Um einen Richtwert für die Materialkennwerte von Robinien Balken zu bekommen werden Biegeprüfungen an keilgezinkten Robinien Balken mit Querschnitt 100 x 100 mm und Länge 1800 mm durchgeführt (Abbildung 7). Es werden Versuche mit liegenden und stehenden Keilzinken gemacht. Je Variante werden zwölf Balken geprüft. Der mittlere Elastizitätsmodul $E_{0,mean}$ der liegenden Keilzinken wird zu rund 13.000 N/mm^2 bestimmt und jener der stehenden Keilzinken zu 12.900 N/mm^2. Die charakteristische Biegefestigkeit wird für liegende Keilzinken zu $f_{m,k}$ = 21,39 N/mm^2 und für stehende Keilzinken zu $f_{m,k}$ = 40,96 N/mm^2 errechnet [6]. Anhand dieser Werte ist zu erkennen, dass das Elastizitätsmodul für beide Anwendungsrichtungen nahe beieinander liegt. Bei der charakteristischen Biegefestigkeit treten jedoch deutliche Unterschiede auf.



Abbildung 7: Biegeprüfungen an unterschiedlich angeordneten Keilzinken (liegend, links; stehend, rechts)

4.2. *Sharp-Metal* Prüfungen Robinienholz

Zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften des *Sharp-Metal* Verbinders in Robinienholz werden Scherversuche durchgeführt. Der Versuchsaufbau der *Sharp-Metal* Prüfungen ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Neigung der Versuchskörper wird mit 7° gewählt. Die Länge der Versuchskörper wird so angepasst, dass die Wirkungslinie der Druckbeanspruchung durch den Mittelpunkt des *Sharp-Metal* Verbinders läuft. Daraus ergibt sich eine Brettlänge von 165 mm. Die Breite der Bretter liegt bei 80 mm. Die Abmessungen des *Sharp-Metals* betragen 50 x 150 mm. Zur Lagesicherung werden, wie in Abbildung 8 dargestellt, Schraubzwingen handfest mit Stahleinlagen und Teflon Unterlagen angebracht.

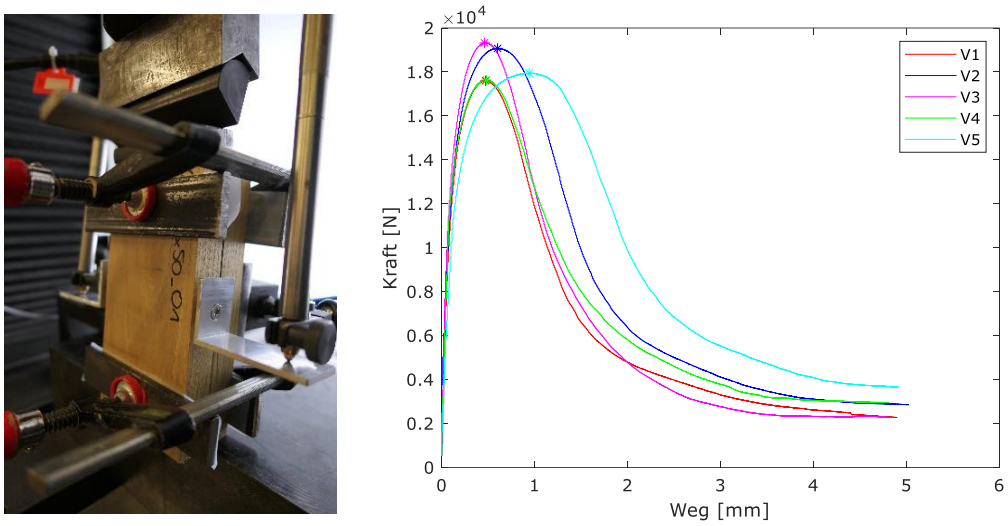


Abbildung 8: Einpressversuch (links) und Druckscherprüfung (rechts)

Die Kraft-Verschiebungskurven sind in Abbildung 8 dargestellt. Es wird jeweils die maximale Kraft in der Scherfuge ermittelt. Daraus wird die charakteristische Scherfestigkeit parallel zur Faserrichtung des Holzes bestimmt. Zur Ermittlung des Verschiebungsmoduls wird eine lineare Regressionsgerade im Bereich zwischen 10 % und 40 % der jeweiligen Maximallast berechnet, anhand welcher der Verschiebungsmodul bestimmt werden konnte. Die Ermittlung der charakteristischen Parameter erfolgt nach EN 14358 [6]. Für die charakteristische Scherfestigkeit $f_{v,k}$ wird das 5%- Quantil verwendet. Die charakteristische Schersteifigkeit K_{ser} wird über den charakteristischen Mittelwert der einzelnen Verschiebungsmodule ermittelt. Die Schersteifigkeit wird mit Hilfe des Bettungsmoduls k_{ser} auf die Oberfläche des *Sharp-Metal* Verbinders bezogen.

- Charakteristische Scherfestigkeit (5% Quantil) $f_{v,0,k}$ = 2,17 N/mm^2
- Charakteristischer Bettungsmodul k_{ser} = 23,21 N/mm^3

In Abbildung 9 ist exemplarisch ein Versagensbild dargestellt. Es ist zu erkennen, dass im Vergleich zu den Versuchen mit Fichtenholz nicht immer das Holz versagt indem die Zähne des *Sharp-Metal* durch das Holz gezogen werden. Teilweise tritt das Versagen auch durch Abreisen der Zähne des *Sharp-Metals* auf. Dies ist in den Versuchen unterschiedlich stark ausgeprägt und liegt an der hohen Festigkeit des Robinienholzes.



Abbildung 9: Abreißen einzelner Zähne des *Sharp-Metals* bei den Druckscherprüfungen

5. Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Projektes konnten Tragstrukturen entwickelt werden, mit denen großflächige Überdachungen aus Holz auch mit kleinteiligen Querschnitten und ohne Klebstoffe umgesetzt werden können. Die Struktur kann einfach auf vorliegende Gegebenheiten angepasst werden und mit heimischen Hölzern mit kleinen Querschnitten gebaut werden. Es ist eine zügige Montage direkt auf der Baustelle möglich, und auf den Einsatz von Klebstoffen kann Großteils verzichtet werden. Ein weiterer Vorteil der aufgezeigten Methode der Verbindung der Holzbauteile gegenüber geklebten Bauteilen liegt in der einfachen Rückbaubarkeit der Bauteilkomponenten, da sie mit dem *Sharp-Metal* Verbinder und den Schrauben durch lösbare mechanische Verbindungsmittel verbunden werden. Für die Anwendung von Robinienholz ist weiterer Forschungsbedarf notwendig, um diese Holzart in größerem Stil als Bauholz verwenden zu können. Einerseits sind die Verarbeitungsprozesse auf die holztechnologischen Besonderheiten dieser Holzart anzupassen, andererseits bedarf es umfangreicher Versuchsprogramme, um eine Sortierung verschiedener Herkünfte und Unterarten zu ermöglichen und somit die Robinie herkunftsabhängig in die Liste der EN 1912 aufzunehmen. Insbesondere im Bereich der Keilzinkung gibt es zur Verwendung in Ingenieurholzprodukten noch deutliches Verbesserungspotential.

6. Literatur

[1] Rotho Blaas SRL, *Technisches Datenblatt Sharp Metal.* [Online]. Verfügbar unter: https://www.rothoblaas.de/produkte/verbindungstechnik/holzbauverbinder/verzahnte-platten/sharp-metal.

[2] B. Wolf, «Experimentelle Untersuchungen von Metallbändern mit gezahnter Oberfläche zur Erhöhung der Steifigkeit von Holz-Holz-Verbindungen», Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität Innsbruck, Innsbruck, 2023.

[3] R. Maderebner, «Sharp-Metal: Summary and interpretation of the test results - basis for an ETA», TVFA Innsbruck, Universität Innsbruck.

[4] *RFEM 6.* RFEM 6.06.004. Dlubal Software GmbH.

[5] pro:Holz Tirol, *Robinie.* [Online]. Verfügbar unter: https://www.proholz.at/holzarten/robinie.

[6] *EN 14358:2016: Holzbauwerke - Berechnung und Kontrolle charakteristischer Werte,* Austrian Standards.

Taiyuan Botanical Garden Tea House

Lucas Epp, P.Eng., PE
StructureCraft
Vancouver, Canada



Pietro Vinca da Sesso, P.Eng.
StructureCraft
Trento, Italy



Rene Visscher, P.Eng., PE
StructureCraft
Vancouver, Canada



2 Tea House Grid in Taiyuan Botanical Garden in China | L. Epp

Taiyuan Botanical Garden Tea House

1. Introduction

In 2015 the ambitious project of transforming a former coal-mining area in Taiyuan, China into a landscape park was launched. Delugan Meissl Associated Architects (DMAA) and Bollinger + Grohmann Ingenieure performed a conceptual study of the various buildings in the development. StructureCraft was engaged during early 2018 to perform the detailed structural design for four of the buildings of the site: three hemispherical timber lattice domes and a restaurant/Tea House. The Tea House features an impressive two-way lattice roof structure which tapers from two layers at the roof edges to 14 layers at the dramatic central light well. This lattice, which relies on partial composite action between the layers, spans up to 25m. The roof structure is supported by a scattering of thin steel columns giving the impression of near-flotation. The restaurant is inspired by the architecture of Chinese traditional temples, evoking the wooden structures as its design premise. After a few studies trying to potentiate the structure into a contemporary and reasonable basis, a shifted grid made from stacked timber beams was established as the main conductor of a very attractive and atmospheric space. Incorporated into the landscape, for one side, the restaurants geometry detaches itself from it, opening to the lake.
In this paper StructureCraft aim to present the structural solutions that were adopted to meet the Architectural intent guiding the reader through material selection choices and implications, parametric design and finite element analysis, detailing and design challenges.

2. Project Context

The project is located in the city of Taiyuan, China.
This landscape park transforms a former coal-mining area with the construction of a central entrance building with a nature museum and administration facility, three greenhouses, a restaurant, a bonsai museum and a related research centre with a library and staff accommodation.



Figure 1: Aerial View of Taiyuan Botanical Garden, with the Tea House in the foreground and the domes in the background. Photo by StructureCraft

3. Architectural Intent

DMAA took inspiration for the overall structural concept from the traditional Chinese timber roof structures. The sculptural articulation of the overall concept attempts follows the same logic. The restaurant and tea house is a perfect example of the application of the principles of piled and interwoven load-bearing layers, of creating steps and scale by adding or removing layers close to supports or edges and of playing with proportional relationships between structure and space.

Since the early stages of the project there was a strong desire to maximize the use of timber to minimize ecological footprint, allow for prefabrication, and «open up a rich seam of potential historical associations».[1]



Figure 2: Traditional Chinese Temple Architecture. Photo courtesy of DMAA

4. Structural Solution

4.1. Materials

Early in the project one of StructureCraft European suppliers offered large quantity of surplus 160x200mm, GL24c glulam billets of at a competitive price. The billets were of two distinct lengths: 11.45m and 10.7m. Although this provided financial benefits to the project, it did constrain the structural system and connection options.

Nevertheless, spruce glulam was a good choice for the structure, given its dimensional stability. With the multi-layering and high seasonal humidity variations, minimizing propensity for shrinkage was critical, as discussed later.

The structural steel columns, beams, and plate steel for connection were locally sourced.

[1] (Delugan Meissl Associated Architects 2020)



Figure 3: The Tea House under construction. Photo by StructureCraft

4.2. Structural System

The roof structure was created with an interwoven, two-way grid, varying from 14 layers at the central skylight to 3 layers at the roof edges. This tapering achieved the desired mimicry of traditional Chinese architecture while respecting structural demands. The structure spans up to 25m between columns and cantilevers up to 10m beyond the facade.

Glulam blocks connected with fully threaded screws laminated the layers, creating a partially composite system. The beams and blocking all had the same 160mm x 200mm cross-section.

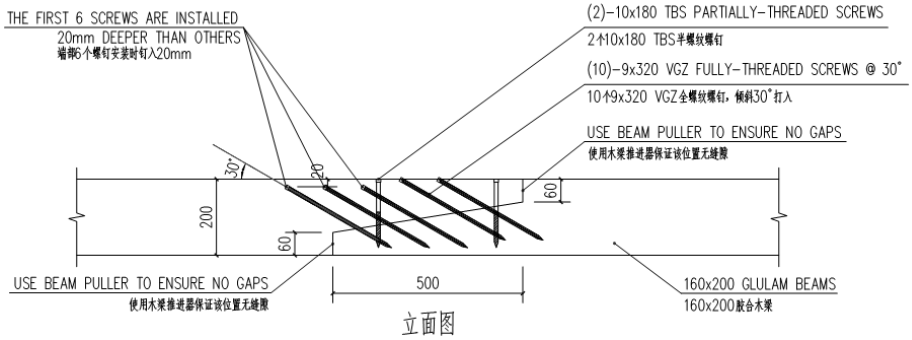


Figure 4: Half lap splice detail

The roof is supported by steel HSS column clusters and by a glulam trimmer beam at the facade. The cluster locations were architectural defined and could not be structural optimized. However, the layering and blocking were optimized within these support constraints, with the highest blocking density and most layers occurring at the columns.



Figure 5: 3D model of primary structural elements. Photo by StructureCraft

The column clusters were utilized to support lateral loads as well, acting as cantilever elements to resist wind and seismic demands. The roof diaphragm was created with a single layer of OSB sheathing.

4.3. Detailing

To meet the aggressive construction schedule, the glulam had to be shipped prior to the completion of detailed design. This necessitated onsite fabrication of the glulam by relatively unskilled carpenters and not CNC automation. Given this, the detailing was intentionally simplistic, with only:

- Three types of blocking details for connecting the layers. The details were geometrically identical and only varied the number of screws
- Two types of half-lap details for splicing the elements within each layer. Similarly, the details were geometrically identical and only varied in fastening
- One splice detail at the skylight where the axial demands exceeded the capacity of a half-lap.
- One roof beam/lattice to column detail.
- One trimmer beam to column detail.

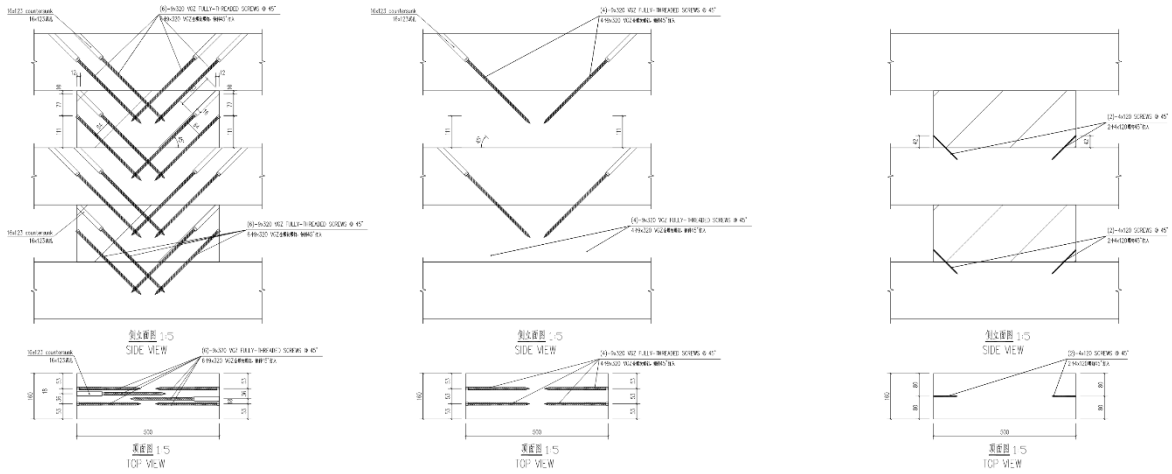


Figure 6: Blocking details

4.4. Parametric Design and Finite Element Analysis

The structure was fully parametrically modelled in Grasshopper and Rhino. As noted earlier, the cross-section size, billet lengths, and column locations were pre-constrained, and the connection types were limited. As such, the key parameters were:

- Billet lengths and splice locations
- Half lap types
- Blocking types
- Blocking locations
- Layer count and extents

The Grasshopper script was directly linked to an RFEM model. With this workflow, the geometry was explored concurrent with structural analysis, and the blocking density and locations, splice locations (keeping splices out of high demand areas), material and billet usage, and overall layering and tapering were iterated and optimized.

Significant effort was spent to create to analyse and understand the strength and stiffness of shear blocks. Achieving partial composite action was critical to satisfying deflection requirements. This finite element modelling effort progressed from simple 2D models to complete models of the entire structure with accurate splice and blocking locations.

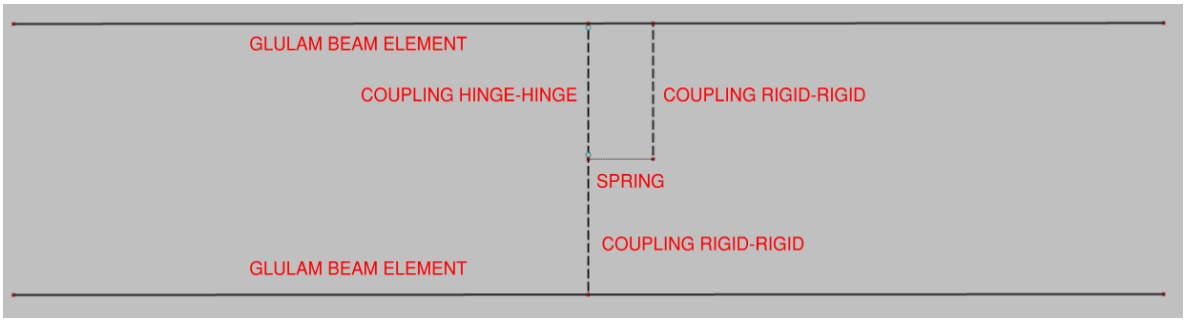


Figure 7: Finite element model of shear block

The blocks were modelled as a combination of coupling rigid-hinges, coupling rigid-rigid, and springs similar to what done when timber concrete-composite elements are designed. The spring stiffness was calibrated to Kser and Kult values calculated per Eurocode 5.

In addition, the Grasshopper script was used to generate unique identifier for each beam, block, and connection type, and layout drawings and piece drawings were automatically generated, responding in real time to any design changes.

4.5. Design Challenges

Shrinkage

Shrinkage or swelling of the timber elements is a phenomenon that is expected to some degree in every project, influenced primarily by variation in moisture content during shipping, construction, and building commission. Details, especially for deep elements, need to account for this. For the Tea House, shrinkage was addressed in two key details:

1. **Shear blocks**: shrinkage induced checking and cracking of the shear blocks, which are critical to the stiffness of the roof structure, was of particular concern, especially given the number of layers the connectivity between layers. To account for this, the detailing ensured that the fully threaded screws were present throughout the full depth of the blocking and beam layers, and that sufficient overlap between screw groups was provided. The screws can withstand any tension perpendicular to grain stresses created by timber shrinkage.
2. **Steel Column Clusters**: With up to 14 layer stacked and interwoven layers, the glulam to steel column detail was detailed to absorb significant vertical shrinkage and expansion. The glulam was gravity supported at the bottom layer only and connected laterally with through-bolts in vertically slotted holes.

Creep deflection
Given the multi-layer roof structure with up to 7 shear planes, the seasonable humidity variation in Taiyuan, and the significant cantilevers, creep deflections were a concern. Extensive sensitivity studies were performed with the finite element models, varying the expected connection stiffnesses. Overall, the measured roof deflections one year after construction completion generally matched the analysis. However, the deflections exceeded predictions is select areas, due to excess construction loading (improperly placed bundles of OSB sheathing) and higher than expected rainfall during construction. These areas were remediated and stiffed with steel strong-backs hidden in the roof assembly.



Figure 8: The completed Tea House, featuring cantilevers up to 10m

5. Prefabrication and Construction

As mentioned earlier, the glulam was procured and shipped to site early in design. To avoid quality control issues and possible mistake related to language barrier our team put the focus on simplifying the design in such a way the whole structure was built as a kit of parts. Such parts had to repeat with the highest number possible so to reduce variation and opportunities for mistakes. Everything had to be manufactured in a shop near site with no complex tools and the absence of CNC machines.

6. Conclusion

Despite the aggressive construction schedule, inability to use CNC machining and automated manufacturing, limits on structural elements sizes and column locations, the Taiyuan Botanical Garden Tea House achieved the architectural vision with a simplistic yet beautiful structure. The project is a testament to achieving ambitious project goals despite significant structural, material, and construction constraints.

Reciprocal structure in Kasterlee

Charline Lefèvre
Ney & Partners WOW
Brussels, Belgium



Reciprocal structure in Kasterlee

1. Introduction

The Frans Masereel Centre in Kasterlee, Belgium, expanded its footprint with an innovative pavilion to host exhibition spaces and a graphic arts workshop. Designed by Hideyuki Nakayama and List Architects in collaboration with Bollinger+Grohmann, this project offers a unique blend of architecture and engineering, resulting in an open, multifunctional space that complements its rural surroundings. The new pavilion encompasses 360 m², with construction costs totaling approximately 1.1 million euros. On the walls a conical timber roof with a 14.5-meter radius is supported. To realize that a multimodal reciprocal structure was then implemented - a visually compelling, self-supporting timber framework that leverages geometry to achieve both aesthetic appeal and structural integrity. Ney & Partners WOW worked in collaboration with the timber contractor Timberframing to carry out the entire execution study of this complex structure.



Figure 1: Reciprocal Roof

2. Reciprocal structure

A reciprocal structure is a self-supporting system wherein each element relies on adjacent members for support, forming a network of interdependent load-bearing components. Reciprocal structures typically utilize modular, identical elements arranged in repeating geometric patterns – such as hexagons or triangles – that distribute loads evenly across the structure. This design approach not only allows for flexibility but also yields visually intriguing forms suited to both modern and traditional aesthetics.

3. Specifics of the Museum’s Reciprocal Roof

The reciprocal roof structure in the Kasterlee pavilion represents a contemporary application of this typology, adapted to meet the architectural and functional requirements of a modern production space. The roof, which spans over 14.5 meters in diameter, comprises approximately 1,000 timber beams with sections measuring 10x24 cm and lengths up to 3.4 meters.
This roofing frame operates as a reciprocal structure, utilizing 25 levels of reciprocity to cover the entire surface. The complexity of this design is such that each piece of timber is unique, with every element influencing the others.

This structural intricacy necessitated the creation of a comprehensive finite element model to precisely understand and optimize the dimensions of each timber member. FEM allowed to refine the load paths within the reciprocal network, ensuring that each beam contributed optimally to the overall stability of the pavilion.

The joint stiffness was a critical factor in the roof's design, as the effectiveness of the reciprocal system depends on the precise alignment and rigidity of each node. Variations in joint stiffness could influence load transfer, impacting both structural performance and material efficiency. It was then necessary to define the necessary stiffness in the nodes and to design the joints accordingly. An iterative process was then required. As the structure is very sensitive to the stiffness of the connections, changing the stiffness of a node could modify the distribution of forces and lead to a resizing of the connection and therefore a change in the stiffness again. By fine-tuning the stiffness at each connection, a balanced load distribution across the structure was ensured, enhancing its resilience and longevity.

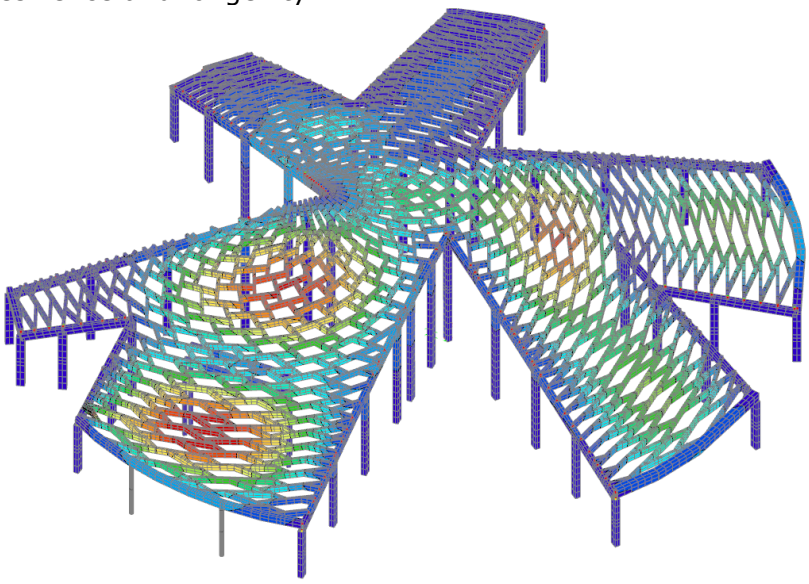


Figure 2: FEM model

3.1. Assemblies

Studying the structure presented significant challenges due to the large number of small, unique timber pieces and joints, which are interconnected. As written above, this high volume of connections contributed to considerable deformation effects within the structure. To manage the structural forces, three primary connection methods were developed:

- **Screwed Connections**: Used for 90% of the joints, solving most assembly needs with fully threated screws. Those joints are designed to manage normal, shear, and lateral loads, this connection ensures structural stability while maintaining flexibility across timber joints.
- **Internal Steel Connections**: Applied in situations with high shear forces,
- **Glued in Rods**: These connections were used particularly in high-tensile areas for around 15 nodes. The timber subcontractor, with less experience of this type of joint at the time, was very proactive. With the assistance of Ney & Partners WOW, a test protocol was put in place to check the resistance capacity of the glued rods to ensure that the results were higher than the theoretically calculated values. The tests were a success, showing that the failure occurred in the grain of timber elements.



Figure 3: Tests over glued-in-rods joints

These connection methods were meticulously chosen and tested to align with the project's architectural and structural demands, addressing both aesthetic goals and rigorous performance criteria. Each connection type was tailored to balance load-bearing capacity, minimize deformation, and maintain the structural coherence.
The main pieces of the roof were prefabricated on site on the ground floor.
Those in-site modules were designed to be placed adjacent to each other and secured with screws, allowing for streamlined assembly on-site. Despite the high sensitivity of the structure, this upstream work enabled the assembly to be carried out with great precision.



Figure 4: Joints of the prefabricated elements

4. Conclusion

The Frans Masereel Museum project features an intricate reciprocal timber structure, designed to create a dynamic, indented conical dome that forms both interior and exterior spaces. This unique structural system, composed of prefabricated timber modules, required each piece to be individually designed and optimized, with connections carefully engineered to handle complex load transfers.
Working on this project was both challenging and rewarding, as it involved meticulous attention to detail. The structure showcases timber's potential in modern architecture and highlights the artistic essence of the museum.



Figure 5: Frans Masereel Museum

«*La Grenette*» Market Square – Scionzier, France

Andréa Voisin
Arborescence
Aime-la-Plagne, France



2 «*La Grenette*» Market Square – Scionzier, France | A. Voisin

«*La Grenette*» is a central urban feature within a collection of projects aimed at revitalizing the town center of Scionzier, France. Together, these initiatives aim at enhancing public spaces, improve the quality of life for local residents, and establish Scionzier as a new cultural destination. With this redevelopment, the town is now set to host diverse attractions, including cultural events such as concerts, outdoor cinema, and a weekly market. A new urban promenade has emerged, linking the forecourt of the Alpex Cultural Center – a site of local cultural heritage – to a spacious playground framed by a tree-lined pathway and perennial vegetation that crosses the heart of the town.

Designed as a focal structure, «*La Grenette*» employs a restrained and harmonious architectural language. With a footprint of 680 m², it features a striking equilateral triangle layout. A series of columns outlines the main pedestrian pathway. These seven columns bear the horizontal edge-beam of the roof, which reaches 7 m high. Two intermediate columns on each side carry the sloping-beams down to the technical block, which reaches 4 m high. The roof structure consists of a triple-layered triangular lattice with a total static height of 90 cm, at a 10% roof slope.

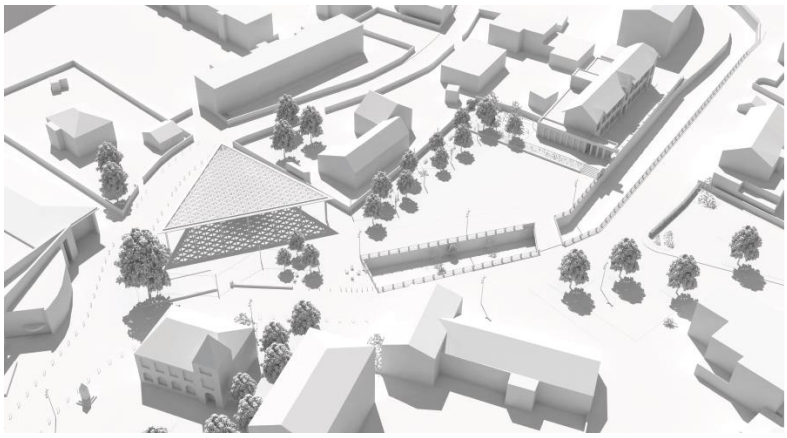
Three main objectives guided the design: maximizing natural light through a transparent roof, minimizing load-bearing points to allow flexible use of the space, and economizing material with a primary reliance on solid wood. At its center, a unique pillar provides critical load distribution across two layers. This central feature – known as the «tulip» – invites curiosity, encouraging viewers to explore the intricate geometry of suspended triangular meshes.

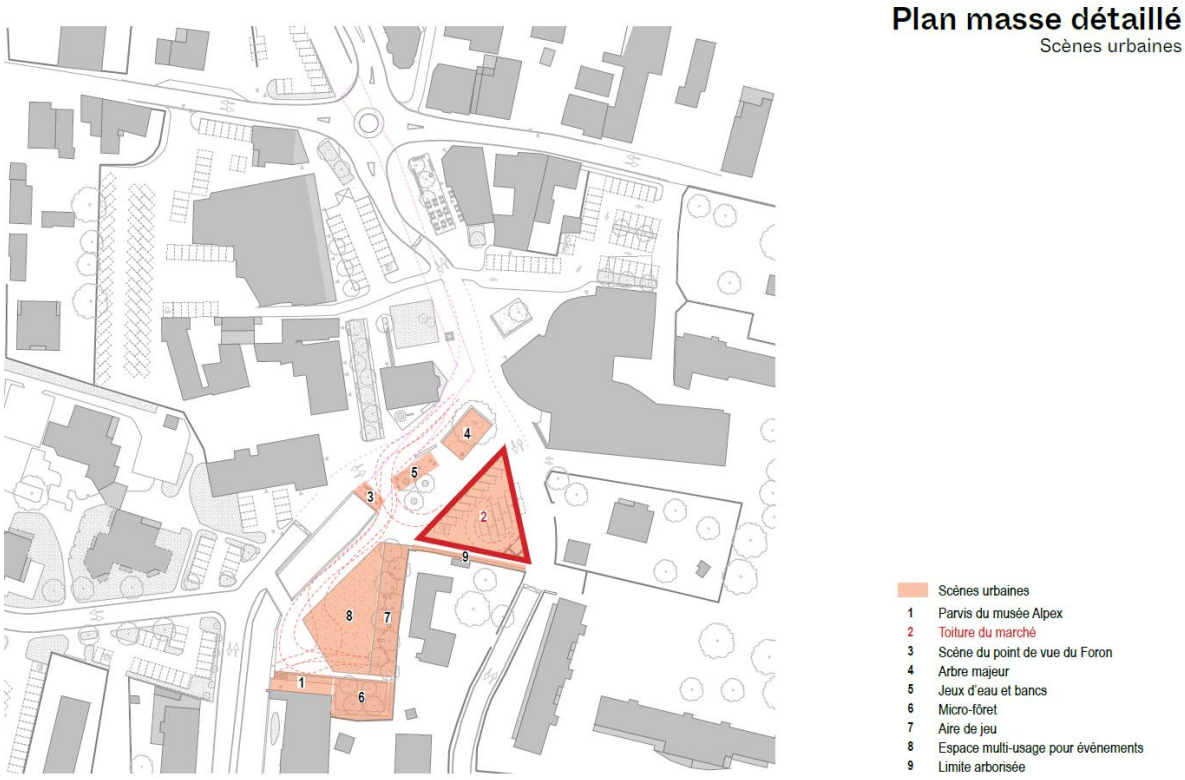
The construction approach and on-site process were also essential. Time constraints and current industry challenges influenced some of the design and construction choices. It is important to highlight the collaborative project management between Atelier Archi-plein and Arborescence, working closely with the municipality of Scionzier, carpentry specialists at LPS, and construction company Espace Charpente. This partnership represents a chain of expertise and trust, supporting the shared vision for Scionzier's vibrant urban transformation.

Structure

1. Triangular Lattice Design

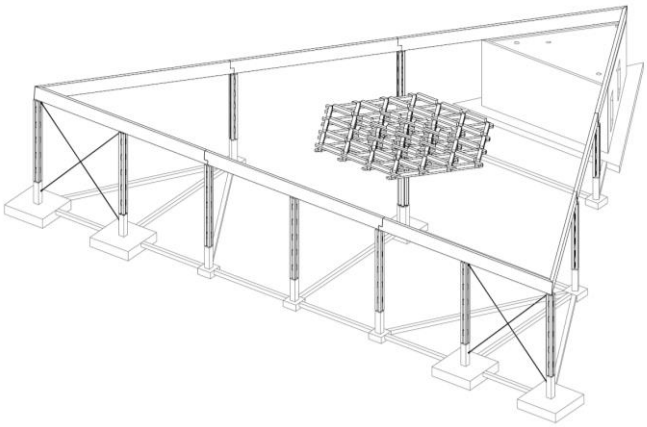
1.1. Project Environment Inspiration





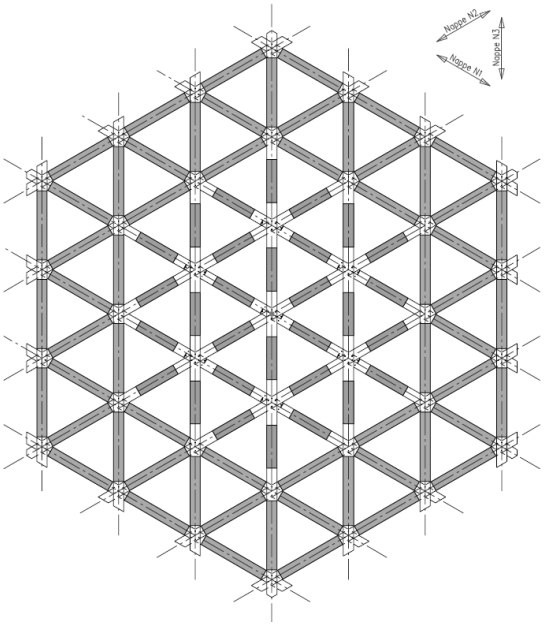
The construction of *La Grenette* forms a key part of the redevelopment of Scionzier's town centre. The triangular plot design for *La Grenette* determined the unique roof shape, which is designed as an equilateral triangle of 36 m sides. This triangular form has also echoed in the structural composition of the roof.

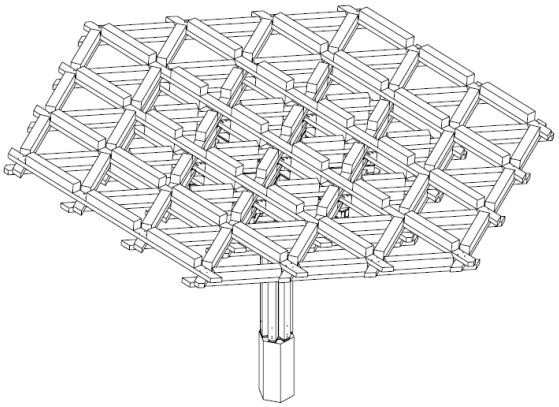
1.2. Vertical Structure



Edge Columns and Stability
The edge columns are made of recomposed wood sections, measuring 360x360 mm overall and composed of four solid-wood 140x140 mm cross-section. These elements are connected with wooden spacers and fixed with screws, creating a composite structure. On the plaza side, metal ties connect the columns across two bays to provide lateral bracing, linking with the reinforced concrete core.

Central Column
The central column consists of six sub-elements of solid-wood 160x160 mm cross-section, forming a 6-pointed star recomposed section, connected to one-another. Following the same pattern, six branches of rolled section HEM 180, crossed on top of one-another, support the first six nodes of the smallest hexagon of the roof grid.





1.3. Roof Structure

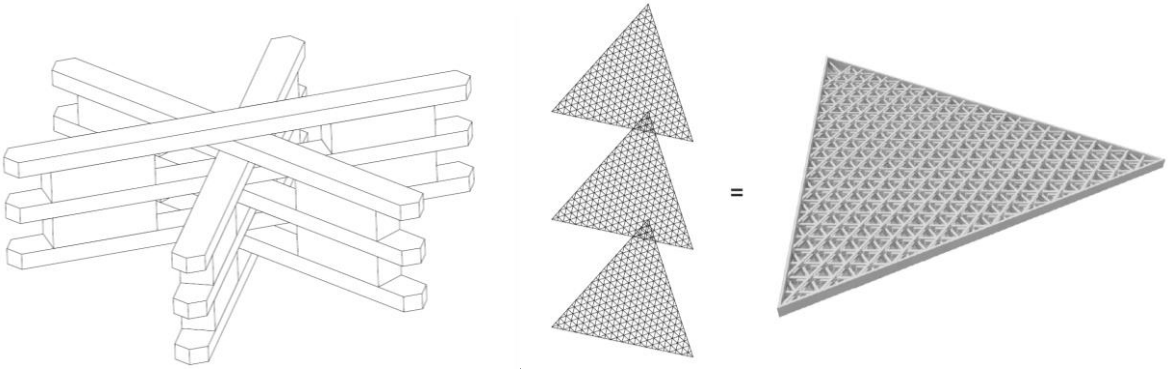
Lattice Design

The roof has a 10% slope and is covered with multiwall polycarbonate for most part, and the remaining area on the technical block featuring a mountain-type waterproof membrane with snow-bearing wooden deck.

The structural lattice consists of built-up beams arranged in a triangular crossing pattern. The load-bearing beams are formed by stacking three layers of 200x100 mm sections in each of the three directions, fastened with screws or dowels to form three structural composite plies.

The grid spacing is set at 1.5 metres. Discontinuous spacers allow the crossing of the 3 directions of beams, with each layer offset by the thickness of the beam section.

To connect all three layers; large full-threaded screws are inserted at 90° after pre-drilling.



Edge Beams

The edge beams are made of glulam sections measuring 200x800 mm, supporting the lattice and transferring the load down to the edge columns and concrete core. Acting as a structural belt, they stabilise the structure by transferring loads to the steel rod cross bracings and concrete core. These edge beams are clad in wood.

Overhangs

The overhangs are formed by the outermost layer of the lattice, supported by wooden cantilevers along the third side. It supports a wooden planking finished with zinc cladding.

2. Project Technical Specifications

Client: Town of Scionzier (Haute-Savoie, France)

Architect: Archiplein

Timber Structural Engineer: Arborescence

Carpentry Contractor: LPS and ESPACE CHARPENTE

Project Details

- Total floor area: 680 m²
- Construction cost: €920,000 (excluding VAT)
- Cost of structural framework and roofing: €692,000 (excluding VAT)
- Timber Volume:
  - 89 m³ of glulam
  - 88 m³ of solid timber

Completion Date: April 2022



Rib shell for the Varberg observation tower

Lukas Nordström
White Arkitekter
Gothenburg, Sweden



Alexander Sehlström
WSP
Gothenburg, Sweden



Niklas Johansson
Ramboll
Gothenburg, Sweden



Rib shell for the Varberg observation tower

This paper presents the design development of The Sheaf – a 12-meter-high iconic timber-diagrid hyperboloid observation tower, from concept to detailed design and assembly. The Sheaf was the winning proposal in an architectural competition in 2019 for a observation tower in Varberg, Sweden. A close dialogue between architect and engineer propelled the iterative design development, initially exploring the concept and later solving details leading to a sustainable, material-efficient, and expressive tower using simple, affordable building elements. The alternating use of digital parametric models and physical model tests supported the decision-making, allowing quick exploration of viable alternatives and the client to get involved.



Figure 1: Competition entry rendering of The Sheaf, a hyperboloid timber-diagrid observation tower.

1. Introduction

This paper presents design workflows established and used under the tight deadlines of an architectural competition and following design phases. The work, constrained by a limited budget, construction rationales, and sustainable solutions, was possible due to advanced computational design modelling and low-tech construction based on simple principles and construction methods using a pure geometrical setup as a basis for architect-engineer-client collaboration.

The central question is how the collaboration between architect and engineer affects the result of the building. Is it possible to identify any special conditions for fruitful collaboration? Can the analysis lead to more possibilities to design innovative buildings using a similar design process?

There are several well-known examples of people and companies working in an interdisciplinary way, like Frei Otto, Buckminster Fuller, Schlaich, Bergerman Partner, Arup, and Buro Happold. The collaboration aims to bridge the gap between architects and engineers [1][2]. With modern digital tools, it is possible to use one shared model for both architectural design and structural analysis.

This paper explores these questions in relation to the design of The Sheaf – a 12-meter-high iconic timber-diagrid hyperboloid lookout tower, from concept to detailed design. The hyperboloid, like the hyperbolic paraboloid, is a doubly-curved surface that can be constructed using only straight elements, often utilized by engineers and architects, for example, Félix Candela [3].

2. Competition

In 2019, the municipality of Varberg on the Swedish West coast arranged an invited competition for an observation tower at Getterön, one of Northern Europe's most visited bird-watching areas. The brief was ambitious, asking for an economical, functional, and expressive tower design with the potential of becoming a symbol for the area and the city.

2.1. Initial explorations

A small team of architects at White Arkitekter began working on several possible concepts in response to the given task. The ambition was to have an alignment between structural principles and architecture, which led to an initial exploration of the structural systems and their architectural expression. In this way, expression and structure would be intertwined, meeting the competition brief.

Several structural systems in line with Heino Engel's work were initially identified [4]. A handful of these were developed in the first phase of the competition (see Figure 2) and then evaluated internally based on the given design criteria.

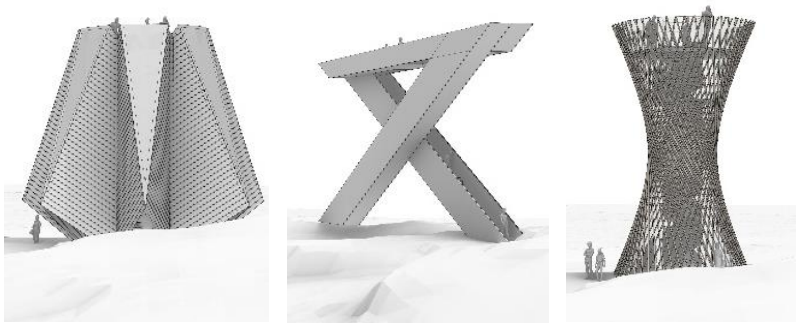


Figure 2: Early concepts explored in the competition phase.
Left: plates. Middle: beams. Right: diagrid on a hyperboloid of one sheet.

2.2. Diagrid hyperboloid

The diagrid on a hyperboloid of one sheet was decided upon, offering an organic three-dimensional structure. A hyperboloid of one sheet is a surface given by rotating a hyperbola around one of its principal axes. Alternatively, one can twist a column of strings about its central axis and mirror these to get a diagrid of straight lines, or rulers, on the hyperboloid surface (Figure 3). Gaudí used the latter approach to define the geometry of some elements in the Sagrada Familia cathedral in Barcelona [5].

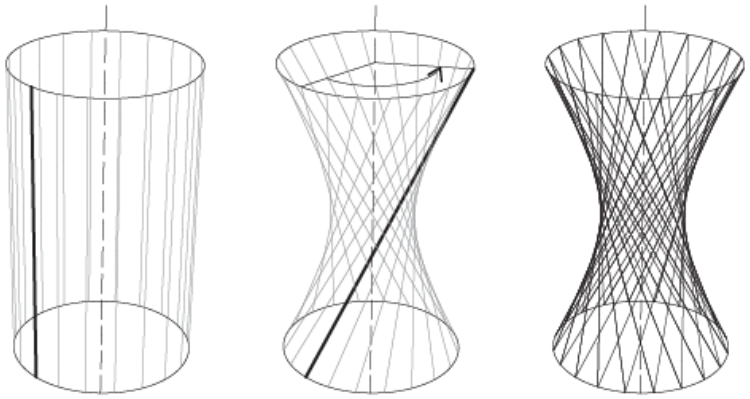


Figure 3: Left: a column of strings. Middle: upper ring rotated. Right: a mirrored set of strings added.

Using the hyperboloid of one sheet and more specifically a grid of rulers on its surface as a basis for material-efficient and expressive towers is not new. Shukhov pioneered a hyperboloid diagrid tower in 1896 and built several afterwards, for example, the 160 m tall Shukhov Tower completed in 1922 in Moscow [6][7]. More recent examples include the 40 m tall Killesberg Tower from 2001 in steel, the 23,5 m Jüberg timber tower from 2010, and the 45 m Adventure tower in steel from 2019.

With the hyperboloid idea chosen, a parametric digital model enabling rapid exploration of the tower height, radius, twist, grid density, and placement in the landscape model was created. The digital model was also used to create 3d-printed physical models for quick design decisions. Besides evaluating the visual appearance and architectural qualities, the model enabled the structural engineer WSP to provide structural analysis and feasibility checks of the variants. The measures undertaken provided the needed confidence to the architect team to push the proposal forward and present it to the competition jury.

The competition entry suggested a bolt at each lath crossing and assumed each bolt to reduce the effective timber cross-section to about 60%. A finite element analysis was performed including one ultimate-limit-state load case representing the tower's self-weight and full live load at the upper platform. Based on the resulting normal forces and bending moments, the number of laths and their dimensions were determined to give a maximum timber utilization of 50% in the ultimate limit state, allowing a robust structure with room for optimisation during the detailed design. Eigenmodes were also computed and checked qualitatively to understand the tower’s weak spots.

Although the concept of diagrid hyperboloids is simple, the joints can be tricky. To allow the full-length timber laths to run past each other, the two sets of rulers were offset a distance equal to half the lath thickness inwards and outwards, respectively, from the surface. One challenge noted but left unresolved during the competition is that the straight rulers 'twist' as you move along them, see Figure 4. The twisting complicates the joining of the intended rectangular timber members, requiring a connection detail capable of handling the angle changes.

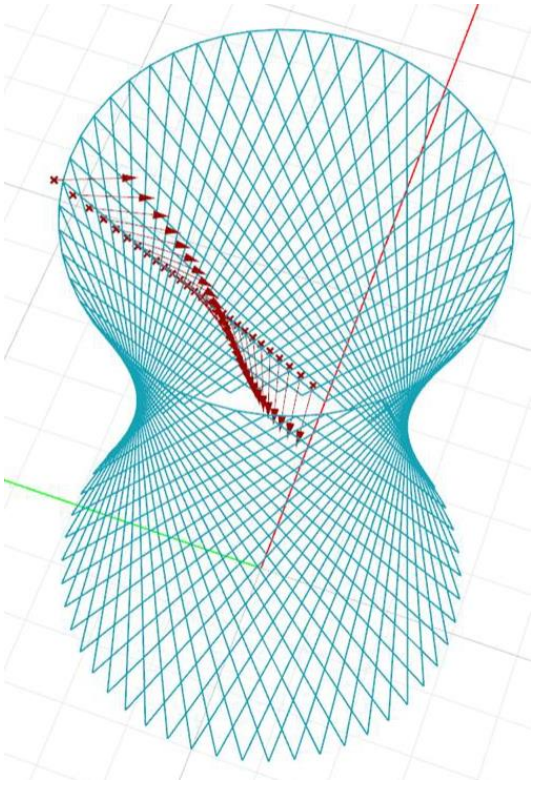


Figure 4: The laths twist along their length since the surface normal is different at every point on the surface.

In the end, a 12 m high tower with a maximum diameter of about 7 m was proposed, created using 144 2x4 inch timber laths, each around 13 m long sourced locally.

2.3. Winning entry

The competition entry (see Figure 1), with code name The Sheaf, was crowned the winner to be further developed until detailed design. The question pursued from an architectural standpoint was how to push the boundaries of what can be achieved for expressive construction methods within the framework of standard project budgets today.

There are examples of spectacular and expressive structures around the globe today, but behind these usually lies a large design budget and a large amount of money for construction. In order to create sustainable architecture both ecologically and socially, the economic aspect must also be confirmed. For methods of design processes and constructive solutions to be able to make an impression globally, they must be applicable to a project with a standard budget.

3. Models Aiding the Design Process

After winning the competition, a close dialogue between the client, architect, and structural engineer Ramboll began to develop the concept further and prepare detailed design drawings. The already established parametric model made the quick adaption of the tower to altered constraints and input possible.

A major design issue was the connection between the inner and outer timber laths. The competition entry assumed bolts at every lath intersection, requiring many precisely drilled holes. As alternatives, a sparse pattern of bolts and rings between the layers to which the laths connect were tested.

As the design investigation proceeded, it became more and more geometrically complex and challenging for the team and the client to understand the different alternatives. Therefore, several model types improved the ability to understand, communicate, and convince all parties about alternative solutions, for example, digital virtual-reality models, renderings, and assembly drawings, full-scale mock-ups (Figure 5), and 3d-printed models (Figure 6).



Figure 5: Mock-up of tower base in scale 1:1.

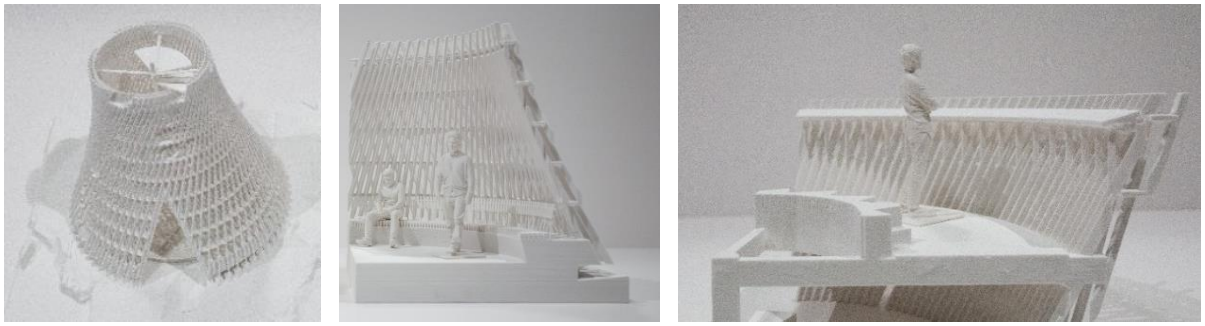


Figure 6: 3d-printed models in different scales.

Without these aids, the client would have difficulty grasping the complex geometry and might have chosen a simpler geometry, and thus the result would have been different. Furthermore, it helped the design team to communicate and explore design alternatives. To create these models, a parametric model was necessary to meet the time frame. Even 3d printers provided the prerequisite to create physical models very quickly, see images. The physical models were discussed in meetings and the parametric model updated accordingly and new physical models were created, forming a combined physical and digital design loop. Physical models included everything from small 1:50 models, detail models of joints to full scale mockups of parts of the tower.

Drawing production was also automated from the 3d model and could therefore easily be updated. A combined drawing package with 2d and 3d drawings were submitted as the final tender document.

4. Assembly

The solution for the connections of the timber laths was defined in the detail design phase, using 10 evenly distributed steel rings. The steel rings act as both geometrical guides and support during the assembly. Figure 7 illustrates the assembly strategy: Using temporary supports, the rings are placed at the correct level and position. Then the timber laths are screwed to the rings. When a certain number of evenly spaced laths are attached, the tower can support its own weight, and the temporary supports for the steel rings can be removed before the remaining laths are attached.

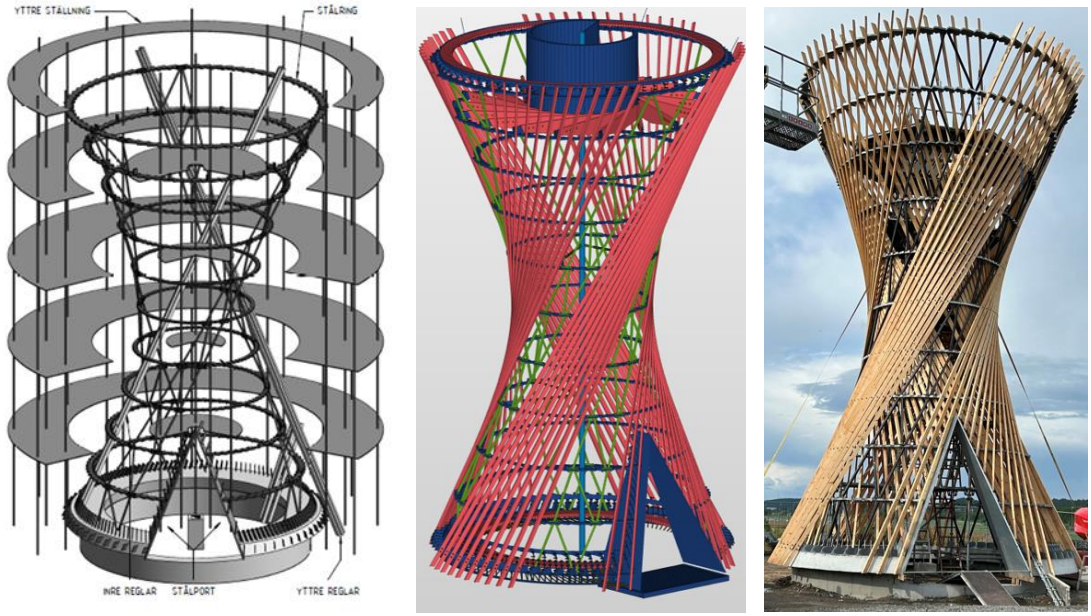


Figure 7: Tower assembly strategy.

5. Finished tower

The assembly of the tower was performed according to the planning during 5 months, from February to June 2024. The following images show the final result.

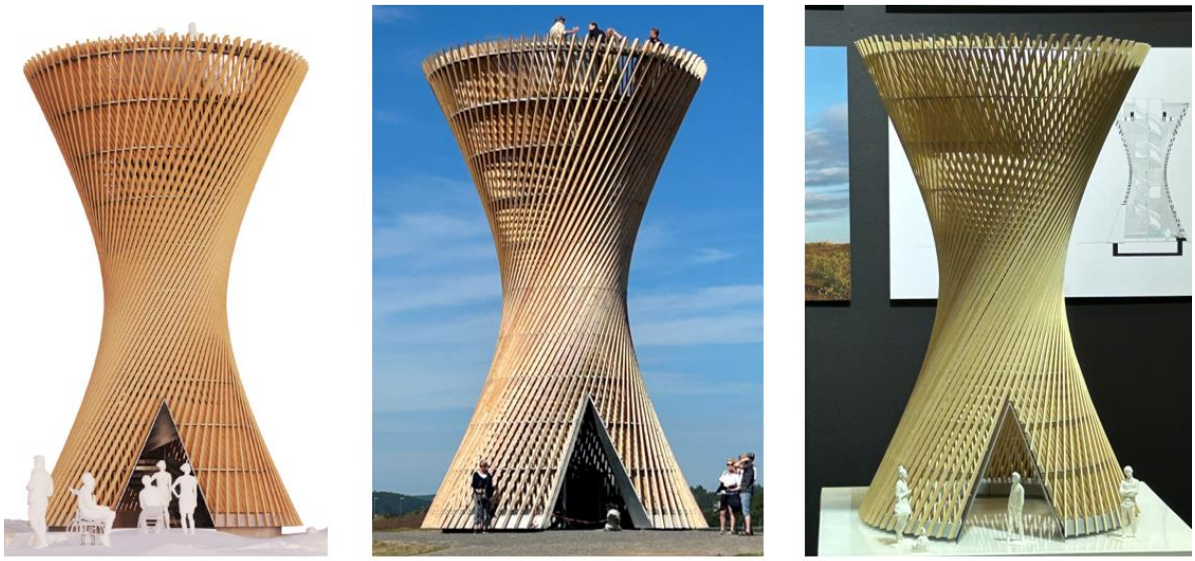


Figure 8: Comparison between visualization, finished tower and physical model.



Figure 9: Finished tower.



Figure 10: The entrance.



Figure 11: The platform.



Figure 12: View of the surroundings.

6. Conclusions

Already in the competition phase of the Sheaf, a collaboration between architect and engineer was established, leading to the choice of a rational and expressive structural principle. Using a shared digital model provided valuable insights on how computational design workflows can be used within conventional architectural practice, to achieve stunning results at the budget of conventional construction.

It is an advantage for the creative process when the architect has good knowledge of structural engineering, and the structural engineer has an interest in architectural design. In such cases, their shared interests serve as a basis for a fruitful and creative dialogue between architect and engineer.

It is important to try to integrate all the specific knowledge from different disciplines and make it accessible to everyone in the project like a common culture.
The design process using both digital and physical models has enabled an understanding of the geometrical problems, which is important for the definition of the solutions. The models were also used as an aid during the assembly of the building.
The assembly was performed according to the planning with very few adjustments. The assembly of the timber parts was finished in half the time compared to the estimated time in the planning. The result of the final structure is very impressive, and it has become a popular destination to visit.

7. References

[1] Gans, D. Bridging the Gap: Rethinking the Relationship of Architect and Engineer. Van Nostrand Reinhold; 1991.

[2] Popovic Larsen, O., Tyas, A. Conceptual Structural Design: Bridging the Gap Between Architects and Engineers. Thomas Telford Publishing; 2003.

[3] Cassinello P. Félix Candela: Centenary 2010. Fundación Juanelo Turriano; 2010

[4] Engel, H. Structure Systems. Hatje Cantz Publishers; 1997.

[5] Huerta S. Structural Design in the Work of Gaudí. *Architectural Science Review.* 2006; **46**(5): 324-339.

[6] Wells M. Engineers: A History of Engineering and Structural Design. Routledge; 2010.

[7] Graefe R., and Tomlow J. Vladimir G. Suchov 1853–1939; Die Kunst Der Sparsamen Konstruktion. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt; 1990.

Block C

Die konstruktive Vielfalt:
Varianten im Mehrgeschossiger Holzbau –
Skelett, Element und (Raum-)Modul

Das UmweltHaus in Nürnberg setzt neue Maßstäbe – die Zentrale der UmweltBank auf 13 Geschoßen

Sven Joerges
ZÜBLIN Timber GmbH
Aichach, Deutschland



2 Das UmweltHaus in Nürnberg setzt neue Maßstäbe – die Zentrale der UmweltBank auf 13 Geschoßen | S. Joerges

Das UmweltHaus in Nürnberg setzt neue Maßstäbe – die Zentrale der UmweltBank auf 13 Geschoßen

1. Architektonische Idee



Abbildung 1: Visualisierung Ansicht auf Hochpunkt
(Bildquelle: spengler wiescholek Architektur//Stadtplanung | bloomimages)

Ziel des Entwurfes ist es, über die reine Funktionalität und den ökologischen Anspruch hinaus, ein kommunikatives, einladendes Haus zu schaffen, in dem die Benutzer sich wohlfühlen. Statt der einfachen Stapelung von Flächen entstehen atmosphärisch attraktive Bürowelten, die durch «Lufträume» auch vertikale Durchblicke und kommunizierende Räume zulassen.

Ein Haus als «Holzlager»
Konzeptionell steht der Entwurf unter dem Motto eines nachhaltigen Gebäudes, dessen Baustoffe eine vorbildliche Energiebilanz und das Potenzial der Wiederverwendbarkeit aufweisen. Tragwerk, Decken und Wände des Hauses bestehen aus Holz. Lediglich die aussteifenden Erschließungskerne, das Kellergeschoß und die Brandwände werden aus statischen/brandschutztechnischen Gründen betoniert.

Aufgrund des hohen Anfalls von Totholz der vom Borkenkäfer befallenen Bäume wurde die Idee des «Holzlagers» entwickelt. Im Innern bleibt das Material Holz sichtbar. Die Fenster sind Holzfenster, die pragmatisch durch eine außenliegende Deckschale aus Aluminium vor Witterungseinflüssen geschützt werden.

Die äußere Fassadenebene wird durch ein funktional begründetes filigranes Stahlgerüst gebildet. Es nimmt den aufrollbaren Sonnenschutz auf, der aus windstabilen horizontalen Edelstahlstangen besteht, die durch ihr Gewicht besser in Position gehalten werden als die üblicherweise eingesetzten leichten Lamellen. Ferner können Fensterreinigung und Fassadenwartung auf einfachste Weise von einem Steg aus erfolgen.

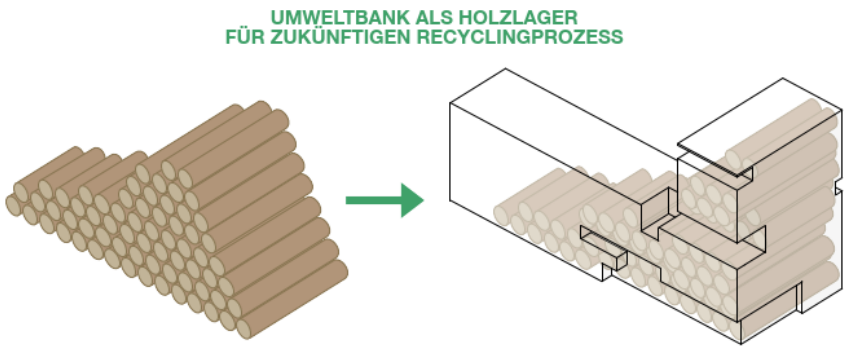


Abbildung 2: Konzept Holzlager (Quelle: spengler wiescholek Architektur//Stadtplanung)

Ein Haus, mehr als ein «Arbeitsort»
Das Gebäude zeigt sich spektakulär unspektakulär, indem die Bauteile pragmatisch, gemäß ihren konstruktiven Anforderungen und im Hinblick auf Langlebigkeit und geringen Wartungsaufwand, eingesetzt werden. Dennoch muss weder auf die ästhetische Wirkung von Materialien noch auf innenräumliche Großzügigkeit und kommunikative Raumzuschnitte mit luftigen Raumhöhen verzichtet werden.

Bereits die Eingangshalle überrascht mit einem zweigeschoßigen Luftraum, weitere Raumerweiterungen schrauben sich in Abschnitten kaskadenartig nach oben bis zur Cafeteria mit Bereichen aus Innen- und Außengärten, die den Arbeitsort ins Freie erweitern und Grenzen verwischen. Der Konferenzbereich im obersten Geschoß bietet einen weiten Blick über die Stadt und kann ebenso wie die Cafeteria mit Wintergarten für Veranstaltungen genutzt werden.

2. Bauherr

UmweltBank Nürnberg
Die «UmweltBank» verfügt, mit ihrem hohen Anspruch nur nachhaltige und ökologisch ambitionierte Projekte zu finanzieren, über ein Alleinstellungsmerkmal in der Bankenlandschaft. Das Unternehmen wünscht sich ein angemessenes Haus für die wachsende Zahl der Mitarbeitenden. Zielsetzung sind ein wegweisender Energiestandard, der Einsatz nachwachsender Rohstoffe und nicht zuletzt ein Haus, das für die Mitarbeitenden mehr als ein Arbeitsort ist, das Atmosphäre, räumliche Großzügigkeit, kommunikative Innenwelten und grüngeprägte Außenräume bietet.

3. Planer

Architekten:	Spengler Wiescholek Architektur // Stadtplanung PartGmbB
Statik Holzbau:	Merz Kley Partner AG
Statik Massivbau:	BWP Burggraf + Reiminger Beratende Ingenieure GmbH
Werkstattplanung Holzbau:	ZÜBLIN Timber

4. Tragkonstruktion

Das Tragwerk zeichnet sich durch eine hybride Bauweise aus: Das Untergeschoß wird als massiver Sockel in Stahlbetonbauweise hergestellt, die aufgehenden Geschoße ab Erdgeschoß werden in Holzskelettbauweise mit Erschließungskernen und Brandwänden aus Stahlbeton errichtet.

Der vertikale Lastabtrag verläuft geschoßweise über einachsig gespannte HBV-Deckenelemente, welche auf BauBuche-Unterzügen aufliegen und die Lasten an BS-Holz- bzw. BauBuche-Stützen weiterleiten.

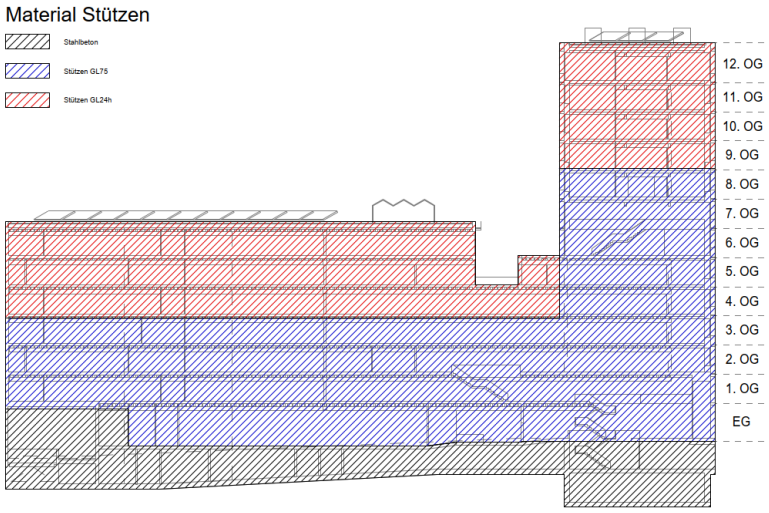


Abbildung 3: Auszug Materialität Stützen (Quelle: Konstruktionsplan Merz Kley Partner AG)

Die HBV-Deckenelemente bestehen aus überhöhten Brettschichtholz Rippen mit aufgeschraubten Dreischichtplatten. Der Schubverbund wird über Schubkerven hergestellt. Vor Ort wurde dann eine 12 cm dicke Betonschicht aufgebracht.
Durch die überhöhten Rippenelemente konnte auf eine temporäre Unterstützung der Decken im Bauzustand verzichtet werden.
Der horizontale Lastabtrag des Gebäudes erfolgt über die Betonscheibe der HBV-Decken. Diese wird über Bewehrungsanschlüsse an die beiden Massivbaukerne angeschlossen und in den Baugrund abgetragen.
Erwähnenswert ist, dass es die Planer geschafft haben, für die Deckenelemente nur drei verschieden Grundtypen zu verwenden.

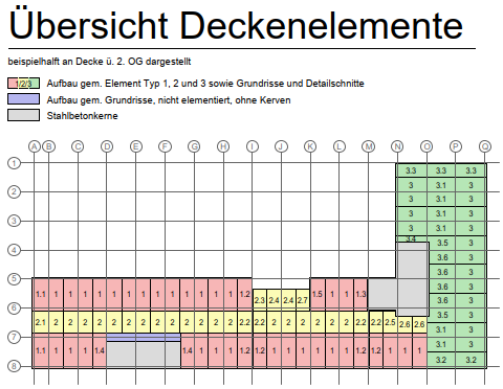


Abbildung 4: Auszug Übersicht Typen Deckenelemente (Quelle: Konstruktionsplan Merz Kley Partner AG)

5. Zahlen und Fakten

- 1.000 Stück Rippenelemente b= 2,75 m, bis l= 6,30 m (ca. 15.400 m²)
- 1.700 lfm Fassadenaußenwände h= 3,60 m, ca. 320 Stück inkl. werkseitig
- eingebauter Fenster
- 1.240 m³ Brettschichtholz, teilw. blockverklebt
- 900 m³ BauBuche, davon 850 m³ blockverklebt
- 302 m³ Konstruktionsvollholz
- 250 m³ LENO®-Brettsperrholz
- Ca. 240 t Stahl
- 1.800 m³ Ortbeton für das Herstellen der HBV-Decken
- 2 Stück Sprengwerke aus BauBuche
- 27 Stück Stb.-Fertigteilstützen
- 8 Stück Stb.-Fertigteilunterzüge
- Ca. 710 m² Stb.-Brandwände

6. Montagekonzept

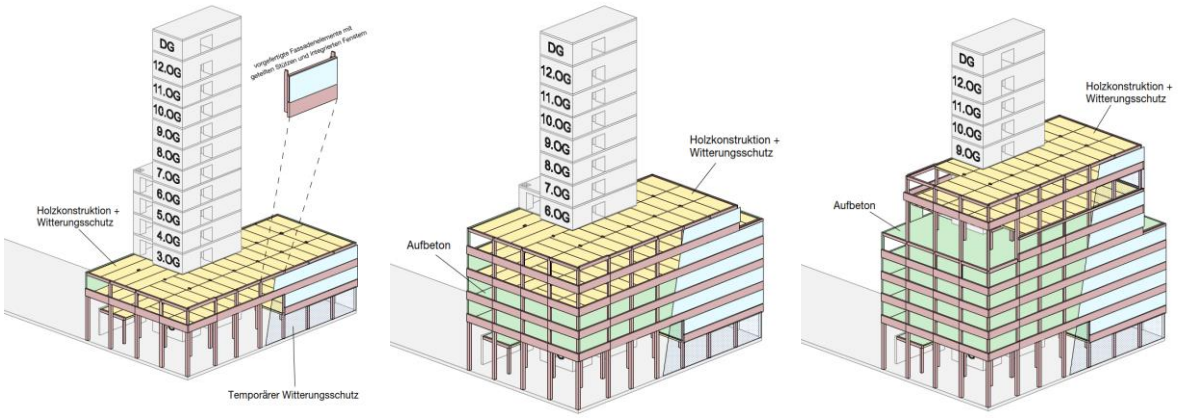


Abbildung 5: Auszug Montagekonzept (Quelle: Merz Kley Partner AG)

Das Montagekonzept hat von Anfang an vorgesehen, dass mehrere Stockwerke ohne die Betonage der HBV-Decke montiert werden sollen.
Dieses Vorgehen hat den großen Vorteil, dass im Trockenen betoniert werden kann. Nachteilig ist bei dieser Vorgehensweise, dass für diesen Bauzustand die aussteifende Betonscheibe noch nicht vorhanden ist. Hierfür mussten wir uns eine temporäre Aussteifungskonstruktion überlegen. Nach Montage der Deckenelemente wurden für den Bauzustand, mit Hilfe von Lochblechen und Zugstangen, temporäre Deckenscheiben ausgebildet und an den Massivkern angeschlossen.



Abbildung 6: Auszug Temporäre Aussteifungskonstruktion (Quelle: 3D Modell ZÜBLIN Timber)

7. Produktion und werkseitige Vormontage

Abbund und Vormontage der Holzbauteile fand zum größten Teil bei ZÜBLIN Timber am Produktionsstandort in Aichach statt. Die Produktion hat sich in mehrere Hauptthemenbereiche aufgegliedert:

- Produktion und Abbund der LENO®-Brettsperrholzelemente
- Stababbund der Stützen und Unterzüge aus BS-Holz und BauBuche
- Abbund und Zusammenbau der Deckenelemente
- Abbund und Zusammenbau der Außenwandelemente inkl. Fenstereinbau
- 2 Stück Sprengwerke Abbund und Probemontage aus BauBuche



Abbildung 7: Rippenelemente aus Dreischichtplatten mit Brettschichtholz Rippen (Foto: ZÜBLIN Timber)



Abbildung 8: Außenwandelemente inkl. vormontierter Fenster (Foto: ZÜBLIN Timber)



Abbildung 9: Werkseitige Probemontage der Sprengwerke (Foto: ZÜBLIN Timber)

8. Baustellenmontage und Witterungskonzept

Wie unter Punkt 6 schon erwähnt, war durch das vorgegebene Montagekonzept der grobe Montageablauf vorgegeben. Bei ZÜBLIN Timber wurden dann die Montageabläufe noch verfeinert. Es wurden geschoßweise immer die Stützen, Unterzüge und die Außenwandelemente parallel montiert. In Teilabschnitten wurden dann schnellstmöglich die Deckenelemente montiert. Durch diesen Ablauf waren die einzelnen Geschoße sehr schnell dicht und gegen Regen bestmöglich geschützt.
Alle der Witterung ausgesetzten, horizontal verbauten Bauteile waren durch eine werkseitig vormontierte «Isocell Timber Protect»-Bauzeitenabdichtungsbahn geschützt. In den Deckenflächen eingebaute Wasserabläufe wurden durch Abflussrohre über alle Geschoße bis ins EG geleitet und von dort nach außen geführt.

Zum Auftragsumfang gehörten auch die Betonage der 1.800 m³ HBV-Decken, sowie die Herstellung, Lieferung und Montage mehrerer Stb.-Fertigteil-Wände, -Stützen und -Unterzüge. Für die Ausführung dieser Leistungen konnten wir uns auf die Unterstützung unserer Massivbaukollegen von ZÜBLIN Bereich Nürnberg verlassen. Speziell beim Thema Betonieren mit Betonpumpe in 50m Höhe war das entsprechende Fachwissen der ZÜBLIN-Kollegen außerordentlich hilfreich.

Während der Montage haben sich auf den einzelnen Geschoßen unterschiedliche Montagezustände ergeben, welche in den folgenden Bildern dargestellt und beschrieben werden.



Abbildung 10: Montage oberstes Geschoß (Foto: ZÜBLIN Timber)

Oberstes Geschoß:

- Montage der Stützen, Unterzüge, Außenwand- und Deckenelemente
- Schließen der Stöße und Anbringen fehlender Witterungsschutzfolie
- Ablegen der später benötigten Bewehrung (Pakete)
- Montage der temporären Aussteifungskonstruktion



Abbildung 11: Montage ein Geschoß unter dem obersten
(Foto: ZÜBLIN Timber)

Ein Geschoß unter dem obersten:

- Arbeiten im Trockenen durch darüberliegende
- Decke
- Aufschneiden der Schubkerven
- Eindrehen der Zugschrauben für HBV-Deckenverbund
- Verteilen der zuvor abgelegten Bewehrung
- Einbringen sämtlicher erforderlicher Verbindungsmittel



Abbildung 12: Montage zwei Geschoße unter dem obersten
(Foto: ZÜBLIN Timber

Zwei Geschoße unter dem obersten:

- Fertig vorbereitet für Betonage der HBV-Decken



Abbildung 13: Montage drei Geschoße unter dem obersten
(Foto: ZÜBLIN Timber)

Drei Geschoße unter dem obersten:

- HBV-Decken fertig betoniert
- Überwachung der Luftfeuchte mit Klimaschreibern



Abbildung 14: Montage Außenwandelemente inkl. Fenster (Fotos: ZÜBLIN Timber)



Abbildung 15: Montage Stützen, Unterzüge und Deckenelemente (Fotos: ZÜBLIN Timber)

9. Fazit

Nach dem Projektstart wurde früh deutlich, dass das hervorragende Holzbau-Fachwissen der beteiligten Fachplaner von großer Bedeutung für den reibungslosen Ablauf des gesamten Projektes war.

Die sehr gute und konstruktive Zusammenarbeit mit den Architekten und Tragwerksplanern trug einen maßgeblichen Teil hierzu bei, was nicht zuletzt daran lag, dass auch wir als ausführende Firma unsere Ideen und Vorschläge einbringen und entsprechend umsetzen konnten.

Deshalb wurden letztlich alle vertraglich vereinbarten Termine eingehalten und der Rohbau fristgerecht und mängelfrei an den Auftraggeber übergeben.

Cederhusen – Award-winning wooden high-rise in Stockholm

Frida Tjernberg Persson
Looström Structural Design
Stockholm, Sweden



Cederhusen – Award-winning wooden high-rise in Stockholm

1. Introduction

1.1. Background

The Cederhusen project is the first, large-scale timber construction in Stockholm. It consists of 236 apartments divided into four buildings on two different blocks. Bologna 1&2 and Humboldt 1&2.

Each house consists of a lower part (7 stories) and one tower which ranges from 9-12 stories.

1.2. Area

The Cederhusen project is located in the central parts of Stockholm, Sweden. The area is a developing area called Hagastaden which is a mixed-use area with offices, housing and its proximity to Karolinska hospital has given the area a focus on innovation and life science. The planning was ongoing for a number of years and the land-permission for Cederhusen was awarded to Folkhem in 2016.

1.3. Folkhem

Folkhem is a Swedish real-estate developer who only build houses in wood. Apart from Cederhusen, they have developed and built both single-family homes as well as multi-storey apartment buildings such as Strandparken, 8 storeys, outside of Stockholm.

2. Early design stage

2.1. Load restrictions

For the Bologna and Humboldt blocks, they are situated fully on top of existing tunnels. There are four tunnels containing highway as well as railway traffic and the tunnels were not originally designed to be able to take loads from construction on top (apart from some light traffic and park areas).

For all blocks in Hagastaden there are specific points where load from buildings are allowed to be transferred to the tunnel walls. For each of these points there are load restrictions with regards to maximum loads from permanent as well as live loads, defined by the municipalities early technical assessments. No forces from uplift are allowed to be transferred to the underlying tunnel walls. The tunnel roofs are not allowed to take any load from the buildings above. There is a demand for an 80 cm gap between the top of the tunnel roof and the lowest part of load-bearing construction in the buildings foundation design and basements.

With regards to the total accepted load for blocks Bologna and Humboldt and the planning decision with regards to the maximum available built volume, it is not possible to use the full available volume if the houses are built with a heavy structure. It is also not possible to meet the city’s demands with regards to foundation design in coherence with ground-floors to be used for commercial purposes and their deign with large, glass/open facades, with a heavy structure.

To maximize the available building volume in each of the blocks, a timber structure was proposed to the real-estate developers interested in the land-permission. Folkhem drew from their earlier experiences with multi-storey timber buildings and were interested in the project.

2.2. Foundation design

To ensure the feasibility of the project, the first technical solutions needed to be proved to keep the system within the design regulations with regards to maximum loads on foundation points as well as distance to the tunnel roof and accessible entrances from the surrounding street-levels as planned by the municipality. Several early designs were evaluated and a system with concrete beams spanning across the tunnel roofs were designed. The height and width vary as well as their number and location of foundation points, as the line of the building facades do not line up with the underlying tunnel walls.

2.3. Decentralised stability

For the stability of the tall wooden structures above ground, the biggest challenge was the dynamic response to wind. Requirements with regards to comfort are found in standards but calculation of the dynamic response is challenging. Neither the standards nor the methods presented in the Eurocode at the time were adapted to accommodate for tall timber buildings. A number of structural options were studied and evaluated not only with regards to standard values but also with regards to risk and measurement of safety to comfortably be able to present the design options.

With regards to the buildings plan layout, it would have been possible to use centralised shafts for lifts and stairs as a stabilising core. However, as the foundation principle dictates no lift-forces can be transferred to the underlying tunnels, the solution required secondary concrete beams to span parallel to the tunnel and connect the primary beams. This to make up a system with as long of a lever arm as possible. The solution was ultimately discarded as it meant that the basement level of the buildings were inaccessible for use as areas both for bike storage as required by the municipality but also as storage units for the habitants (regulated by building codes and rules). To use areas for this above ground would mean a significant loss of economic feasibility to the project.

The other option that was deemed beneficial was to use a large number of walls for the stability of the building, both resulting in an acceptable dynamic behaviour as well as an ability to distribute loads more evenly on the concrete foundation.

2.4. Structural system

The structural system for the buildings is the same for all four buildings, consisting of load-bearing walls of CLT as well as CLT-floors and roof. At some wall openings, glulam beams have been used. Facades are cladded in mineral-wool insulation and cedar shingles.

Almost all walls in the buildings are load-bearing as well as stabilising, this is a solution that is effective for this specific project with regards to demands from foundation requirements but is also suitable with regards to division of housing units, window placements etc.

3. Detailed design stage

3.1. Optimized structure

When the overall strategy for structural system was designed, it left room for optimization of individual CLT-elements. The floor slabs are divided between housing units with regards to acoustics and therefor floor slabs were designed as single-span. The slabs vary in thickness from 160-200mm, individually designed for each slab to minimize the amount of CLT. For walls, two different approaches were used. CLT in facades are designed with varying thickness from 180-120mm but placed in such a way that the outside of the CLT matches in placement from the underlying floor level and upwards. This to be able to effectively insulate and clad the building on site. For walls inside the units as well as unit-division walls the decrease of thickness over building height is done with the CLT being placed centrally over the underlying floor level.

Both approaches mean that the available floor area for sale increases over the buildings height (as wall thickness decreases), providing a more favourable economic output from the project.

3.2. Acoustics and dampening

For floor-design, acoustics were regarded and synergies were found with regards to installation systems (under floor heating) as well as the wish for mass-damping in the buildings with regards to dynamic response to wind. For this reason, the CLT floors are completed with an overlaying step-insulation and a poured concrete topping. The floor slabs are also clad underneath with gypsum suspended ceilings.

For walls between apartments a system with a separation wall of studs and gypsum are placed at a distance from the CLT on one side and on the other side the CLT is clad in gypsum.

3.3. Design for fire

The buildings are all equipped with sprinkler systems. In addition, the only exposed structure is in the communal hallways and entryways as well as staircase and liftshafts. All outer walls, division and load-bearing internal walls are clad in gympsum in single- or double layers as required.

3.4. Connections

For connection between CLT walls and the top foundation slab of concrete, angle brackets and screws were used to handle both horizontal and vertical loads. For connections between CLT wall to wall and wall to slab, screws were used as the main connection principle. Screws were optimized both with regards to choice of product as well as spacing and angles, to ensure required capacity without causing an over-usage of connections or complicated install which drives both cost and on-site production time.

4. Production

4.1. Foundation and basement

The concrete foundation was made with both in-situ and precast elements. Production for the basement and foundation floors were completed almost one year before the erection of the timber structures were started. This to accommodate for the municipality to refill and complete streets and surrounding park areas in connection to the buildings.

4.2. Structure

For the timber structures, each house was divided into two parts and raised one part at a time. At full speed, about 300 m2 per week were raised. This was due mostly to the logistics of the area in central Stockholm. With a bit more leeway, the production team estimates about 300 m2 could have been erected every three days. From the production team it is also stated that the most time-consuming part was the attachment of the walls on the first floor of the structure to the underlying concrete.

4.3. Frame completion

When the timber structure was in place, the concrete toppings on the floors were poured room by room and the walls were completed with regards to acoustic division walls as well as gypsum. For the outside of the building, insulation was fastened against the CLT and airgpas were created with studs that are also the attachment for cedar shingles. Fire insulation and proofing of any cavities and holes were made throughout and as needed. The roofs are a combination of roof areas as well as roof terraces. Both are built up with insulation and finished surface from the top of the underlying CLT.

Edges of the roofs are a detailed and specific feature of the buildings and are an intricate design of glulam, weatherproofing and detailing to be able to attach them to the building structure and work both as eaves but not hindering run-off of rain water etc.

Balconies are attached to the outside of the building with steel fasteners at the outside of the CLT in the outer wall, both brackets and angled tension ties (hidden in a parapet) were used.

5. Concluding remarks

As an example of possibilities for tall timber buildings in general, Cederhusen is a good example. With regards to project management, emphasis was put on carefully evaluating different options and presenting their implications not only on cost but also production time, choice of material and environmental impact. For any future projects, the way in which the first drafts and ideas were handled and kept in mind throughout the entirety of the project is an example of good follow-through.

It is worthwhile to note that the prerequisites for Hagastaden in general but Cederhusen in particular are very specific. That is to say that a number of technical solutions were handled in the Cederhusen project that are not likely to be replicated in any large number of other projects. Those solutions are mostly linked to the foundation design and concrete parts of the building however. The overall design of the timber structures is very linked to the availability of CLT in Sweden at the time, as well as existing references such as the Folhem project Strandparken.

Since the project start in 2016, a number of technical developments as well as products and services have been made available not only in Sweden but throughout the world, in the field of tall timber building and massive wooden construction in general. For more recent projects and certainly future projects, a larger focus is put on material efficiency, hybrid structures and environmental impact.

Key takeaways from a structural engineering point of view is to pay attention to how the different methods for calculation and evaluation are written and meant to be used, some "reading between the lines" is required still to make a suitable decision with regards to design options. It is also worth noting that as for any project, it is more important to do the right thing than to do things right. Meaning, an insight into each projects specific challenges is required to make sure the correct calculations and simulations are done as early as possible.

Qualitätsmanagement im Holzhochhausbau: Herausforderungen und nachhaltige Lösungen am Beispiel ZWHATT H1

Thomas Wehrle
ERNE AG Holzbau
Laufenburg, Schweiz



QM im Holzhochhausbau: Herausforderungen und nachhaltige Lösungen am Beispiel ZWHATT H1

1. Einleitung

1.1. Bedeutung des Holzhochhausbaues

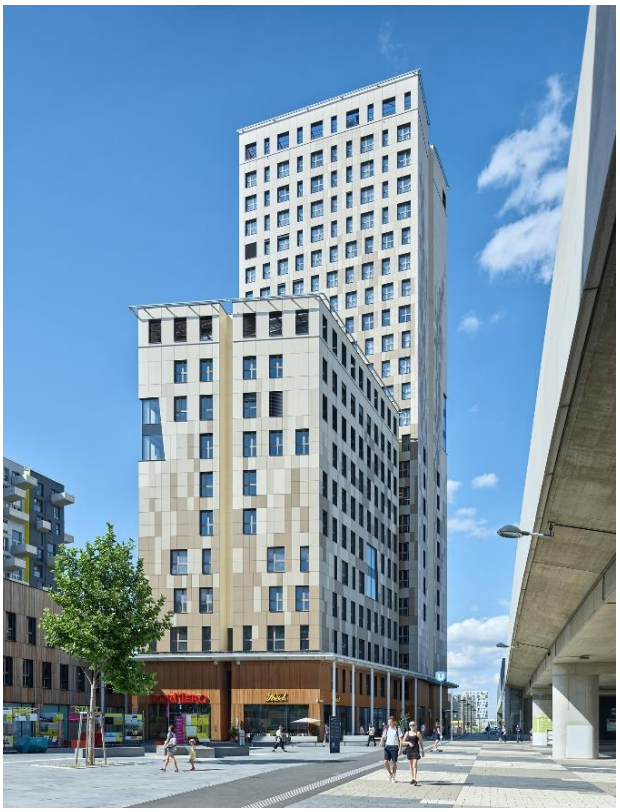
Der Trend zum Holzhochhausbau ist Teil einer breiteren Bewegung hin zu nachhaltigem Bauen, die auf die Reduzierung der ökologischen Auswirkungen der Bauindustrie abzielt. Holz hat sich dabei als ein besonders vorteilhafter Baustoff herausgestellt, da es umweltfreundlich, nachhaltig und vielseitig ist.

Moderne Holzbautechniken wie Brettsperrholz (CLT) und andere Massivholzprodukte haben den Einsatz von Holz im Hochhausbau revolutioniert. Diese Materialien bieten eine hohe Tragfähigkeit und Stabilität, die den Bau mehrstöckiger Gebäude ermöglicht. Technologische Entwicklungen wie Building Information Modeling (BIM) und modulare Bauweisen tragen zur Effizienz und Qualitätssicherung im Holzhochhausbau bei.

Der Bau von Hochhäusern aus Holz bringt spezifische Herausforderungen mit sich, insbesondere in Bezug auf Brandschutz und Schallschutz. Moderne Schutzbeschichtungen und die natürliche Fähigkeit von Holz, bei hohen Temperaturen eine schützende Kohleschicht zu bilden, erhöhen die Sicherheit. Zudem haben fortschrittliche akustische Isolationsmaterialien die Schallproblematik gelöst. Trotz dieser Herausforderungen hat sich Holz als verlässlicher Baustoff etabliert, der den gängigen Bauvorschriften entspricht und weltweit Anerkennung findet.



https://de.wikipedia.org/wiki/ Mjøstårnet



HoHo Wien ©proHolz Austria / Bruno Klomfar

Projekte wie das Mjøstårnet in Norwegen und das HoHo Wien in Österreich zeigen, dass Holzhochhäuser nicht nur machbar, sondern auch architektonisch anspruchsvoll und funktional sind. Diese Projekte verdeutlichen den Weg zu einer nachhaltigen Zukunft des Bauwesens, in der Holz eine Schlüsselrolle spielt.

Insgesamt zeigt der Trend zum Holzhochhausbau, dass Holz eine nachhaltige, technologisch fortschrittliche und wirtschaftlich attraktive Alternative zu herkömmlichen Baumaterialien ist. Es verbindet ökologische Verantwortung mit moderner Bauweise und setzt neue Standards für nachhaltiges Bauen.

1.2. Das ZWHATT H1

Das Holzhybridhochhaus H1 im Zwhatt-Areal in Regensdorf ist ein wegweisendes Bauprojekt in der Schweiz, initiiert durch die Pensimo-Anlagestiftung kombiniert es innovatives Bauen und Nachhaltigkeit. Es ist Teil einer umfassenden Stadtenwicklung, die als Antwort auf die steigende Nachfrage nach Wohnraum in der Region dient. Ziel des Projekts ist es, hohe städtebauliche Verdichtung mit hochwertigen, nachhaltigen Bauweisen zu verbinden. Mit einer Höhe von 75 Metern und 24 Stockwerken ist es das höchste Gebäude dieser Art im Land. Der Komplex umfasst 156 Wohnungen und integrierte Gewerbeflächen, wobei die Nutzung von modularen und flexiblen Wohnungstypen es ermöglicht, sich an die Bedürfnisse der Bewohner anzupassen.

Der Bau wurde von Boltshauser Architekten entworfen und von der Erne Gruppe realisiert, wobei die unteren Etagen aus Beton und die oberen Stockwerke ab dem vierten Geschoss aus Holz bestehen. Diese Bauweise kombiniert Holz und Beton, um die Nachhaltigkeit zu verbessern und den CO_2-Ausstoß über die Lebensdauer um etwa 20% zu senken.

Das Projekt entstand aus der Notwendigkeit, nachhaltigen Wohnraum in urbanen Ballungszentren bereitzustellen. Der Zwhatt-Komplex nutzt modernste Methoden im Holzbau, um Bauzeiten zu verkürzen und ökologische Vorteile zu nutzen. Durch den Fokus auf lokale Materialien und energieeffiziente Technologien verfolgt das H1 einen umweltfreundlichen Ansatz.

Der Komplex wurde so gestaltet, dass er durch seine Architektur einen harmonischen Dialog mit der umliegenden Stadtlandschaft fördert und die Wohnqualität durch großzügige Außenflächen verbessert. Diese Besonderheiten machten das H1 zu einem Vorzeigebeispiel für nachhaltige, urbane Verdichtung in der Region Zürich.

Auch das Energiekonzept ist innovativ: In die Fassade integrierte Photovoltaikmodule erzeugen etwa 130.000 kWh pro Jahr, was die Hälfte des benötigten Stroms für die Apartments deckt. Das Projekt erhielt den Holcim Award für nachhaltiges Bauen, was seine Bedeutung im Bereich des ökologischen Wohnens unterstreicht.

Herausforderungen im QM für Holzhochhäuser
Der Bau von Hochhäusern aus Holz bringt besondere Herausforderungen mit sich, die sowohl technische als auch organisatorische Aspekte betreffen. Im Folgenden werden die wichtigsten Herausforderungen ausführlich beschrieben:

1.3. Materialeigenschaften und ihre Auswirkungen

Anisotropie von Holz: Holz ist ein natürlicher Werkstoff mit variabler Struktur, was sich auf seine mechanischen Eigenschaften und die Verarbeitbarkeit auswirkt. Unterschiede in der Festigkeit und Dichte müssen bei der Planung berücksichtigt werden, um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten.

Feuchtigkeitsverhalten: Holz reagiert empfindlich auf Feuchtigkeit, was zu Verformungen, Schimmelbildung und strukturellen Schwächen führen kann. Daher sind strikte Kontrollen der Luftfeuchtigkeit und Schutzmaßnahmen bei Transport und Lagerung essenziell.

Alterung und Haltbarkeit: Im Vergleich zu traditionellen Baumaterialien wie Stahl und Beton erfordert Holz besondere Maßnahmen zur Langlebigkeit und Schutzbehandlung, um eine dauerhafte Beständigkeit zu sichern.

1.4. Logistische und bautechnische Komplexität

Transport und Vorfertigung: Die Vorfertigung von großen Holzelementen stellt Anforderungen an Transport und Handling. Der Transport muss so organisiert werden, dass die Elemente unbeschädigt und im optimalen Zustand auf der Baustelle ankommen.

Montage- und Verbindungstechniken: Spezielle Verbindungstechniken sind notwendig, um die strukturelle Integrität zu gewährleisten, insbesondere bei mehrstöckigen Gebäuden. Die Entwicklung und Implementierung innovativer Verbindungssysteme sind wichtig, um die Herausforderungen von Schwingungen und Lastverteilung zu meistern.

Witterungseinflüsse auf Baustellen: Im Gegensatz zu geschlossenen Bauten müssen beim offenen Baustellenbetrieb Schutzmaßnahmen getroffen werden, um das Holz vor Regen und Feuchtigkeit zu schützen.

1.5. Feuchtigkeits- und Brandschutzanforderungen

Schutz vor Feuchtigkeit: Besonders während der Bauphase muss das Holz vor Witterung geschützt werden. Eine unzureichende Abdichtung kann zu langfristigen Schäden führen. Maßnahmen wie temporäre Überdachungen, spezielle Membranen oder ganze Entwässerungskonzepte sind notwendig, um den Bauablauf nicht zu beeinträchtigen.

Brandschutztechnologien: Im Hinblick auf die Brandsicherheit unterliegt der Holzbau strengen Vorschriften. Holz kann durch spezielle Brandschutzmittel behandelt oder durch bauliche Maßnahmen wie Brandschutzplatten ergänzt werden, um die geforderten Sicherheitsstandards zu erfüllen. Hier sind auch die richtigen Strategien zur Verhinderung von Brandweiterleitung zwischen den Stockwerken entscheidend.

Normen und Regulierungen: Es ist wichtig, dass alle Bauelemente den aktuellen Brandschutzanforderungen entsprechen, wie z.B. den europäischen EN-Normen oder lokalen Bauvorschriften.

Grundsätzlich sind die zwei Themen Feuchtigkeit und Brandschutz während der Bauphase diejenigen, die in der Regel stiefmütterlich behandelt werden. Bei dem Bau von Holzhochhäusern kann aber ein Baustopp durch Stark- oder Dauerregen oder sogar einen Brand zu grossen Verzögerungen führen. Daher müssen diese zwei Themen explizit bei der Herstellung und Montage berücksichtigt werden.

1.6. Nachhaltigkeitsanforderungen und Zertifikate

Zertifizierte Materialien: Nachhaltigkeit erfordert die Verwendung von zertifiziertem Holz aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern (z.B. FSC oder PEFC). Die Wahl der richtigen Materialien und deren Verfolgbarkeit ist für ein umweltfreundliches Projekt von zentraler Bedeutung.

Umweltfreundliche Bauprozesse: Die Minimierung von Abfällen und der Einsatz von energieeffizienten Maschinen und Techniken sind notwendig, um ein nachhaltiges Projekt zu gewährleisten. Hier spielt das Qualitätsmanagement eine entscheidende Rolle bei der Überwachung und Dokumentation dieser Prozesse.

Lebenszyklus-Analyse (LCA): Um den gesamten ökologischen Fußabdruck zu bewerten, muss eine LCA durchgeführt werden, die den gesamten Bauprozess und die Nutzung des Gebäudes berücksichtigt. Herausforderungen bestehen dabei in der genauen Datenerhebung und Analyse.

2. QM im Projekt ZWHATT H1

2.1. Projektübersicht



Visualisierung: YOS Visualisierungen / Pensimo

Projektbeteiligte:

Bauherrschaft	-	Pensimo Management AG, Zürich (im Auftrag der Anlagestiftung Pensimo)
Architektur	-	Boltshauser Architekten AG. Zürich
Tragwerksingenieure	-	INGE «ZWHATT» B3 Kolb AG, Romanshorn & Schnetzler Puskas Ingenieure AG, Basel
Brandschutzingenieur	-	B3 Kolb AG, Romanshorn
Ausführende Firmen	-	ERNE AG Holzbau (Hbridbau, Gebäudehülle dicht - ERNE AG Bauunternehmung (Massivbau, Treppentürme)

Eckdaten des Gebäudes

Höhe	-	76.60 m
Stockwerke	-	3 Stockwerke in Massivbauweise - 21 Stockwerke in Holzhybridbauweise
Aussenabmessungen	-	Gebäude 25m x 29m (ca. 725 m2/BGF)
Raumhöhe	-	2.40m bis Holzträger / 2.70m bis Betonunterseite
Termine	-	Rohbau Mai 2023 – Februar 2024 (Gebäudehülle dicht) - Montage Holzbau September 2023 – Februar 2024

Materialeinsatz

Holzmenge	-	Stabbuche 1‘300 m^3 - Fichte 200 m^3
Deckenrippen	-	Buche SSH 40 + Buche SSH 48 (Stabschichtholz Fagus Suisse) - Querschnitte: 160/300mm, 180/300mm, 200/300mm
Stützen	-	Buche SSH 40 + Buche SSH 48 (Stabschichtholz Fagus Suisse) - Querschnitte: 280/280mm bis 400/400mm
Armierungsstahl	-	64 to, Bewehrungsgehalt 45 kg/m^3 versus 369 to konventionell
Stahlteile	-	52 to
Beton	-	1‘430 m^3 vs. 3‘360 m^3 konventionell

Elementbau

Aussenwandelemente	-	295 Elemente mit integrierten Fenstern / Stützen in SSH
Holzbetonverbund	-	462 Elemente, 12‘000 m2 - 3.45m x 7.5m, 26 m^2, 10 to pro Element - 21 Tage im Werk gelagert
Transport	-	ca. 280 LKW Ladungen - ca. 2 LKW pro Tag
Montagetakt	-	6 Tage pro Geschoss
LEAN	-	6 Tage Montage – 6 Tage Lieferung – 6 Tage Produktion

2.2. Umgesetzte Qualitätsmanagement Strategien

Da es sich bei diesem Gebäude um das dato höchste Holzhochhaus mit dem Material Stabbuche der Fagus Suisse handelt wurden bereits im Vorfeld eine Strategie zur Sicherung der Materialqualität sowie dem Schutz vor Feuchtigkeit bei der Herstellung und Montage der Elemente sowie für den weiteren Ausbau definiert.

Diese umfassten im Wesentlichen folgende Punkte (Quelle: B3 Kolb AG/ERNE):

Planung	-	Coaching intern und innerhalb der INGE (4-6 Augenprinzip) - Externes Challenging durch die ETH Zürich, Andrea Frangi - Plausibilisierung Nachweis Deckenelement durch ETH - Erfahrungsaustausch mit Berufskollegen (sp. Setzungsverhalten)
Material SSH	-	Delaminierungsprüfungen - Druckprüfungen
Holzbetonverbund	-	Prüfungen der Schubverbindung (TiComTec Bleche)
Produktion	-	MockUp - Interne Qualitätssicherung Holzbauunternehmen - Betonprüfungen Überbeton - Sichtprüfungen Material bzw. Rissbildung etc. - Monitoring Temperatur /Luftfeuchtigkeit beim Lager/Zuschnitt
Montage	-	interne Qualitätssicherung Holzbauunternehmen - Entwässerungskonzept Meteowasser - Monitoring Temperatur und Luftfeuchtigkeit am Bau
Ausbau	-	Sichtabnahmen durch Bauherr - Monitoring Temperatur und Luftfeuchtigkeit während Ausbau

2.3. Herausforderungen und deren Bewältigung

Die Herausforderung bestand darin, gemeinsam die richtigen Prüfpunkte und die richtigen Bauteile zu definieren. Zusätzlich mussten Partner gefunden werden, die eine externe Überwachung sicherstellen und entsprechende Erfahrung und Labormöglichkeiten zur Verfügung stellen können. Diese wurden mit der BFH in Biel als externen Überwacher und zur Durchführung der Delaminierungsprüfungen gefunden. Mit der neuen Holzbau AG in Lungern konnte ebenfalls ein erfahrener Partner im Umgang mit der Blockverleimung von Hartholz in das Projekt eingebunden werden.

Zur Sicherung der adäquaten Qualität der gelieferten Materialien wird eine duale Beschaffungsstrategie aufgesetzt. Dabei wird der Fokus auf die anspruchsvollsten Bauteile (Stützen) gelegt. Diese Aufteilung der Lieferung des Stabschichtholzes ermöglicht einen adäquaten Umgang mit der Problematik von eventuell auftretenden Qualitätsprobleme der Fagus Suisse. Basis der gesamten Lieferung bildete eine gemeinsam mit dem Fachingenieur erarbeitete QS Vereinbarung.

Träger
- Die Deckenträger werden von Fagus Suisse geliefert.
- Das QS System wird so erweitert, dass sichergestellt werden kann, dass die gewünschte Materialqualität vorliegt.

Stützen
- Die Stützen sind die anspruchsvollsten Bauteile der Konstruktion; auf sie muss ein besonderes Augenmerk gelegt werden.
- Zur Sicherung der außerordentlichen Ansprüche (Einsatz als Stützen in einem Hochhaus) wird die Firma neue Holzbau AG als Lieferant der Stützen beauftragt.
- Fagus Suisse liefert das Vormaterial an die neue Holzbau AG.
- Die neue Holzbau AG koordiniert den QS Prozess des Vormaterials und der Blockverklebung und bringt mit seiner Expertise den notwendigen fachlichen Input. Resultat: QM Vereinbarung.
- Die neue Holzbau AG erbringt weitere Leistungen an den Stützen (Abbund, Einleimen von Stahlteilen). Die Stützen werden somit als einbaufertiges Bauteil auf die Baustelle geliefert.
- Die Neue Holzbau AG garantiert mit ihrer Expertise für die Herstellung,
- Qualitätssicherung und Lieferung der Stütze (Fagus wird somit im Innenverhältnis zum Lieferanten von nH).
- Die neue Holzbau AG begleitet zudem bereits die Herstellung des Vormaterials bei Fagus Suisse und stellt somit die notwendige Qualität sicher.

Identifikation der zehn wichtigsten Risiken mit den definierten Massnahmen:

	Risiko	Ziel	Massnahme / Dokumentation	Wer	Wann	Dokumentation
1	Stabbuche Verklebungsqualität ungenügend	Sicherstellen der Konformität mit der Herstellerrichtlinie	Konformitätserklärung von Fagus speziell für das Projekt ZWHATT	Su	Mai 23	Ablage Brief Fagus vom …. Und Bestätigung BFH vom…
			Dokumentation Dela-Prüfungen Fagus pro Charge vorhanden und grün	Fagus	laufend pro Charge	Wöchentliche Lieferung an ERNE Dokument suivie….
	Anmerkung:		Produktionsbesuche bei Fagus	DaC + NH	Dez 22	Kurzprotokoll Rippen
	Es werden hier nur die Dela Prüfungen speziell verfolgt			DaC + NH	n'H 'Termin	Kurzprotokoll Stützen A
	Alle anderen in der Herstellerrichtlinie vorgesehenen Prüfungen			DaC + NH	n'H 'Termin	Kurzprotokoll Stützen B
	werden gem. Herstellerrichtlinie gemacht und dokumentiert					
2	Dela Prüfungen von Fagus nicht korrekt	Sicherstellen von geeigneten / richtigen Dela Prüfungen durch Fagus	Beauftragung BFH für Parallelversuche durch Bauherr	BH	Nov 22	
			Zwischenbesprechung vom ….	Ing.	???	Protokoll Stabschichtholz Nr. 1
			Zwischenbesprechung vom ….	Ing.	???	Protokoll Stabschichtholz Nr. 2
			Zwischenbesprechung vom ….	Ing.	???	Protokoll Stabschichtholz Nr. 3
			Zwischenbesprechung vom ….	Ing.	???	Protokoll Stabschichtholz Nr. 4
			Abschliessendes Fazit	BFH / Ing / Team	???	Protokoll Stabschichtholz Nr. xxx
3	Blockverklebung Verklebungsqualität ungenügend	Gute Qualität der Blockverklebung Sicherstellen der Qualität gemäss QM Konzept NH	Einfordern des QM Konzeptes NH	DaC + NH	xxxx	Ablage und Freigabe QM Konzept NH ….
			Dokumentation der Dela Prüfungen	DaC	laufend	Lieferung pro Charge / Bauteil
			Produktionsbesuche bei NH	DaC	Juni	Kurzprotokoll vom…..
			Produktionsbesuche bei NH	DaC	September	Kurzprotokoll vom…..
4	Schäden durch falsche Klimabedingungen	Klima und Lagerung korrekt (Abbund, Verarbeitung, Lagerung bei ERNE)	Organisation der richtigen Lagerhallen	DaC	Mär 23	Ablage Brief Fagus vom …. Und Bestätigung BFH vom…
	bei Lagerung und Verarbeitung		Überwachungsprotokoll Halle Laufenburg	DaC	laufend	Überwachungsprotokoll, 24h, Teams
			Überwachungsprotokoll Halle Stein	DaC	laufend	Überwachungsprotokoll, 24h, Intrexx
			Überwachungsprotokoll Halle Münchwilen	DaC	laufend	Überwachungsprotokoll, 24h, Intrexx
5	Materialfeuchte bei Anlieferung durch Fagus / NH zu hoch	Wareneingangskontrolle Materialfeuchte Verklebung => Zulassung 9% bis 12%	Stichprobenmessung pro Paket 1 Balken, 3 Messungen Fagus	n'H	laufend	Dokumentation im Intrexx
		Richtlinie Laubholz	Stichprobenmessung pro Paket 1 Balken, 3 Messungen NH	n'H	laufend	Dokumentation im Intrexx
6	Oberflächenschutz / Feuchteschutz ungenügend	Guter Feuchteschutz des Materials	Instruktktion der Arbeiten / schriftliche klare Beauftragung des Ausführenden	DaC	??	???
			Werksbesuch Abbundwerk n'H	DaC	Juni	Kurzprotokoll, Stichprobe, Koch&Schulte Prod.
		Oberflächenbeschichtung	Werksbesuch Abbundwerk Balteschwiler	DaC	Mai, Juni	Kurzprotokoll,Stichprobe, Koch&Schulte Prod.
7	Materialfeuchte bei Anlieferung nach Stein zu hoch	Wareneingangskontrolle Materialfeuchte Einbau => HBT 9 +/-3%	Stichprobenmessung an 3 Bauteilen pro Anlieferung	Jakem Freiermuth Stefan	laufend	Dokumentation ???
			Messgeräte	Jakem Freiermuth Stefan	Mai	
		Schulung	Schulung Jakem Team	DaC	Mai	Dokumentation im Intrexx
8	Klima während Montage führt zu Schäden	Keine Feuchteschäden	Feuchteschutz durch Anstrich sicherstellen	DaC	laufend	siehe Prt. Feuchteschutz, Produkt Koch &Schulte definiert
			Stützen luftumspühlt während Montage, Einpacken erst vor Übergabe an Bauleitung	DaC	laufend	Dokumentation Übergabe
			Entwässerungskonzept HBV Decken	DaC / Bauleitung	jeden Abend	An Steigleitung anschliessen
			Konzept Stossverbindungen ausmörteln wasser	DaC	Juni	Schlecht Wetter Konzept vorhanden
			Konzept Stützenköpfe	DaC	Juni	Schlecht Wetter Konzept vorhanden
9	Falsches Klima während Endausbau führt zu Materialschäden	Klimaüberwachung Baustelle ab Rohbau bis Übergabe	Anforderungen festlegen	DaC/WeM	August	
			Instruktion für Bauleitung pro Geschoss	DaC/WeM	August bis Januar	Instruktion gegengezeichnet pro Ges.
			Überachung jedes 3. Geschoss	Polier	August bis Januar	Überwachungsprotokoll
10	Falsches Klima während Nutzung führt zu Schäden an Stabbuche	Klimaüberwachung Nutzungsphase	Festlegen der zulässigen Klimabedingungen	Ing / BH	August bis Januar	Hinweis bei Geschossweiser übernahme
			Instruktion Bauherr	Ing / BH	Ferbruar 24	Instruktion gegengezeichnet
			Instruktion Nutzer	Ing / BH	Ferbruar 24	Instruktion gegengezeichnet

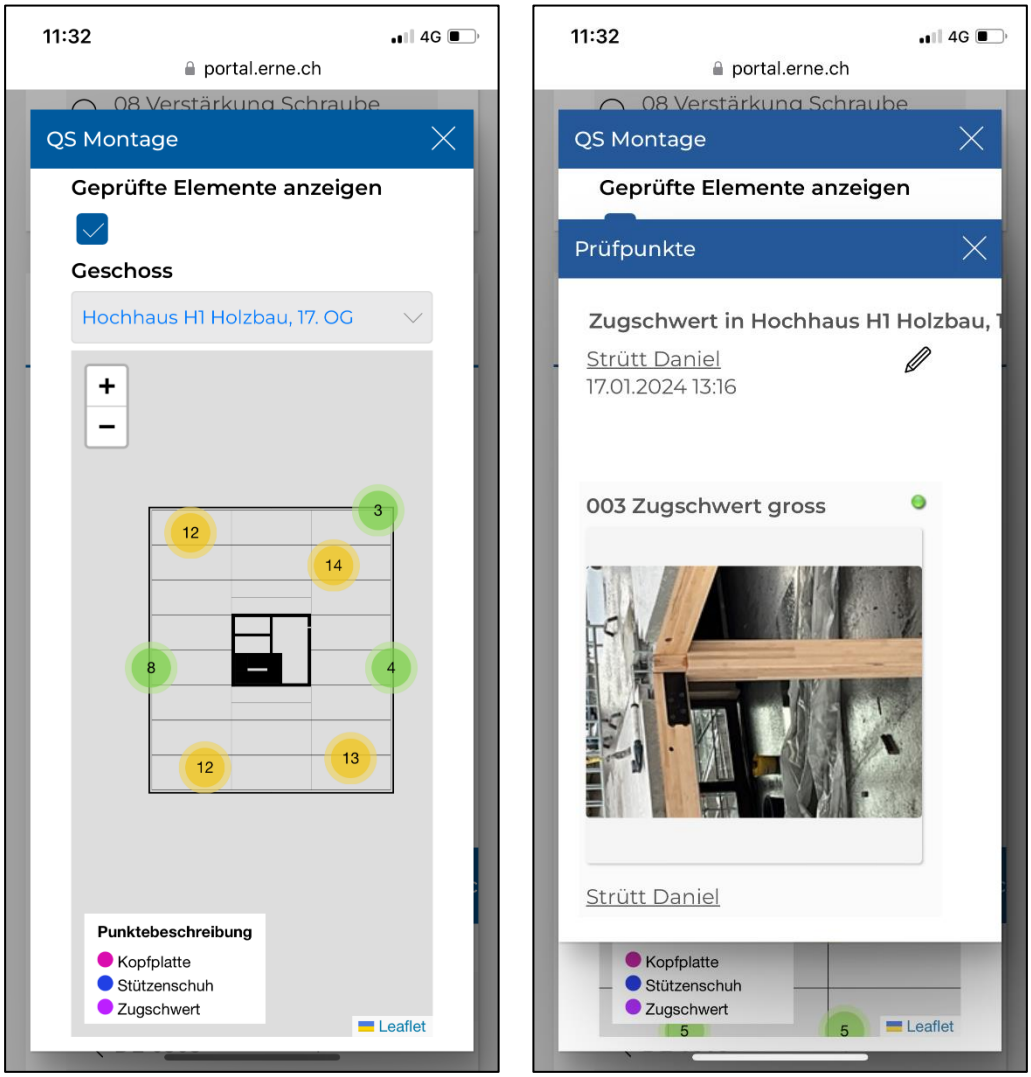


Bei der Produktion wurde bereits bei der Wareneingangskontrolle mittels Sichtprüfungen die Stützen und Träger auf evtl. Schwindrisse oder Fehlstellen in der Verleimung geprüft und dokumentiert. Fehlerhafte Bauteile wurden aussortiert.

Klimalogger beim Lieferanten ermöglichten eine laufende Überwachung der Umgebungsvariablen:



Die Montage wurde neben dem Entwässerungskonzept zusätzlich durch einen Prüfplan ergänzt, welcher alle wesentlichen und gemeinsam definierten Punkte beinhaltet. Diese wurden in einer App abgebildet, so dass die Montagearbeiter diese bequem und jederzeit abrufen, prüfen und dokumentieren konnten.



Klimalogger auf jedem Geschoss zur Sicherstellung der Raumluft während des Ausbaues der Geschosse (nachfolgende Gewerke):

Klimalogger CM-1-1536	03.OG	20.06	68.02	06.06.2024 08:10	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	swisscom	
Klimalogger CM-1-1612	04. OG	23.21	48.32	05.06.2024 08:40	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1572	05.OG	22.86	51.73	04.06.2024 08:24	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1583	06. OG	21.30	63.83	06.06.2024 08:16	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1578	07. OG	25.43	56.51	31.05.2024 14:06	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1579	08. OG	24.41	50.71	05.06.2024 18:16	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1632	09. OG	23.34	56.82	06.06.2024 08:19	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1570	10.OG	22.58	59.55	06.06.2024 08:14	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1537	11. OG	20.93	78.67	06.06.2024 08:05	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1539	12. OG	20.75	85.82	06.06.2024 08:04	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1541	13. OG	20.58	70.37	06.06.2024 07:00	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1568	14. OG	20.19	70.91	06.06.2024 08:05	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1580	15. OG	20.28	72.43	06.06.2024 08:04	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1565	16. OG	20.00	71.82	06.06.2024 07:37	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1573	17. OG	19.93	71.60	06.06.2024 08:07	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1491	18. OG	19.76	73.63	06.06.2024 07:29	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	swisscom	
Klimalogger CM-1-1615	19. OG	19.54	71.78	06.06.2024 08:13	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1493	20. OG	19.63	72.06	06.06.2024 07:21	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	swisscom	
Klimalogger CM-1-1614	21. OG	19.68	69.82	06.06.2024 08:07	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1613	22. OG	20.01	68.25	06.06.2024 08:06	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	
Klimalogger CM-1-1616	23. OG	20.53	64.14	06.06.2024 08:05	410.2461.10	Regensdorf - Hochhaus ZWHATT H1	ttn v3	

Was ebenfalls wichtig ist, ist die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes, welches von allen Seiten akzeptiert wird. Dieses definiert zum einen wann eine Sanierung notwendig wird und wie eine solche Sanierung ausgeführt werden kann.

Beispiel:

Sollten wider Erwarten Schäden an den verbauten Bauteilen in Stabbuche auftreten, kommen als Notmaßnahme folgende Sanierungsvarianten (in Abhängigkeit vom Schadenausmass und der Lage des Bauteils) in Frage:

- Keine Gefährdung des Tragwiederstandes / Zulässiger Zustand nach den gültigen SIA Normen: Das geschädigte Bauteil stellt kein Mangel dar, keine Maßnahmen notwendig.
- Variante 1: Gefährdung des Tragwerkes / Unzulässiger Zustand nach den gültigen SIA Normen; Leichte Schäden / gute Zugänglichkeit: Das geschädigte Bauteil wird falls notwendig abgespriest (Notspriessung) und freigelegt. Die aufgetretenen Risse / Delaminierungen werden aufgeschnitten und anschließend ausgeharzt.
- Variante 2: Gefährdung des Tragwerkes / Unzulässiger Zustand nach den gültigen SIA Normen; schwere Schäden / schlechte Zugänglichkeit: Das geschädigte Bauteil wird falls notwendig abgespriest (Notspriessung) und freigelegt. Die aufgetretenen Risse / Delaminierungen werden aufgeschnitten und anschließend ausgeharzt. Zusätzlich wird das Bauteil mittels eingeleimten Gewindestangen ertüchtigt.

2.4. Erfolge und Erkenntnisse

Durch den gemeinsam erarbeiteten Qualitätsprozess über das Material, die Montage sowie die Herstellung der einzelnen Elemente konnten eine hohe Sicherheit für die Stützen und Träger in Baubuche erzielt werden. Durch das Zusammenspiel Bauherr, BFH, Neue Holzbau Lungern sowie den Lieferanten Fagus Suisse und Balteschwiler konnte ein einheitliches Qualitätsdenken geschaffen werden.
Bei einem Holzhochhaus in dieser Dimension, 21 Geschosse in vorgefertigter Holzhybridbauweise in Möbelqualität, ist es essenziell, dass man sich vorab bereits einige Gedanken zum verwendeten Material macht, evtl. Risiken daraus dokumentiert und mit der Bauherrschaft abspricht.
Ein Gebäude mit einer Montageleistung von 6 Tagen pro Geschoss ist ohne LEAN in der Produktion und auf der Baustelle nicht möglich. Ein Baustopp durch Regen oder Schnee ist nicht möglich, daher muss auch hier vorab ein geeignetes Entwässerungskonzept der einzelnen Montageabschnitte erstellt und dokumentiert werden.
Der Ausbau der einzelnen Geschosse startet kurz nach der Hauptmontage des Holzbaues, was wiederum Risiken mit sich bringt. Auch diese müssen berücksichtigt und diskutiert werden.

Nur durch das gemeinsame Verständnis für ein solches Projekt, gemeinsam getragene Entscheidungen konnte hier ein eindrucksvolles Gebäude mit einer sehr hohen Qualität erstellt und schlussendlich an den Bauherrn übergeben werden.

An dieser Stelle ein grosses Dankeschön an alle Beteiligten an diesem Projekt.

Systemische Holz-Schulbauten: hochwertige Lernräume, die begeistern

Prof. Nicole Kerstin Berganski
AIC | Architecture & Innovative Construction
TU Berlin, Deutschland



Systemische Holz-Schulbauten: hochwertige Lernräume, die begeistern

1. Wie alles begann

Am Anfang, im Jahr 2014, stand eine gestalterisch wenig anspruchsvolle Aufgabe: Der Bedarf an zusätzlichem Raum für die Europäische Schule in Frankfurt sollte mit einer Stahlcontainerschule als temporärer Erweiterungsbau gedeckt werden.
Doch das Ergebnis überraschte alle: Anstelle der erwarteten Containerarchitektur entstand ein Schulgebäude aus Holz, das Offenheit und Transparenz ausstrahlt und die Nutzung nicht verbirgt, sondern einlädt.

Das neue Gebäude ist hell, leicht und luftig, und weicht völlig von den üblichen, oft als provisorisch empfundenen Containerbauten ab. Es wurde ein innovatives Konzept aus vorgefertigten Holz-Raummodulen entwickelt – der erste öffentliche Bildungsbau in Deutschland dieser Art, der den Einsatz von Holz in einer nachhaltigen und systemischen Bauweise demonstriert.



Abbildung 1: Unterrichtsraum | Fotograf: RADON photography / Norman Radon

Die Module sind entlang eines großzügigen, verspringenden Flures angeordnet, der komplett verglast ist und den Flächen eine angenehme Weite und Transparenz verleiht. Insgesamt besteht das Gebäude aus 98 vorgefertigten Raummodulen, die in Österreich produziert und nach Frankfurt transportiert wurden.
Die Unterrichtsräume bestehen jeweils aus drei Modulen von 3 x 9 Metern, die miteinander kombiniert werden. Zwei der drei Module in jedem Raum haben Seitenwände aus Brettsperrholz und einen tragenden Unterzug, während das mittlere Modul – offen an beiden Seiten – mit zwei langen, durchgehenden Unterzügen aus Furnierschichtholz ausgestattet ist, die es ermöglichen, die neun Meter Spannweite zu überbrücken. Die Flure und Nebenräume sind ebenfalls modular aufgebaut und in einigen Bereichen doppelt so breit, sodass sie auch als Spiel- und Bewegungsflächen genutzt werden können – besonders für die jüngeren Kinder im Vorschulalter.

Der Aufbau der Holzmodule erfolgte auf einer Bodenplatte. Die Verbindung der Module ist so konstruiert, dass sie gelöst und an einem anderen Ort wiederaufgebaut werden können. Ein flexibles System, das im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung neue Maßstäbe setzt.

Dank dieser innovativen Holzbauweise konnte die Erweiterung der Europäischen Schule in nur 16 Monaten – von der Auftragserteilung bis zur Fertigstellung – realisiert werden. Das Gebäude wird von den Schüler:innen und Lehrer:innen, die aus verschiedenen europäischen Ländern stammen, sehr wertgeschätzt. Die Idee, eine nachhaltige und gleichzeitig ästhetische Lösung im Holzbau zu finden, konnte realisiert werden.

2. Realisierte Projekte

In Folge wurde eine Vielzahl an gestalterisch und atmosphärisch sehr unterschiedlichen Bildungsbauten aus Holz entwickelt, indem die vielfältigen Möglichkeiten des Baustoffs auf kreative und gestalterisch innovative Weise genutzt wurden. Die Entwürfe verbinden nachhaltiges Bauen mit Funktionalität und hoher ästhetischer Qualität, wobei Holz als Baumaterial von zentraler Bedeutung ist. Die realisierten Bildungsbauten zeichnen sich durch eine systemische Bauweise, Flexibilität und eine warme, einladende Atmosphäre aus. Die Projekte setzen Maßstäbe für zukunftsweisende Lernräume, die ökologische und pädagogische Anforderungen gleichermaßen erfüllen.

Projektliste (als Auszug):

2015 Erweiterung der Europäischen Schule, Frankfurt

2017 Integrierte Gesamtschule Kalbach-Riedberg, Frankfurt

2019 Integrierte Sekundarschule inkl. Schulsporthalle, Berlin Mahlsdorf

2019 Grundschule inkl. Sporthalle, Konrad-Wolf-Straße, Berlin Lichtenberg

2020 Grundschule inkl. Sporthalle, Sewanstraße, Berlin Lichtenberg

2020 Kindergarten, Saarbrücken Folsterhöhe

seit 2020 Modulare Schulergänzungsbauten HOMEB, Berlin

seit 2021 Holz-Compartment Schulen HOCOMP, Berlin



Abbildungen 2-7: Fotos nicht in chronologischer Reihenfolge | Fotograf: Thomas Mayer

3. Baustoff Holz

3.1. Materialität und Nachhaltigkeit

Holz steht im Zentrum der Projekte und wird aufgrund seiner ökologischen, ästhetischen und technischen Eigenschaften bewusst eingesetzt. Das Material ist nicht nur CO_2-speichernd und damit nachhaltig in der Anwendung, sondern trägt zu einem angenehmen Raumklima und einer natürlichen Ästhetik bei. Holz wirkt beruhigend und schafft eine Umgebung, die sich positiv auf das Lernumfeld auswirkt und das Wohlbefinden der Schüler:innen und Lehrer:innen unterstützt. Zudem sind Holz-Schulbauten aufgrund ihrer systemischen Struktur effizient zu errichten. Durch die Kombination von moderner Bautechnik mit präziser Vorfertigung entstehen ressourcenschonende Bauten, die sich durch Langlebigkeit auszeichnen.

3.2. Bauweise und Funktionalität

Ein herausragendes Merkmal der Holz-Schulbauten ist die modulare Bauweise, die es ermöglicht, Schulgebäude kosteneffizient und in kürzester Zeit zu errichten, ohne dabei auf architektonische Qualität zu verzichten.
Die Idee für die Bildungsbauten geht über die reine Bauweise hinaus und integriert gestalterische, ökologische und pädagogische Ziele. Holz als Baumaterial verkörpert den nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und vermittelt den Schüler:innen ein Bewusstsein für umweltfreundliches Bauen. Gleichzeitig sind die Gebäude so konzipiert, dass sie moderne Lernmethoden unterstützen. Offene Raumstrukturen fördern kollaboratives Lernen und eine kreative Entfaltung.

3.3. Raumkonzept und Atmosphäre

Es wird großen Wert auf die Gestaltung hochwertiger Lernräume gelegt. Die Schulbauten sind lichtdurchflutet und bieten vielseitige Nutzungsmöglichkeiten. Bei der Planung wird eine optimale Tageslichtnutzung und Luftzirkulation berücksichtigt, was das Wohlbefinden und die Konzentrationsfähigkeit der Nutzer:innen verbessert.
Die warme Ausstrahlung des Holzes schafft eine angenehme Lernatmosphäre, die sowohl für Schüler:innen als auch für die Lehrkräfte inspirierend wirkt. Große Fensterflächen sorgen für eine enge Verbindung zur Außenwelt und fördern das Gefühl von Offenheit. Der Einsatz heller, natürlicher Materialien und die durchdachte Gestaltung der Innenräume tragen zu einem gesunden, motivierenden Lernumfeld bei.

4. Fazit

Mit den Holz-Schulbauten werden Maßstäbe für eine nachhaltige Bildungsarchitektur gesetzt. Durch die Kombination von systemischer Bauweise, überzeugend geplanter Raumzusammenhänge und einer ästhetisch und haptisch ansprechenden Materialwahl entstehen Gebäude, die sowohl den aktuellen Anforderungen an nachhaltiges Bauen als auch den Bedürfnissen moderner pädagogischer Konzepte gerecht werden. Die Schulen haben eine einladende und inspirierende Atmosphäre, die das Lernen fördert.

Holz als nachwachsender Rohstoff ist nicht nur CO_2-speichernd, sondern trägt auch zu einem gesunden Raumklima bei. Darüber hinaus ermöglicht die Vorfertigung eine ressourcenschonende und präzise Bauweise, die die Bauzeiten und damit die Lärmbelastung auf der Baustelle verkürzt.

Die Projekte zeigen, dass nachhaltige Architektur nicht nur ökologisch, sondern auch ästhetisch und funktional überzeugen und zur Schaffung hochwertiger, zukunftsorientierter Lernumgebungen beitragen kann.

Brandschutz im (Holz-) Modulbau – wie wird Planungssicherheit erreicht?

Dirk Kruse
Hochschule für nachhaltige Entwicklung,
Eberswalde, Deutschland
Dehne Kruse Brandschutzingenieure,
Braunschweig, Deutschland



Björn Kampmeier
Hochschule Magdeburg-Stendal
Magdeburg, Deutschland



Brandschutz im (Holz-) Modulbau – wie wird Planungssicherheit erreicht?

1. Einleitung

«Bereits Mark Twain hat festgestellt: «Prognosen sind schwierig, vor allem, wenn sie die Zukunft betreffen». Dies gilt gleichermaßen für Prognosen zur zukünftigen Entwicklung der Bauindustrie. Wesentliche Grundtrends dürften allerdings unstrittig sein. Zunächst ist von einem weiterhin steigenden Bedarf an Wohnraum auszugehen. Vor dem Hintergrund des kaum gezügelten Ressourcenverbrauchs sowie der Klima- und Kostendiskussion muss das Bauen zudem «grüner, digitaler und vernetzter» werden.
Derzeit ist nicht erkennbar, dass die Nachfrage nach Wohnraum abnehmen wird. Der demografische Wandel wird weiterhin durch Zuwanderung (und vermutlich auch durch eine steigende Lebenserwartung) mehr als ausgeglichen. Lag die Bevölkerungszahl in Deutschland in 2020 noch bei ca. 83,2 Millionen Menschen zeigen die aktuellsten Zahlen des statischen Bundesamtes vom 31. März 2023 einen Zuwachs um ca. 1,2 Millionen auf mittlerweile 84,4 Millionen Menschen.» [1]

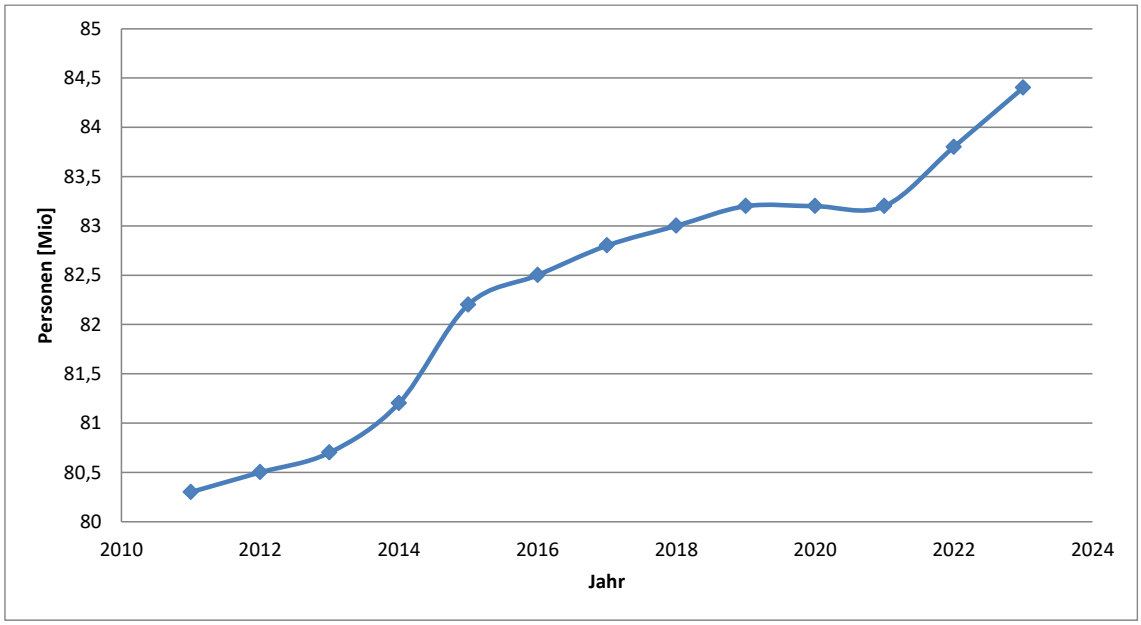


Abbildung 1: Entwicklung der Bevölkerung in Deutschland seit 2011 auf Grundlage der Datenlage des Statischen Bundesamtes [1]

Mit dem Bevölkerungswachstum einhergehend ist seit Jahren eine zunehmende Verknappung von Wohnraum zu beobachten. Zum Nachweis reicht ein Blick in die einschlägigen Portale zur Vermittlung von Wohnraum. Der Weg zur Problemlösung wird im Allgemeinen in der Schaffung zusätzlichen Wohnraums gesehen. Zur Deckung der Nachfrage ist die Willensbekundung allerdings nicht reichend. Neben anderen Thematiken sind vorrangig schnelle Bauprozesse notwendig. Hier können die Holzbauweise im Allgemeinen und die Holz-Modulbauweise im Besonderen aufgrund der Vorfertigung und des damit verbundenen Wetter unabhängigen Bauens einen signifikanten Beitrag leisten. Obwohl die Vorfertigung nicht nur aufgrund der Schnelligkeit sondern auch aufgrund der prinzipiell möglichen höheren Ausführungsqualität erhebliche Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen aufweist, stellt das deutsche System der Nachweisführung die Bauweise vor gewisse Probleme.

2. Bauprodukt vs. Bauart

Die Rahmenbedingungen zur Nachweisführung sind in den §§ 16-20 der Musterbauordnung geregelt. Demnach gelten zunächst folgende Begriffsdefinitionen:

«Bauprodukte sind Produkte, Baustoffe, Bauteile und Anlagen sowie Bausätze gemäß Art. 2 Nr. 2 der EU-BauPVO, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden und deren Verwendung sich auf die Anforderungen an bauliche Anlagen auswirken kann.» [2]
Art. 2 Nr. 2 der EU-BauPVO einen Bausatz als «ein Bauprodukt, das von einem einzigen Hersteller als Satz von mindestens zwei getrennten Kom-ponenten, die zusammengefügt werden müssen, um ins Bauwerk eingefügt zu werden, in Verkehr gebracht wird» [2]

Die «Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen.»

Die prinzipielle Nachweisführung ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

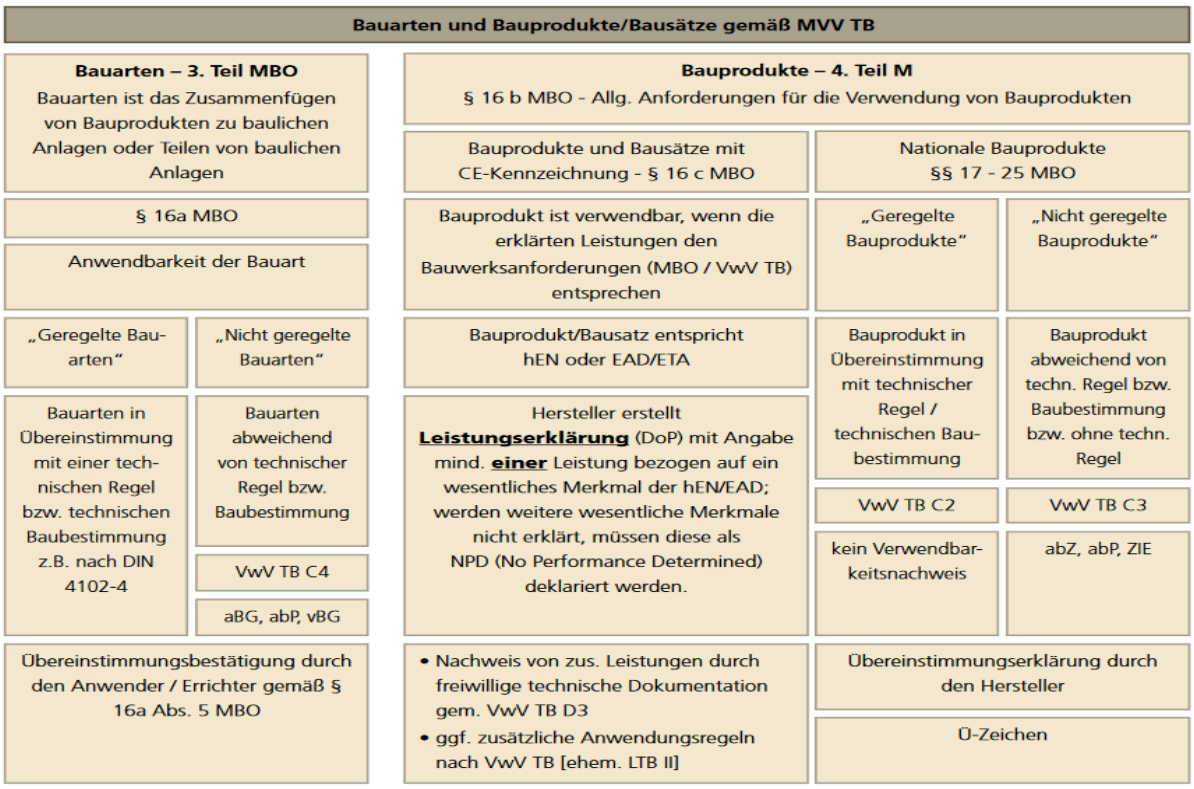


Abbildung 2: Nachweisführung gem. Musterbauordnung in Verbindung mit der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (Abbildung: Holzbau Deutschland-Institut e.V.) [3]

Das zentrale Dokument zum Nachweis der Bauart ist die Musterholzbaurichtlinie (M-HolzBauRL) 2024 [3]. Diese ist derzeit in der überwiegenden Anzahl der Bundesländer noch nicht eingeführt. Es ist aber mit einer kurzfristigen Einführung (ggf. auch über Erlasse nach dem Beispiel von Nordrhein-Westfalen) zu rechnen. Die M-HolzBauRL 2024 regelt erstmalig auch die Bauart bedingten, unvermeidlichen Hohlräume zwischen den einzelnen Raummodulen. Damit ist prinzipiell eine in sich geschlossene Nachweisführung auf Grundlage von technischen Baubestimmungen auch im Holz-Modulbau möglich.

Zu beachten ist allerdings, dass aufgrund der derzeitigen Rechtsauffassung in Deutschland ein Bauprodukt keinen Feuerwiderstand haben kann. Da das Holzmodul in der Werkhalle vorgefertigt wird, besteht weiterhin die Auffassung, dass ein Holzmodul ein Bauprodukt ist. Grundlage für diese Auffassung ist, dass alles was ein Werk verlässt, ein Bauprodukt ist. Bei allem was auf der Baustelle gefügt bzw. errichtet wird, handelt es sich hingegen um eine Bauart. Diese (vereinfachende) Unterscheidung ist nicht gänzlich unberechtigt. Für die Vorfertigung aber nur begrenzt anwendbar. Zunächst ist festzustellen, dass es rein technisch keinen Unterschied macht, wo eine Bauart entsteht. Im Gegenteil ist unter den

Bedingungen einer (industriellen) Vorfertigung eine deutlich höhere Qualität zu erwarten, als unter den Bedingungen einer (handwerklichen) Baustellenfertigung. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass eine Herstellung eines ganzen Gebäudes im Werk nur aus Gründen der beschränkten Transportmöglichkeiten in der Praxis nicht umgesetzt werden kann.

Nach Beurteilung des Unterzeichners kann das Problem umgangen werden, wenn der Hersteller/ Produzent des Holzmoduls in Personalunion auch der Errichter des Gebäudes auf der Baustelle ist. Die Systematik ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

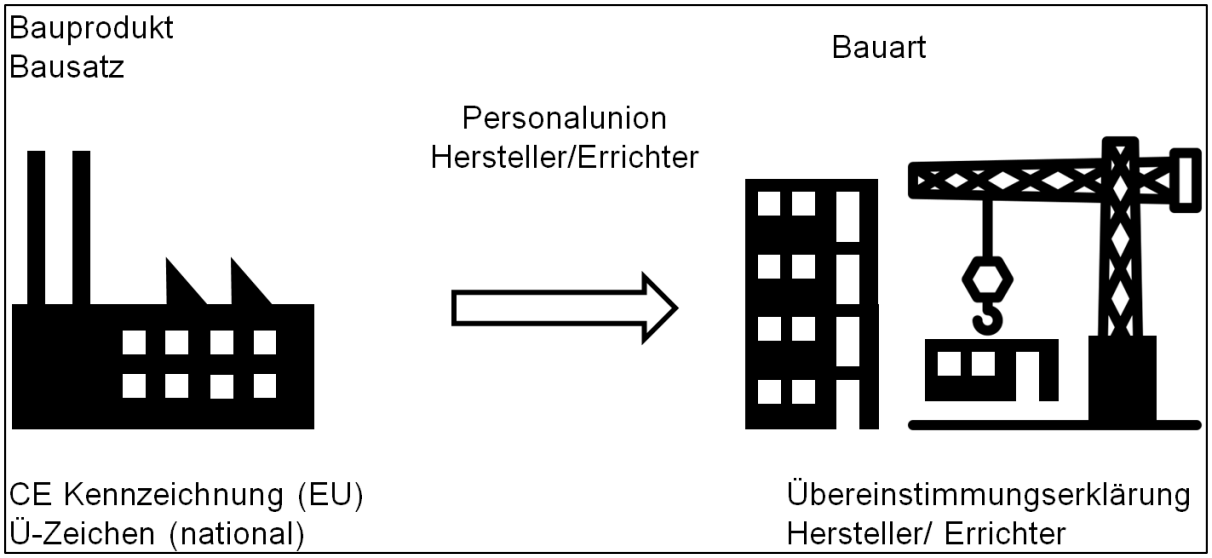


Abbildung 3: Nachweisführung Holzmodulbauweise

Wenn dies nicht möglich ist, ist eine Kombizulassung Bauprodukt (aBZ)/Bauart (aBG/vBG) erforderlich. Abzuwarten bleibt, ob über den europäischen Weg hier kurzfristig eine gangbare Lösung zur Verfügung gestellt werden kann.

3. Pflegeheim in Holz-Modulbauweise

In Vöhringen, Bayern entsteht derzeit ein viergeschossiges Wohn- und Pflegeheim für Menschen mit geistigen und körperlichen Beeinträchtigungen in einer Mischkonstruktion aus Holzmodul- und konventioneller, mineralischer Bauweise. Das Gebäude ist für eine Nutzung mit bis zu 158 Pflegeplätze ausgelegt. Weiterhin sind eine Büro- und Verwaltungseinheit sowie im Erdgeschoss ein Cafe vorgesehen. Die geplanten Allgemeinflächen des Gebäudes sollen auch durch Vereine als Themenräume genutzt werden können, um ein Maximum an Integration und Teilhabe zu gewährleisten.

Aus Sicht des Brandschutzes liegt damit eine Nutzung mit einem erhöhten Risiko aufgrund der eingeschränkten o. teilweise nicht vorhandenen Selbstrettungsfähigkeit der Nutzer vor.

Das Gebäude gliedert sich in vier Baukörper und weist eine baurechtliche Höhe von 10,4 m auf. Damit ist das Gebäudes als eine Gebäude der Gebäudeklasse 5 zu behandeln (Größe der Nutzeinheit > 400 m²).
Das Brandschutzkonzept legt den Schwerpunkt auf die Evakuierung mittels horizontaler Verschiebung der Bewohner in sichere Bereiche. Die Erschließungsflächen des Gebäudes werden daher konventionell in feuerbeständiger Stahlbetonbauweise errichtet. Hierunter fallen die notwendigen Treppenräume, die notwendigen Flure sowie der zentrale Verteilungsbaukörper, der gleichzeitig der sicheren Aufnahme der Nutzer im Brandfall dient. Die prinzipielle Struktur des Gebäudes ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Die roten Flächen werden in Holzmodulbauweise, die grauen Flächen in Stahlbetonbauweise hergestellt.

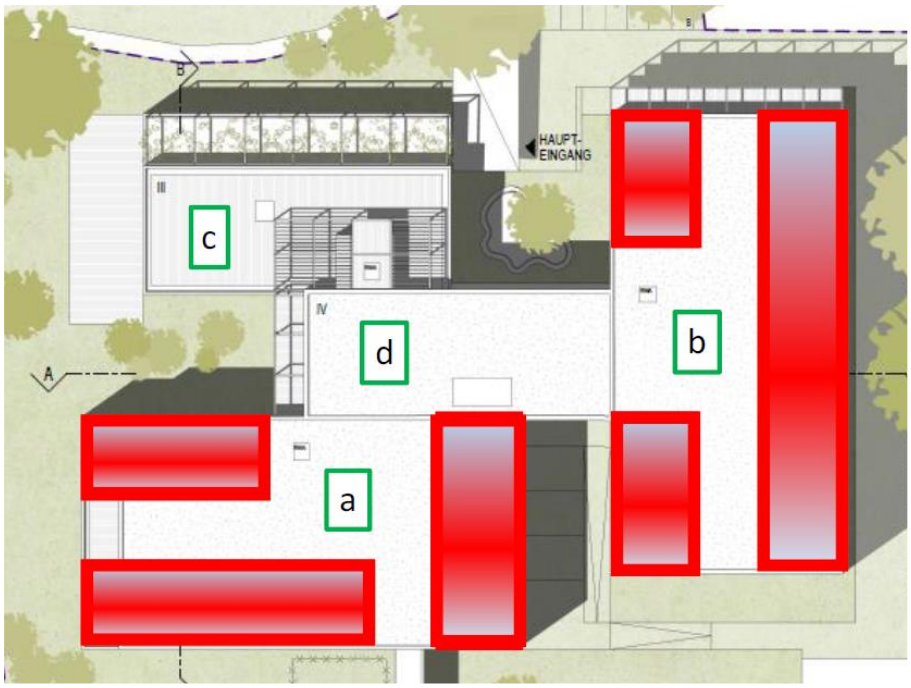


Abbildung 4: Prinzipielle Gliederung des Gebäudes in vier Baukörper
(rot- Holzmodulbauweise, grau- Stahlbeton)



Abbildung 5: Errichtung der Holzmodule in Verbindung mit konventioneller Stahlbetonbauweise

Für die Abschnitte Holzmodulbauweise wurde eine Abweichung auf eine abweichend hochfeuerhemmende Bauweise beantragt und genehmigt. Die innere Struktur des Gebäudes wird in Teilnutzungseinheiten < 400 m² aufgeteilt. Teilnutzungseinheiten sind dabei so geplant worden, dass prinzipiell immer zwei Fluchtrichtungen zur Verfügung stehen. Die Evakuierung kann daher unabhängig vom Ort des Brandausbruches immer vom Brand entfernend erfolgen.

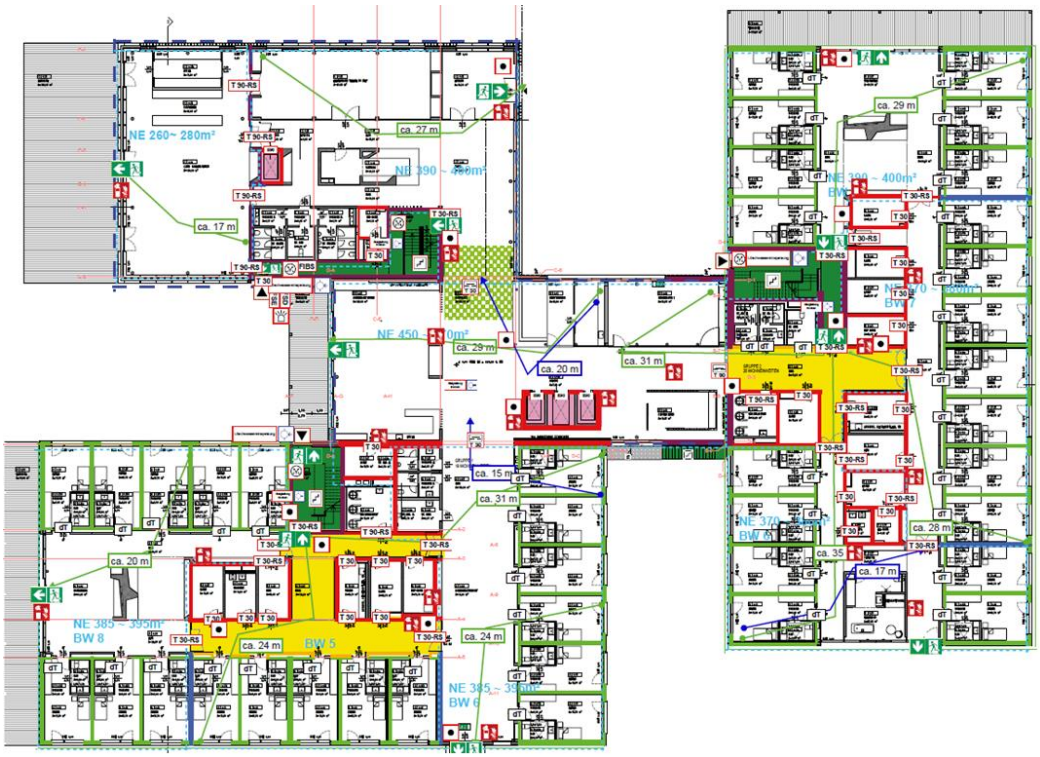


Abbildung 6: Aufteilung des Gebäudes in Teilnutzungseinheiten zur Verkürzung von Rettungswegen

In Verbindung mit der Brandmeldeanlage und einem angepassten Personalschlüssel kann daher eine schnelle Evakuierung und Verbringung der Nutzer in sichere Bereiche erfolgen.

4. Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag zeigt die Möglichkeiten einer Nachweisführung für die Bauart Holzmodulbauweise auf. An einem Praxisbeispiel wird gezeigt, wie die Holzmodulbauweise auch bei Bauten des Gesundsheitswesens in Verbindung mit einem auf das Risiko der Nutzung angepassten Brandschutzkonzept eingesetzt werden kann.

5. Literaturverzeichnis

[1] Kruse, D.: Geeignete Brandschutzlösungen für Aufstockungen und Nachverdichtungen. Tagungsband, Braunschweiger Brandschutztage 2023

[2] Musterbauordnung (MBO) der Bauministerkonferenz. Fassung November 2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 23./.24.11.2023.

[3] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwand-bekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL). Fassung September 2024

[4] Deutsches Institut für Bautechnik (2023) MVVTB Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) – Ausgabe 2023/1.

Rahmenbedingungen für ein wirtschaftliches Bauen mit Raummodulen in höchster Qualität

Urs Ickler
Timber Homes GmbH & Co. KG
Dorfen, Deutschland



Rahmenbedingungen für ein wirtschaftliches Bauen mit Raummodulen in höchster Qualität

1. Einführung

Das «serielle, modulare und systemische Bauen» bietet als innovative Bauweise zahlreiche Potenziale für den Wohnungsbau und andere Bauaufgaben.
Es kann wesentliche Beiträge zum einfacheren, kostengünstigeren und schnelleren Bauen leisten, wenn es auch entsprechende Rahmenbedingungen dafür gibt.

1.1. Entscheidungshilfe

Möglichst früh in der Projektphase sollten verschiedene Bauweisen (bzgl. Materialien, Konstruktionen, Vorfertigungsgrad, 2D und 3D …) analysiert und Kostenvergleiche durchgeführt werden.
So können unsere Raummodule sehr gut mit den 2D-Elementen unserer Mutterfirma Huber & Sohn kombiniert werden.

1.2. Wahl des Bausystems

Bei der Wahl des Bausystems für Boden, Decke und Wand sind u.a. folgende Kriterien entscheidend:
- Statik
- Aussteifung
- Gründung
- Brandschutz
- Bauphysikalische Anforderungen
- Anforderung an die Oberfläche
- Raumhöhe (ab einer Modulhöhe von ca. 3,2 m Sondertransport)
- …

1.3. Verschiedene Modultypen

Das modulare Bauen hat einige Besonderheiten, die berücksichtigt werden sollten, da beispielsweise Modulbreiten bis 2,99 m, bis 3,49 m oder breiter jeweils den Einsatz von Begleitfahrzeugen oder Polizeifahrzeugen notwendig machen. Serielles Bauen ermöglicht eine Optimierung der Logistik hinsichtlich der Transportkosten mittels Wahl geeigneter Modullängen und -gewichte und trägt somit zur deutlichen Verringerung des Verkehrs auf der Baustelle bei.



Abbildung 1: Verschiedene Modulgrößen Modultransport Modulmontage vor Ort

Timber Homes bietet Holzraummodule für Wohn-, Gewerbe- und kommunale Gebäude an.

Wohnen:



Abbildung 2: Beispiel 1-Zimmer Apartment

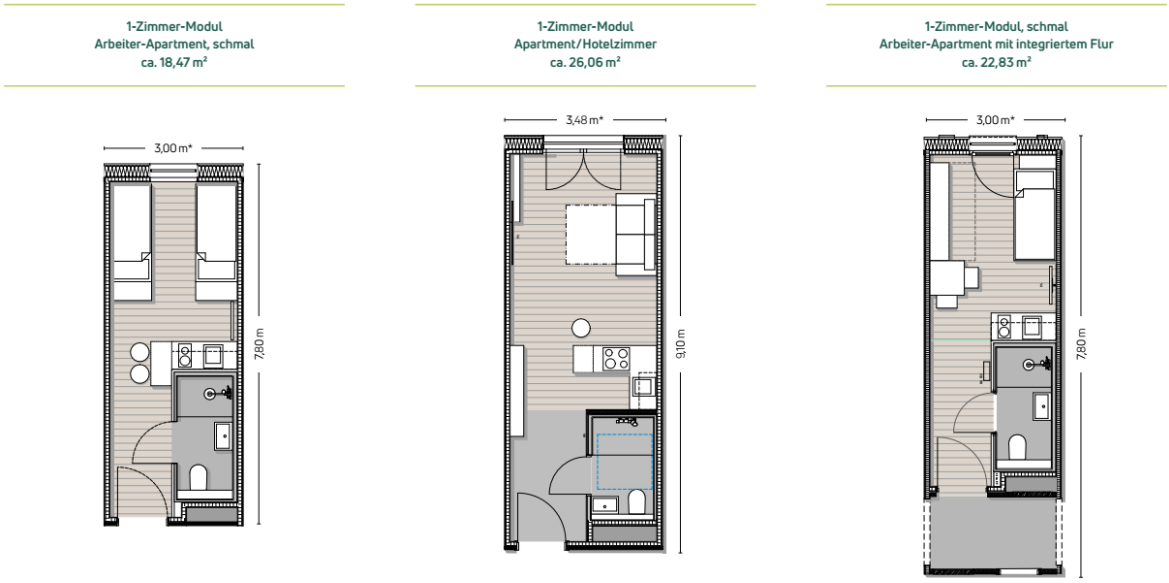


Abbildung 3: Grundrissvarianten 1-Zimmer Apartments

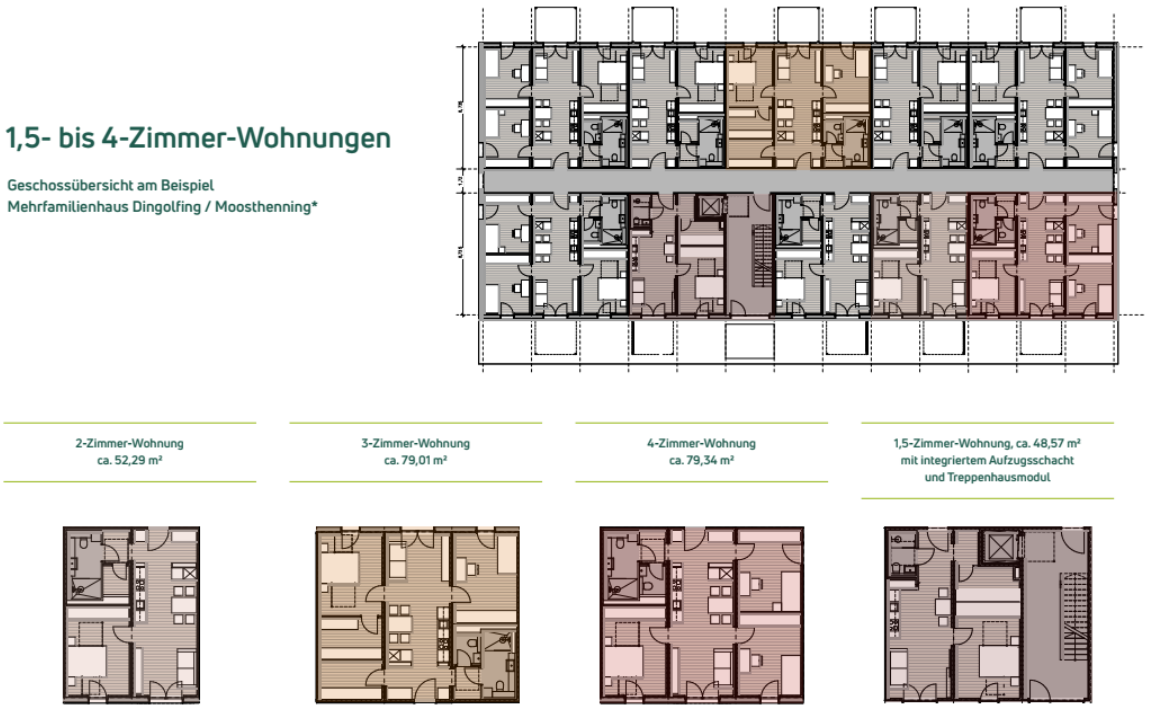


Abbildung 4: Grundrissvarianten 1,5 bis 4-Zimmer-Wohnungen

Gewerbe:
Flexibilität in der Ausführung ist bei Bürogebäuden oder Bildungseinrichtungen oft wichtig. Manchmal muss aufgestockt oder erweitert werden. Die Gewerbemodule für Gebäude sind für eine dauerhafte Nutzung geeignet, können aber auch temporär genutzt und beliebig kombiniert werden. Auch spätere Erweiterungen oder Ergänzungen lassen sich durch eine einfache vertikale Verbindung realisieren. Durch die maximale Planungsfreiheit bei unseren Gewerbemodulen können diese später anderweitig genutzt werden. Bei Bedarf ist es möglich, die Holzraummodule zu demontieren und auf dem Zweitmarkt zu verkaufen.

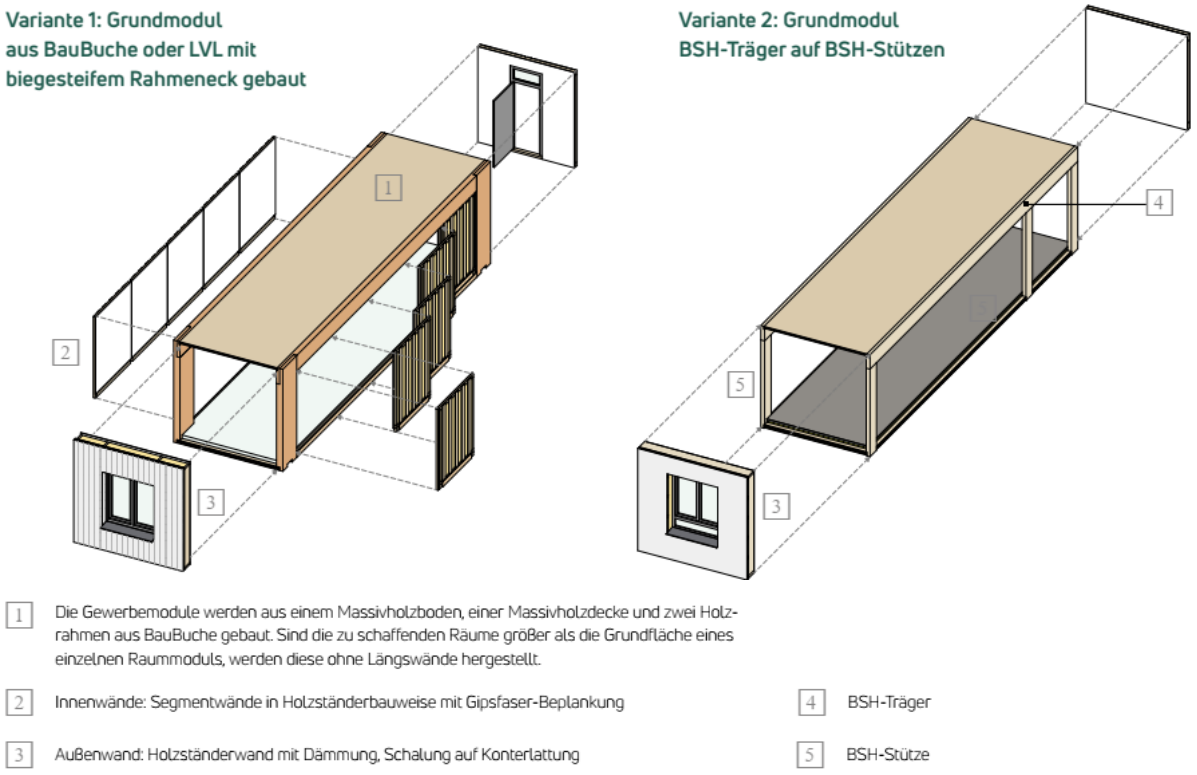


Abbildung 5: Varianten der Gewerbemodule

2. Rahmenbedingungen

Um die Potenziale des modularen Bauens voll auszuschöpfen, bedarf es einer entsprechenden politischen Unterstützung und begünstigende Rahmenbedingungen.

2.1. Vergabe- und Ausschreibungsprozesse

Die serielle Holzbauweise erfordert frühzeitig detaillierte Planung. Übliche Vergabe- und Ausschreibungsprozesse verzögern jedoch den Vertragsabschluss oft bis in späte Planungsphasen. Dies führt zu Spannungen, da Bauherren und Architekten zwar baubare Lösungen suchen, gleichzeitig, aber flexibel bei der Herstellerwahl bleiben möchten. Werden Hersteller frühzeitig einbezogen, passt sich die Planung oft so spezifisch an ein bestimmtes System an, dass alternative Systeme kaum umsetzbar sind.
Anstatt zu detailliert einzelne Gewerke bzw. Konstruktionen zu beschreiben, wären funktionale Ausschreibungen als Komplettpaket sinnvoll.

2.2. Verkürzung der Baugenehmigungszeit

Entlastung der Behörden und Planer durch Genehmigungen im Freistellungsverfahren, wenn bei der Erstellung von Bebauungsplänen die Festsetzungen der angedachten seriellen Wohnanlage schon entsprechen.

2.3. Wohnungsschlüssel

Beim geförderten Wohnungsbau wäre es sehr hilfreich, den Wohnungsschlüssel mit exakten Quadratmeterzahlen etwas flexibler zu gestalten.
Mit «von-bis-Werten» wäre es für Modulbauer leichter, die geforderten Quadratmeterzahlen einhalten zu können.

2.4. Fremdüberwachung

Im 2D-Holzbau gibt es eine Eigenüberwachung und eine entsprechende Fremdüberwachung. Für den Modulbau gibt es keine geregelte Fremdüberwachung, weil die entsprechenden Themen in den aktuellen Normenwerken noch nicht abgebildet sind und es keine Struktur dafür gibt. Hier sollten entsprechende Regelungen angestrebt werden, um den Bauherren und den Unternehmen einen gesicherten Rahmen zu gewährleisten.

2.5. CO_2-Senke und graue Energie

Für den Holz-Modulbau wäre es von großer Wichtigkeit, dass der Beitrag des nachwachsenden Rohstoffes Holz als CO_2-Senke berücksichtigt wird. Nachhaltigkeit ist ein Thema, auf das sich die Politik gerne beruft. Bei der Umsetzung von Bauaufgaben wird das Thema Nachhaltigkeit einschließlich grauer Energie oftmals nicht berücksichtigt – im Vordergrund stehen meist die Baukosten, ohne Berücksichtigung etwaiger Folgekosten, Betriebskosten und gesellschaftlicher Kosten.
Hier ist es Aufgabe der Politik entsprechende Rahmenbedingungen zu setzen.

3. Wirtschaftliches Bauen

Eine frühzeitige Abstimmung der Planung mit den Projektbeteiligten ist eine der wesentlichen Grundlagen für ein wirtschaftliches Bauen mit Raummodulen.
Weitere Kriterien, die zu einem einfacheren, kostengünstigeren und schnelleren Bauen führen:

- Kostensicherheit und Terminsicherheit
- Einhaltung vertraglich festgelegter Termine durch automatisierte und getaktete Fertigung
- Modulmaße optimieren, um Transportkosten zu reduzieren
- Kostensenkung durch sogenannten Skaleneffekt in den einzelnen Prozessschritten
- Rahmenvereinbarungen mit Zulieferern und hohe Stückzahlen von gleichen Bauteilen sichern Verfügbarkeit und ermöglichen Kostenvorteile in der Beschaffung
- Bäder: Weiterentwicklung von 3D-Badmodulen auf 2D-Elemente
- Aufgrund von Fachkräftemangel (demografischer Wandel, Arbeitsbedingungen auf der Baustelle) muss der Vorfertigungsgrad weiter ansteigen
- Durch die Entwicklung der Beschäftigung am Bau werden sich die Lohnkosten des konventionellen Bauens, im Verhältnis zum industriellen Bau, in den kommenden Jahren verteuern.
- Schnellere Fertigstellung bedeutet frühere Nutzungsaufnahme
- Mängelbeseitigungskosten am Bau werden in der Regel weder von den ausführenden Nachunternehmern noch vom Bauherrn richtig kalkuliert.
- Geringere Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Serielles Bauen durch serielles Planen:
  Entlastung der Planer durch den seriellen Ansatz
  Wiederholungsfaktoren vereinfachen Planung von Brandschutz, Statik, Schall und Details
  Daraus folgt eine deutliche Reduzierung der Komplexität der Planung und der benötigten Kapazitäten von Planern und Fachplanern und somit auch des Honoraraufwandes.

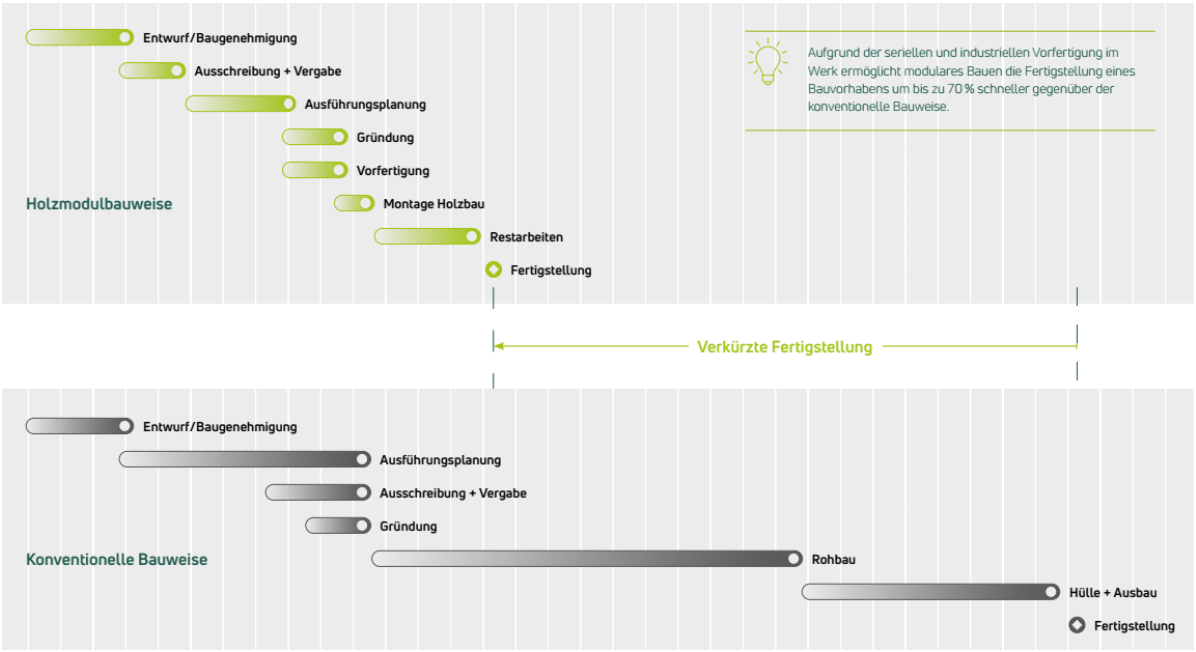


Abbildung 6: Effiziente Projektabläufe ermöglichen eine schnelle Realisierung

4. Raummodule in höchster Qualität

Technische Qualität:

- Hohe Produktqualität durch repetitive Vorfertigung und schlüsselfertigen Ausbau mit TGA bereits im Werk
- Vorgefertigte Baugruppen wie Badmodule, großformatige Fliesenwände und Badbodenelemente inkl. Abdichtung, Register … werden nach dem Plug and Play-Prinzip in die Module eingesetzt
- Exakte, maßgenaue Fertigung durch BIM-Planung und CNC-gesteuerte Vorfertigung
- Die Qualität des seriellen Modulbaus mit einer konsequenten Ergebnisoptimierung und Qualitätskontrolle in der Fertigung hat erhebliche Vorteile gegenüber dem konventionellen Bau
- Verschiedene Wohnungs- oder Gewerbeflächengrößen innerhalb der Geschosse möglich, ohne die Grundstruktur zu verändern



Abbildung 7: Komponenten-Lösung für den Fertigbadbereich mit integrierter Abdichtung, cut X GmbH, Dorfen

Qualität in Beratung und Support:
- Beratung und Unterstützung externer Planer und Architekten schon vor Planungsbeginn
- Effizienter Planungsprozess durch Datenaustausch mit allen Projektbeteiligten, gesteuert durch BIM-Koordinator
- Möglichkeit zur Bereitstellung von BIM-Daten zur späteren Nutzung durch den Bauherrn, z. B. als digitaler Zwilling im Facility Management

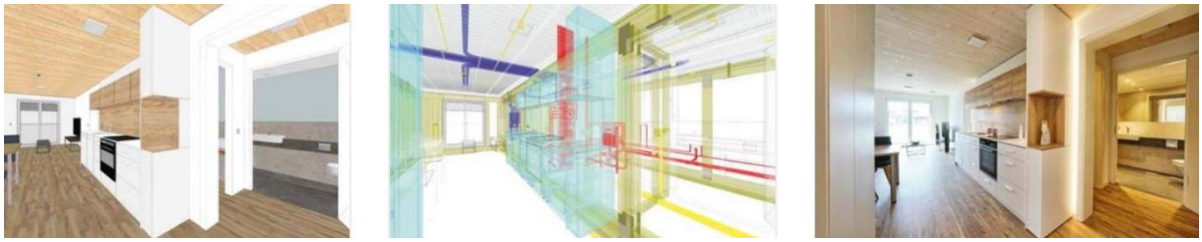


Abbildung 8: BIM-Planung

Ökologische Qualität / Nachhaltigkeit:
- Speicherung großer Mengen CO_2 durch den Einsatz von Holz als primären Baustoff
- Dauerhaft oder temporär: Immobilien, die in Holzbauweise errichtet wurden, können dauerhaft genutzt werden. Aber auch eine Demontage und Umsiedlung an einen neuen Standort ist möglich. Gebäude aus Holzraummodulen können zurückgebaut und bei Bedarf an anderer Stelle wieder aufgebaut werden
  die mobile Immobilie.
- Durch modularen Aufbau und Verwendung vorgefertigter Baugruppen ist am Ende des Lebenszyklus eine nahezu sortenreine Trennung und Rückführung in den Wertstoffkreislauf möglich

5. Projektbeispiele



Abbildung 9: Studentenwohnheim und Campus Studentenapartment Montessori Kindergarten in Dorfen



Abbildung 10: Wohnanlage 2-, 3- u. 4-Zimmerwohnungen in Straubing Personalwohnungen BMW Ammerwald

5.1. Personalwohnungen BMW, Ammerwald/Tirol

Im Zuge des anhaltenden Fachkräftemangels werden bezahlbare Personalwohnungen immer wichtiger. Unternehmen wie BMW, die verstärkt Wohnraum zur Mitarbeiterbindung bereitstellen, verschaffen sich dadurch einen klaren Wettbewerbsvorteil. Für das von BMW seit Jahrzehnten betriebene Hotel in Ammerwald/Tirol wurden 36 moderne Wohneinheiten im neuen Personalhaus geschaffen. Diese sind mit hochwertigen Badmodulen, eigener Kochnische, passendem Mobiliar und moderner Technik ausgestattet. Zusätzlich bietet das Haus einen Gemeinschaftsraum für die Mitarbeiter.
Besonders beeindruckend war die kurze Bauzeit. Aufgrund der Lage auf 1.100 Metern Höhe beginnt der Winter oft bereits im Oktober und reicht bis in den April. Daher war eine effiziente Bauplanung entscheidend.
Dank der Holzmodulbauweise konnte der Fertigstellungstermin in nur sechs Monaten eingehalten werden, schlüsselfertig inklusive Keller und Außenanlagen.



Abbildung 11: Modulmontage durch H&S

Die Anlieferung der Module erfolgte bereits komplett ausgestattet – mit Mobiliar, Vorhängen und Bodenbelägen. Trotz der engen Zeitvorgabe wurden die Personalwohnungen pünktlich und übergeben.
Die frühzeitige Abstimmung der Planung mit den Projektbeteiligten war eine der wesentlichen Grundlagen für ein wirtschaftliches und schnelles Bauen mit Raummodulen.
Durch einen kooperativen Planungsprozess – von der Ausschreibung bis zur Umsetzung, und eine sehr konstruktive Zusammenarbeit mit den Planern auf Augenhöhe, konnte der Vorfertigungsgrad erhöht werden (Stichwort: Auch diese anspruchsvollen Fassaden können im Werk schon angebracht werden).



Abbildung 12: Personalwohnungen BMW, Ammerwald/Tirol Bildrechte © Adolf Bereuter



Abbildung 13: Grundriss Personalwohnungen



Innenausbau mit Klappbett Bildrechte © Adolf Bereuter

Projektbeteiligte:

Bauherr:	BMW AG, München
GU:	Robert Decker Schlüsselfertigbau GmbH, Martin Kühnast, Dorfen
Projektsteuerung:	Drees & Sommer, München
Bauleitung:	Malojer Baumanagement GmbH, Matthias Pilgram, Innsbruck
Architektur:	Bernd Riegger und Jochen Specht Architekten, Dornbirn
Statik:	Shortlist GmbH, Johanna Arnold, Wasserburg
Holzbau & Montage:	Huber & Sohn GmbH, Bachmehring
Badmodule:	Bad Modul GmbH, Ried im Traunkreis, AT
Schreinerei:	Grundner GmbH, St. Wolfgang

5.2. Bürogebäude Parkgelände Mietraching, B&O, Bad Aibling

In nur 9 Monaten Bauzeit und einem klaren Fokus auf Effizienz und Nachhaltigkeit wurde ein klimapositives Gebäude für die zentralen Einsatzdienste der Polizei errichtet. Auf rund 2.200 Quadratmetern Bürofläche, verteilt auf drei Etagen, finden die Polizisten optimale Arbeitsbedingungen vor. Von hier aus können sie die Einsätze des Polizeipräsidiums Oberbayern Süd unterstützen. Die Mieträume dienen als vorübergehende Zwischenlösung. Ein Rückzug auf das Gelände des Polizeipräsidiums in Rosenheim soll dann wieder erfolgen, wenn dort geeignete Flächen geschaffen wurden.

Die Besonderheit bei diesem Projekt war der bewusst gewählte niedrigere Vorfertigungsgrad, sodass die Installationen, Bodenaufbauten und -belege auf der Baustelle über mehrere offene Gewerbemodule eingebaut werden konnten.

Das Bürogebäude wurde mit DGNB Silber zertifiziert und erhielt die Anerkennung der Fachjury des Rosenheimer Holzbaupreises 2024.
Das Timber Homes Holzmodulbausystem wurde mit dem DETAIL Product Award 2023 in der Kategorie Konstruktion und Bauphysik ausgezeichnet.
Last but not least wurde die Bauingenieurin Johanna Arnold mit dem multifunktionalen Bürogebäude für die beste weibliche Ingenieurleistung des Jahres ausgezeichnet und gewinnt den anotHERVIEWture AWARD.



Abbildung 14: Bürogebäude Parkgelände «City of wood», B&O, Bad Aibling Bildrechte © Gideon Heede



Abbildung 15: Verschattung durch Lamellen anstelle von Raffstores Bildrechte © Gideon Heede

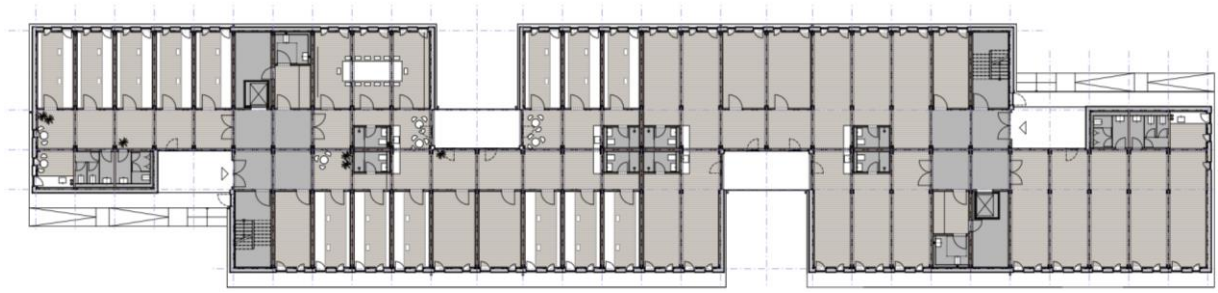


Abbildung 16: möglichst flexible Grundrisse durch offene Gewerbemodule



Abbildung 17: Eingangs- und Begegnungsräume Bildrechte © Gideon Heede

Projektbeteiligte:

Bauherr:	B&O Bau Bayern GmbH, Dr. Böhm, Bad Aibling
Architektur:	DWA David Wolfertstetter Architektur, Dorfen
Brandschutz:	Fire & Timber Ing. GmbH, Dr.-Ing. Michael Merk
Statik:	Shortlist GmbH, Johanna Arnold, Wasserburg
HLS-Planung:	IB Dudek, Matthias Meixner, Gmund am Tegernsee
ELT-Planung:	IB Ossner, Markus Ossner, Greilling
Energieberatung:	HeimatPlanung GmbH, Michael Feckl, Dorfen
Holzbau & Montage:	Huber & Sohn GmbH, Bachmehring

Modulbau ist Teamwork.

6. Fazit und Ausblick

Anhand dieser Beispielprojekte aus der Praxis kann eindrücklich gezeigt werden, wie vielseitig, schnell, wirtschaftlich, flexibel und damit auch nachhaltig die Holzmodulbauweise sein kann.
Diese Potenziale des modularen Bauens möchten wir gerne in Zukunft mit den entsprechenden Rahmenbedingungen noch mehr ausschöpfen, wie z.B. bei den «Timber Twins», die gerade in der Planungsphase sind. Für dieses 8-geschossige Wohngebäude werden die Module selbstragend und aussteifend gestapelt.



Abbildung 18: «Timber Twins» in Straubing mit David Wolfertstetter Architektur und Shortlist

Neben dem Neubau bekommt das Bauen im Bestand u.a. durch Förderprogramme für «serielle Sanierungen» eine immer größere Bedeutung.
Durch Aufstockungen bestehender Gebäude, Gewerbe- oder Parkplatzflächen lassen sich ohne weitere Flächenversiegelungen Wohn- und Gewerberäume erweitern.
Ein spezielles Sanierungsprojekt ist das sogenannte Sumpfhaus auf dem Gelände der ehemaligen Ziegelei Meindl. Die vollmöblierten Holzraummodulen werden von der Giebelseite aus mit einem Gabelstapler in das 133 m lange Gebäude eingebracht und zu einem Wohnheim mit 120 Apartments ausgebaut.

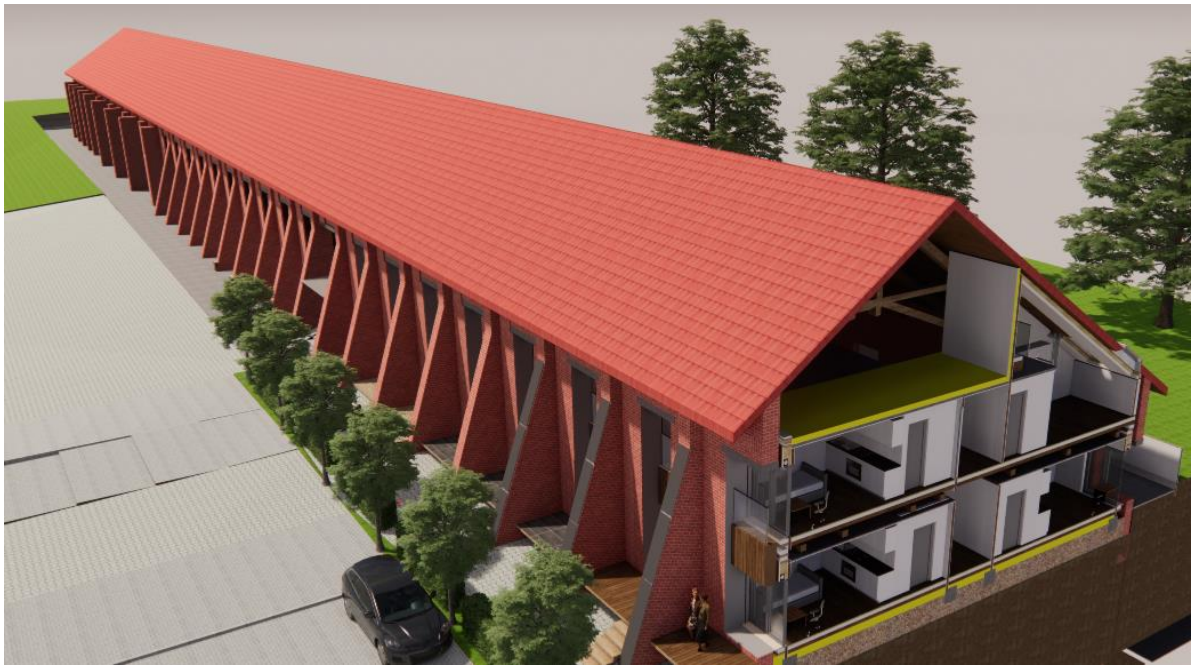


Abbildung 19: Sumpfhaus der ehemaligen Ziegelei Meindl

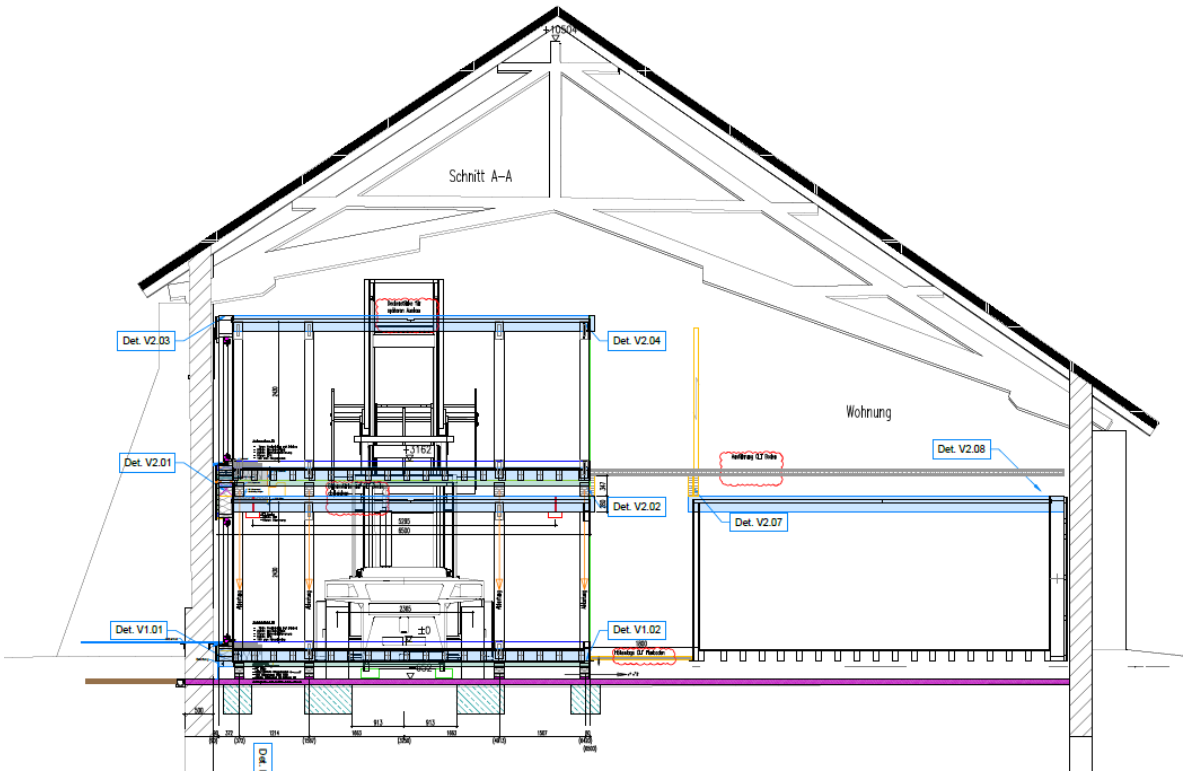


Abbildung 20: Querschnitt mit Gabelstapler, der die Module einbringt

7. Über die Timber Homes GmbH

Gegründet wurde die Firma Timber Homes GmbH & Co. KG Anfang 2019 von dem Dorfener Immobilienunternehmer und Bauträger Robert Decker und Josef Huber vom Holzbauunternehmen Huber & Sohn in Bachmehring.
Seit Mai 2019 werden auf dem 21 ha großen Areal der ehemaligen Ziegelei Meindl, Holzmodule gefertigt und Modulgebäude realisiert. Das Unternehmen hat sich zum Ziel gesetzt, Wohnraum, kommunale und Gewerbegebäude in ökologisch höchstem Standard maximal effizient und skalierbar zu produzieren. Dabei war unser Vorbild die Serienproduktion wie in der Automobilindustrie. Unsere Kunden sind kommunale Bauträger und private Investoren und Architekten, die Bauprojekte für viele Menschen in kürzester Bauzeit mit hohem Energiestandard umsetzen wollen.

Kommen Sie uns besuchen und entdecken das Konversionsgelände der ehemaligen Ziegelei Meindl, wo ein neuer Stadtteil für Dorfen entsteht. Die städtebaulichen Planungen werden im Rahmen des Landstadt Bayern Förderprogramms unterstützt und sollen mit hochwertiger Gestaltung, einem hohen ökologischen Standard und einer durchmischten Bewohnerschaft positive Impulse für die Region setzen. Ziel ist es, die ehemalige Industriebrache in ein lebendiges, urbanes und barrierefreies Mischquartier zu verwandeln, das von den Bürgern als wertvoller Teil Dorfens angenommen und positiv begleitet wird.
Die Gebäude im neuen Quartier werden vorzugsweise in Holzbauweise errichtet und sind für klimaneutralen, emissionsarmen Energieverbrauch konzipiert.

Neben der Timber Homes Produktionshalle können sechs Gebäude (u.a. Studentenwohnheim, Bildungsstätte Timber Campus, Montessori Kindergarten, Boardinghouse, Soziales Wohnen und TH-Bürogebäude) aus ca. 320 Raummodulen besichtigt werden.



Abbildung 21: 21 ha großes Areal der ehemaligen Ziegelei Meindl mit inzw. 6 Modulgebäuden + Produktion



Abbildung 22: Timber Homes Produktionshalle und Bürogebäude in Dorfen

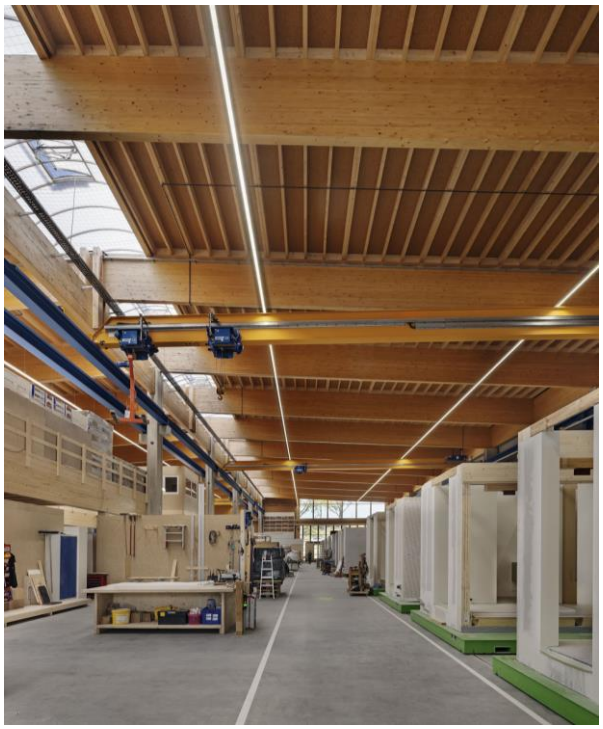


Abbildung 23: Timber Homes Fertigung in Dorfen

Block D

TUM.wood – Abenteuer Forschung –
ein Diskussionsforum

Holzbewehrtes Holz

Dr.-Ing. Markus Lechner
NEXUS Timber Consulting
München / Tittmoning, Deutschland



Holzbewehrtes Holz

1. Einleitung

Eine bekannte Schwachstelle von Brettschichtholz (BSH) aus Nadelholz sind die im Vergleich zur Biegefestigkeit sehr geringen Schubfestigkeiten (bei BSH nur ca. 15 % der Biegefestigkeit) und Querzug-festigkeiten (bei BSH nur ca. 2 % der Biegefestigkeit). Die geringen Festigkeitseigenschaften führen häufig zu Rissen parallel zur Faser, vor allem bei Geometrien oder Details wie gekrümmten Trägern, Durchbrüchen, Ausklinkungen, Queranschlüssen und Gruppen von Verbindungsmitteln. Darüber hinaus führen wechselnde Klimabedingungen zu Rissen in Brettschichtholzträgern durch ungleichmäßiges Schwinden. Abbildung 1 zeigt daraus resultierende typische Schadensbilder von Holzkonstruktionen.



(a) Querzugrisse BSH-Träger, $u_{\mathrm{BSH}} \approx 7\,\%$
(Bild: A. Brunauer)



(b) Ausklinkung
(Bild: Kreuzinger, LS HBB TUM)



(c) Schubriss Durchbruch, $u_{\mathrm{BSH}} \approx 6\,\%$ [1]



(d) Querzugversagen einer BSH-Pfette
Bild: Kreuzinger [2]

Abbildung 1: Typische Schadensbilder aufgrund einer geringen Querzug- und Schubfestigkeit:
(a) mit senk-recht eingeklebten Gewindestanden verstärkter BSH-Träger, Querzugrisse infolge von Schwinden,
(b) Querzugriss einer Ausklinkung, (c) Schubriss eines mit senkrecht eingeklebten Gewindestangen
verstärkten Durchbruchs in einem BSH-Träger, (d) Querzugversagen einer BSH-Pfette [3]

Statistischen Auswertungen von Schadensfällen zufolge, stellen derartige Rissbildungen mehr als 50 % aller vorgefundenen Schäden in Brettschichtholzbauteilen dar [4], [5], [6].

Derartige Schäden sind ein massiver Imageverlust für den Holzbau!

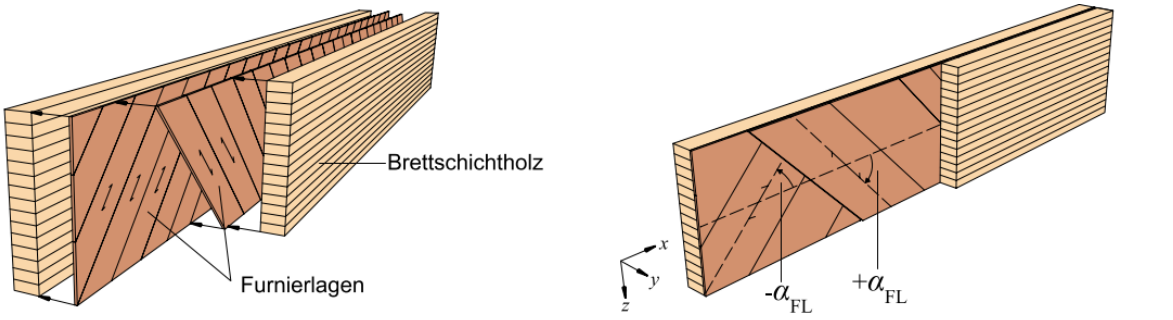
Stand der Technik ist es, den geringen Schub- und Querzugfestigkeiten mit lokalen Verstärkungen, meist senk-recht zur Faserrichtung des Holzbauteils, entgegenzuwirken, z. B. durch Gewindestangen oder Vollgewindeschrauben DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 [7], [8]. Diese Verstärkungen werden jedoch nur im Falle eines gerissenen Holzbauteils aktiviert. Zudem können sie Risse induzieren, da sie das freie Schwindverhalten von Holz behindern DIETSCH [1]. Neuere Untersuchungen zu flächigen Verstärkungen über die gesamte Bauteillänge von BEJTKA [9], FLAIG [10] sowie AICHER und TAPIA [11] zeigen dagegen bereits eine hohe Verstärkungswirkung im ungerissenen Zustand.

Der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München unter Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter beschäftigt sich bereits seit Jahrzehnten intensiv mit der Verstärkung von Holzbauteilen und der Robustheit von Holzkonstruktionen. DIETSCH [5] untersuchte in seiner Dissertation die Schubverstärkung von Brettschichtholz mit stiftförmigen Elementen wie Schrauben und Gewindestangen. Aus den vielfältigen Erfahrungen und Forschungsprojekten entstand die Idee des «Holzbewehrten Holzes», ein innovativer Ansatz, der erstmals durch LECHNER [3] im Rahmen seiner Dissertation untersucht wurde.

2. Holzbewehrtes Holz

2.1. Aufbau und Struktur

Holzbewehrtes Holz (HBH) ist ein innovatives, leistungsstarkes Holzprodukt, das gezielt für tragende Anwendungen entwickelt wurde. Es besteht aus den Komponenten Brettschichtholz, Furniere und Klebstoff und ist eine Weiterentwicklung von Brettschichtholz. Dafür wird Brettschichtholz aus Fichte mit gezielt angeordneten vertikalen Furnierebenen (FE) zu holzbewehrtem Holz kombiniert (verklebt), Abbildung 2. Durch Anordnung von Furnierlagen (FL) zwischen oder auf den Brettschichtholzbauteilen in Winkeln von -90° bis 90° zur Faserlängsrichtung des Brettschichtholzes werden die stark anisotropen Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Brettschichtholz homogenisiert. Es entsteht ein inhärent verstärktes, stabförmiges Holzprodukt für tragende Zwecke.



(a) Prinzipieller Aufbau von holzbewehrtem Holz

(b) Definition Neigungswinkel (α_{FL}) einer Furnierlage von -90° bis +90° zur x-Achse

Abbildung 2: Aufbau von holzbewehrtem Holz am Beispiel einer innenliegenden Furnierebene mit zwei gegenläufigen Furnierlagen [3]

Eine Furnierlage besteht aus einem oder mehreren faserparallel verklebten Einzelfurnieren (Abbildung 2) (a). Der Neigungswinkel (α_{FL}) einer Furnierlage ist als der Winkel zwischen der Faserlängsrichtung des Brettschichtholzes und der Faserlängsrichtung einer Furnierlage definiert Abbildung 2 (b). Möglich sind Neigungswinkel (α_{FL}) von -90° bis 90°. Eine Furnierebene (Superlamelle) besteht aus einer oder mehreren Furnierlagen, holzbewehrtes Holz aus einer oder mehreren Furnierebenen (Superlamellen) mit innen- oder außenliegender Anordnung, Abbildung 3.

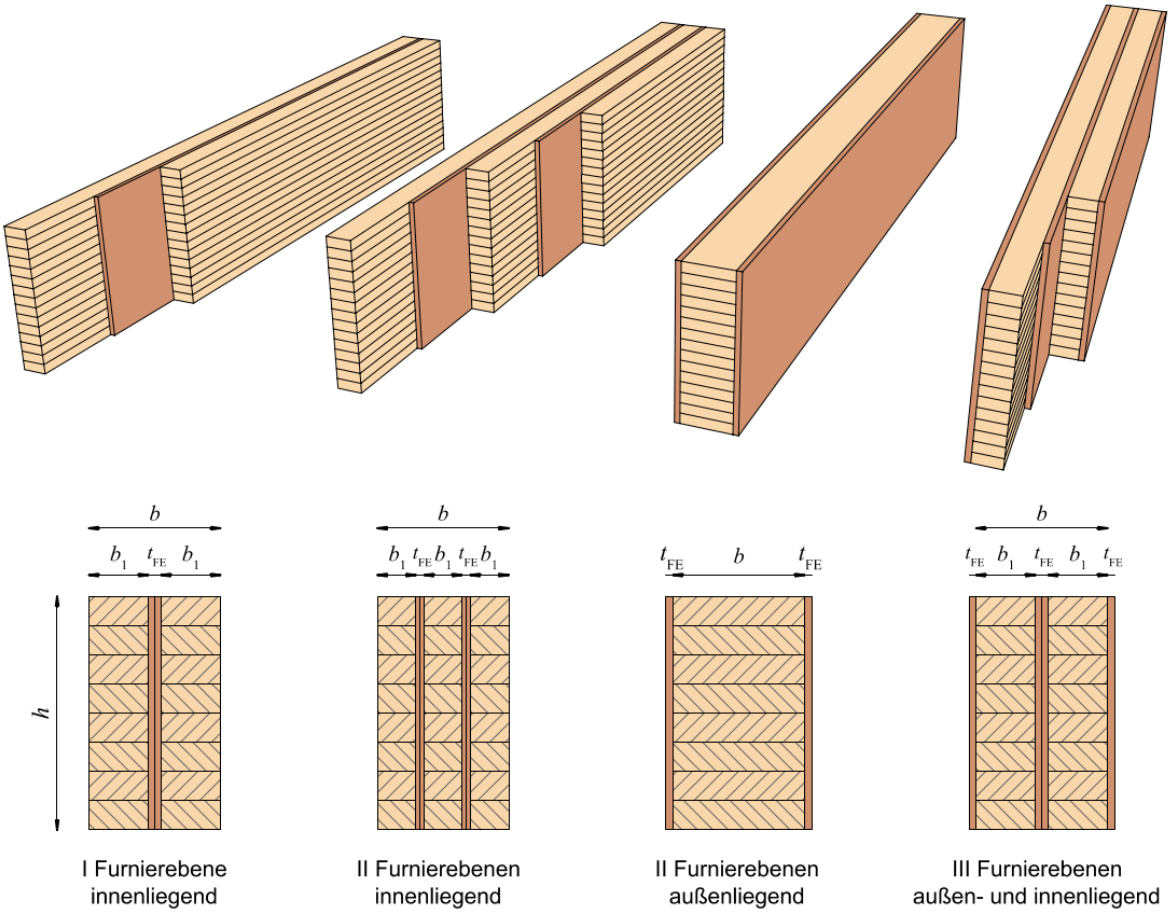


Abbildung 3: Anordnungsmöglichkeit von Furnierebenen (FE) für holzbewehrtes Holz [3]

Der Bewehrungsgrad (δ) gibt das Verhältnis der Breite der Furnierebene zur Querschnittsbreite (b) an und wird wie folgt definiert:

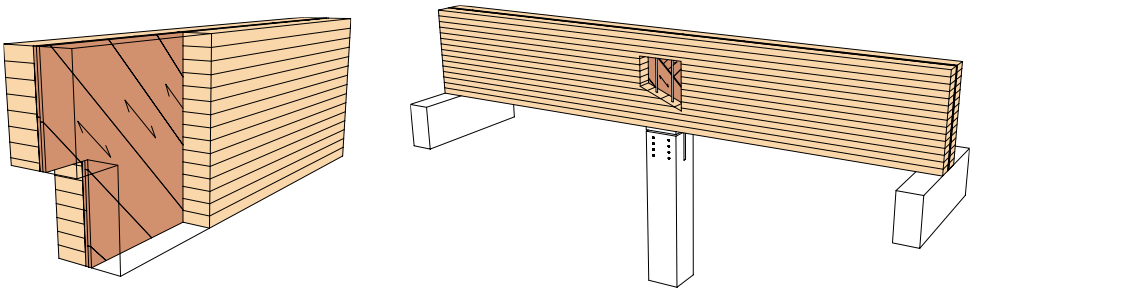
$$\delta = \frac{\Sigma t_{FE}}{b} \quad [-] \qquad (1)$$

t_{FE}	[mm]	Breite der Furnierebene
b	[mm]	Brutto Querschnittsbreite

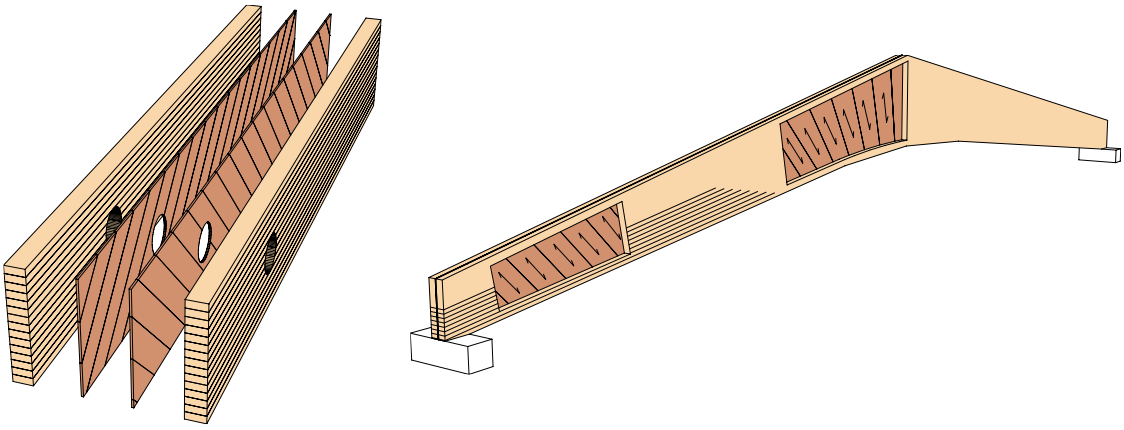
In Abbildung 3 sind die geometrischen Zusammenhänge dargestellt.

2.2. Anwendungsfälle

Flächige Verstärkungen können die Robustheit generell erhöhen. Ebenso bieten Träger mit flächiger Verstärkung eine höhere Flexibilität für den Ausbau oder spätere Nutzungsänderungen, da sich Durchbrüche oder Queranschlüsse in bestehenden Trägern anordnen lassen, ohne dass eine zusätzliche detaillierte statische Berechnung erforderlich wird. Holzbewehrtes Holz verbessert die Schubbeanspruchbarkeit, die Querzugbeanspruchbarkeit und die Leistungsfähigkeit von Verbindungsmittelgruppen wesentlich. Mögliche künftige Anwendungen von holzbewehrtem Holz zeigt Abbildung 4.



(a) Ausklinkungen (b) Queranschlüsse



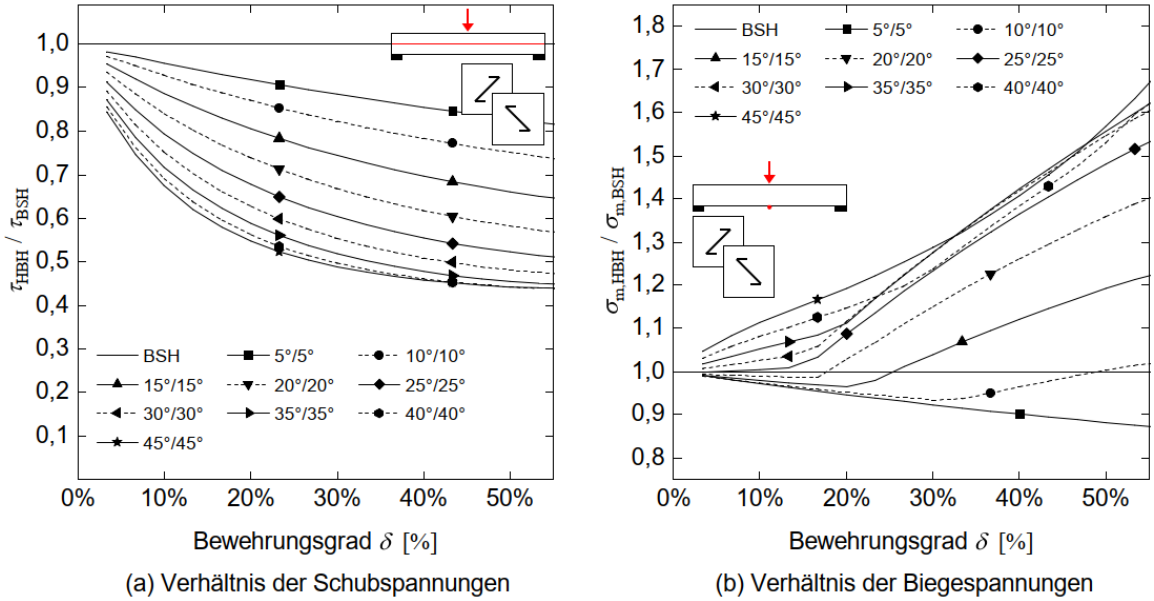
(c) Durchbrüche (d) Satteldachträger

Abbildung 4: Potenzielle Anwendungsfelder für holzbewehrtes Holz [3]

3. Proof of Concept

3.1. Numerische Parameterstudie

Zur Identifikation von leistungsfähigen Querschnittsaufbauten von HBH wurde eine umfassende numerische Parameter- und Sensitivitätsstudie zur Biege-, Schub- und Querzugbeanspruchung sowie den Einfluss von Holzfeuchteveränderung durchgeführt [3]. Eine kreuzweise Anordnung der Furniere in einem Winkel von 45° (+45°/-45°) zeigt das größte Potenzial, Abbildung 5.



(a) Verhältnis der Schubspannungen (b) Verhältnis der Biegespannungen

Abbildung 5: Spannungsverhältnis (η) der Schub- und Biegespannungen in der BSH-Komponente von HBH in Abhängigkeit des Furnierneigungswinkels (α_{FL}) von 0° bis 45° (Δ = 5°) für eine gegenläufige Furnieranordnung, $E_{0,FL}$ = 15.000 N/mm² [3]

Mit steigendem Winkel reduzieren sich die Schubspannungen in der BSH-Komponente von HBH. Das Maximum wird bei einer Neigung von 45° erreicht. Bei einem Bewehrungsgrad von 10 % und einer Neigung von 45° können die Schubspannungen in der BSH-Komponente von HBH im Vergleich zu einem unbewehrten BSH-Träger um 33 % reduziert werden. Mit steigendem Bewehrungsgrad konvergieren die Kurven. Bis zu einem Winkel von ca. 25° (δ < 15 %) beteiligen sich die Furnierlagen an der Lastabtragung des Biegemoments, die Biegezugspannungen in der BSH-Komponente von HBH werden dabei reduziert (Abbildung 5) (b).

3.2. Experimentelle Untersuchungen

Zur Ermittlung des Trag- und Steifigkeitsverhaltens von holzbewehrtem Holz (HBH) bei unterschiedlichen Beanspruchungssituationen wurden drei HBH-Querschnittsaufbauten (Serie 1-3) untersucht. Zusätzlich wurde je Serie ein Brettschichtholz-Querschnitt (BSH-Querschnitt) als Referenzprüfkörper ohne Furniere geprüft, Abbildung 6. Die Querschnittshöhe (h) der Biegeversuche betrug 320 mm, die der Schubversuche 400 mm. Die Querschnittsbreite (b) war einheitlich 180 mm. Alle HBH-Prüfkörper hatten einen Bewehrungsgrad δ von 10 %. Alle HBH-Prüfkörper hatten einen Bewehrungsgrad (δ) von 10 %.

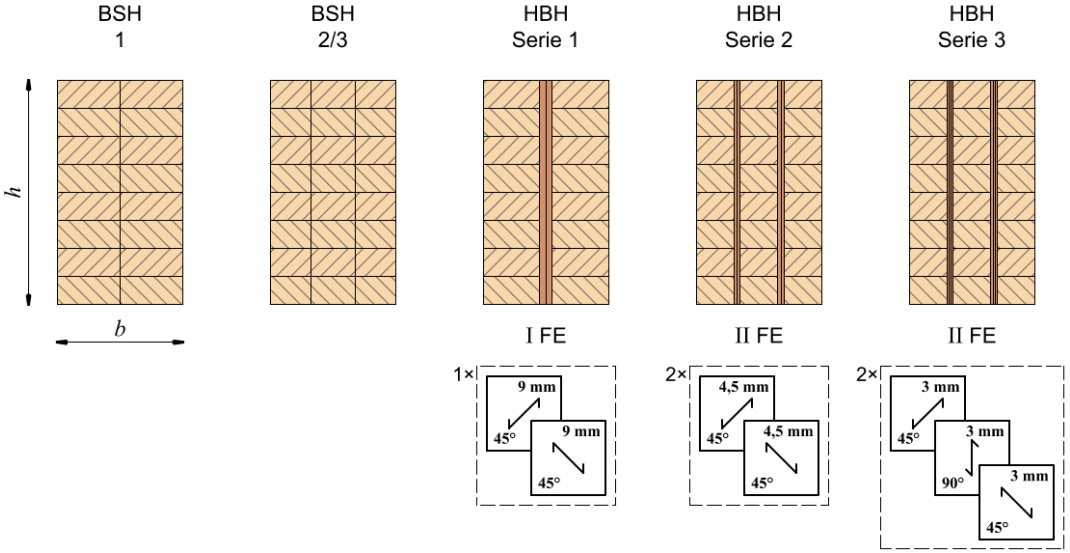


Abbildung 6: Querschnitte der BSH- und HBH-Prüfkörper für die experimentellen Untersuchungen [3]

Tabelle 1 liste die durchgeführten Versuche auf. Die detaillierten Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen sind [3] und [12] zu entnehmen.

Tabelle 1: Durchgeführte experimentelle Untersuchungen zu HBH [3]

Komponente	**Versuch**
Furnier	Zugfestigkeit- und Elastizitätsmodul in Faserlängsrichtung
Furnierebene	Scherfestigkeit und Schubsteifigkeit von Furnierebenen
HBH	Trag- und Steifigkeitsverhalten bei Biegebeanspruchung
HBH	Trag- und Steifigkeitsverhalten bei Schubbeanspruchung
HBH	Querzugtragfähigkeit
HBH	Querdrucktragfähigkeit
HBH	Tragfähigkeit von Ausklinkungen
HBH	Tragfähigkeit von Durchbrüchen
HBH	Tragfähigkeit von Queranschlüssen
HBH	Einfluss von Holzfeuchteänderungen

Der Fokus dieser Versuche lag auf der Biege-, Schub-, Querdruck- und Querzugbeanspruchbarkeit von holzbewehrtem Holz. Ermittelt wurde auch die Tragfähigkeitssteigerung von holzbewehrtem Holz bei Ausklinkungen, runden Durchbrüchen und Queranschlüssen im Vergleich zu unbewehrtem Brettschichtholz. Den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen zufolge steigert holzbewehrtes Holz die Beanspruchbarkeit bei Ausklinkungen (Faktor 5), runden Durchbrüchen (Faktor 2) und Queranschlüssen (Faktor 3) erheblich.

4. Berechnung

Das statische Grundkonzept von holzbewehrtem Holz ist, die hohe Zugfestigkeit und den hohen E-Modul in Faserrichtung der Buchenfurniere nutzbar zu machen. Dazu werden die Furniere entsprechend den Hauptspannungstrajektorien angeordnet, zu einer Furnierebene verklebt und anschließend in den BSH-Querschnitt eingebracht. Durch den hohen Schubmodul der Furnierebene werden im ungestörten Trägerbereich (B-Bereich) planmäßig Querkräfte durch die Furnierebene abgetragen. Die Höhe der anteiligen Querkräfte der HBH-Komponenten ist dabei abhängig vom Verhältnis der Schubmodule der Furnierebene (G_{FE}) und der BSH-Komponente (G_{BSH}):

$$n = \frac{G_{\mathrm{FE}}}{G_{\mathrm{BSH}}} \quad [-] \tag{2}$$

Der Schubmodul der Furnierebene lässt sich in Abhängigkeit des Furnierlagenaufbaus auf Basis der Steifigkeitskennwerte der Furnierlagen mittels der konstruktiven Anisotropie berechnen. Abbildung 7 zeigt den Berechnungsablauf.

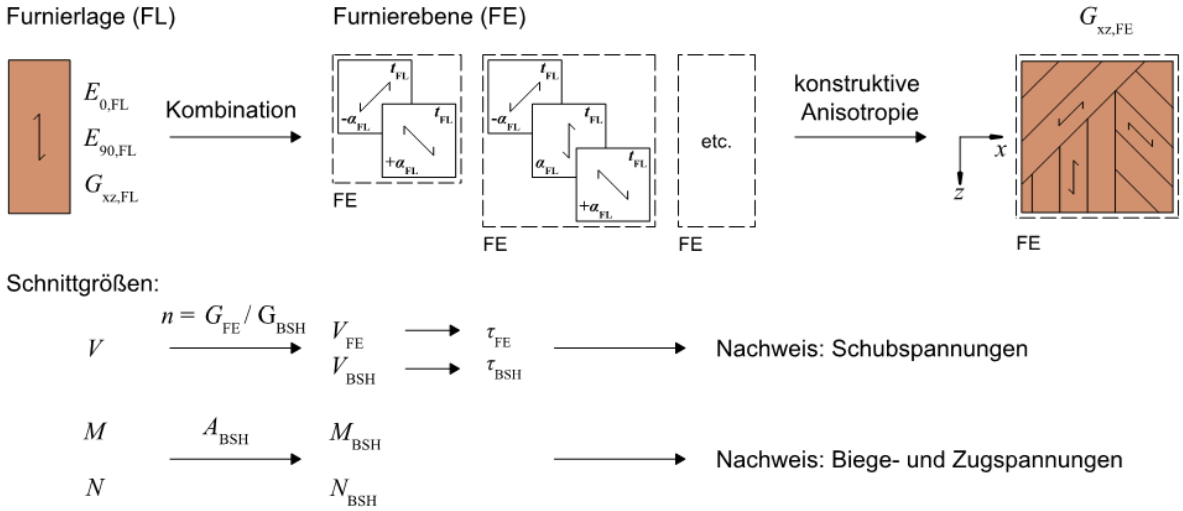


Abbildung 7 Berechnungs- und Bemessungsablauf für einen HBH-Träger [3]

Zur Verifikation des Berechnungsmodells im ungestörten Trägerbereich wurde ein FEM-Volumenmodell der HBH-Serien 2 und 3 erstellt. Anschließend wurden die Spannungen im FEM-Volumenmodell entlang von Pfaden ausgegeben und den Spannungen nach der analytischen Berechnung für den ungestörten Trägerbereich gegenübergestellt, Abbildung 8.

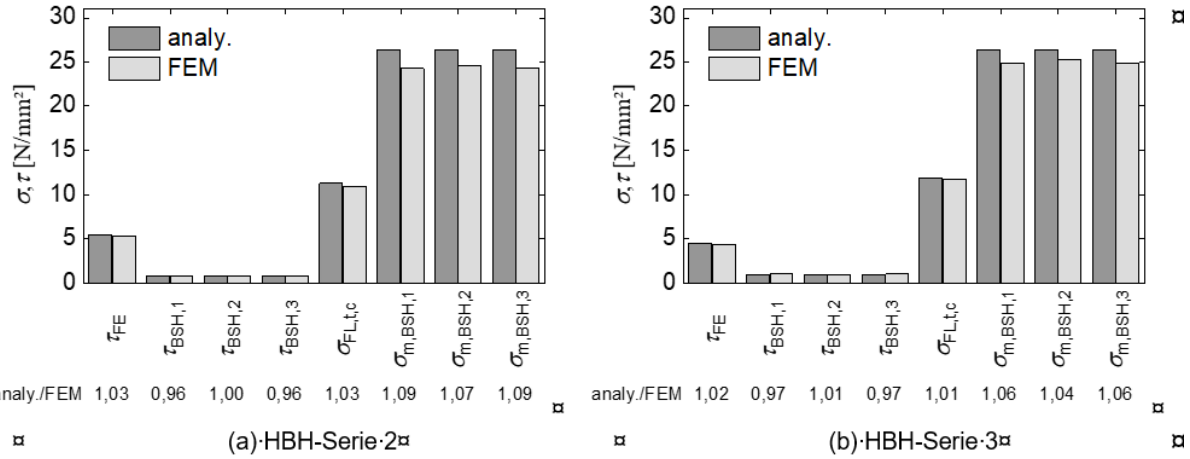


Abbildung 8: Vergleich der analytisch berechneten Spannungen mit den numerischen Ergebnissen (FEM) [3]

Die analytisch berechnete Schubspannung der Furnierebene ist um 3 % höher als die maximale Schubspannung aus dem FEM-Volumenmodell. Die Rückrechnung der Schubspannungen auf die geneigten Furnierlagen der Furnierebene mittels der konstruktiven Anisotropie zeigt ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung. Die analytisch berechneten Biegezugspannungen sind um 7 bis 9 % höher als die entsprechenden Spannungen aus dem FEM-Volumenmodell.

5. Zusammenfassung

Ziel der Arbeit von LECHNER [3] war es, ein furnierverstärktes stabförmiges Holzprodukt für tragende Zwecke im Bauwesen zu entwickeln – holzbewehrtes Holz. Um die Schub- und Querzugbeanspruchbarkeit zu erhöhen, wurden Furnierebenen vertikal in einen Brettschichtholzquerschnitt eingebracht. Die Anordnung der Furnierlagen zwischen den Brettschichtholzkomponenten in Winkeln von 0° bis 90° homogenisierte die stark anisotropen Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften von Brettschichtholz.

Holzbewehrtes Holz ist ein neues, hochleistungsfähiges Holzbauprodukt mit deutlich verbesserten Eigenschaften bei Schub- und Querzugbeanspruchungen.

6. Literatur

[1] Dietsch, P. (2017) Effect of reinforcement on shrinkage stresses in timber members. Construction and Building Materials 150, 903–915.

[2] Winter, S. (2006b) Weitgespannte Holzkonstruktionen. Anforderungen – Konstruktionen – Qualitätssicherung. Darmstadt, 1. Hessischer Baugipfel, 2006.

[3] Lechner, M. (2021) Holzbewehrtes Holz – Entwicklung eines furnierverstärkten stabförmigen Holzprodukts für tragende Zwecke. Dissertation. Technische Universität München.

[4] Blaß, H. J., Frese, M. (2010) Schadensanalyse von Hallentragwerken aus Holz. Karlsruhe, KIT Scientific Publishing.

[5] Dietsch, P. (2012) Einsatz und Berechnung von Schubverstärkungen für Brettschicht-holzbauteile. Dissertation. Technische Universität München.

[6] Dietsch, P., Winter, S. (2018) Structural failure in large-span timber structures. A comprehensive analysis of 230 cases. Structural Safety 71, 41–46.

[7] DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hoch-bau, 2013. Berlin.

[8] Dietsch, P., Brandner, R. (2015) Self-tapping screws and threaded rods as reinforcement for structural timber elements – A state-of-the-art report. Construction and Building Materials 97, 78–89. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.028.

[9] Bejtka, I. (2011) Cross (CLT) and diagonal (DLT) laminated timber as innovative material for beam elements. Karlsruhe, KIT Scientific Publishing.

[10] Flaig, M. (2013) Biegeträger aus Brettsperrholz bei Beanspruchung in Plattenebene. Dissertation. Karlsruher Institut für Technologie.

[11] Aicher, S., Tapia, C. (2018) Novel internally LVL-reinforced glued laminated timber beams with large holes. Construction and Building Materials 169, 662–677. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.02.178.

[12] Lechner M., Dietsch, P., Winter, S. (2021) Veneer-reinforced timber – Numerical and experimental studies on a novel hybrid timber product. Construction and Building Materials Volume 298. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123880.

Timber Earth Slab: Robotisch gefertigte Holz-Lehm-Decken für den mehrgeschossigen Holzbau

Prof. Dr. Kathrin Dörfler
Professur für Digitale Fabrikation / Technische Universität München
München, Deutschland



Janna Vollrath
Professur für Digitale Fabrikation / Technische Universität München
München, Deutschland



Timber Earth Slab: Robotisch gefertigte Holz-Lehm-Decken für den mehrgeschossigen Holzbau

1. Einleitung

Das Timber Earth System (TES) ist eine innovative Lösung im Bereich des nachhaltigen Bauens, welches die beiden Materialien Holz und Lehm intelligent miteinander integriert und in einem neuartigen Deckensystem zur Anwendung bringt. Durch die Kombination der strukturellen, funktionalen, und ökologischen Stärken beider Materialien entstehen ressourcenschonende und leistungsfähige Deckenkonstruktionen, die speziell für den mehrgeschossigen Holzbau entwickelt werden. TES setzt auf parametrische Designprozesse und digitale Fertigungstechnologien, um eine präzise und effiziente Produktion zu ermöglichen, die sich an individuelle Anforderungen anpassen lässt (Abb. 1). Die Erforschung und Entwicklung dieses Systems eröffnen neue Perspektiven für den Holzbau und eine regenerative Architektur.

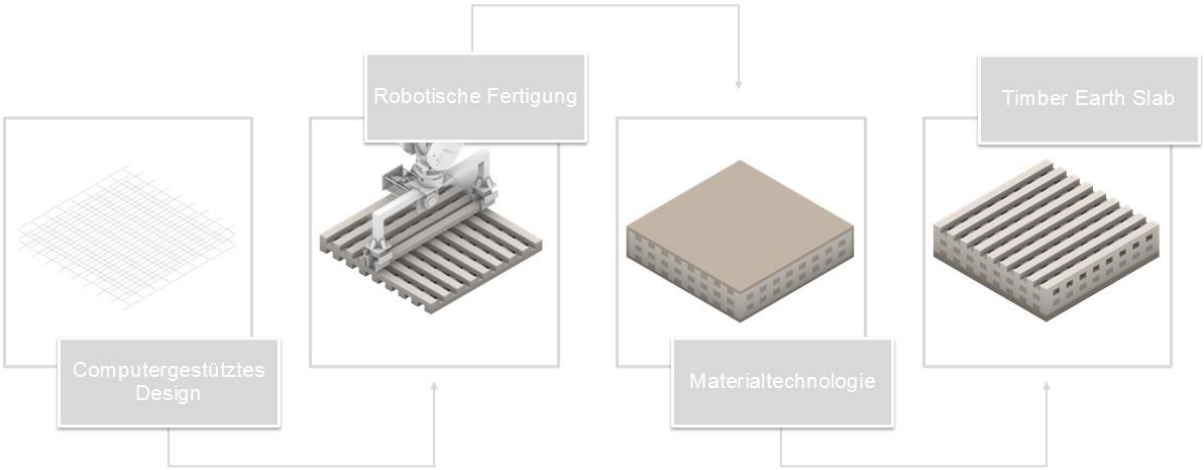


Abbildung 1: TES = Computergestütztes Design + Robotische Fertigung + Materialtechnologie

2. Hintergrund und Kontext

Der Bausektor ist für fast 40 % der globalen energie- und prozessbedingten CO_2-Emissionen, 38 % der weltweiten Treibhausgasemissionen, 12 % des globalen Trinkwasserverbrauchs sowie 40 % der Abfallerzeugung in den Industrieländern verantwortlich [1]. Angesichts der damit einhergehenden hohen Umweltbelastung gerät die Reduktion der Emissionen im Bau mit vermehrter Dringlichkeit in den sozialen und politischen Fokus.

Durch digitale Planungs- und Fabrikationsmethoden ergeben sich Chancen und Möglichkeiten, diese Herausforderungen anzugehen: Der Einsatz von Ressourcen kann minimiert und gleichzeitig kann die Produktivität gesteigert werden [2]. Zusätzlich ermöglichen individualisierte Fertigungsmethoden optimierte Geometrien und die Verwendung von Materialien nur dort, wo sie strukturell und bauphysikalisch notwendig sind. Dadurch kann der gesamte Materialverbrauch erheblich reduziert werden.

Der Einsatz nachhaltiger Materialien bei Geschossdecken stellt im Vergleich zu Wandelementen nach wie vor eine große Herausforderung dar, da hier sehr hohen Anforderungen an die Statik, den Brandschutz, die thermische Masse und den Schallschutz bestehen [3].

Während sich bei Wänden mittlerweile eine Vielzahl ressourcenschonender Alternativen wie Lehm, Kalksandstein oder moderne Holzwerkstoffe etabliert haben, gestaltet sich die Entwicklung von ökologischen Alternativen von Deckenelementen komplexer.

Holz-Beton-Verbunddecken (HBV) bieten hier eine Alternative, da sie die jeweiligen Vorteile von Holz und Beton vereinen. HBV-Decken nutzen die Zugfestigkeit und das geringe Gewicht von Holz, das zudem eine gute CO2-Bilanz aufweist. Gleichzeitig ermöglicht der Betonanteil die Aufnahme der Druckkräfte und verbessert das Schwingungsverhalten und den Schallschutz im Vergleich zu reinen Holzkonstruktionen. Diese hybride Bauweise ermöglicht einen reduzierten Betonbedarf, was den Materialeinsatz und damit auch den ökologischen Fußabdruck senkt [4]. Dennoch sind der Beton und Stahl in HBV-Decken nicht vollständig ersetzbar, was diese Lösung nur bedingt nachhaltig macht.

Analog zu HBV-Decken, die Holz- und Betoneigenschaften vereinen, verfolgt das Timber Earth System (TES) das Ziel, Holz und Lehm zu kombinieren und für den breiten Einsatz nutzbar zu machen. Diese Forschung fand ihren Ursprung in einem Kooperationsprojekt der Professur für Digitale Fabrikation und des Lehrstuhls für Entwerfen und Konstruieren an der Technischen Universität München (TUM) im Rahmen eines Studioprojekts im Wintersemester 2019/20. Das Konzept wurde im Wintersemester 2020/21 durch zwei parallel verlaufende Masterarbeiten an der Professur für Digitale Fabrikation und dem Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion interdisziplinär weiterentwickelt [5].

Seit November 2023 untersucht ein Expertenteam aus der Industrie und Wissenschaft das Timber Earth System (TES) detailliert. Beteiligt sind Branchenpartner aus dem Holz- und Lehmbau (Leipfinger Bader, Oxara, Blumer Lehmann, müllerblaustein) sowie die Professur für Digitale Fertigung, der Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, der Lehrstuhl für Gebäudetechnologie und klimagerechtes Bauen sowie der Lehrstuhl für Entwerfen und Konstruieren der TUM.

Das von der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderte Forschungsprojekt hat eine Laufzeit von zwei Jahren und verfolgt das Ziel, TES anhand eines innovativen Deckensystems für den mehrgeschossigen Holzbau zu entwickeln. Mithilfe computergestützter Gestaltung, robotergestützter Fertigung und fortschrittlicher Materialtechnologien soll ein nachhaltiges Bausystem entstehen, das alle Anforderungen an Statik, Brandschutz, thermische Masse und Schallschutz erfüllt und zudem vollständig recycelbar ist.

3. Methoden

3.1. Materialien und deren Eigenschaften

In den TES-Decken werden die Vorteile von Holz (Tragfähigkeit, Spannweite, strukturelle Flexibilität) und Lehm (Brandschutz, Schallschutz, thermische Masse) optimal kombiniert, um die jeweiligen Schwächen auszugleichen und ein nachhaltiges sowie leistungsfähiges Bauteil zu ermöglichen (Abb. 2).

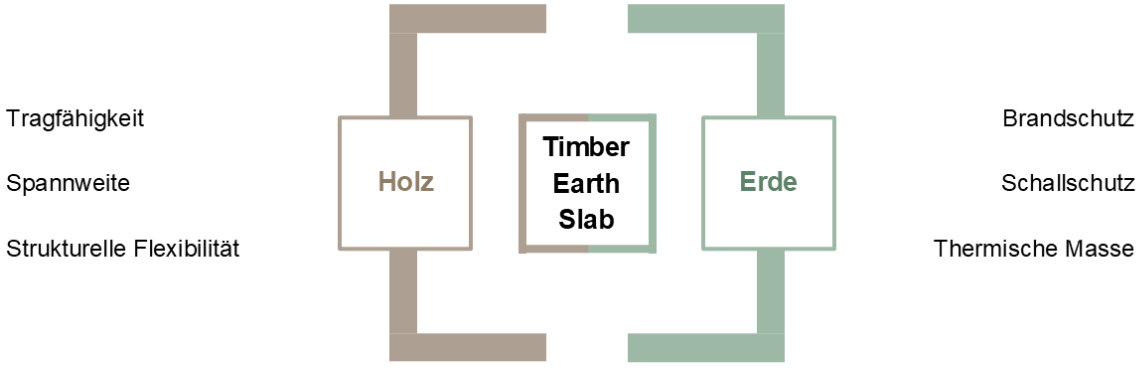


Abbildung 2: Die Kombination der Vorteile der Materialien Holz und Lehm in dem TES-Deckensystem.

Holz
Das Konstruktionsprinzip von TES beruht auf einem innovativen Leichtbau-Ansatz für Brettsperrholz. Anders als bei herkömmlichem Brettsperrholz, bei dem die Holzlagen flächig miteinander verleimt werden, führt das TES-Verfahren zum Aufbau einer offenen Gitterstruktur. Diese Struktur entsteht ebenfalls durch das kreuzweise Verleimen der Holzschichten, jedoch werden die Schichten gezielt nur an bestimmten Stellen miteinander verbunden, um eine tragfähige Gitterstruktur zu schaffen [6]. Die effiziente Herstellung dieser aufgelösten Gitterstruktur wird durch die Unterstützung eines Roboters ermöglicht, der die einzelnen Holzlatten maßgeschneidert ablegen und verbinden kann. Damit kombiniert die Gitterstruktur die Materialeffizienz und den reduzierten Klebstoffanteil einer klassischen Balkendecke mit den Vorteilen moderner Brettsperrholzkonstruktionen. Dazu gehört unter anderem die hohe Präzision, die zweiachsige Tragfähigkeit und die Möglichkeit zur vollständigen Vorfertigung.

Im TES-System erfüllt das Holz zwei Funktionen: Es dient als Lastträger und bietet gleichzeitig eine hohe Zugfestigkeit und Flexibilität. Diese Eigenschaften verleihen dem System eine strukturelle Anpassungsfähigkeit, die normalerweise Massivholzdecken oder Stahlbetondecken vorbehalten ist. Die resultierende Konstruktion ist sowohl materialeffizient als auch ökologisch, da sie weniger Klebstoff benötigt und auf ressourcenschonende Weise größere Spannweiten überbrücken kann.

Lehm
Für die speziell entworfene Gitterstruktur aus Holz wird nach der robotisch gestützten Fertigung eine Lehmmischung als Füllmaterial verwendet, basierend auf einer innovativen Materialtechnologie des ETH-Spinoffs Oxara. Mit dem von Oxara entwickelten Zusatzmittel Oxacrete® Care wird der Lehm trotz geringem Wasseranteil fließfähig, sodass er in die Holzstruktur vergossen werden kann. Während des Verfüllens wird der Lehm kontinuierlich gerüttelt, um eine gleichmäßige Materialverteilung sicherzustellen, Lufteinschlüsse zu vermeiden, und eine Verdichtung des Lehms zu erzielen. Nach dem Verfüllvorgang beträgt die Trocknungszeit je nach Witterung etwa 2 bis 4 Wochen, um die erforderliche Festigkeit zu erreichen, wonach das Bauteil transportbereit ist.

Im Gegensatz zu Holz-Beton-Verbunddecken, bei denen Beton auf die Holzkonstruktion gegossen wird, wird bei TES die mineralische Lehmschicht direkt in die Holzstruktur eingebracht und bleibt zur Rauminnenseite hin frei sichtbar. Dieses Verfahren bietet mehrere Vorteile: Die offenliegende Lehmschicht verbessert die Feuerbeständigkeit, fungiert als Speichermasse für ein angenehmes Raumklima und ermöglicht eine mögliche Bauteilaktivierung [7]. Dieses Prinzip wurde 2020 erstmalig experimentell getestet und validiert [5].



Abbildung 3: Im Rahmen der Masterarbeiten von Julian Trummer und Markus Schneider wurde die Tragfähigkeit der Holzstruktur, sowie die Machbarkeit und Integrität der Lehmverfüllung in die Gitterstruktur aus Holz im Maßstab 1:1 zum ersten Mal getestet [5].

3.2. Parametrisches Design

Die horizontal geschichtete Tragstruktur aus Holz wird mithilfe eines im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelten Bauteilkonfigurators realisiert (Abb. 4). Dieser integriert architektonisches Design, strukturelle Berechnungen und den Fertigungsprozess in einem digitalen Workflow.

Auf Grundlage der Form und der Abmessungen der Decke wird die Anordnung der tragenden Holzstruktur berechnet. Durch die Berücksichtigung zusätzlicher Eingabeparameter, wie der Holzdimensionierung, der Anzahl der Schichten, der Möglichkeit einer Randverstärkung sowie der Rotation der einzelnen Schichten, kann flexibel auf verschiedene geometrische Anforderungen, statische Lastfälle und potenzielle Öffnungen reagiert werden.

Die Berechnungsgrundlagen umfassen dabei die Materialeffizienz, die durch gezielte Verdichtung und Auflösung der Holzlagen in Abstimmung mit der Lehmverfüllung angestrebt wird, sowie das Design für die Assemblierung und die Demontage. Darüber hinaus werden alle für die digitale Fabrikation erforderlichen Parameter automatisiert berechnet, wodurch ein präzises Herstellungsverfahren mittels Industrieroboter gewährleistet wird.

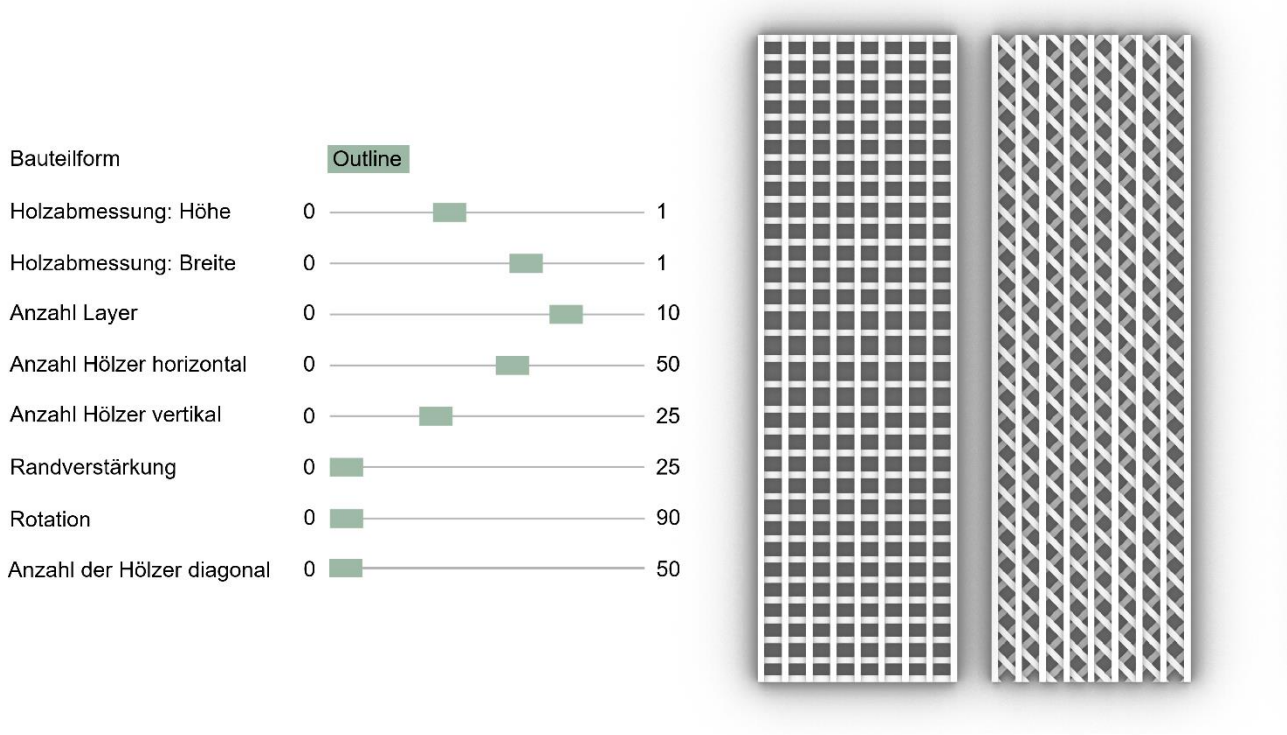


Abbildung 4: Entwurf eines Bauteilkonfigurators

3.3. Robotische Fertigung

Die Fertigung der Holzstruktur erfolgt durch den Einsatz eines Roboters. Auf Basis der im Bauteilkonfigurator berechneten Informationen zur Bauteilgeometrie und der gewählten Verbindungsmittel werden die Parameter für die robotergestützte Fertigung abgeleitet. Durch die Festlegung zusätzlicher Informationen, wie die Position einer Abholstation, die Auswahl des Werkzeugs, die Reihenfolge der Arbeitsschritte und die jeweilige Bewegungsgeschwindigkeit, kann der Roboter präzise für die Realisierung verschiedener maßgeschneiderter Gitterstrukturen gesteuert werden (Abb. 5).

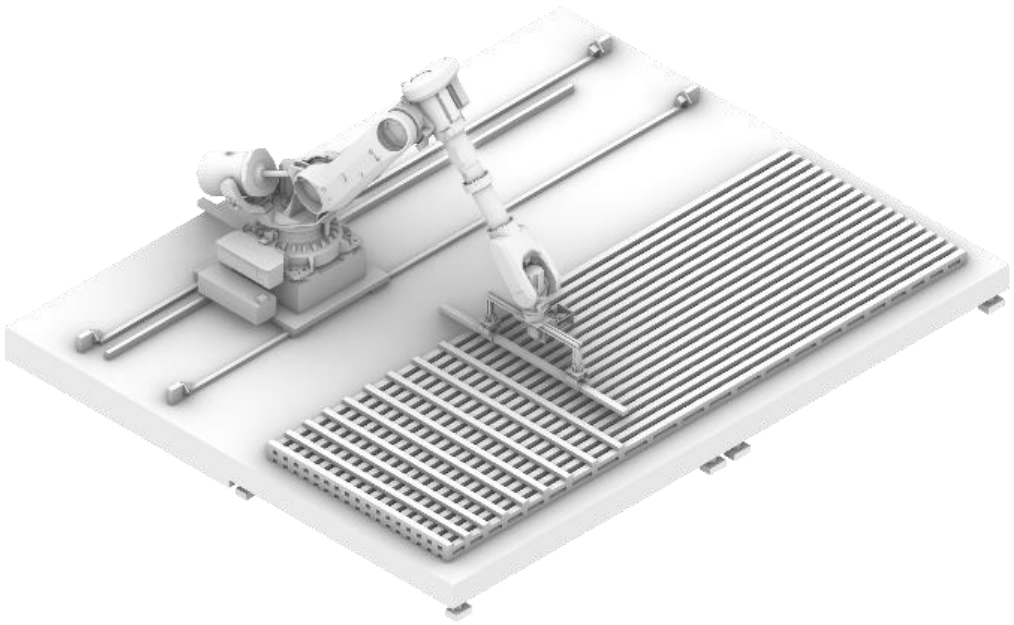


Abbildung 5: Robotergestützte Fertigung der tragenden Gitterstruktur aus Holz.

3.3.1 Verbindungsmittel

Am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion werden verschiedene Verbindungsmethoden für das TES untersucht, insbesondere hinsichtlich ihrer Eignung für die Anforderungen an ein tragfähiges und steifes Deckensystem. Die geprüften Verbindungsmittel umfassen mechanische Verbindungen wie Buchennägel und Klammern, jeweils mit und ohne Klebstoff, sowie Buchendübel. Dabei wird die maximale Tragfähigkeit, die Steifigkeit und der Anteil des Faserbruchs bei geklebten Verbindungen analysiert.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die geklebten Verbindungen eine deutlich höhere Steifigkeit bieten. Daher ist der Einsatz von Klebstoff für TES unverzichtbar, um die erforderliche strukturelle Stabilität zu erreichen.

Da jedoch für eine funktionale Klebung ein präziser und kontrollierter Pressdruck an den Verbindungsstellen erforderlich ist, wurde geprüft, wie sich dieser effizient erreichen lässt. Eine durchgehende Pressung, wie sie beispielsweise durch eine Vakuumpresse erzeugt wird, schränkt die Gestaltungsmöglichkeiten stark ein und ist daher für das TES-System weniger geeignet. Stattdessen ermöglicht eine lokale, gezielte Pressung an den Verbindungsstellen, wie sie bei der Anwendung von mechanischen Verbindungsmitteln wie Buchennägeln erreicht werden kann, die nötige Flexibilität im Fertigungsprozess.

Bei diesem Ansatz werden die Buchennägel mit kontrolliertem Druck an den Verbindungsstellen eingebracht, um den Klebstoff gezielt zu aktivieren und eine stabile Klebung sicherzustellen, ohne die gesamte Konstruktion in eine Presse geben zu müssen. Auf diese Weise kann die Klebung effektiv erfolgen, während gleichzeitig die gestalterische Freiheit und die Vorteile der robotisch unterstützten Fertigung ausgeschöpft werden.

3.3.2 Fertigungsablauf der Holzstruktur

Der geplante Fertigungsprozess der TES-Holzstruktur besteht aus drei zentralen Arbeitsschritten, die von einem robotergestützten System präzise ausgeführt werden. Ein zusätzlicher Schritt umfasst die Vorbereitung der Holzlatten, die entweder direkt durch den Roboter abgebunden oder bereits abgebunden zugeführt werden müssen.

- Vorbereitung und Abbindung der Latten
- Positionierung der Latten
- Auftragen des Klebstoffs
- Mechanische Pressung und Fixierung mit Nägeln

Vorbereitung und Abbindung der Latten: Die Holzlatten, die in der Konstruktion verwendet werden, müssen passgenau abgebunden werden, um den geplanten Gitterstrukturen exakt zu entsprechen. Diese Abbindung kann entweder direkt robotergestützt erfolgen oder wird in einem vorangehenden Arbeitsschritt durchgeführt und die fertig abgebundenen Latten werden dem Roboter zugeführt. Dies stellt sicher, dass die Latten die erforderlichen Maße und Formzuschnitte aufweisen, um präzise in die Gitterstruktur integriert zu werden.

Positionierung der Latten: Im zweiten Schritt greift der Roboter die abgebundenen Holzlatten und platziert sie genau nach dem Konstruktionsplan. Dabei beginnt er mit der untersten Schicht, die die Basis der Struktur bildet. Durch die robotergestützte Positionierung wird jede Latte anhand des digitalen Modells platziert, was für die Stabilität und Passgenauigkeit der gesamten Konstruktion entscheidend ist (Testlauf, Abb. 6).
Auftragen des Klebstoffs: Sobald die Latten der ersten Schicht positioniert sind, muss der Klebstoff gezielt auf die Verbindungsstellen aufgebracht werden. Durch einen robotisch gestützten Auftrag kann die Dosierung und Platzierung des Klebstoffs kontrolliert erfolgen, sodass dieser präzise aufgetragen wird und die offene Zeit des Klebers optimal genutzt werden kann.

Mechanische Pressung und Fixierung mit Nägeln: Unmittelbar nach dem Auftragen des Klebstoffs positioniert der Roboter die nächste Latte und erzeugt durch gezieltes Einbringen von Buchennägeln einen lokalen Pressdruck an den Verbindungsstellen. Die Nägel werden unter kontrolliertem Druck eingetrieben, um die Klebeverbindung zu sichern und zu fixieren. Diese mechanische Pressung gewährleistet die nötige Stabilität der Verbindung, ohne eine großflächige Flächenpressung wie das Vakuumpressen zu benötigen. Dieser Ablauf wird für jede weitere Schicht wiederholt. Der Roboter platziert die Latten der nächsten Schicht, bringt Klebstoff auf, und sichert die Verbindungen sofort mit Nägeln, um den Pressdruck aufrechtzuerhalten.

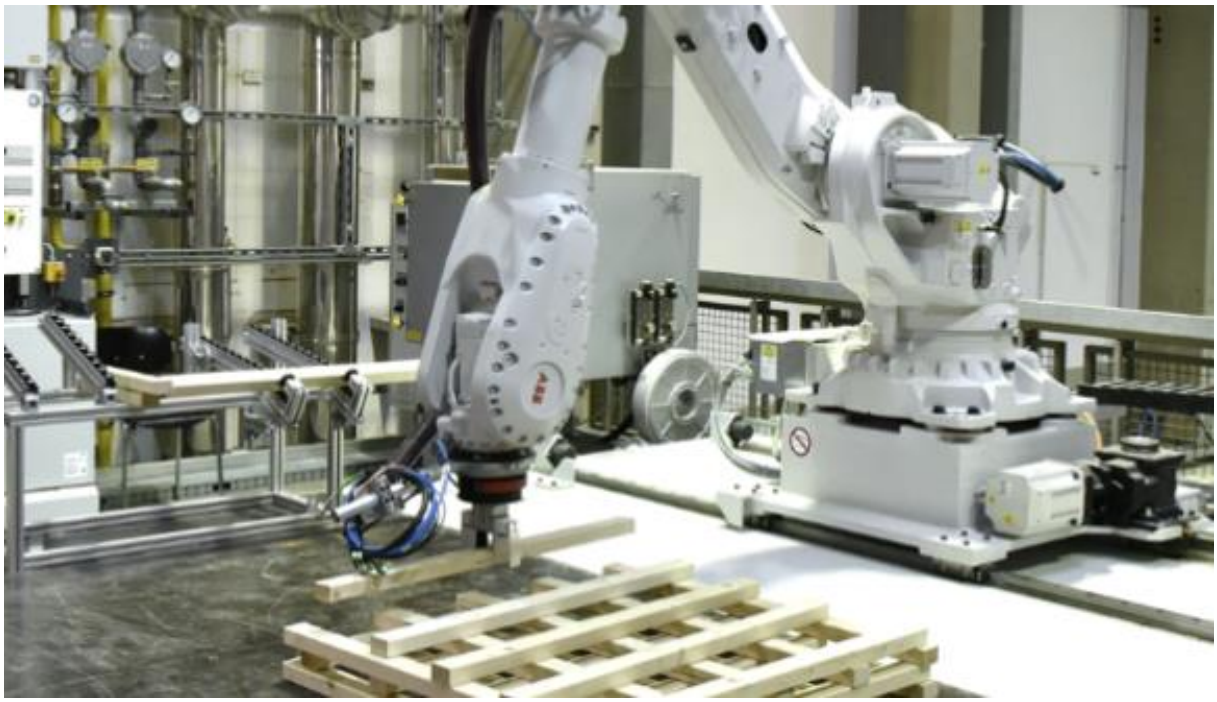


Abbildung 6: Testlauf für die Fabrikation eines Prüfkörpers mit den Abmessungen von 1.0x1.0x0.3 m mittels eines Industrieroboters im Labor der Professur für Digitale Fabrikation, TUM.

4. Forschungsziele

Die Intention des vom FNR gefördertem TES-Forschungsprojekts, eine neue innovative Lösung für die robotisch gestützte Fertigung eines ressourceneffizienten und funktionsintegrierten Deckensystems aus Holz und Lehm zu entwickeln, spiegelt sich in wissenschaftlichen und technischen Arbeitszielen des Vorhabens wider:

Konzeption und Entwicklung eines digitalen Fertigungsprozesses: Im Rahmen des Projekts soll ein innovativer digitaler Fertigungsprozess für das TES-Deckensystem konzipiert und entwickelt werden. Dieser Prozess integriert Holz- und Lehmbau, indem er robotergestützte Fertigungsmethoden nutzt, um die tragende Holzstruktur optimal auf die spezifischen Anforderungen der Lehmverfüllung anzupassen. Zudem ermöglicht der digitale Fertigungsprozess eine automatisierte Berechnung der erforderlichen Parameter, was eine präzise und maßgeschneiderte Produktion der Deckenelemente in großen Stückzahlen fördert. Ziel ist es, die Effizienz, Präzision und Wirtschaftlichkeit in der industriellen Produktion zu maximieren und gleichzeitig die Anforderungen des modernen Holzbaus zu erfüllen.

Struktureller und brandschutztechnischer Nachweis: Ebenso sollen die notwendigen strukturellen und brandschutztechnischen Nachweise erfolgen. Dafür wird die Tragfähigkeit des Systems getestet, um sicherzustellen, dass es den statischen Anforderungen für mehrgeschossige Holzbaukonstruktionen genügt. Zudem wird der Brandschutz bewertet: Ziel ist es, eine Brandwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten zu erreichen, was einen effektiven Schutz der Holzstruktur gewährleistet.

Stabilisierung des Gebäudeinnenklimas: Ziel von TES ist außerdem die Stabilisierung von Temperatur und Feuchte der Innenraumluft durch die Implementierung einer zum Raum hin exponierten Lehmverfüllung, die Temperaturausgleich durch thermische Masse und Feuchteaustausch ermöglicht und die Möglichkeit der Kernaktivierung bietet. Resultierend daraus ergibt sich eine potenzielle Reduzierung des Energieverbrauchs in der Gebäudenutzung, besonders in wärmeren Klimazonen.

Umweltschonende Herstellung und Rezyklierbarkeit: Der Lehm, welcher durch die Materialtechnologie von Oxara seine Festigkeit ausschließlich durch Trocknung und nicht durch chemische Bindung erhält, ermöglicht eine einfache Trennung der Materialien Holz und Lehm und somit eine Rückführung in den Ursprungszustand am Ende des Lebenszyklus [8]. Die tragende Holzkonstruktion soll zudem mit möglichst wiederlösbaren Verbindungen realisiert werden, um die Rückbaubarkeit und Wiederverwertbarkeit zu maximieren.

Nachweis zur Eignung und Wirtschaftlichkeit: Im Rahmen des Projekts soll die Eignung und Wirtschaftlichkeit des Systems durch eine Kombination aus digitaler Fertigungstechnologie und innovativer Materialtechnologie nachgewiesen werden. Ziel ist es, die verbesserten CO2-Bilanzen des Systems mit einer Lebenszyklusanalyse zu belegen, die eine Reduktion von 50 % im Vergleich zu herkömmlichen Bauweisen anstrebt. Der Nachweis umfasst auch die Überprüfung der Kosten-Nutzen-Relation des neuen Deckensystems, um seine Anwendbarkeit im mehrgeschossigen Holzbau zu bestätigen.

5. Ausblicke und Potenziale

Das in dem Forschungsprojekt adressierte Deckensystem bietet großes Potential der Markterweiterung und Transformation im modernen Holzbau. Besonders in den Bereichen mehrgeschossiger Bauten und Gebäude mit erhöhten Anforderungen an Brandschutz, Schallschutz und Innenraumklima eröffnet TES neue Anwendungsfelder.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Erhöhung des Digitalisierungsgrades im Bausektor, was die Effizienz steigern und den Arbeitsaufwand verringern könnte. Dies würde die Kapazitäten in der deutschen Holzbauindustrie maßgeblich ausbauen und den Einsatz von TES-Deckensystemen im industriellen Maßstab fördern. Zusammen mit den ökologischen Vorteilen des CO_2-neutralen Bauens positioniert sich TES somit als zukunftsorientierte Alternative zu Beton- und Hybridlösungen und ermöglicht zusätzlich passive Heiz- und Kühlfunktionen.

Langfristig besteht die Möglichkeit, die gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse auch auf andere Elemente zu übertragen. Eine Ausweitung des Systems auf andere Bauteile wie Wände und Dächer könnte das Potenzial des Holzbaus weiter maximieren und die Vorteile des TES-Deckensystems auf ein ganzheitliches TES-Systems ausweiten und so noch umfassender in nachhaltigen Gebäuden zur Geltung bringen (Abb. 7).



Abbildung 7: Zukunftsvision: Individualisierte Fertigung mit Holz-Lehm-Hybridsystemen, Masterarbeit Julian Trummer [5].

6. Literaturverzeichnis

[1] J. L. Blanco et al., «The next normal in construction,» Mckinsey Co., no. June, 2020

[2] B. G. De Soto, I. Agustí-juan, J. Hunhevicz, G. Habert, and B. Adey, «The potential of digital fabrication to improve productivity in construction: cost and time analysis of a robotically fabricated concrete wall,» Autom. Constr., vol. 92, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.04.004.

[3] Bigalke, Uwe, Aline Armbruster, Franziska Lukas, Oliver Krieger, Cornelia Schuch, and Jan Kunde. 2016. «Statistiken Und Analysen Zur Energieeffizienz Im Gebäudebestand.» *Dena-Gebäudereport Kompakt 2016*, 1–48.

[4] Kaufmann, Hermann, Stefan Krötsch, and Stefan Winter. 2017. *Atlas Mehrgeschossiger Holzbau*.

[5] J. Trummer, M. Schneider, M. Lechner, T. Jarmer, T. Demoulin, G. Landrou, F. Nagler, S. Winter, and K. Dörfler, „Digital Design and Fabrication Strategy of a Hybrid Timber-Earth Floor Slab» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022

[6] P. Mayencourt and C. Mueller, «Structural Optimization of Cross-laminated Timber Panels in One-way Bending,» Structures, vol. 18, pp. 48–59, 2019, doi:10.1016/j.istruc.2018.12.009.

[7] F. Volhard, Bauen mit Leichtlehm. 2013.

[8] Hestermann, Ulf, and Ludwig Rongen. 2015. *Frick/Knöll Baukonstruktionslehre 1*. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-2565-0.

Effiziente Ressourcennutzung für den Holzbau

Wolfgang Gindl-Altmutter
Institut für Holztechnologie und nachwachsende Rohstoffe/BOKU University
Wood K plus – Kompetenzzentrum Holz GmbH
Tulln, Österreich



Johannes Konnerth
Institut für Holztechnologie und nachwachsende Rohstoffe/BOKU University
Tulln, Österreich



Effiziente Ressourcennutzung für den Holzbau

1. Eine vielversprechende, aber begrenzte Ressource

Die effiziente Ressourcennutzung im Holzbau gewinnt angesichts der globalen Herausforderungen des Klimawandels und der steigenden Nachfrage nach nachhaltigen Baumaterialien zunehmend an Bedeutung. Holz, als einer der ältesten Baustoffe, erlebt eine Renaissance, insbesondere durch moderne, ingenieurtechnisch optimierte Holzprodukte wie Brettschichtholz (BSH) und Brettsperrholz (BSP). Diese Produkte bieten hervorragende mechanische Eigenschaften und tragen zur Reduktion des CO_2-Fußabdrucks im Bausektor bei, indem sie energieintensive Materialien substituieren und als langfristige Kohlenstoffspeicher fungieren. Die steigende Nachfrage nach Holz im Bauwesen, insbesondere in urbanen Gebieten, stellt jedoch eine Herausforderung für die nachhaltige Versorgung mit Rundholz dar. Basierend auf einem Scenario mit einem zukünftigen 90%igen Holzbauanteil könnte der Bedarf an Holz bis 2050 etwa 1,36 Gigatonnen Kohlenstoff (entspricht ca. 2,72 Gt Holz) pro Jahr erreichen, was die derzeitige globale Rundholzproduktion bei weitem übersteigt [1]. Um diesem Bedarf gerecht zu werden, ist eine effiziente Nutzung der verfügbaren Rohstoffe unerlässlich. Dies erfordert eine Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette, von der Holzernte, den verwendeten Holzarten über die Verarbeitungstechnologien, die Vermeidung oder hochwertige Nutzung von Kuppelprodukten bis hin zur erfolgreichen Wiederverwendung von Bauprodukten.

2. Auf welche Holzart setzten wir?

Für die überwiegende Menge der aktuell verfügbaren Holzbauprodukte werden in der Regel nur wenige Holzarten, überwiegend Nadelholzarten und dabei insbesondere Fichtenholz verwendet. Auch wenn das Interesse an der Nutzung von Laubhölzern merklich steigt, ist ihr Marktanteil nach wie vor gering. Für die Verarbeiter und Anwender sind eine ganze Reihe von Unterschieden zwischen den Baumarten relevant. Für die Forstwirtschaft auffällig ist zunächst ein typischerweise geringerer Zuwachs bei vielen Laubholzarten. Zusätzlich verfügen Laubhölzer über einen Astanteil zwischen 20-50% [2], Nadelhölzer hingegen nur 10-20% der Biomasse. Daraus lässt sich ableiten, dass zukünftig insgesamt weniger hochwertiges Stammholz verfügbar sein wird. Die für Anwender relevanten technischen Eigenschaften unterscheiden sich zwischen den Holzarten grundlegend, wie in Abb. 1 auszugsweise zu sehen ist. Die typischerweise höhere Dichte vieler Laubhölzer geht nur in wenigen Fällen mit einer proportional höheren mechanischen Leistungsfähigkeit einher. Mit Holzarten wie der Birke oder Buche werden durch die hohen mechanischen Kennwerte schlankere Bauteile ermöglicht, wohingegen die meisten anderen Laubholzer bei vergleichbarer Leistungsfähigkeit zu deutlich schwereren Bauteilen führen werden (z.B. Eichenarten). Andererseits bieten Laubhölzer spezifische Eigenschaften aufgrund ihrer Inhaltsstoffe und können beispielsweise sehr dauerhaft (z.B. Robinie) und damit auch für Außenanwendung sehr gut geeignet sein, mit dem Nachteil einer erschwerten Verarbeitbarkeit und Verklebbarkeit. Es ist daher davon auszugehen, dass es zukünftig nicht mehr die «eine» Hauptholzart geben wird, mit der alle Anwendungsszenarien zufriedenstellend abgedeckt werden können, sondern dass eine genauere Betrachtung des Eigenschaftsprofiles der verfügbaren Holzarten notwendig sein wird, um die jeweilige Holzart ihrem Potential entsprechend optimal einsetzen zu können.

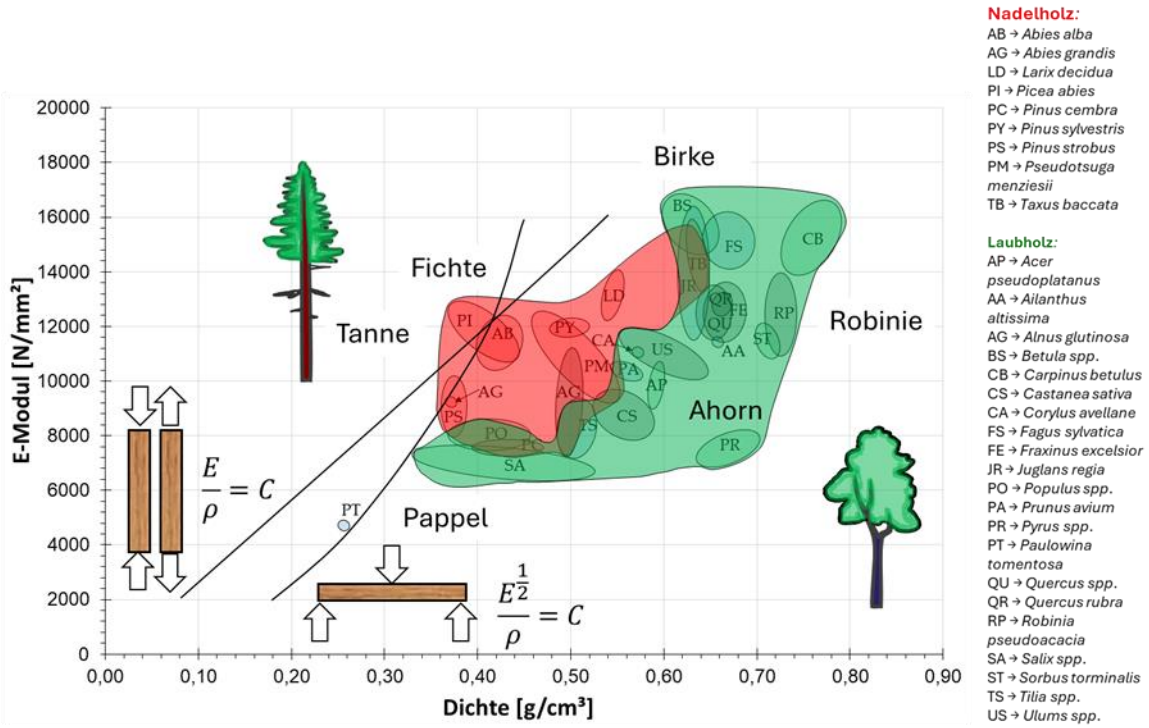


Abbildung 2: Eigenschaftsvergleich verschiedener Holzarten basierend auf fehlerfreien Probekörpern (basierend auf [3])

3. Die Vielfalt der Verarbeitungsprozesse ausschöpfen

Ein wesentlicher Aspekt der Ressourceneffizienz ist die Wahl der Verarbeitungstechnologien. Die primäre Zerlegung von Rundholz erfolgt in der Regel in Sägewerken, Furnierwerken oder über Technologien zur Herstellung von Holzpartikeln wie z.B. Strands für die Plattenwerkstoffindustrie. Jede dieser Methoden hat ihre beste Leistungsfähigkeit in Kombination mit spezifischen Rohstoffsortimenten. So ist die Säge- und Furnierindustrie auf möglichst geradschaftiges Holz angewiesen. Dennoch weisen diese Primärtechnologien geometrie- und prozessbedingt unterschiedliche Ausbeuten auf und beeinflussen damit die Ressourceneffizienz der Endprodukte erheblich. Beispielsweise bieten strandbasierte Produkte wie Oriented Strand Board (OSB) und Laminated Strand Lumber (LSL) eine deutlich höhere Materialausbeute im Vergleich zu sägewerkbasierten Werkstoffen wie BSH und BSP [3, 4] (Abb. 3), da bei letzterem als Zwischenprodukt geometrisch bestimmte Körper (Bretter) mit einer Mindestgröße hergestellt werden, die sich von der Stammform wesentlich unterscheiden. Zusätzlich fallen Sägespäne als Koppelprodukt an, die derzeit noch keine Verwendung in tragenden Bauteilen finden.

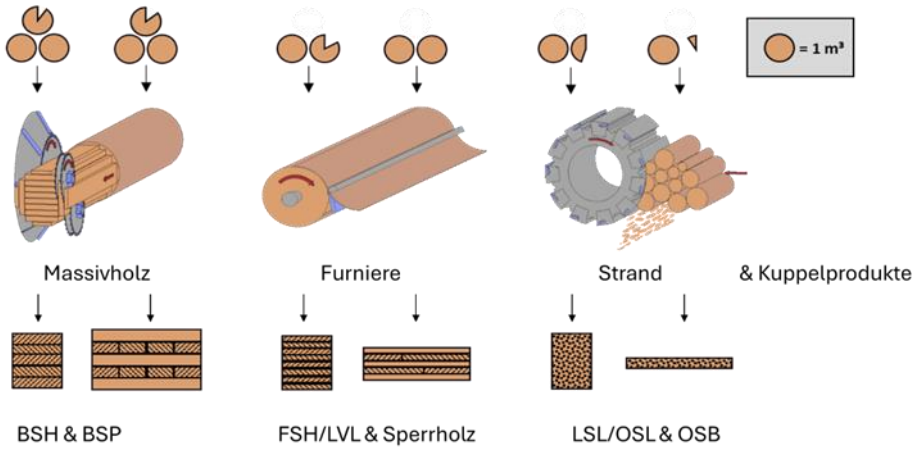


Abbildung 4: Rohmaterialbedarf für unterschiedliche Holzwerkstoffkonzepte (basierend auf [3]).

Verallgemeinert lässt sich feststellen, dass die primäre Ausbeute des Rohmaterials steigt, je kleiner die Zwischenprodukte (Brett, Furnier, Strands, Partikel) sind. Dem entgegen steht allerdings die technische Leistungsfähigkeit (Abb. 5) der daraus hergestellten Werkstoffe, sowie der Energie- und Klebstoffbedarf während der Verarbeitung. Hier sind massivholzbasierte Produkte klar im Vorteil und erreichen Elastizitätsmodule über 10GPa bereits bei geringerer Dichte als Produkte, die aus Furnieren oder Strands vergleichbarer Holzart hergestellt wurden. Damit muss die geringere mechanische Leistungsfähigkeit mit höherem Materialeinsatz kompensiert werden. Die für die Strandherstellung verwendeten Rohholzsortimente wiederum haben deutlich geringere Anforderungen an die Qualität und Durchmesser und können so Sortimente verarbeiten, die in Sägeprozessen nicht wirtschaftlich verarbeitet werden könnten, bzw. derzeit vor allem zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Interessant ist auch die Möglichkeit prozentuale Mischungen von Holzarten einzusetzen, mit denen die Eigenschaften gezielt eingestellt werden können, was bei Massivholzprodukten meist nur lageweise sinnvoll erscheint.

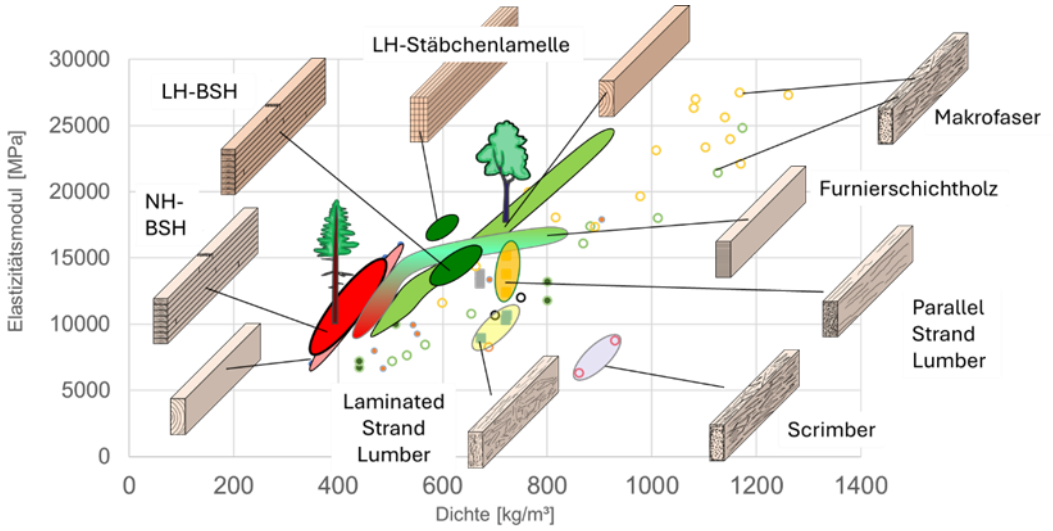


Abbildung 6: Eigenschaftsvergleich von verschiedenen Holzwerkstoffen (basierend auf [5])

Um den steigenden Materialbedarf bedienen zu können, ist daher nicht eine bestimmte Technologie alleinstehend zu bevorzugen. Die Möglichkeiten die Technologien nebeneinander einzusetzen, lässt eine zukünftig breitere Rohholzpalette für die Herstellung von leistungsfähigen Holzwerkstoffen zu. Idealerweise führt aber die Kombination von Technologien zur deutlich verbesserten Ausnutzung der eingesetzten Ressourcen. So könnte beispielsweise der Außenbereich von Stämmen in Sägeprozessen anstatt zu Hackgut zu Strands und damit weiter zu langlebigen Bauprodukten verarbeitet werden und dennoch das wertvolle Schnittholz mit all seinen Vorteilen für bestehende Massivholzprodukte Verwendung finden. Insgesamt würde sich damit die Rohmaterialverwendung hinsichtlich höherwertiger Nutzungen verschieben, sodass der Bedarf an nachhaltigen Baumaterialien auch zukünftig gedeckt werden kann.

4. Ultrafestes Holz für Spezialanwendungen

Holz besticht durch seine hervorragenden Werkstoffeigenschaften, insbesondere das günstige Verhältnis zwischen geringer Dichte und guter Tragfähigkeit [5]. In absoluten Zahlen bleibt Holz aber beispielsweise in Bezug auf die Festigkeit hinter Konkurrenzwerkstoffen wie Stahl, Aluminium, oder Faserverbundwerkstoffen zurück. Um Holz an die Leistungsfähigkeit dieser Materialien heranzuführen und somit neue Anwendungsfelder zu erschließen, hat sich die Verdichtung als geeigneter Weg erwiesen. In bereits länger etablierten Verfahren wird Holz dazu bei erhöhter Temperatur und Feuchte quer zur Faser verdichtet, wodurch die Festigkeit und Steifigkeit proportional zur Dichtezunahme steigen (Abb. 4) [6]. Die somit erreichbaren Maximalwerte für die Zugfestigkeit bei Verdichtung auf Werte nahe der reinen Zellwanddichte von 1,5 g cm^{-3} liegen bei rund 300 MPa. Neuere Veröffentlichungen zeigen aber, dass eine teilweise Extraktion vom Zellwandsubstanzen und nachfolgende Verdichtung zu überproportionalen Festigkeitssteigerungen führen kann. Die Holzzellwand besteht zu ca

50 % aus Zellulose, deren Festigkeit und Elastizitätsmodul auf 4-6 GPa bzw. 130-150 GPa geschätzt werden [5]. Werden nun die mechanisch deutlich weniger festen Zellwandpolymere Lignin und Hemizellulose teilweise oder ganz extrahiert, steigt der relative Zelluloseanteil und somit die erreichbare Festigkeit stark an. Zudem führt die Extraktion zu einer Plastifizierung der Zellwand, welche die Verdichtung erleichtert. Im Endergebnis liegen bei so behandelten kleinen fehlerfreien Proben die Höchstwerte des Elastizitätsmoduls bei ~50 GPa und der Zugfestigkeit bei > 500 MPa [7]. Insbesondere für Laubholz eröffnen solche Verfahren neue Anwendungsperspektiven, da diese Holzarten im Vergleich zu Nadelhölzern chemisch leichter aufschließbar sind und Extraktionen von Zellwandpolymeren teilweise mit sehr schonenden Verfahren durchführbar sind. So können beispielsweise bei Birke die Festigkeit und der Elastizitätsmodul auf 450 MPa bzw. 50 GPa gesteigert werden [8]. Verbindet man das Verdichtungsverfahren mit der Imprägnierung durch ein Duroplastharz, sind hochverdichtete Formteile realisierbar, die auch unter Feuchtebelastung stabil bleiben.

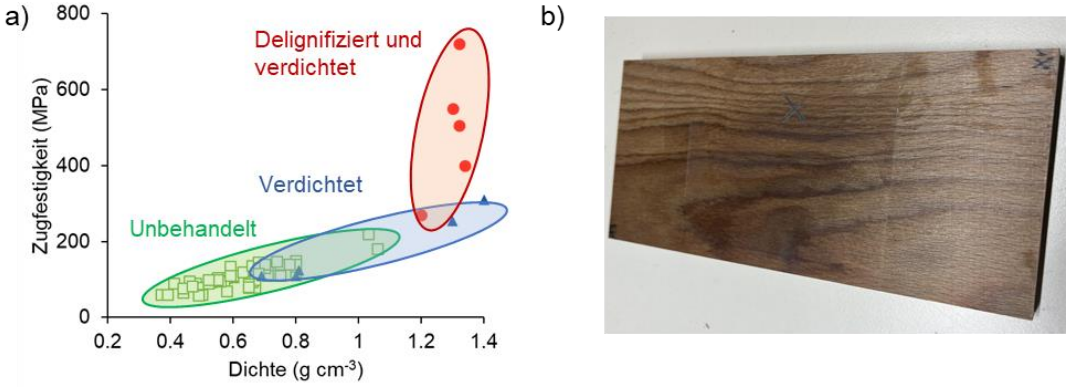


Abbildung 4: a) Variabilität der Zugfestigkeit kleiner fehlerfreier Holzproben mit und ohne Verdichtung (basierend auf [5], b) hochfestes, extrahiertes, verdichtetes und imprägniertes Laminat aus Birkenfurnier

5. Rinde als hochwertiger Rohstoff

Der weitgehende Ersatz nicht-nachhaltiger Materialien durch biobasierte Alternativen ist das Ziel einer holzbasierten Bioökonomie. Um dieses Ziel erreichen zu können, sind technische Lösungen erforderlich, welche die Bereitstellung geeigneter Produkte mit konkurrenzfähigen Eigenschaftsprofilen ermöglichen. Hierbei ist die Holzindustrie bereits auf einem sehr guten Weg. Ein Mehr an holzbasierten Produkten erfordert allerdings auch ein Mehr an verfügbarem Rohstoff. Um diese zusätzlich erforderliche Rohstoffmenge zur Verfügung stellen zu können, wird es einerseits nötig sein, den aktuell großen Anteil des Holzaufkommens (ca. die Hälfte bis zu zwei Drittel) zu vermindern, der je nach Betrachtungsweise direkt oder indirekt der energetischen Verwertung zugeführt wird, ohne jemals ein hochwertiges Produkt dargestellt zu haben. Insbesondere Sägenebenprodukte sind in dieser Hinsicht herausfordernd. Eine spätere energetische Verwertung nach idealerweise mehreren Produktzyklen bleibt dennoch wünschenswert. Andererseits müssen neben dem sägefähigen Rundholz auch jene Biomasseanteile wie Äste oder Rinde genutzt werden, für die es aktuell keine hochwertigen Verwertungsoptionen gibt. Wenn man annimmt, dass ca. 10% der geernteten forstlichen Biomasse Rinde sind (https://www.bfw.gv.at/bemessung-rindenabzug-rundholz/) und von einer durchschnittlichen Trockendichte von 400 kg/m³ ausgeht, beträgt das jährliche Rindenaufkommen in Österreich rund 1,8 Mio Tonnen. Rinde ist chemisch heterogener als Holz, wobei der Zelluloseanteil etwas geringer ist, aber ein hoher Anteil an verwertbaren Extraktstoffen, z.B. Gerbstoffe und Antioxidantien vorliegt [9]. Neben einer chemischen Nutzung ist aber auch das Potential von faserigen Materialien aus Rinde nicht zu unterschätzen. Eigene Untersuchungen zeigen, dass eine Vielzahl von Werkstoffen, von Rindenpapier über Faserplatten bist zu Rindenfaserdämmstoffen (Abb. 5), mit geeigneten Technologien realisiert werden könnten. Auch hier spricht nichts dagegen, Produkte aus Rinde nach dem Ablauf ihrer Nutzungszeit thermisch zu verwerten, um die verfügbare Basis für Energie aus Biomasse nicht zu schmälern.

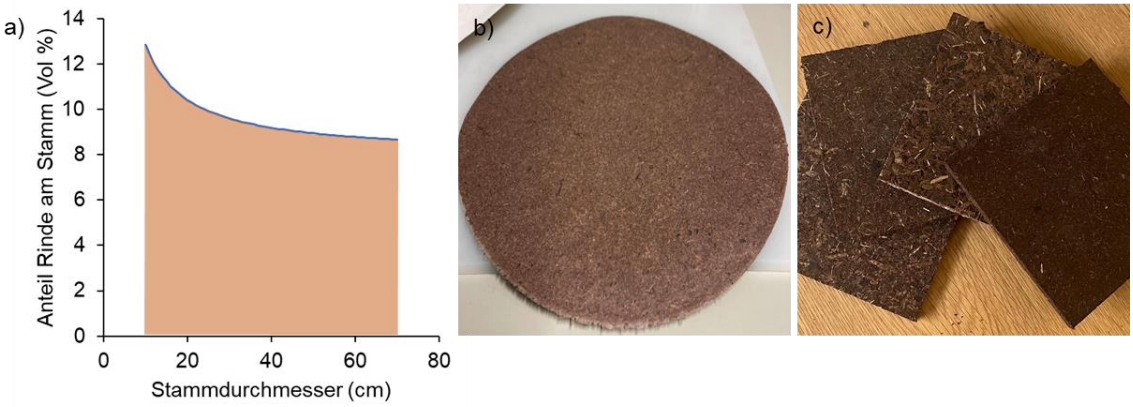


Abbildung 5: a) Volumenanteil der Rinde am Stamm von Fichtenrundholz (basierend auf https://www.bfw.gv.at/bemessung-rindenabzug-rundholz/), b) Papierblatt aus Rindenfasern, c) Plattenwerkstoffe aus verschiedenen Rindenfraktionen

6. Literaturverzeichnis

[1] G. Churkina et al., «Buildings as a global carbon sink,» Nature Sustainability, vol. 3, no. 4, pp. 269-276, 2020/04/01 2020, doi: 10.1038/s41893-019-0462-4.

[2] T. Nenning et al., «Variability of mechanical properties of hardwood branches according to their position and inclination in the tree,» Construction and Building Materials, Article vol. 419, 2024, Art no. 135448, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135448.

[3] M. Pramreiter et al., «A review of the resource efficiency and mechanical performance of commercial wood-based building materials,» Sustainable Materials and Technologies, Review vol. 38, 2023, Art no. e00728, doi: 10.1016/j.susmat.2023.e00728.

[4] M. Pramreiter, T. Nenning, L. Malzl, and J. Konnerth, «A plea for the efficient use of wood in construction,» Nature Reviews Materials, Note vol. 8, no. 4, pp. 217-218, 2023, doi: 10.1038/s41578-023-00534-4.

[5] M. Jakob et al., «The strength and stiffness of oriented wood and cellulose-fibre materials: A review,» Prog. Mater. Sci., Review vol. 125, 2022, Art no. 100916, doi: 10.1016/j.pmatsci.2021.100916.

[6] J.P. Cabral et al., «Densifcation of timber a review,» J. Wood Sci. vol. 68, 2022, Art no. 20, doi: 10.1186/s10086-022-02028-3.

[7] J. Song et al., «Processing bulk natural wood into a high-performance structural material,» Nature vol. 554, 2018, 224–228, doi: 10.1038/nature25476.

[8] M. Jakob et al., «Mechanical performance related to chemical variability in differently pre-treated and densified birch wood,» ACS Sus. Chem. Eng. doi: 10.1021/acssuschemeng.4c07642

[9] Z. Pasztory et al.; «The utilization of tree bark,» Bioresources vol. 11, 7859-7888, doi: 10.15376/biores.11.3.

Epilog

Der Holzbau ist zurück auf der Weltbühne internationaler Events

Timber in buildings and equipment's for Paris olympic games 2024

Georges-Henri Florentin
Honorary General Engineer of Bridges, Water and Forests,
secretary of the Forestry and Wood Sector section of the France Academy of Agriculture,
president of France Bois 2024
Toulon, France

Timber in buildings and equipment's for Paris Olympic Games 2024

1. Summary

In September 2017, France won the organization of the Paris Games. In 2018, the Strategic Committee of the Wood Sector decided to make it one of its two structuring projects. The objective is to create «exemplary wooden buildings and equipment, using 50% french wood». In summer 2018, France Bois 2024 was created, a light project structure responsible for implementing this collective project. All the technical and economic results and innovations are offered to all to prepare for the decarbonized transition of French construction in the 21st century. The results of six years of actions presented here and in the book «2024, wood on the podium to decarbonize construction» published by Les Halles. It shows that it is possible.

2. Genesis of an ambitious project

In September 2017, France won the organisation of the Paris 2024 Games. The application was accepted with the aim of making them the first low-carbon games of modern times.
In the spring of 2018, the board of the strategic committee of the Wood Sector and the board of oresidents of France Bois Forêt followed me on the media opportunity to promote wood construction through this event. After our winter games in Albertville (1992) where wood was used (edge of the bobsleigh track, masts and 16 footbridges) came the experience of the winter games in Lillehammer in February 1994, considered to be the first «green games» in terms of impact on nature (6 prizes for environmental protection awarded in London in June 1994). Thirty years earlier, the Norwegian timber forestry industry had therefore made the Winter Games a showcase for its culture and its progress in wood construction (Hakon hall, the longship building of the Hamar Olympic Centre for figure skating, bobsleigh track, etc.).

The sector presidents Luc Charmasson, Cyril Le Picard and Michel Druihle therefore adhered to the idea and transformed it into one of the two structuring projects of the 2019-2022 Strategic Sector Contract.

The objective is to create «exemplary wooden buildings and equipment, using 50% French wood». In the summer of 2018, we created France Bois 2024, of which they entrusted me with the volunteer presidency. The structure is light. Marie Jorio, engineer and urban planner, participates, as well as Manuella Arnold, Patricia Desmerger and Sarah Laroussi who assist us in particular on communication issues with the CNDB (National Committee for the Development of Wood). Collective financing is provided jointly by France Bois Forêt and by CODIFAB (Committee for the Development of the French Furniture and Wood Industries). A steering committee is set up, responsible for validating decisions and expenditure commitments.

Rather than choosing the Olympic motto («stronger, further, higher»), aware that «wood construction» is based on the principle of mixed materials, we prefer to retain the Olympic values as our motto: «Excellence, friendship, respect».
Very quickly we designed our logo which will be granted to us by the OCOG (PARIS 2024) for the duration of the games, until 2025.

Equipped with its coat of arms and its motto, the small commando can embark on the accomplishment of its mission. This mission is intended to be in the general interest and not in the commercial interest. We activate the necessary technical, economic and legal skills as needed. All our results are made available in self-service on our website: www.francebois2024.com. They will return to the sector at the end of the operation.

3. The Main Axes Of The Project



Figure 1: French demand for wood in buildings (Source: CSA spring 2021 survey for the wood industry).

To make the games a demonstrator of the capacities and assets of the wood industry as well as a laboratory for the massification of wood construction acclaimed by our fellow citizens (CSA spring 2021 survey), we have chosen the following main lines of action in a very constrained context in terms of deadlines, costs and competition:

1) Mobilize our professionals by bringing them together with the appropriate tools, to inform them of the issues, deadlines and channels for being present in the consultations that are underway.

2) Supporting decision-makers: the Société de Livraison des Ouvrages Olympiques (SOLIDEO). Very quickly, their support was acquired by its Director General Nicolas Ferrand.This is also the case for the Organising Committee of the Olympic Games (OCOG): Paris 2024 with Benjamin Levêque. We assisted them in the development of their projects as well as by regularly sharing information throughout the preparation period and the realization of these games. We are also in very close contact with the Interministerial Delegation for the Paris Olympic Games (DIJOP), which will provide us with continuous support through its delegate, the prefect Michel Cadot.

3) To support free of charge and collectively the companies that embark on this adventure in accordance with the objectives of the mission. This is the case of our exchanges with Christophe Veau-Cahon of GL Events, whose listening and choice of structural material for the «Grand Palais Éphémère» we salute, after having provided him with the elements of choice between wood and steel in particular.

4) Produce the technical documents for the success of building permits (fire risk document prepared by ADIVBOIS and distributed under the France Bois 2024 stamp) and then studies and construction sites (France Bois Traceability documents; design guides with a view to the necessary technical opinions: wooden façade supports, showers without protrusions on wooden supports; construction notebooks for non-wood companies, etc.). Provide the necessary training for works supervisors of non-timber companies.

5) Promote the results and draw lessons from them.

6) Communicate all the documents produced and ensure their legacy, including a book, for the forestry and wood sector at the end of the mission.

If it is confirmed that the 2030 Winter Olympics will be held in the French Alps, we hope that their wooden achievements will further strengthen the interest of our fellow citizens in this beautiful material.



Figure 2: The ephemeral «Grand Palais» not far from the Eiffel Tower (photo by the author).

4. The legacy of the project

4.1. Traceability, a supply chain issue

Wanting to achieve the least carbon-intensive games of modern times, SOLIDEO and Paris 2024 have demanded, following our recommendations, that 100% of the wood used for the Games come from sustainably managed forests and include 30% French wood. The timber industry, for its part, has set itself a target of 50%. The tools implemented to ensure compliance with these requirements are voluntary certification, labels and traceability.

Since the end of the thirteenth century in France, an administration whas decided for overseeing the management of forests, particularly for royal forests: the «ordinance of Philip IV the Fair» of 1291 established the masters of «Water and Forests»; it was completed in 1346 by a first regulation prefiguring the Forest Code, the «Brunoy Ordinance» by which Philip VI of Valois entrusted foresters with a mission of protection so that these forests «can perpetually maintain themselves in good condition». The stakes have evolved with the industrial revolution and, more recently, societal and international demand. The regulations have been expanded accordingly. Certifications (PEFC, FSC®) and quality labels, such as Bois de France, have been created to guarantee the respect, over time, of the three economic, social and environmental values of the forest.

NB: Voluntary certification in France is governed by the Consumer Code. It consists of having an independent and accredited certification body validate the fact that an organization, a process, a service or a product complies with a pre-established reference system that is not linked to a regulation. This conformity assessment process results in the issuance of a written assurance (the certificate). The label is a mark that guarantees compliance with a reference framework of good practices by the actors of an economic sector, with or without external control. Traceability is a process that aims to identify the origin and reconstruct the journey of a product, from its production to its delivery.

4.2. The France Bois Traceability approach

To support the ambitious approach of the timber and construction sector and to strengthen it, France Bois 2024 has created «France Bois Traçabilité» which brings together the PEFC®, FSC® and Bois de France labels under joint audits by the FCBA technological institute. It is the first tool to guarantee the origin of wood from sustainably managed French forests processed in France.

Carrying out joint audits by the FCBA in companies is the culmination of a profound collective reflection process. The idea was to reduce their costs and promote the approach. This provision was approved for the Games by the PEFC® and FSC® administrators at the beginning of our discussions on traceability.

4.3. The limits of experimentation

It is a pity that the consultations launched by the teams of financiers and developers did not prescribe, from the launch of the operations, the use of France Bois Traçabilité to certify the percentages of wood from sustainably managed forests, on the one hand, and French wood, on the other hand (We had written to SOLIDEO in July 2020 to try to better promote the label).

Experimentation has therefore been limited. But it has made it possible to make people think about the notion of traceability in the sector, to draw attention to short circuits through the use of French wood, to create links between certifiers, to partially develop some elements of methodology for the future and to define a communication label.

Several wood builders have decided to increase their share of French wood (Mathis, for example) but also major construction companies. For example, Bouygues Bâtiment France Europe has committed to including 30% French wood in its projects since 2021, with the aim of increasing this share to 50% by 2025. And Bouygues Île-de-France has set itself significantly increased timber construction targets (30% by 2030, after having already gone from 3% timber construction in all its projects to 15% by the end of 2022).

4.4. A technological necessity and opportunities

As a legacy, France Bois 2024 bequeaths the «France Bois Traçabilité» tool to the French forest-wood sector in order to support its environmental and industrial ambitions. This system will also allow it to comply with the European Union's Timber Regulation and Deforestation Regulation (EUBR and EUDR) with the least possible difficulty. These obligations are planed to come into force on 30 December 2024 initially for exports and for SMEs from 30 June 2025, in principle. Il will be probably postponed.

For the players in the French forestry and timber sector, for local authorities and companies, initiating a traceability approach is the assurance of mastering it and of making its wood purchases part of a responsible and ethical framework on the economic, environmental and social levels. Modern tracking technologies («blockchain», from finance) also bring the reliability and power of digital technology to this process, to simplify the journey. It's up to our professionals to seize it. This is our dearest wish.

The heritage book: «2024, wood on the podium to de-carbonise construction»

In addition to providing our professions with technical documents, including technical advice guides on innovations such as wooden façade supports and showers without protrusions on wooden floors for the para-thletes carried out with the CSTB (Scientific and Technical Centre for Building), FCBA (Technological Institute for Forestry, Wood-Construction, Cellulose, Furniture) and professionals, a database of photos and five films, A 130-page heritage book illustrated with the main photos of the works is produced thanks to 39 authors who have personally participated in this human adventure. The majority of the key players in the success of the project are present: the interministerial delegate for the Olympic Games and the Minister of Agriculture, a number of sawyers, lamellists, manufacturers of CLT (Cross Laminated Timber), architects, builders and journeymen carpenters.



Photo of the cover of the book «2024, wood on the podium to decarbonize construction».

5. Outline of some results

By the end, the operation will have removed a number of obstacles for timber construction. The participation of the partner «SOLIDEO» in the scientific committee has prevented the consultations from adopting unrealistic constructive procedures or prescriptions or economic deadlocks. This is also the case for the building permits for the Olympic Village in Seine-Saint-Denis, with the publication under the France Bois 2024 stamp in March 2020 of the notes for the fire safety of multi-level wooden buildings, which allowed the structures to be made of wood up to 28 meters. By sharing referenced technical solutions via the Industrialists' Club in partnership with ADIVbois (launch in September 2019). By having technical studies and diagnostics carried out, responses to calls for tenders have been made more reliable (Dugny footbridge with FCBA, summer 2020).
Other pooling activities have helped to remove obstacles and contribute to these results:

- to inform companies in the sector of the markets relating to the Olympic Games via the website, newsletters, webinars and conferences;
- organize or participate in meetings between clients, manufacturers and companies in the sector;
- promote the progress of projects at the various trade fairs (FBC, Batimat, Sibca, CIB, etc.);
- develop fitting, furnishing and event solutions;
- in connection with the «Canals / ESS 2024», and with the «CNDB», to gather, encourage and raise awareness of wood solutions for ephemeral structures and developments[1] ...

These actions will have made it possible to increase the share of wood in the buildings and equipment of the Olympic Games (around 28% compared to around 8% in construction in 2018). In terms of results on the traceability of the origin of the wood, even if the data are not all equally reliable, the results speak for themselves: in the Olympic village, 65% of the wood used is of French origin (75% for the structures). Thirty thousand tonnes of carbon equivalents stored for at least 50 years in buildings. 100% of the housing buildings of less than 28 meters in the Olympic and Paralympic Village (VOP) are made of wooden structures. More than 40,000m3 of wood processed in total with the equipment. 200 million euros in turnover for the sector, i.e. the work of 1,200 employees in the sector over one year...
Who would have imagined this result when the action was launched?

«As a book, one CAO's caten of Olympic games, is a tree teatching to forest: there's a life after death.»

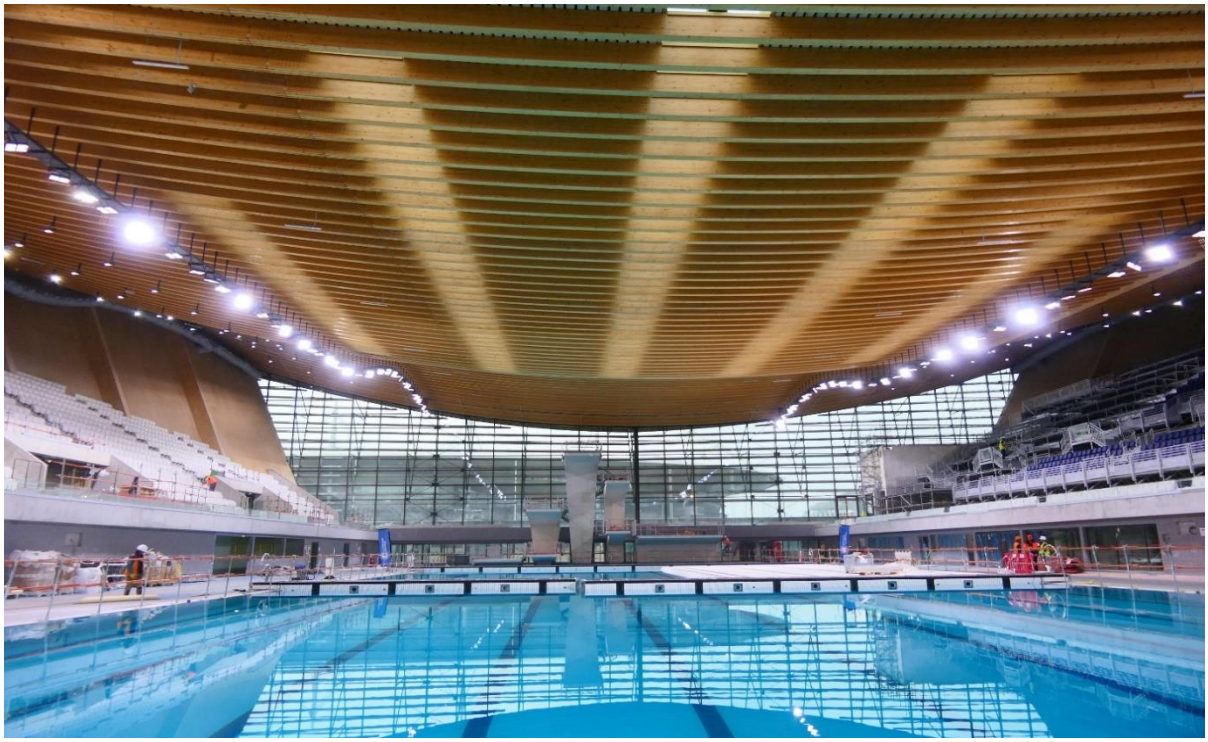


Figure 3: 3D representation of the Paris Olympic Aquatics Centre (©Paris 2024).

«A catena at the Olympic Aquatics Centre, like a book, is a tree that will tell the forest that there is still life after death.»

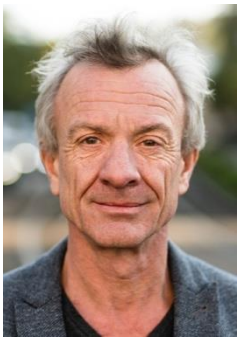


Figure 4: The representation of wood in the Paris Olympic Games.

[1] https://www.francebois2024.com

Holzbau als Leitmotiv der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart

Andreas Hofer
IBA'27
Stuttgart, Deutschland



Holzbau als Leitmotiv der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart

100 Jahre nach dem Bau der ikonischen Weissenhofsiedlung auf dem Stuttgarter Killesberg soll die Internationale Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart (IBA'27) erneut einen Meilenstein für die Zukunft des Bauens setzen. Während es 1927 darum ging, der modernistischen Avantgarde ein Schaufenster zu bieten, haben wir es heute mit anderen Prozessen und inhaltlichen Fragen zu tun. Gleichwohl fasziniert die Getriebenheit, mit der eine junge Generation von gegen 20 Architekten unter der Regie von Mies van der Rohe das radikal Neue zeigte und in der heute unvorstellbar kurzen Zeit von einem Jahr vom Gemeinderatsbeschluss bis zur Eröffnung der Ausstellung umsetzte. Auch Themen wie industrielles und serielles Bauen, Bezahlbarkeit, Gesundheit und die Frage nach der «richtigen» Wohnform für eine Gesellschaft im Wandel müssen heute, gleich wie vor hundert Jahren gestellt werden.

Als vor zehn Jahren die Idee auftauchte, das Weissenhof-Jubiläum als Anlass für eine weitere Bauausstellung zu nehmen, drehten sich die Diskussionen um erwartete strukturelle Veränderungen in der Automobilindustrie. Die absehbare Umstellung auf die Elektromobilität verlangt umfassende Änderungen der produktiven Prozesse, wird aber weit über die Fabrik hinaus wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen haben. Dazu kommt, dass das Produkt Automobil Teil einer Mobilitätskultur ist, die deutsche Städte beim Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg geprägt hat und nun zu einer Belastung und Herausforderung geworden ist. Auf dem Weg in die Stadt der Zukunft müssen sich die Mobilität und die Häuser verändern. Beide Bereiche zusammen sind die wichtigsten Verbraucher von fossiler Energie und somit die größten Treiber des Klimawandels.

Die Initiierung des Architektur- und Städtebauprojekts Internationale Bauausstellung war also auf Engste mit strukturellen Zukunftsfragen der Region verknüpft. Während zehn Jahren (2017 bis 2027) soll die IBA beispielhaft Transformationsprozesse initiieren und begleiten und im Ausstellungsjahr mit gebauten Beispielen präsentieren. In einem anhaltenden Boom in der Bauwirtschaft und angesichts des Reichtums der Region wurde die IBA'27 – im Gegensatz zu anderen IBAs wie zum Beispiel der IBA-Emscherpark im Ruhrgebiet um die Jahrtausendwende – bewusst nicht mit Investitionsmitteln ausgestattet. Sie sollte im Moment der wirtschaftlichen Stärke Zukunftsfelder öffnen. Diese Strategie hieß präemptiver Strukturwandel. Anfang 2018 wählte der Aufsichtsrat, der für diesen Zweck von Region, Stadt, den Universitäten und Berufsverbänden in Stuttgart gegründeten und für zehn Jahre finanzierten GmbH den Zürcher Architekten Andreas Hofer zum Intendanten und Geschäftsführer. Die enge Verknüpfung mit strukturpolitischen, wirtschaftlichen und technologischen Fragen nutzte die IBA, um ein ambitioniertes Zielbild für die IBA-Projekte (derzeit 29) zu formulieren und ein weites Netzwerk (derzeit etwa 100 Vorhaben) zwischen Projektentwicklung, Forschung, Politik und Bauindustrie aufzubauen.

Da die IBA nicht ein definiertes Bauprogramm umsetzt, sondern situativ auf planerische Herausforderungen und bauliche Projekte in der Region reagiert, gibt ihr Portfolio ein eindrückliches Bild der Problemlagen und Potentialräume. Die Bauwirtschaft steht offensichtlich vor fundamentalen Veränderungen, deren Auswirkungen sich zurzeit noch nicht in allen Aspekten fassen lassen. Bevor wir uns konstruktiven und bautechnischen Fragen zuwenden, soll dieser größere Rahmen skizziert werden. Technologie soll Probleme lösen und nicht Selbstzweck sein.

1.1. Klimawandel, CO2-Reduktion und Klimaadaption

Obwohl seit Jahrzehnten in verschiedenen Facetten diskutiert und obwohl mit Energiegesetzen, Einsparverordnungen und Standards teilweise schon Maßnahmen ergriffen wurden, der Klimawandel, seine Eindämmung und die Anpassung an seine Folgen bestimmen das Handeln der nächsten Generation. Dabei rücken neben den Verbräuchen im Betrieb zusehends die Emissionen bei der Erstellung – die graue Energie der Baumaterialien und Bauprozesse in den Vordergrund. Abgesehen davon, dass diese bei energieeffizienten Gebäuden die Dimension der gesamten Betriebsenergie über die Lebensdauer erreichen, fallen sie jetzt an, sind also unmittelbar klimarelevant. Steigende Temperaturen und dramatische Veränderungen der Niederschlagsmuster verlangen einen tiefgreifenden Stadtumbau. Die grün/blaue Infrastruktur spielt dabei eine zentrale Rolle. Entlastungen beim Wärmebedarf sind durch steigende Durschnittstemperaturen absehbar, es gilt allerdings zu verhindern, dass steigende Kühllasten diese kompensieren. Einfache und passive Strategien der baulichen Klimaresilienz müssen entwickelt und schnell umgesetzt werden.

1.2. Demografie, älter werdende Gesellschaft, Fachkräftemangel und Migration

Das quantitative Versorgungsproblem, das in erfolgreichen Städten zu chronischem Wohnungsmangel und stark steigenden Preisen führt, lässt sich nicht lindern, ohne Wohnungstypologien, die Immobilienökonomie, Fördersysteme und städtebauliche Bilder in Frage zu stellen. Die gestiegenen Preise und Finanzierungskosten zwingen zu Effizienz- und Suffizienzstrategien, die zumindest einen Teil der bestehenden Flächen freispielen. Daniel Fuhrhop schätzt diese Potentiale so groß ein, dass Neubau auf absehbare Zeit gar nicht nötig ist [1]. Stark steigende Angebotsmieten und Trägheitseffekte im Wohnungsmarkt verhindern aber, dass die Anpassung der Wohnflächen an den individuellen Bedarf schnell erfolgt. Unabhängig von der Entwicklung im Neubausegment, können selbst die nötigen Umbauten des Bestands mit den verfügbaren Arbeitskräften nicht bewältigt werden. Überdies sind hier die Baukosten eine noch größere Herausforderung. Umfassende Erneuerungen können mietrechtlich nicht ausreichend auf die Mieten umgelegt werden oder sie führen zu massiven Preissteigerungen mit den entsprechenden Verdrängungseffekten.

Eine Politik, die Migration als Strategie gegen den Fachkräftemangel im gesellschaftlichen Konsens gestalten könnte, ist nicht absehbar und würde zu einem noch stärkeren Druck auf den Wohnungsmarkt führen. Somit bleibt eigentlich nur, Bauprozesse effizienter zu gestalten und digitale und roboterisierte Techniken auf die Baustelle zu bringen.

1.3. Stadtplanung, Mobilität und die Auflösung der fordistischen Stadt

Bevölkerungswachstum, steigende Flächenansprüche, eine Differenzierung der Funktionen in Gebäuden und Baugebieten und die in der Folge notwendige Infrastruktur haben dazu geführt, dass das in Europa in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts verbaute Volumen größer ist als der über Jahrhunderte gewachsene Bestand. In den stark wachsenden Ländern des Mittleren und Fernen Ostens sind die Bauvolumen schwindelerregend und in Afrika werden sie es in den nächsten Jahrzehnten sein. Dieses Wachstum pulverisiert Effizienzgewinne und treibt die Wirtschaft und die Umwelt an Kapazitätsgrenzen. Uns fehlen die Ressourcen für ein weiter so. Eine IBA kann diese globalen Probleme nicht lösen, muss aber in ihrem begrenzten Raum zukunftsfähige Strategien exemplarisch nachweisen. Im Falle der Region Stuttgart heißt dies: Innenentwicklung vor Außenentwicklung, Funktionsmischung und Flexibilität, Ressourceneffizienz und Minimierung der CO2-Emissionen, kurze Wege und neue Formen der Mobilität.

[1] Daniel Fuhrhop: Verbietet das Bauen! – Streitschrift gegen Spekulation, Abriss und Flächenfraß. ISBN: 978-3-96238-194-3, Oekom Verlag, 2020

2. Das IBA'27-Portfolio als Spiegel aktueller Herausforderungen

Die 29 IBA'27-Projekte bilden nicht einen Querschnitt des aktuellen Bauschaffens ab, sondern sind einerseits eine positive Selektion von Bauträgerschaften, die sich mit Zukunftsfragen beschäftigen möchten und andererseits besonders herausfordernde Projekte, bei denen sich Bauträgerschaften durch die Unterstützung der IBA'27 eine erhöhte Realisierungschance versprechen. Gleichwohl erstaunt, wie viele Gemeinsamkeiten die Projekte verbinden und wie ähnlich die Herausforderungen und Fragestellungen sind. Nach der Einreichung der Vorhaben bei der IBA'27, die seit 2018 laufend und ohne Einsendefrist erfolgt, finden Gespräche über den geplanten Prozess, die angestrebten Ziele und den Realisierungszeitraum statt. Ein IBA'27-Projekt sollte sich in jeder Beziehung ausgesprochen ambitioniert mit sozialen, ökologischen und ökonomischen Fragen auseinandersetzen, in einem transparenten Prozess entwickelt werden, mit wettbewerblichen Verfahren seine architektonische Form finden und zumindest in Teilen bis im Jahr 2027 realisiert sein. Die Projektpartner vereinbaren diese Eckpunkte mit der IBA'27 in einer Kooperationsvereinbarung. Nach einem positiven Gutachten durch das Kuratorium der IBA'27 beschliesst der Aufsichtsrat der IBA'27 die Projekte.

2.1. Transformation von Wohn- und Arbeitsgebieten

Alle 26 IBA'27-Projekte in der Region Stuttgart beschäftigen sich auf unterschiedliche Weise mit Transformation. Dies kann ein peripheres, in die Jahre gekommenes Wohngebiet sein, in dem zeitgemässer, barrierefreier Wohnraum fehlt, ein Gewerbegebiet, in dem es an freiräumlicher Qualität mangelt, ein Industriedenkmal oder ein Großklinikum, das eine neue Funktion sucht. In all diesen Fällen stellt sich die Frage nach der angemessenen Dichte, nach dem Umgang mit dem Bestand, der energetischen Versorgung und der ökologischen und freiräumlichen Qualität der ergänzenden Bauten.

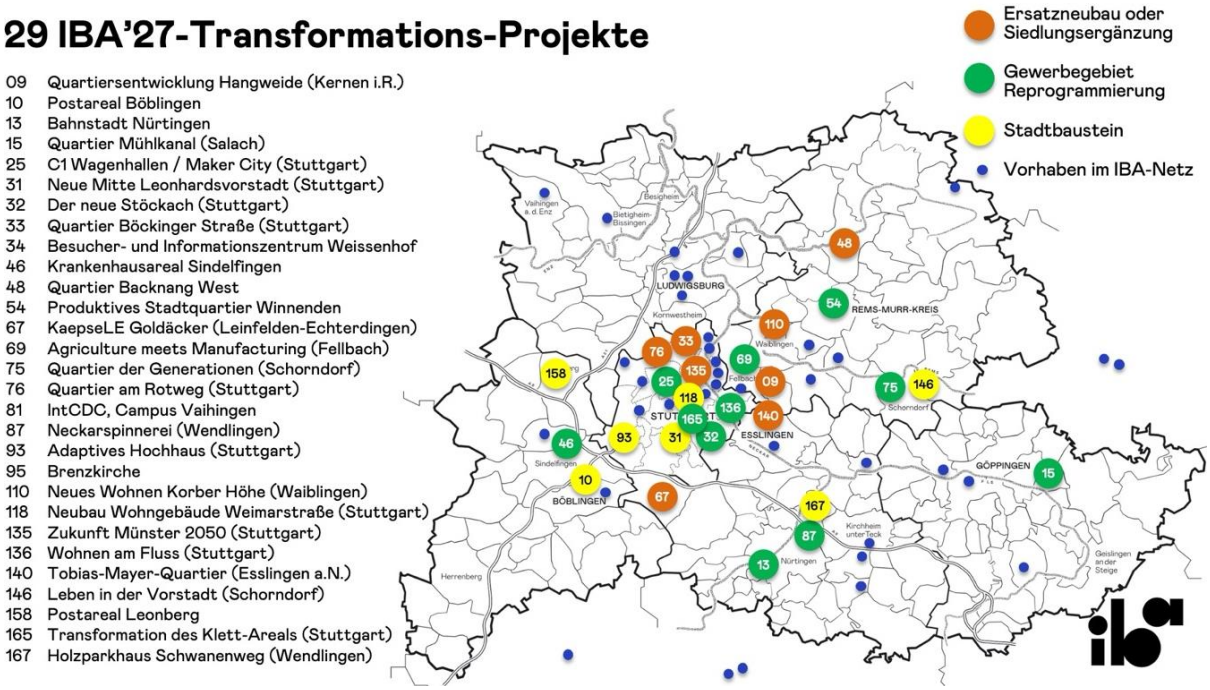


Abbildung 1: Karte der IBA'27-Projekte in der Region Stuttgart, IBA'27

2.2. Das Urbane Gebiet als planerisches Paradigma

Das 2017 im deutschen Planungsrecht eingeführte Urbane Gebiet bildet in mehr als der Hälfte der IBA'27-Projekte den planerischen Rahmen. Dies weist auf die Dringlichkeit neuer planerischer Ansätze hin. Wenn wir bauen, sollte dies dicht, durchmischt und im Quartiermaßstab geschehen. Es zeigt sich allerdings, dass die rechtliche Umsetzung des Urbanen Gebiets in Bebauungspläne für die Kommunen nicht einfach ist. Es fehlt die Erfahrung und die Rechtspraxis. Wie kann Nutzungsmischung so gesichert werden, dass Lärmklagen der Wohnnutzung dauerhaft verhindert werden können? Die Angst vor Klagen verunsichert Investoren und erschwert die Vermarktung der gewerblichen Flächen.

Urbanes Gebiet	Holz-/hybrid	Gebäudetyp E /seriell	Neue Wohnformen	Mobilitäts-konzept	Freiraum/ blau/grün
15	21	13	22	24	25

Abbildung 2: Eigenschaften der 26 IBA'27-Projekte

2.3. Holz spielt eine tragende Rolle

Bei 21 von 29 Projekten sind Holz- oder Holzhybridbauten geplant. Der Anteil von Holzbauten in Deutschland hat zwar in den letzten Jahren stetig zugenommen, lag aber im Jahre 2022 erst bei 22 Prozent [2]. Die IBA'27-Projekte sind zurzeit in der Phase der Baurechtschaffung und der konstruktiven Durcharbeitung. Dabei zeigen sich, dass die Herausforderungen in der Umsetzung nach wie vor hoch sind. Dies betrifft den Brandschutz, die Bewilligungsprozesse und die ökonomische Konkurrenzfähigkeit zu konventionellen Bauweisen. Die IBA'27 unterstützt und vernetzt die Projekte bei der Lösung dieser Probleme. Dabei nutzt sie Kontakte zu erfahrenen Spezialisten, politischen Behörden und Verbänden und Fachgremien wie der Holzbauoffensive Baden-Württemberg. Die Qualitäten und Herausforderungen spezifischer IBA'27-Projekte werden im Vortrag beispielhaft ausgeführt.



Abbildung 3: KaepseLE, Leinfelden-Echterdingen, Duplex Architekten, Zürich, VIRWorks

[2] Holzbau Deutschland, Bund deutscher Zimmermeister, Presseinformation 16. 8. 2022: Immer mehr Gebäude in Holzbau entstehen. https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/immer_mehr_gebaeude_in_holzbauweise_entstehen/#:~:text=Auch%20bei%20Neubauten%20von%20Nichtwohngebäuden,20%2C9%20Prozent)%20gestiegen.



Abbildung 4: Wohnhaus Weimarstraße, Florian Nagler Architekten, München, Vermögen und Bau, Stuttgart



Abbildung 5: IBA-Haus der SWSG an der Böckingerstraße in Stuttgart Rot, Hild+K Architekten, München



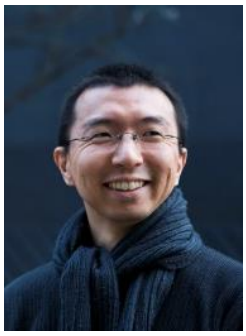
Abbildung 6: Holzparkhaus Wendlingen, Herrmann+Bosch Architekten, Stuttgart

2.4. Transformationsschmerzen

Die Projekte der IBA'27 zeigen eindrücklich, wie Bauträgerschaften und die Bauwirtschaft den Wandel gestalten. Die Zusammenstellung in der Abbildung 2 führt neben dem Holzbau weitere Handlungsfelder auf, in denen dringender Veränderungsbedarf besteht. Die Schwierigkeiten in der Umsetzung dürfen allerdings nicht unterschätzt werden. Bauen braucht unter den aktuellen wirtschaftlichen Bedingungen besondere Anstrengungen. Dabei droht ein Rückfall in scheinbar bewährte Muster, um administrative und ökonomische Risiken zu mindern. Die Angst vor Mängeln und Klagen erweisen sich als große Innovationshemmer. Ein Sonderformat wie eine Internationale Bauausstellung kann zumindest einen Motivationsschub auslösen, der die Suche nach innovativen Lösungen unterstützt. Es wird sich in nächster Zeit zeigen, ob dieser ausreicht, um die Widerstände in einer konservativen Branche zu überwinden. Den vielfältigen Anstrengungen mit Holzbauinitiativen, Förderprogrammen, Forschung und Werbung die Bauwirtschaft auf einen nachhaltigeren Pfad zu bringen, stösst in der alltäglichen Praxis noch auf zu viele Hindernisse.

Expo 2025, Osaka, Kansai, Japan

Sou Fujimoto
Sou Fujimoto Architects
Tokyo, Japan



Expo 2025, Osaka, Kansai, Japan

1. Introduction

World Expo 2025 will be held in Osaka, Kansai, Japan. A World Expo is an event that brings together people and innovations from around the world. The Osaka Expo in 1970, Japan's, and Asia's, first ever, became a symbol of Japan's rapid economic growth and one of the country's most lauded events. After 55 years, now, Expo 2025 Osaka, Kansai is excited to bring the international community back to Japan, to Osaka Kansai. The presentation will explain the design concept of the venue where billions of people from around the world gather for six months, not only to view exhibits but to co-create our future society.

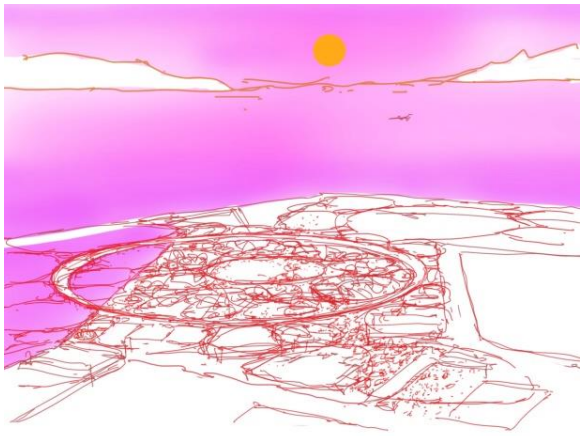
2. Design Concept

«Unity in diversity», I would like to create such a memorable landscape.
When I first visited the venue, I wanted to make a venue plan using the sea surrounding Yumeshima and the sky which symbolizes the connection.

When creating the overall concept for the Expo site, our priority was 'unity in diversity'. The messages and significance of Expo 2025 Osaka Kansai will be the value of having countries from all over the world spend six months together, a place where diverse worlds are connected, a future created through real encounters with the world for children and young people, and a brand for Osaka, Kansai and Japan to be globally promoted. We aimed to create a venue concept that can allow visitors to feel, experience and remember the true significance of the Expo.

Grand Ring is a symbolic gate that welcomes visitors from all over the world, expressing the philosophy of 'unity in diversity'. In terms of functionality, the Grand Ring provides a main flow line that avoids congestion, serves to protect people from rain, wind, and sun, a navigation system that includes signage, and a circulation path that arouses curiosity about what lies beyond. From the aerial walkway, you can see the calm waters of the Seto Inland Sea lit by the setting sun and the cityscape of Osaka-Kobe. From there, if you look up to the skies, you will see a single, clean-cut sky. I want everyone to feel that this sky is shared by everyone around the world, full of diversity. By integrating these countless functions, we hope to create a venue landscape that will remain in everyone's memories and create a strong identity that will characterize this Expo.





©Sou Fujimoto



©Expo 2025



©Expo 2025

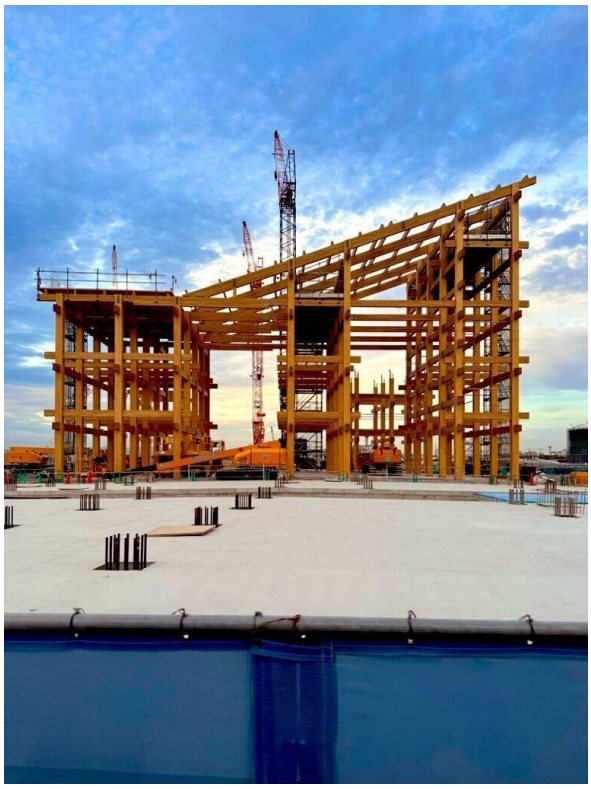
3. Grand Ring - world's largest wooden structures –

Grand Ring is constructed of wood. In recent years, wooden buildings have been attracting attention from the viewpoints of carbon neutrality and sustainability, and large-scale wooden buildings are being constructed around the world. In the past few years, when I visited Europe, I felt that wooden construction was strongly expected as a trend in society as a whole. The interest in wooden structures based on the ideas of decarbonization and sustainability is no longer a passing boom. Large-scale wood construction is being called the «material of the future» on a global scale because of its sustainability.

Japan, however, has been quiet about wooden structures, and I felt a sense of crisis. I feel that Japan is lagging behind the rest of the world despite its long history and tradition of wooden architecture. Just as the steel-framed Eiffel Tower was introduced at the Paris World Expo in 1889, it is meaningful to build buildings for the World Expo with the most advanced materials of the time. Now in 2025, it is wood. Would it be convincing to the rest of the world if we said, «We made cool buildings with steel frames» at the upcoming Expo?

To begin with, there are many wooden structures in Japan that have a history of more than 1,000 years. A representative example is Horyuji Temple. In Japan, where wooden structures have a long history, combining ancient traditional and modern technologies to show what wooden architecture will look like in the future will be a great opportunity to show that Japan is a world leader in wooden architecture.

The Grand Ring is the symbol of the Expo site. Assembly of the ring began in June 2023, construction was underway, and in August 2024, the 2 km circumference of the ring was united into one ring. It was constructed by combining modern construction methods with the traditional nuki (crosspiece) joints that have been used in the construction of Japanese shrines and temples, and with a building area (horizontal projection area) of approximately 60,000 m2, a height of 12 m (20 m outside the roof), an inner diameter of approximately 615 m, and a width of 30 m, it will be one of the largest wooden buildings in the world. It is constructed using the «kake-zukuri» method, inspired by the «kake-zukuri» stage of Kiyomizu-dera Temple in Kyoto. The «kake-zukuri» method is based on the Kiyomizu-dera stage in Kyoto, Japan. Vertical and parallel timbers support each other to disperse seismic forces, and it makes sense that the structure can be easily dismantled and reused after the Expo is over.





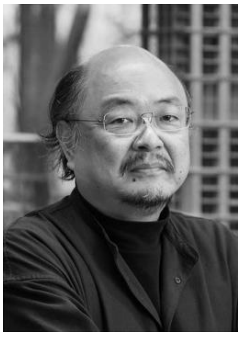

©Sou Fujimoto

4. Conclusion

I want the Expo to be a place where people can feel positive about the future society.we want to embody a vision of the future unique to the year 2025, so that people can see and feel it.I am reminded once again that the Expo is the sum total of a wide variety of people, events, and communications. In this day and age of information technology, it is a precious thing for countries to physically come together in one place for six months to interact with each other. .I hope that people will experience this place where this wonderful diversity comes together as one, a place of »Unity in diversity«.

20.000 m³ Gluelam for the world biggest Timber skeleton structure without diagonal bracing

Mikio Koshihara
Institute of Industrial Science, the University of TOKYO
TOKYO, JAPAN



20.000 m³ Gluelam for the world biggest Timber skeleton structure without diagonal bracing

1. Introduction

1.1. Building outline

A large-scale timber structure will be constructed for the Expo to be held in Osaka, Kansai, Japan, in 2025 (Fig.1). It is a timber structure with a roof approximately 20 m wide and 2,000 m in circumference, on which visitors can walk around and enjoy a panoramic view of the site. The building is 12 m high on the inner perimeter and 20 m high on the outer perimeter. The main structure is a gluelam timber post-and-beam structure, using approximately 20,000 m³ Gluelam.

The basic plane is a 3.6m module with 8 spans in the radial direction. In the circumferential direction, there are 2-span (7.2m) and 4-span (14.4m) units, for a total of 109 units. Each unit is configured in a rectangular coordinate system, and the units are placed at different angles on the circumference to form a circle (Figure 1 and 2).

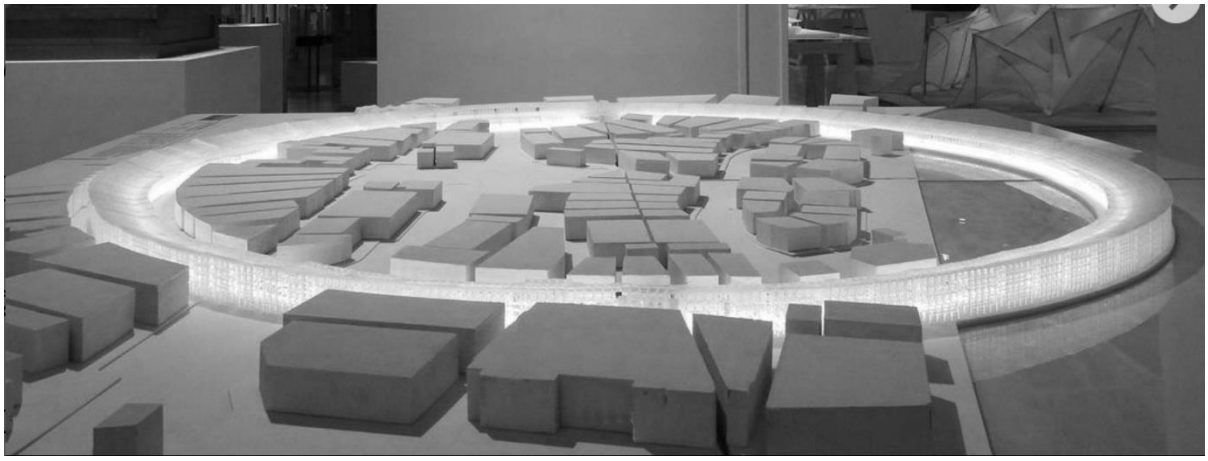


Figure 1: Model

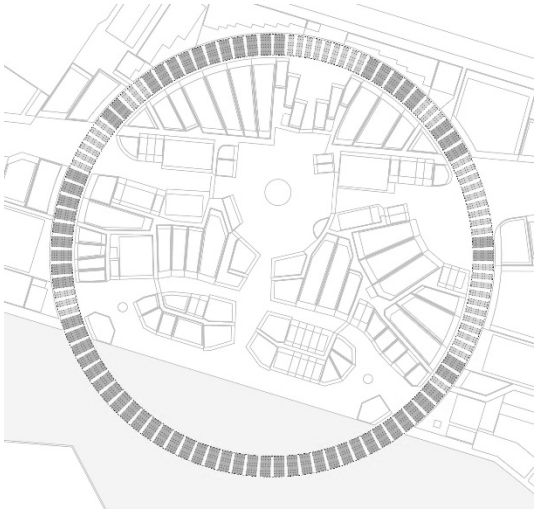


Figure 2: Plan (Master plan)

2. Structural system

2.1. Module and component cross-section

The 3.6m module of the plan is derived from the dimensional system of traditional Japanese wooden houses. Japanese wooden houses are constructed using the shaku unit, with the basic unit being 3 shaku (approximately 900 mm), the shortest side of a tatami mat. 3 shaku times 2 is 1 ken (1800 mm, the basic unit for the space between columns). The standard dimension of plywood and other wooden board materials is 3x6 shaku (900 mm x 1800 mm). For this reason, the standard lengths of distributed lumber used for posts and beams are 3 m (2.7 m) and 4 m (3.6 m). Standard school buildings have required 7.2m or 8.1m spans, but here we use 3.6m for a space like a future timber office building.

The basic module is approximately 4 m in height, considering the large member cross-sections and beam intersections.As a result, the frame is based on three level beams at the inner height of 12 m and five level beams at the outer height of 20 m. The frame is also based on a three level beam at the outer height of 20 m (Figure 3).



Figure 3: Structure model

Standard columns used in Japanese wooden houses are usually 3'5»(3sun-5bu, 105 mm) or 4'0» (4sun, 120 mm) in length. Therefore, the market for built-up housing with diameters that can be easily processed into members of these dimensions is a central demand for the timber industry, which is advantageous in terms of economic efficiency. Therefore, in this building, member cross-sections were determined using dimensions that are multiples of 105 mm. The columns are 420 mm square, four times 105 mm, and the beams are 210 mm wide and 420 mm thick, twice and four times 105 mm.

The final member is composed of symmetrical different grade composition laminated timber. The fact that the lamina width available in Japanese domestic lumber is about 210 mm is also taken into consideration. The columns could be constructed of 2-210 mm x 420 mm members with secondary gluing or 420 mm wide lamina, but the former is mainly used. The beams are not only 210 x 420 mm secondary gluelam beams, but also coupled beams consisting of two 105 mm x 420 mm beams bolted together with the same bending performance.

The wood species used are Scots pine and Japanese cypress for the columns, which require high strength and rigidity, and Japanese cypress and Japanese cedar for the beams.

2.2. Unit frame

The unit frame is a post-and-beam structure in both radial and circumferential directions, without no diagonal bracing or bearing walls. The post-and-beam structure is a traditional Japanese structural system in which large cross section members are resisted by the rotational rigidity of the post-and-beam joints.

In traditional wooden construction, the post-and-beam structure is called a «Nuki» structure, in which the column is penetrated by the cross members, «Nuki», and resists rotation through the compressive strain inclined to the fiber, «Merikomi», of the members.

In traditional wooden architecture, the structure is called a «Nuki» structure, in which the members of the cross members penetrate the columns and resist rotation by embedding into the members (figure 5).

The stage of Kiyomizu-dera Temple, shown in figure 4, is a typical example of a traditional wooden structure with a penetrating structure.

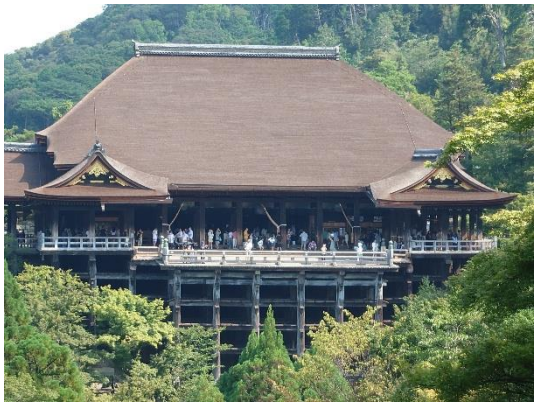


Figure 4: Kiyomizu-dera Temple

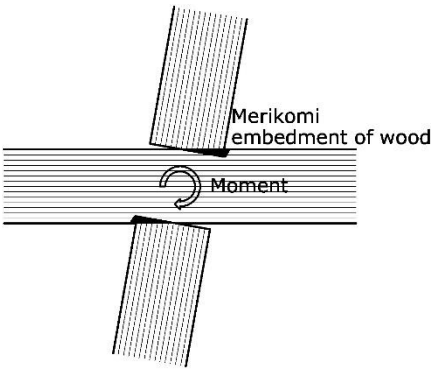


Figure 5: «Nuki» joint

In «Nuki» joint, the main structural system is based on the perpendicular embedment of horizontal members, so the performance is determined by the Young's modulus and strength in the direction perpendicular to the fiber. Although initial stiffness and strength are low, this joint has high deformation-following and ductility performance.

This building requires high rigidity and high strength, so the joints are reinforced by applying a «Nuki» structure. This building requires high rigidity and high bearing capacity, so the joints were reinforced by applying through-beam construction. The panel zones of the beam are reinforced to resist compressive deformation up to the fiber direction of the columns without the joint performance being affected by the fiber perpendicular embedment performance of the beam. Lag Screw Bolt (LSB) and Glued in ROD (GIR), steel reinforcement, was used to reinforce the beams in the perpendicular direction of the fibers. Steel plate inserted drift pin connections were also used for shear reinforcement.

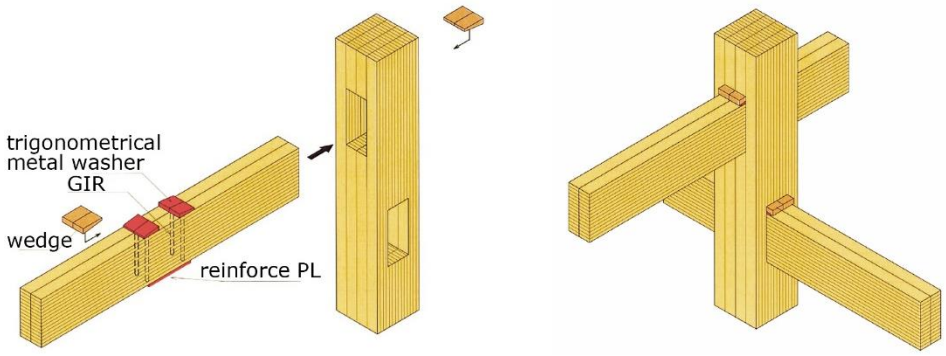


Figure 6: Detail of joint (basic plan)

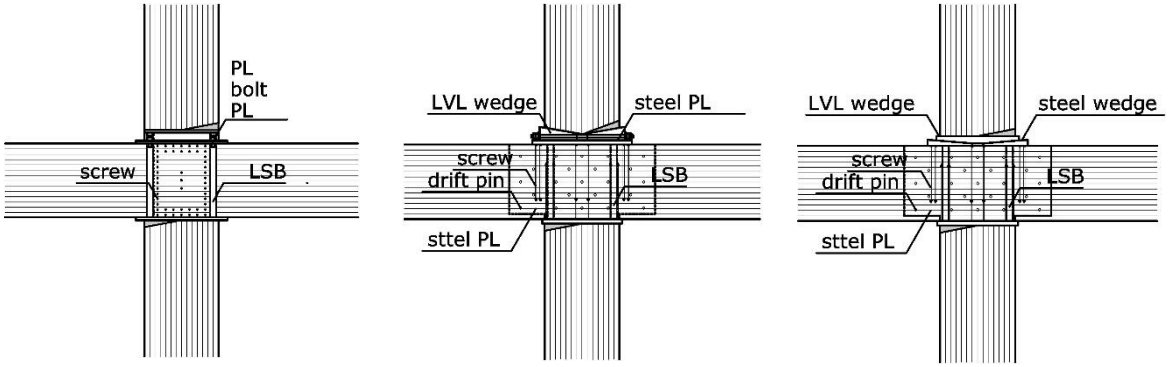


Figure 7: Variety of joints (image)

Based on the basic plan as shown in Figure 6, different joining methods with equivalent performance have been proposed and realized, as shown in Figure 7, by the same cross section.

2.3. Unit layout

Due to the symmetrical different grade composition laminated timber columns, the building is a two-directional frame, but the performance differs depending on the direction. To control the rigidity of the entire building, the inner side has a strong axis in the radial direction, while the outer side has a strong axis in the circumferential direction to ensure the seismic performance of the entire building.

3. Conclusion

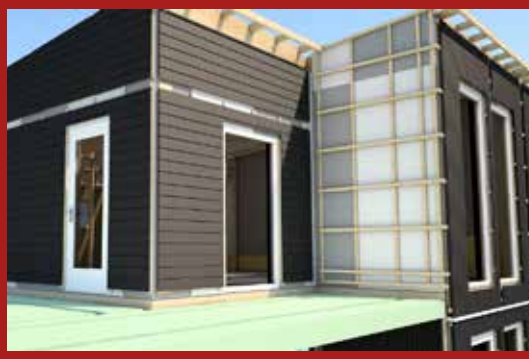
This modular unit is designed to be a standard model for future timber mid-rise buildings. When the building is disassembled and relocated after the EXPO, it can be disassembled into component units and reconstructed to be used as the structure of a 3 to 5-story timber building. Furthermore, if floors, walls, and curtain walls are installed on these frames, it can be realized as a timber building as it is.

Aussteller









GRAPHISOFT Archicad® + ARCHIFRAME

= Ihr schnittstellenfreier Weg in die Abbundhalle

Dank des Add-ons ArchiFrame können Sie mit Archicad von Ihrem BIM-Modell direkt in die Abbundplanung starten und CNC-Daten automatisiert erstellen.

Die Geometrie der Archicad-Bauteile wird samt Durchbrüchen und Wandöffnungen übernommen, wodurch Holzbauelemente sowie Fügungen automatisiert generiert werden. Anpassungen können Sie sowohl in den 2D-Werksplänen als auch in 3D-Elementen vornehmen – die direkte Verlinkung gewährleistet, dass alle Dateien stets aktuell sind.

Infos: a-null.com/archiframe

A-NULL Bausoftware GmbH · Bloch-Bauer-Promenade 23 · A-1100 Wien
info@a-null.com · www.a-null.com · T + 43 1 586 86 10

A-NULL

AGEPAN® SYSTEM



Made in Germany

AGEPAN® DWD black

Für hinterlüftete Vorhangfassaden mit horizontalen Rhombusleisten

- \+ Diffusionsoffene Konstruktionen ohne zusätzliche Fassadenbahn – umweltfreundlich und recycelbar
- \+ Stabiles Nut- und Federprofil – schnell zu verlegen
- \+ Abriebfest, gute Haftung von Klebebändern – Primer- und Zeitersparnis

FUNKTIONSHOLZ® CE ECOBOARD THIRD-PARTY VERIFIED EPD ISO 14025 and EN 15804 Institut Bauen und Umwelt e.V.

www.sonaearauco.com/agepan

SONAE ARAUCO
Taking wood further

Made in Austria

Broschüre hier gratis downloaden!

AIR FIRE TECH

Brandschutzsysteme

Brandschutz im Holzbau

Sanitär – Heizung – Lüftung – Elektro



www.airfiretech.at



WEITERBILDUNGEN FÜR ENERGIEEFFIZIENZ-EXPERTEN/INNEN

Die Akademie der Hochschule Biberach bietet qualitativ hochwertige Weiterbildungen für alle Kategorien der Energieberatung an – online und in Präsenz. Schauen Sie einfach mal bei uns rein!

Seminar Energieaudit gemäß DIN EN 16247
Dieses Seminar vermittelt Ihnen umfassendes Wissen zur Durchführung von Energieaudits nach der aktuellen Norm DIN EN 16247. Sie erlernen alle relevanten Schritte und Anforderungen, um professionelle Energieaudits effizient durchzuführen. In Kombination mit dem Vertiefungsmodul Energieberatung für Nichtwohngebäude haben Sie zudem die Möglichkeit, sich als Berater/in auf der Energieeffizienz-Expertenliste für diese Beraterkategorie eintragen zu lassen. Ein wichtiger Schritt, um Ihre Expertise im Bereich der Energieberatung weiter auszubauen!

Weiterbildungsmöglichkeiten für den Erhalt des Listeneintrags
Neben diesen Qualifizierungsmaßnahmen bieten wir auch spannende Seminare wie „Das Energie-Autonomiehaus als Sanierungsalternative“ und „Grundlagen und Anwendungen von Infrarotheizungen“ an. Hier erhalten Sie wertvolle Einblicke in zukunftsweisende Technologien und Konzepte für die Energieinfrastruktur von morgen. Auch das Bauphysikseminar - Wärmebrückenberechnung ist ein wichtiger Baustein für ein umfassendes Verständnis im Bereich der Energieberatung und kann zum Erwerb von Weiterbildungspunkten zur Verlängerung des Listeneintrags gebucht werden.

Ausblick auf 2025
Ab Februar stehen neue Termine für das Basismodul Grundlagen der Energieberatung sowie die Vertiefungsmodule Energieberatung für Wohngebäude und Nichtwohngebäude zur Verfügung. Melden Sie sich jetzt an und sichern Sie sich Ihren Platz!

Weitere Infos und Veranstaltungen finden Sie unter:
www.akademie-biberach.de/energieeffizienzexperte

Wir freuen uns darauf, Sie in unseren Weiterbildungen begrüßen zu dürfen und mit Ihnen gemeinsam die Zukunft der Energieberatung zu gestalten!

TERMINE

11.-12.12.2024 (Energieeffizienz-Experte)
Energieaudit DIN EN 16247

12.02.-05.05.2025 (Energieeffizienz-Experte)
Basismodul Grundlagen der Energieberatung 160 UE

17.02.-20.03.2025 (Energieeffizienz-Experte)
Basismodul Grundlagen der Energieberatung 80 UE

31.03.-04.04.2025 (Energieeffizienz-Experte)
Vertiefungsmodul Energieberatung für Wohngebäude

12.05.-03.06.2025 (Energieeffizienz-Experte)
Vertiefungsmodul Energieberatung für Nichtwohngebäude

04.-05.06.2025 (Energieeffizienz-Experte)
Energieaudit DIN EN 16247

02.-04.07.2025
Bauphysikseminar - Wärmebrückenberechnung mit Praxisworkshop

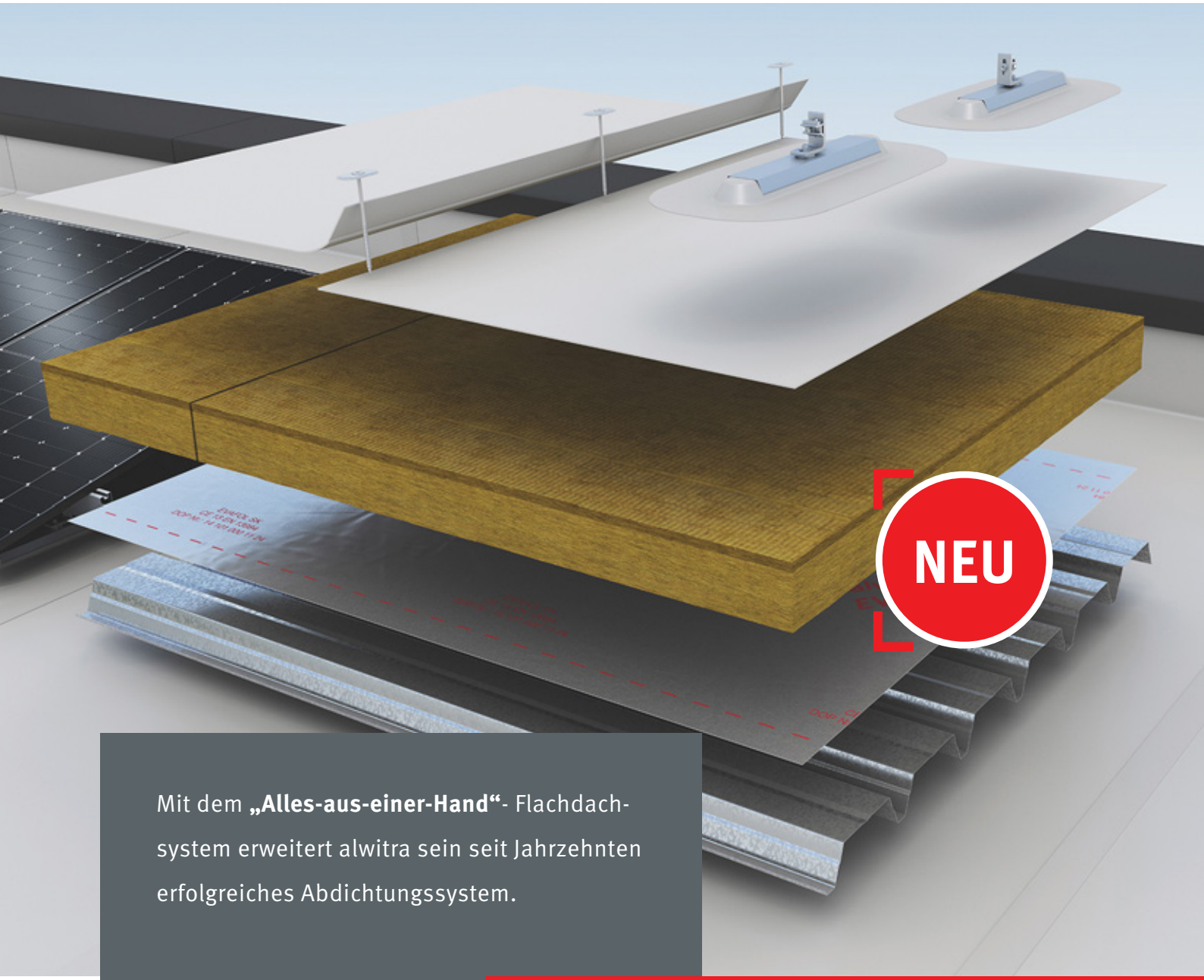
28.10.2025
Infrarotheizung - Grundlagen, Anwendung und Regelung

29.10.2025
Das Energie-Autonomiehaus als alternative energetische Sanierung von Wohngebäuden

40 akademie
JAHRE DER HOCHSCHULE BIBERACH

Akademie der Hochschule Biberach
Karlstraße 6
88400 Biberach
Telefon: +49 7351 / 582-551
Mail: kontakt@akademie-biberach.de
Web: www.akademie-biberach.de

alwitra zusammen hier oben.



Mit dem **„Alles-aus-einer-Hand“**- Flachdachsystem erweitert alwitra sein seit Jahrzehnten erfolgreiches Abdichtungssystem.

- inkl. neuer Steinwolle-Dämmplatte **EVASTONE®**
- inkl. neuer Dampfsperre **EVAFOL SK**
- Systemkompatibel, geprüft und in bewährter alwitra-Qualität

Das **„Alles-aus-einer-Hand“ -** Flachdachsystem

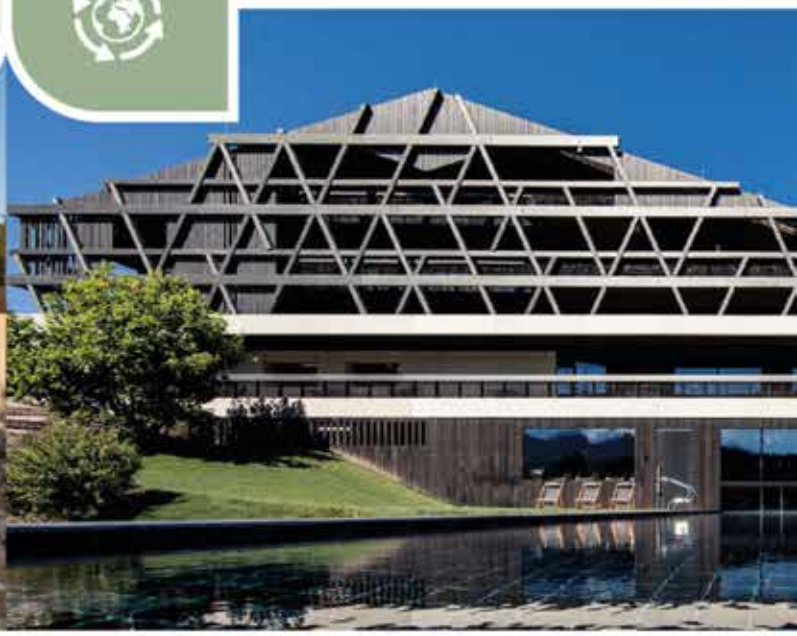





AMONN®



Vier essenzielle Konzepte für den Holzbau

Die breite Palette der **AMONN**-Beschichtungen bietet spezifische Lösungen für jede Art von Anwendung und für jede Nutzungsklasse unter voller Einhaltung der europäischen Normen.

Das Angebot wird durch eine Auswahl an Trendfarben und spezifischen Produkten für ein gesundes Innenraumklima ergänzt.



www.amonncolor.com

Pritschen und Ladehilfen mieten.



Jetzt neu

Flexibilität kannst Du ab jetzt auch mieten.
Ganz ohne Invest und bequem in unserem online Mietportal.

www.auwaerter.com/rent

auwärter® rent

Vakuumsortierroboter





Ideal für den Holzbau ...

... blitzschnell und bärenstark ...





... für Stangen- und Plattenhandling!



Balz Maschinen AG
Obermattweg 11
CH 3550 Langnau i. E.
info@balz-maschinen.ch
+41 34 409 02 02

barbaric

Der zuverlässige Partner für innovative Hebelösungen im modernen Holzbau

Barbaric-Produkte stehen für vielseitige und maßgeschneiderte Lösungen, die den unterschiedlichsten Anwendungen und speziellen Anforderungen im modernen Holzbau gerecht werden. Innovation und Effizienz stehen dabei stets im Fokus.

AUTOMATISIERTES HANDLING



> Plattenlager
> Massivholzlager
> Beschickungen
> Abstapelungen

MANUELLE HEBEGERÄTE



> Fenstereinbau Fertighauswand
> Massivholz Abbund
> Holzplattenhandling
> Glas, Türen, Fenster

Kontaktieren Sie uns jetzt und heben Sie Ihren Holzbau auf das nächste Level!
Sie finden uns in der Dogana Stand DG004.

Qualität ‚Made in Austria'

www.barbaric.at

seriolution

so individuell geht seriell



analysieren, optimieren, individualisieren

seriolution vereint Erfahrung und Lösungskometenz von 3 starken Marken mit dem Wissen, wo man punktgenau ansetzen kann, um noch mehr herauszuholen. Ob spezielle Maschinentechnik, Prozessoptimierung, Schnittstellenmanagement, individuell angepasstes Produkt oder Training on the Job - Sie bekommen eine Lösung. Und die kommt aus einer Hand. Mehr auf **seriolution.com**

ihre vorteile

- effizientes bauen
- verkürzte projektzeit
- kostensenkung

sie finden uns am stand KU229.

baumit.com

AUSTROTHERM Dämmstoffe

MUREXIN

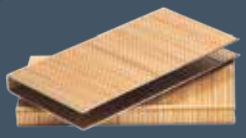
BeA GROUP



BeA Autotec Baureihe 244

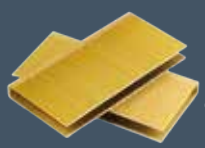
Speziell für den Einsatz in Multifunktionsbrücken und Robotern im Holzfertighausbau konzipiert

- Kompakte Bauweise mit schnellen Ladezeiten
- Wartungsarm und hohe Standzeiten
- Elektronische Heft- und Magazin-kontrolle
- Mit Wechselkassette



Für Klammern Typ K92
L 21 - 32 mm Ø 1,2 mm





KG-Klammern.
Passend auch für andere Gerätemarken

KMR Skater für KG Klammern ideal für die serielle Befestigung von Platten im Holzrahmenbau auf Platten bis zu 3m Länge

- Zwei Handgriffe mit Auslösesicherung
- Garantiert die Einhaltung der vorge-schriebenen Klammerabstände
- Auslösestop auf der Platte
- Leerschlagsperre
- Frontplattenöffnung zur schnellen Störungsbeseitigung
- Stufenlose Höhenverstellung
- Peilnuten für exaktes Arbeiten
- Leichtlaufräder, vermeiden Spuren

FASTENING TECHNOLOGIES **FOR FUTURE GENERATIONS**

www.bea-group.com

INNOVATION IM HOLZVERBUND

COMPONO®

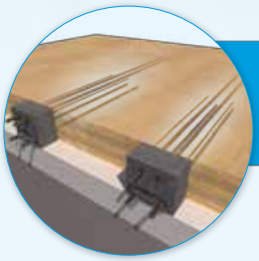




Klassische Druckzonen-verstärkung



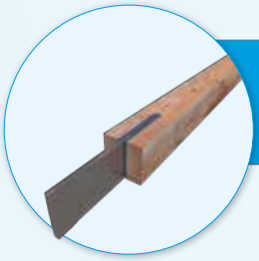
Eingeklebte Holzergänzung



Eingeklebter Isokorb



Lastdurch-leitung



Eingeklebte Bauteile – Schlitzblech



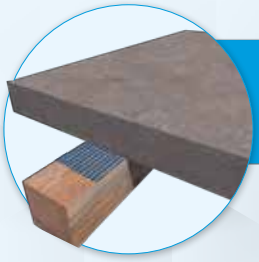
Druck- und Schubfugen



Plattenbalken



Rissverfüllung



HBV-Decke



Bild: Daniel Vieser . Architekturfotografie

HOLZBAU
BADEN-WÜRTTEMBERG

BILDUNGSZENTRUM

QUALIFIKATION HEUTE
IST DIE CHANCE VON MORGEN!

BILDUNGSZENTRUM HOLZBAU in Biberach an der Riss





FORT- UND WEITERBILDUNG FÜR DIE GESAMTE HOLZBAUBRANCHE

- Weiterbildung für ALLE - vom Auszubildenden bis zum Unternehmer
- Umfassendes Seminar-Portfolio mit über 100 verschiedenen Seminaren
- Erstklassige Referenten mit hoher Fachkompetenz und Praxisbezug

TRIALER STUDIENGANG - BIBERACHER MODELL HOLZBAU PROJEKTMANAGEMENT / BAUINGENIEURWESEN

- Duale Ausbildung im Zimmererhandwerk und Studium Holzbau Projektmanagement
- Abschlüsse: Gepr. Polier/in, Zimmermeister/in und Bachelor of Engineering
- Große Bauvorlagenberechtigung und Expertise im Holzbau

HOTEL & TAGUNG

- Erstklassige Infrastruktur und kompetenter Service für Ihren Bedarf
- Moderne Tagungsräume und behagliche Hotelzimmer
- Restaurant mit regionalen und saisonalen Spezialitäten
- Helle und großzügige Seminarwerkstatt





Kontakt:
Bildungszentrum Holzbau
Leipzigstraße 13 und 21
88400 Biberach an der Riss
Tel. 07351 / 4 40 91-50
info@zimmererzentrum.de
www.zimmererzentrum.de



Blumer Lehmann

Holz in seiner stärksten Form.

Free-Form | Nujuma, a Ritz Carlton Reserve, Red Sea

↳ blumer-lehmann.com

„Wir sind neugierig auf Ihre Aufgaben“



BRAUN
EDV im Handwerk & Gewerbe
Beratung und Vertrieb

Ellersreute 1, D-88175 Scheidegg
Nähe Bregenz/Lindau am Bodensee
Telefon: +49-8381-929209-0
Fax: +49-8381-929209-15
Mail: info@edvimhandwerk.de
Mobil-D: +49-171-8120218
Mobil-Ö: +43-664-3843550
www.edvimhandwerk.de

Kalkulations- und Auftragssoftware der Spitzenklasse: M-Soft PASST.prime®

Besonders die Kalkulationsmöglichkeiten dieses Programmes suchen Ihresgleichen! Wir betreuen Anwender des Kalkulations- und Auftragsprogramm PASST.prime® aus dem Hause M-Soft mit unserer über 20jähriger Erfahrung und haben einen Datenkatalog für Zimmerei- und Holzbaubetriebe mit kalkulierten Leistungen entwickelt. Wo nötig, programmieren wir eigene Anwendungen, um ein optimal vernetztes kaufmännisches System anbieten zu können.

Mobile Zeiterfassung mit mobiler Regieabwicklung

+ Anwesenheits- und Projektzeiterfassung
+ Buchung auf Tätigkeiten oder unproduktive Arbeiten
+ Gruppenbuchung und Nacherfassung
+ Anlage von Handaufträgen auf der Baustelle
+ Foto- und Textdokumentation
+ Materialerfassung und Checklisten
+ Unterschrift des Kunden

Unsere LPC-Tools lösen wiederkehrende und knifflige Aufgaben in Ihrem Unterehmen:

Unsere LPC-Tools greifen auf die Daten Ihrer Kalkulations- und Auftragssoftware zu und zeigen Ihnen die relevanten Informationen auf eine Weise, mit der sie sofort Kenntnisse für Maßnamen in Ihrem Unternehmen ziehen.

Folgende Werkzeuge aus unserer LPC-Produktreihe stehen derzeit zur Verfügung:

+ **Laufendes Projektcontrolling mit LPC-BASIS**
  Mit LPC-BASIS erhalten sie alle relevanten Daten der aktuellen Aufträge auf einer Ansicht, so dass sie in Ihrem Auftragsprogramm nicht mehrere Fenster bzw. Programmteile im Blick haben müssen.
+ **Verlustfreie Bewertung halbfertiger Arbeiten mit LPC-HF**
  Jedes Jahr – in manchen Unternehmen sogar jeden Monat – steht die Ermittlung des aktuellen Stand der halbfertigen Arbeiten an. Dem Umstand, dass dies nach dem Bilanzrecht als „Verlustfreie Bewertung“ erfolgen muss, wird dabei kaum Rechnung getragen. Unser Tool LPC-HF liefert genau diese Bewertung – korrekt nach dem Bilanzrecht!
+ **Berechnung des Mindest-Verrechnungssatzes mit LPC-KORE (wenn gewünscht mit permanenter Nachschärfung auf Basis der aktuellen Ertragssituation Ihres Betriebes mit LPC-ERFOLG)**
  Die Berechnung des im eigenen Unternehmen benötigten Mindest-Verrechnungssatz ist noch immer eines der Themen, mit dem sich nach unserem Kenntnisstand noch viel zu wenige Unternehmer beschäftigen. Mit LPC-KORE, LPC-ERFOLG und unserer Unterstützung wird das für sie ein Leichtes!



+ **Bewertung des Angebotsbestandes mit Nachfass-Werkzeug für Angebote mit LPC-ANGEBOT**
  Mit LPC-ANGEBOT steht ein Werkzeug zur Verfügung, um sich einen Überblick über das Potential zu verschaffen, das in Ihrem Angebotsbestand steckt. So können die Angebote nach Chancen klassifiziert werden und damit ist eine Hochrechnung der möglichen Umsätze/Auftragsstunden möglich.
+ **Visualisierung der Aufträge auf dem Zeitstrahl – wenn gewünscht auch der Angebote zur Einschätzung der Kapazitätsauslastung über Monate im Voraus mit LPC-AUSLAST**
  LPC-AUSLAST ermöglicht Ihnen auf Knopfdruck einen Blick auf Ihren Auftragsbestand in der (auch weiteren) Zukunft.

  Damit werden **frühzeitig Kapazitätsengpässe sichtbar**, so dass ggf. Aufträge verschoben oder auch Leihmonteure organisiert oder Subunternehmer beauftragt werden können.

  Es handelt sich um keinen Projektplaner im klassischen Sinn, sondern um ein sehr einfach zu bedienendes Werkzeug zur Visualisierung des Auftragsbestandes, der auch die bereits mit fiktiven Baubeginn-Terminen versehenen Angebote.

  … denn so mancher Projektplaner möchte auch die Angebote aus terminlicher Sicht nicht ganz aus dem Blickfeld verlieren.

Kalkulations- und Auftragssoftware
Kalkulations- und Auftragssoftware

Zeiterfassung
Mobile und stationäre Zeiterfassung mit mobiler Kundendienstlösung

LPC-Tool
Laufendes Projektcontrolling
Bewertung halbfertiger Arbeiten
Stundensatz- und Erfolgsrechnung

Projekt- und Kapazitätsplaner
mit Angebots-Vorschau



Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser e.V.

Das RAL Gütezeichen. Eine sichere Sache!

RAL GÜTEZEICHEN HOLZHAUSBAU

RAL GÜTEZEICHEN HOLZROHELEMENT HERSTELLUNG

RAL GÜTEZEICHEN Stahlsystembauweise

RAL GÜTEZEICHEN MOBILE RAUMSYSTEME

Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser (BMF) e.V.

Die BMF wurde 1961 mit dem Ziel gegründet, die Qualität der Produkte und Prozesse ihrer Mitgliedsunternehmen sicherzustellen und neue Standards im Bereich des Fertigbaus zu setzen. Sie ist eine von RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. anerkannte Gütegemeinschaft und vereint rund 130 Mitglieder aus dem In- und Ausland.

Die RAL Gütezeichen der BMF-Mitglieder stehen für Produkte und Dienstleistungen, die klar definierte Qualitätskriterien erfüllen. In den RAL Güte- und Prüfbestimmungen sind diese Kriterien fest verankert und für alle Interessenten öffentlich zugänglich. Die Anforderungen der RAL Gütezeichen werden regelmäßig durch eine unabhängige Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, die BMFcert GmbH, geprüft und bieten ein hohes Maß an Sicherheit für den Endverbraucher. Bauherren können die RAL Gütesicherung des Herstellers als Grundlage für ihre Hausfinanzierung nutzen. Auch bei öffentlichen Ausschreibungen wird dieser Standard als Vergabekriterium herangezogen.

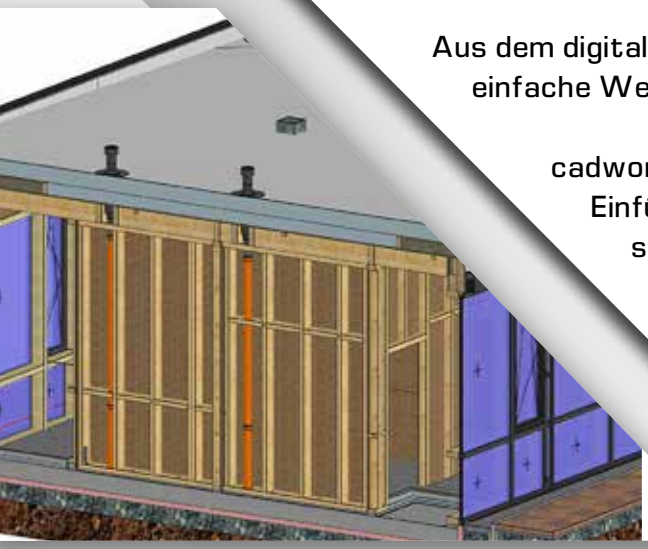
Nutzen Sie gerne das Kontaktformular auf **www.guetesicherung-bau.de** oder informieren Sie sich per E-Mail oder Telefon über die RAL Gütezeichen und eine Mitgliedschaft in der BMF.

Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser e.V.

Rhöndorfer Straße 85, 53604 Bad Honnef
info@guetesicherung-bau.de / +49 (0) 2224 969152-0

cadwork®
3D CAD/CAM

Die 3D-CAD/CAM Referenz im Holzbau



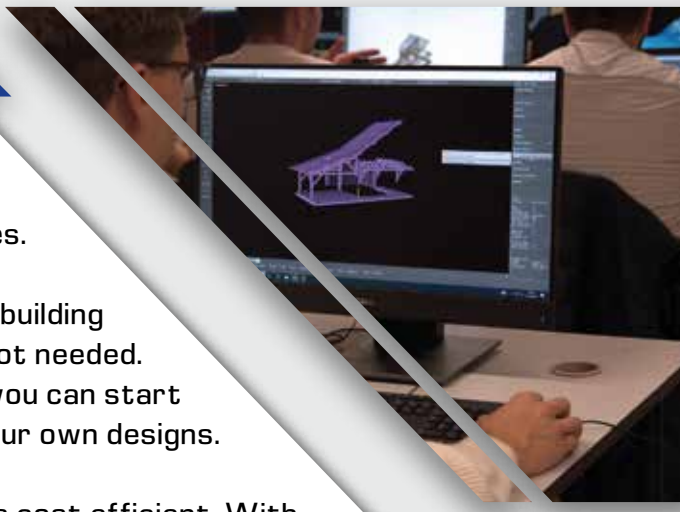
Unter den Konstruktionsprogrammen ist cadwork die treibende Kraft, wenn es um die Entwicklung und Unterstützung neuester Maschinentechnologien geht.

Aus dem digitalen Gebäudemodell werden Produktionsdaten auf einzigartig einfache Weise abgeleitet. Aufwändige Stammdaten sind unnötig.

cadwork ist leicht zu erlernen - schon nach zwei Tagen Einführungsschulung können Sie mit ihren eigenen Projekten starten.

cadwork hat eine konkurrenzlos einfache Modulstruktur und ist kostengünstig - selbst mit dem Holzbaupaket können Sie jede Konstruktion und jedes Projekt schnell und ohne Einschränkungen erstellen, Listen und Pläne ausgeben.

3D CAD/CAM Technology Leader



cadwork is a driving force among design software when it comes to developing and supporting the latest machine technologies.

Part data is uniquely and easily derived from the digital building model. Complex master data is not needed.
cadwork is easy to learn. After two days of initial training, you can start working on your own designs.

cadwork has an unrivalled simple modular structure and is cost efficient. With the ProBuild package you can quickly design any project, and output lists and shop drawings, without limits.

Folgen Sie uns in den sozialen Netzwerken!
Follow us on social networks !

www.cadwork.com


CEMWOOD
Mineralisierte Holzspäne
HOCHBELASTBARE
AUSGLEICHSSCHÜTTUNGEN
für professionelle Fußböden
und nachhaltiges Bauen.
Kompromisslos ökologisch
technisch unschlagbar.
www.cemwood.de
EPD GEPRÜFT
ENVIRONMENTAL
PRODUCT
DECLARATION:
1m³ Schüttung bindet
207 kg CO2
GEPRÜFT GESÜNDERE PRODUKTE
QNG
READY
SENTINEL HAUS
INSTITUT
CEMWOOD GmbH . Schüttungen aus mineralisierten Holzspänen
info@cemwood.de . Tel.: +49 (0) 391 810 560 00



CLT Toolbox®

Bringing Sustainable Materials To The Mainstream.

Europe Launch Date.

15th of January 2025

clttoolbox.com

COMBiLiFT 25 Years
LiFTING INNOVATION

LAGERPLATZ, SICHERHEIT, EFFIZIENZ



MEHR LAGERPLATZ, SICHERHEIT UND EFFIZIENZ MIT COMBILIFT

Combilift ist die perfekte Lösung für die Modul- und Holzbauindustrie.

Unsere Mehrwege- und Seitenstapler, Mobile Portalhubwagen und Portalkräne eignen sich perfekt für den Transport großer oder sperriger Produkte und ermöglichen es Ihnen, Ihre Lagerhaltung, Effizienz und Sicherheit zu maximieren.

KONTAKTIEREN SIE UNS NOCH HEUTE

Um mehr darüber zu erfahren wie Combilift Ihnen helfen kann, jeden Zentimeter Ihres Lagers zu nutzen.

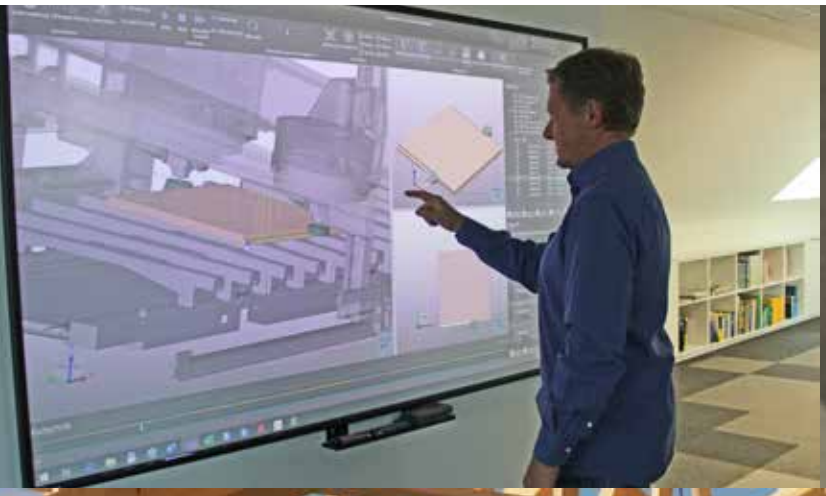
+353 (0) 800 000 5764

combilift.com

Compass Software

www.compass-software.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.

MES System

Wir liefern die komplette Fertigungsorganisation in der Werkstatt und haben die volle Kontrolle über die Fertigungswege.

BTL-Import

Wir verarbeiten BTL-Daten aus den unterschiedlichsten CAD-Programmen. Andere Schnittstellen sind möglich.

Treppenbau

Unsere integrierten Gesamtlösungen für den Treppenbau steuern und verwalten den gesamten Treppenfertigungsprozess.

Staboptimierung

Wir berechnen die optimale Anordnung der Balken in dem Stab, sodass möglichst wenig Restmaterial entsteht.

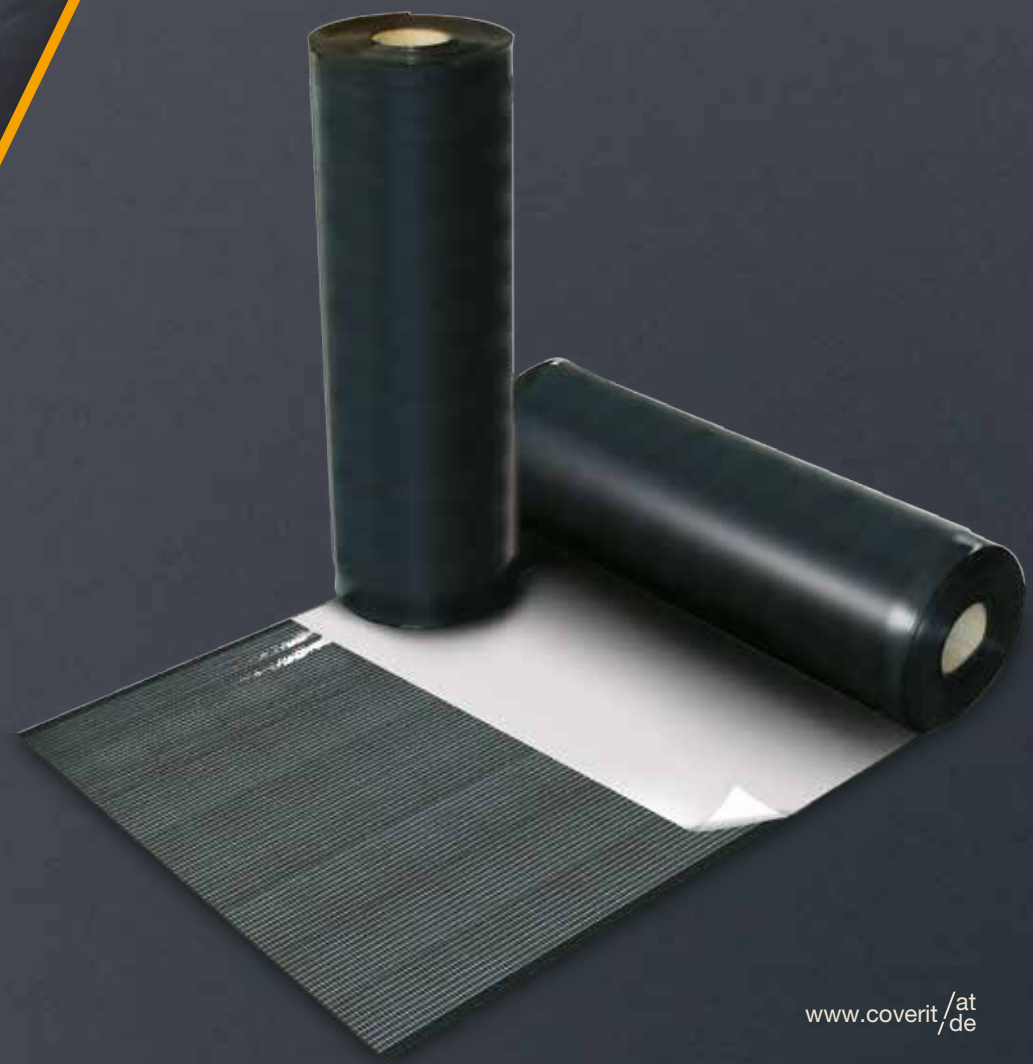
Wir können Maschinen der unterschiedlichsten Hersteller und unterschiedlicher Generationen in einem System miteinander verknüpfen und in Fertigungslinien zusammenarbeiten lassen.

COVERIT

NovoProof®

DA-SK

Dachbahnen mit Glasgewebe-kaschierung und hochwertiger Selbstklebeschicht zur rationellen Sofortverlegung auch unter +5° C



www.coverit.at/de



DAW
DEUTSCHE AMPHIBOLIN-WERKE VON ROBERT MURJAHN

BOOST YOUR PERFORMANCE

Maßgeschneiderte Lösungen zur Steigerung von Effizienz und Prozesssicherheit in der industriellen Vorfertigung von Gebäuden.

PREFABSOLUTIONS
BOOST YOUR PERFORMANCE

www.prefab-solutions.de

Powered by:

CAPAROL
alsecco FASSADENKOMPETENZ
DISBON

BESUCHEN SIE UNS AUF DEM **STAND EG027.**
GEMEINSAM MIT **SYNTHESA** SIND WIR FÜR SIE DA.
WIR FREUEN UNS AUF SIE!

SYNTHESA

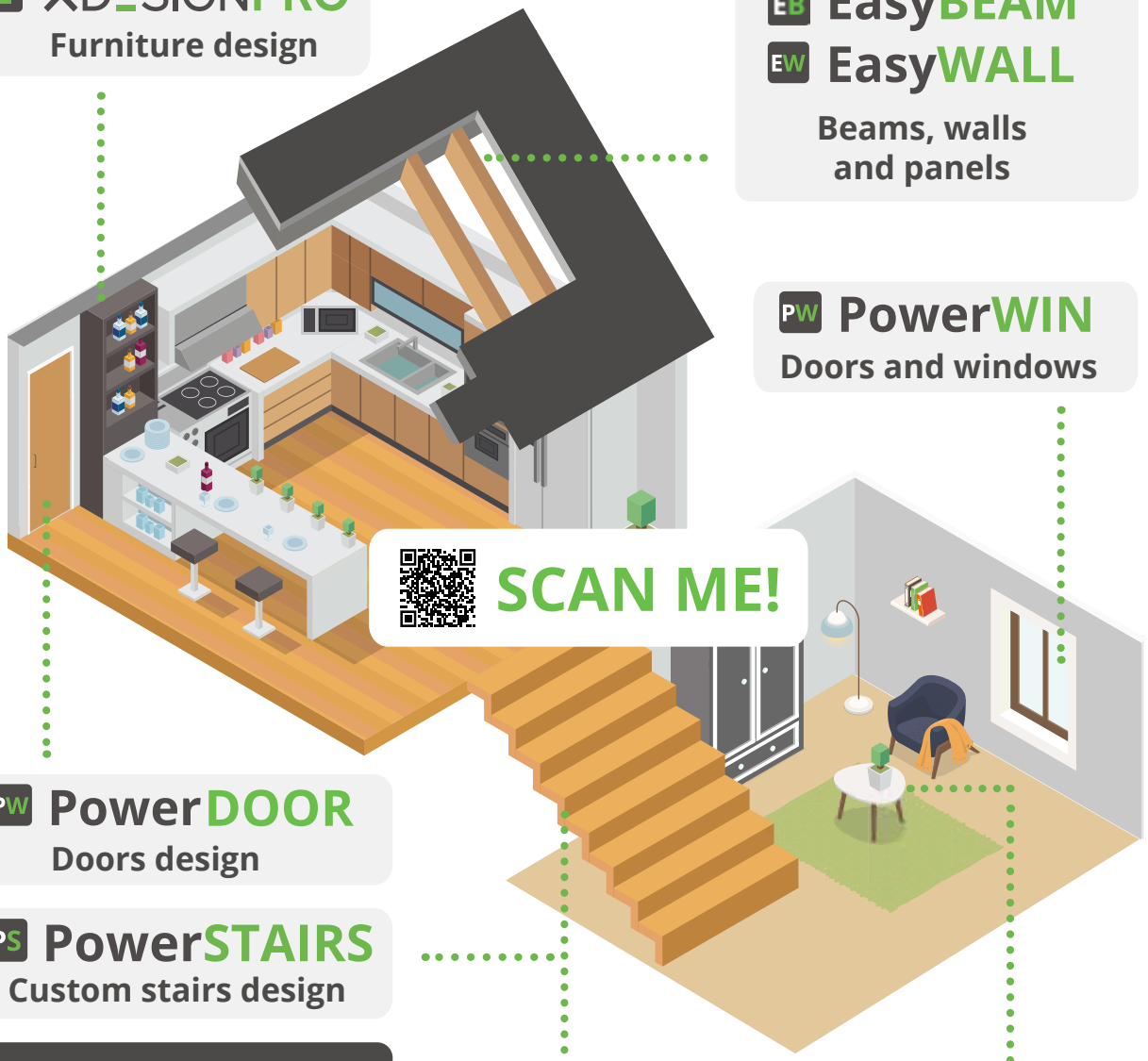
DDX

WOODWORKING SOFTWARE

TURN YOUR IDEAS INTO PROJECTS

XDESIGNPRO
Furniture design

EasyBEAM
EasyWALL
Beams, walls and panels



PowerWIN
Doors and windows

PowerDOOR
Doors design

PowerSTAIRS
Custom stairs design

XFactory
Manage and monitor all the production

EasyWOOD
5-axis CAD/CAM

ONE SOLUTION PARTNER

DDX Software Solutions | Follow us | info@ddxgroup.com

Betonhohldecke **trifft Holz**wand

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 Verschlusssystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

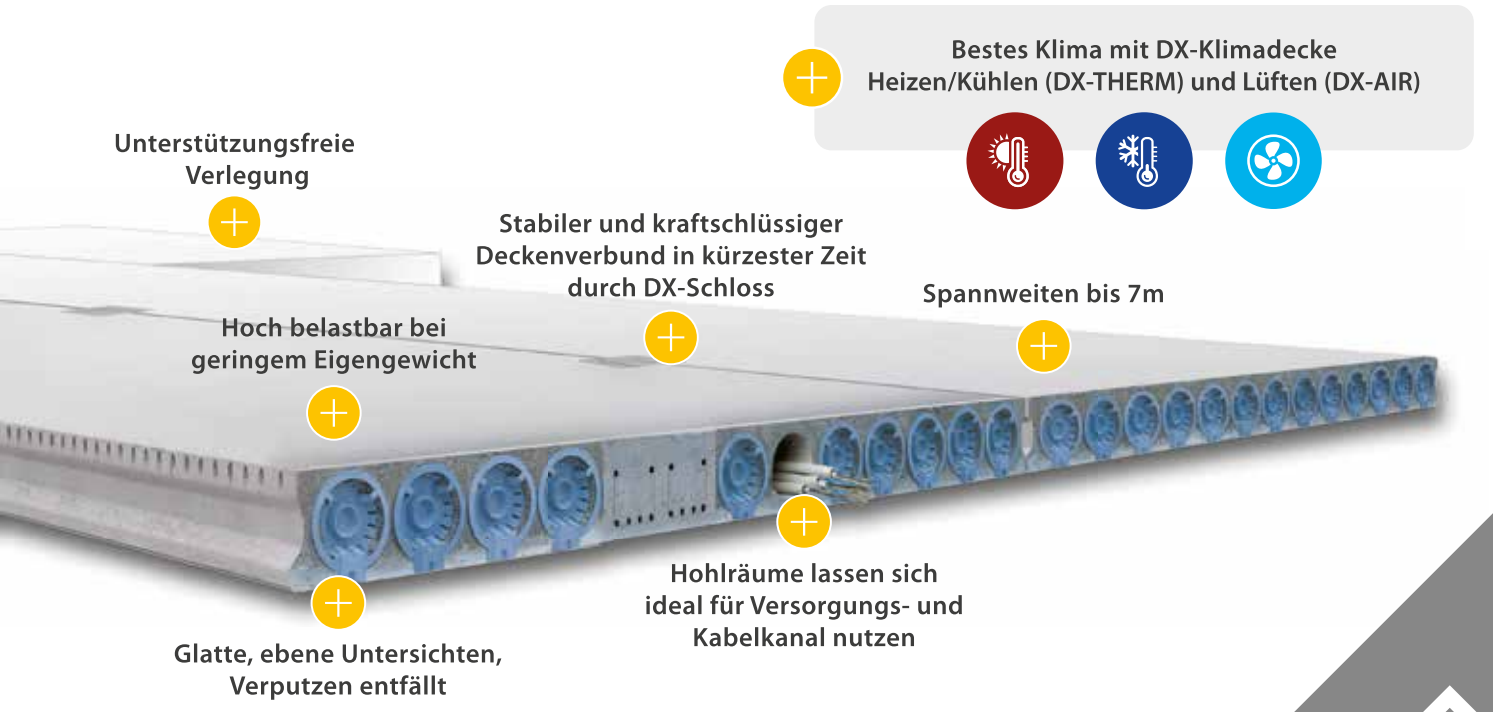
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begehbar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

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).



Mehr auf **www.dennert-hybridbau.de** oder Info-Line **09552 71-148**
Dennert Baustoffwelt GmbH & Co. KG, Veit-Dennert-Str. 7, 96132 Schlüsselfeld

design to production

we master complexity







Beratung

BIM & DfMA
Holzbau
Digitale Fabrikation

Planung

Design-Optimierung
Parametrische Planung
AVOR & Fertigungsdaten

Software

Planungstools
CAD/CAM-Plugins
Konfiguratoren

Besuchen Sie uns am IHF 2022 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®

NEU

INSPIRED BY NATURE.



Rundumschutz mit Woodrock® Protect



Die perfekte Steinwolle-Dämmplatte für hinterlüftete Außenwandkonstruktionen im Holzbau

Woodrock Protect, die neue Fassadendämmplatte aus dem Hause ROCKWOOL, ist speziell auf die Anforderungen im Holzbau zugeschnitten. Besonders ihre brandschutztechnischen Eigenschaften, nichtbrennbar A1 mit einem Schmelzpunkt > 1000 °C, sind für den Holzbau von immenser Bedeutung. So kann eine sichere aber zugleich auch einfache, wirtschaftliche Konstruktion realisiert werden. Woodrock Protect ist aufgrund ihrer hervorragenden Brandschutzeigenschaften prädestiniert für die Anforderungen in den Gebäudeklassen 4 und 5 im Holzbau.

Steinwolle – so viele Vorteile:

- formstabil
- nichtbrennbar, Euroklasse A1
- glimmt nicht
- nicht entzündbar
- keine Rauchentwicklung
- keine Flammschutzmittel notwendig

Dietrich's



Holzbau-Statik

Software











Umfangreiche Bemessung für den Holzbau

Dietrich's Holzbau-Statik ermöglicht eine schnelle Bemessung und die Erstellung vollständiger und prüfbarer Statiken für nahezu alle Anforderungen des Holzbaus.

Nachweise für Holzrahmenbauwände und Balkendecken

Die Horizontalstatik von Dietrich's generiert Windlasten für Gebäude und organisiert den Lastfluss für die Gebäudeaussteifung. Sie erhalten vollständige Nachweise für Holzrahmenbauwände und Holzbalkendecken. Für andere Bauweisen werden die maßgebenden Aussteifungslasten ermittelt.

Wählen Sie Ihre passende Software aus 5 verschiedenen Paketen. Weitere Informationen zum Leistungsumfang erhalten Sie unter **dc-statik.com**

BTLx – VOLLAUTOMATISCHE MASCHINENANBINDUNG

NC-HOPS®

einfach » parametrisch » automatisieren

MIT DER BTLx SCHNITTSTELLE VON NC-HOPS VOLLAUTOMATISIERT VERARBEITEN. FÜR ALLE GÄNGIGEN CAD HOLZBAU-PROGRAMME.

BTLx-Import für NC-HOPS©

Alle gängigen Holzbau CAD-Programme können heute das weit verbreitete und **standardisierte Ausgabeformat BTLx ausgeben.**

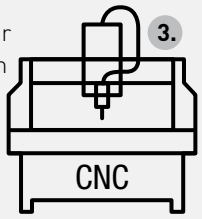
Mit der NC-Hops/BTLx Schnittstelle von direkt cnc-systeme können sie die BTLx Daten **vollautomatisch aus dem CAD über das NC-Hops an beliebige Maschinen transferieren.** Die BTLx Schnittstelle analysiert automatisch die BTLx Dateien und **importiert diese so intelligent,** damit die Daten danach in der gewohnten **NC-HOPS-Welt mit all ihren Möglichkeiten zur Verfügung stehen.** Die automatisch vergebenen Bearbeitungen können so **direkt z. B. im Block in das Nesting-Modul betterNEST importiert werden.** Natürlich ist bei Bedarf jederzeit – wenn gewünscht – eine manuelle Anpassung möglich. Aus betterNEST kommen die Daten wieder direkt an die Maschine. Sie können ganze Bauvorhaben mit unterschiedlichen Materialien importieren, sortieren und an die beliebige/n Maschine/n übergeben.

Die Bearbeitungen werden **automatisch materialspezifisch ausgegeben.** Dabei stellt NC-Hops Zusatzanforderungen wie z. B **ausrissfreie Qualität zur Verfügung.** Der automatische Import eignet sich besonders für Plattenabbund, Beplankungen oder CLT. Aber auch Stabbauteile gehen vollautomatisch in die Verarbeitung. Des Weiteren können ebenso beliebige andere Bauteile wie z. B. Treppen, Türen, Möbel oder auch Fenster durch die BTLx Schnittstelle von NC-Hops laufen.

Wie BTLx den Workflow vereinfacht



1. BTLx-Import für NC-HOPS® ermöglicht **vollautomatische Übernahme** von Teilen aus CAD Programmen.
2. **Automatisch geschachtelt** mit BetterNest®.
3. **Übergabe** aller Bearbeitungen auf die CNC-Maschine.



Unsere Kunden verarbeiten

- CLT/BSP/BSH
- OSB, Spanplatten, MDF
- Zementgebundene Platten
- Gipskarton
- Dämmstoffe
- Putzträgerplatten
- Massivholz und Dreischichtplatten
- Alu bzw. Di-Bond Platten
- Fassadenplatten/HPL

Unsere Kunden fertigen vollautomatisch mit BTLx-Daten

- Beplankungen bzw. Plattenabbund/Platten-Nesting
- CLT/BSP/BSH Abbund
- Fassadenplatten
- Möbel
- Türen
- Treppen
- Fenster
- Einzelplatten und ausrissfreier Stababbund
- Wintergärten uvm. ...

direkt cnc-systeme gmbh
Erich-Klink-Straße 11
D-73553 Alfdorf-Bonholz
Tel. +49 (0)7172/937700
info@direkt.net
www.direkt.net

direkt cnc-systeme gmbh · 07/2023

Schwerpunktausgabe »Schweiz«

Holz-Zentralblatt

Deutscher Holz-Anzeiger
Deutsche Holzwirtschaft
Der Holzkäufer

UNABHÄNGIGES ORGAN FÜR DIE FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT

Deutsche Holz-Zeitung
Deutscher Holzverkaufs-Anzeiger

Freitag, 20. Oktober 2023 — 149. Jahrgang · Nr. 42

Heute mit

Wald klimapositiv bewirtschaften und dafür werben



Zu den Mitgliedern des Arbeitskreises gehört auch die Firma Holz Ziegler aus Oberkirch. Mit momentan rund 20 Firmen-LKW ist das Unternehmen vor allem im Handel mit Sägerundholz tätig. Ein neuer Schwerpunkt des Unternehmens wird zukünftig die klimapositive Waldwirtschaft.

Foto: J. Krauhausen

Holz-Zentralblatt

Deutscher Holz-Anzeiger
Deutsche Holzwirtschaft
Der Holzkäufer

UNABHÄNGIGES ORGAN FÜR DIE FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT

Deutsche Holz-Zeitung
Deutscher Holzverkaufs-Anzeiger

Freitag, 27. Oktober 2023 — 149. Jahrgang · Nr. 43

Heute mit



Erzeugerpreisen

Holzindustrie

Mehr Interesse an der »Nadelholzkonferenz«

Am 12. Oktober fand in Wien die 71. „International Softwood Conference – ISC)" statt. Mit über 330 Teilnehmern aus 33 Ländern war die Veranstaltung deutlich stärker besucht als in den Vorjahren. ► Seite 723

Holzhandel

Jordan eröffnet neues Lager für Holzbau

Der Holzgroßhändler Jordan mit Zentrale in Kassel (Fokus) hat am 13. Oktober sein neues Lagerzentrum für Holzbau im Gewerbegebiet Kassel-Niederzwehren eröffnet. ► Seite 720

Forstwirtschaft

Keine Pflicht zum Vorratsaufbau

Thema des „AGDW-Waldsymposiums" am 18. Oktober in Berlin waren die Fortsetzung der GAK-Förderung und die Pläne für ein neues Bundeswaldgesetz. ► Seite 714

Impulse aus Italien

Gut 20 000 Besucher zur »Sicam« in Pordenone

Über 650 Aussteller (2022: 590 Aussteller; 2021: 562) präsentierten sich in den Hallen. Damit geht die deutlich „Sicam" als die größte aller Zeiten in die Geschichte ein. Erneut war das Messegelände bis auf den letzten Quadratmeter ausgebucht. Das Ausstellungsangebot wurde durch eine Erweiterung der Hallenfläche möglich, mit der eine zusätzliche Fläche von 3 000 m² geschaffen wurde. Nahezu alle relevanten Player aus der europäischen Oberflächen-, Werkstoff- und Schleifindustrie hatten sich für eine Teilnahme entschieden. Einige dieser nutzten die Gelegenheit, um mit teils neuen Produkten und Ständen auf ihr jüngeres Firmen-Zubiläum zu reagieren – wie etwa Egger mit Sitz oder Hersteller PGV. Trotzdem fehlten auch in diesem Jahr einige Branchengrößen wie Kronospan, Saliz, Interpanel, Sonae Arauco oder Swiss Krono. Manche begründeten ihre Entscheidung mit dem aktuell „ungünstigen" Jahr- und Messeturnus – 2024 würden sie dabei sein zu wollen.

Die nächste „Sicam" findet vom 14. bis 18. Oktober 2024 statt. Darum wird es dann erstmals personelle Veränderungen bei Veranstalter Exposition sein, Mailand, sichtbar werden. Mossa, Chef Carlo Giubbi, der die „Sicam" 2008 ins Leben gerufen hat, will den Zepter an seine Tochter Caroline und Michele Giubbi übergeben. Beide arbeiten schon seit Jahren mit im Team und kennen die Branche bestens.

Parkett-Absatz geht zurück

Folge geringerer Bautätigkeit in europäischen Ländern

Der Vorstand der Europäischen Vereinigung der Parkettindustrie (EPF) stellte für das erste Halbjahr dieses Jahres in allen wichtigen europäischen Märkten einen Rückgang des Parkettabsatzes fest.

Der Rückgang, der von der geringeren Bautätigkeit (Neubau und Renovierung) ausgelöst, betrifft dabei nicht nur die europäischen Hersteller, sondern auch das importierte Parkett, wie Hersteller erwartet mittelfristig eine Erholung. Einige dieser schon Parkettvorarbeiten hätten bereits begonnen, ihre arbeitslosen Nächte durch den preislich günstigeren Nicht-Holz-Alternativen für den Parkettboden (Weil Parkett erst am Ende des Baugewerks aufgelegt wird, erwarten die europäischen Parkettthemeller keine Besserung der Absatzsituation vor dem Ende des kommenden Jahres.

Studie: Geplante Duldung

Verbände der Waldbesitzer legen Rechtsgutachten zu den

Die von Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck (Grüne) geplante Duldungspflicht von Leitungen zu Windenergie- oder PV-Anlagen verbunden mit einer Entschädigung von nur 5% des Grundstückswertes hat bei den Betroffenen große Empörung ausgelöst. Einen ersten Eindruck, wie die Duldungspflicht verfassungsrechtlich zu bewerten ist, soll ein Rechtsgutachten liefern, das der Verband „AGDW – Die Waldeigentümer" und „Familienbetriebe Land und Forst" in Auftrag gegeben hatten.

AGDW-Präsident Prof. Andreas Bitter sagte dazu: „Das Rechtsgutachten bestätigt eindeutig, dass eine von Genehmigungsbehörden getroffene Entscheidung in Höhe von nur 5% des Verkehrswertes unserem Grundgesetz widerspricht. Hier sind rechtliche Vorgaben anzusetzen, die auch das Ertragspotenzial der zu bewertenden Anlage berücksichtigen müssen. In der Folge ist die Duldungspflicht verfassungswidrig. Wir hoffen sehr, dass die Abgeordneten des Deutschen Bundestages diese Rechtseinschätzung aufgreifen und im parlamentarischen Verfahren substantielle Änderungen vornehmen werden.

„Eine Verbandsposition ist deshalb nicht entstanden", so Bitter weiter. „Die Duldungspflichten sind für verfassungswidrig. Sie verstoßen gegen den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Demnach müsste eine vertragliche Lösung scheitern, wenn sie zu einem derart erheblichen Eingriff kommt. … Mit einem solchen Zweck verfolgt der Gesetzgeber aber die Absprache in ländlichen Räumen und treibt die Polarisierung der Gesellschaft voran."

Heute mit Special zum 17. »Branchentag Holz«

Holz-Zentralblatt

Deutscher Holz-Anzeiger
Deutsche Holzwirtschaft
Der Holzkäufer

UNABHÄNGIGES ORGAN FÜR DIE FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT

Deutsche Holz-Zeitung
Deutscher Holzverkaufs-Anzeiger

Freitag, 3. November 2023 — 149. Jahrgang · Nr. 44

Heute mit



Branchentag Holz

Holzindustrie

Geschäftslage bessert sich höchstens leicht

Obwohl sich der Anteil der Nadelholzsägewerke mit schlechter Geschäftslage im Oktober um rund 10 Prozentpunkte verringert hat, bleibt die Lage für den überwiegenden Teil der Branche – knapp 60 % – schlecht. ► Seite 730

Holzhandel

Großhandel agiert zurückhaltend

Nahe zu jeder zweite Großhändler von Rohholz und Schnittholz will in den kommenden drei Monaten im Einkauf die Rotstift ansetzen, so ist das Kernergebnis des aktuellen Ifo-Instituts für Oktober zu entnehmen. ► Seite 732

Forstwirtschaft

Allenfalls marginale Lageaufhellung

Die allgemeine Geschäftslage der Forstbetriebe in Deutschland hat sich in den letzten Monaten nur geringfügig verändert. ► Seite 731

Neue VDM-Spitze

Leo Lübke tritt in die väterlichen Fußspuren

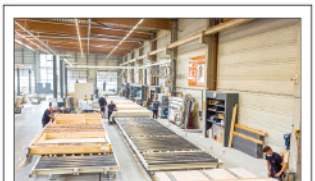
„Helmut Lübke hinterlässt ganz große Spuren. Es wird für ihn einen Nachfolger geben, aber keinen, der es so einzigartig gemacht hat, wie Helmut Lübke", sagte im Herbst 2006 Dirk-Uwe Klaas, damals Hauptgeschäftsführer der Verbände HDH und VDM, und sprach damit vielen Branchenvertretern aus der Seele. Lübke war am 5. Oktober 2006 auf einer Tour am Kilimandscharo in Tansania – es war einer seiner Lieblingsorte – im Alter von 70 Jahren einem Herzversagen erlegen. 17 Jahre danach folgt ihm sein Sohn, Leo Lübke, in das Amt des Präsidenten des Verbands der Deutschen Möbelindustrie (VDM) nach.

Leo Lübke wird direkter Nachfolger von Elmar Duffner. Die Mitgliederversammlung wählte den 59 Jahre alten Unternehmer am 26. Oktober in Frankfurt einstimmig. Lübke leitet als geschäftsführender Gesellschafter den Polstermöbelhersteller Cor Sitzmöbel Helmut Lübke GmbH & Co. KG. Dem VDM-Präsidium gehört er bereits seit 2011 an, seit 2020 fungierte er als Vizepräsident. Zudem sitzt er dem Verband der Deutschen Polstermöbelindustrie vor. Seine Amtszeit beträgt drei Jahre. „Ich freue mich auf diese Aufgabe und sehe es als große Ehre an, auf dieser besonderen Position für eine besondere Branche arbeiten zu dürfen. Mit ein bisschen Respekt und Ehrfurcht schaue ich da noch auf diese Aufgabe. Ich sehe schließlich in einer langen Reihe namhafter Persönlichkeiten, zu denen viele Jahre auch mein Vater gehört hat", sagte Lübke. Sein Vater Helmut war von 1997 bis 2005 VDM-Präsident.

Für ihn sei es wichtig, so Leo Lübke, „die Besonderheit und Heterogenität dieser schönen Möbelbranche nach innen und außen zu vertreten". Als führende Möbelnation in Europa können die deutschen Produzenten mit breiter Brust auftreten und stolz auf ihre Produkte „Made in Germany" sein. „Möbel sind ein emotionales Produkt und diese Emotionalität müssen wir vermitteln." In seiner neuen Position will er die Schlüsselrolle der Möbelindustrie in der Öffentlichkeit und bei der Politik weiter gestärkt. „Zu den Modernisierungsmaßnahmen zählt Alcher neben energetischen Sanierungen auch Aus- und Umbauten bestehender Gebäude. „In Zukunft wird das serielle Sanieren und modulares Bauen im Holzbau eine immer größere Rolle spielen", zeigte er sich überzeugt.

Zwar ist die Zahl der Baugenehmigungen im Ein- und Zweifamilienhausbau rückläufig, aber der Anteil der Holzbauweise steigt. Das belegt der Verband mit Zahlen des Statistischen Bundesamts und der Heinze Marktforschung zu den Baugenehmigungen im ersten Halbjahr. Beim Bau von Mehrfamilienhäusern (MFH) ist die Holzbauquote auf 6% gestiegen (2022: 5,3%). Auch der Anteil der vorwiegend mit Holz gebauten Ein- und Zweifamilienhäuser ist weiter gestiegen und liegt bei durchschnittlich 25,4% (2022: 24,5%). Bei Nicht-Wohngebäuden liegt die Holzbauquote aktuell bei 22,1%.

Durch das steigende Umweltbewusstsein und das wachsende Interesse an nachhaltigen Bauweisen wende der Holzbau weiter an Bedeutung gewinnen und die technologische Entwicklung im Bereich des digitalen Bauens und der Vorfertigung begünstige den Holzbau, ist man im Verband überzeugt. Und auch vom politischer Seite kommt Unterstützung für den Holzbau: Der Verband verweist dabei auf die im Juni vorgelegten Entwurf einer Bundes-Holzbauinitiative der beiden Bundesministerien für Bauen und Landwirtschaft, durch die bis 2030 der Einsatz von Holz wesentlich verbessert und die Holzbauquote erhöht werden soll.



Berufsgenossenschaft fasst Zimmereien und Fertighausbauer zusammen

Die aktuellen Beitragsbescheide der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) bringen für die Unternehmen des Holzbaugewerbes eine deutliche Beitragserhöhung, es wird grob von einer Verdoppelung berichtet. Hintergrund ist der „Gefahrtarif", in dem offenbar die „Holzfertigteilbauer" der Tarifstelle 110 „Zimmererarbeiten" zugeordnet werden. Diese Zuordnung ist für Fachleute nicht sachgerecht, da die großformatigen Gebäudeteile in den Werken der Fertighausanbieter in geschlossenen Hallen witterungsunabhängig hergestellt werden. Ob die Ekmonie tragend oder nichttragend sind, spielt für die Herstellung keine Rolle. Über den Sachverhalt und die Reaktion der Branchenverbände berichtet Wolfgang Schäfer auf S. 727. Quelle: BDF/Fingerhaus

Auftragseingänge im Bauhauptgewerbe sinken bis August um real 7,6 %

In den ersten acht Monaten dieses Jahres lagen die Auftragseingänge im Bauhauptgewerbe inklusive Ausbaugewerbe nominal real um 7,6% unter und nominal um 1,9% über dem gleichen Vorjahreszeitraum, wie das Statistische Bundesamt Ende Oktober mitteilte. Bis einschließlich August sanken die Umsätze im Vergleich zum Vorjahreszeitraum real um 4,0 % und stiegen nominal um 5,4 %.

Der reale (preisbereinigte) Auftragseingang im Bauhauptgewerbe ist im August gegenüber dem Juli kalender- und saisonbereinigt um 10,8 % gestiegen. Das ist der zweite deutliche Anstieg in Folge. Betrachtet man nur den August, ist der reale, kalenderbereinigte Auftragseingang im Bauhauptgewerbe gegenüber dem August des Vorjahres um 17,5 % gestiegen. Dabei stieg der Auftragseingang im Hochbau um 0,9%, im Tiefbau um 34,5 %. Auf rund der höheren Baupreise lag der nominale (nicht preisbereinigte) Auftragseingang im Bauhauptgewerbe im August 2023 um 21,9 % über dem Vorjahresniveau.

Die Zahl der im Bauhauptgewerbe tätigen Personen war im August dieses Jahres 1,2 % größer als im August 2022.

Deutscher Holzbau entwickelt sich in einem schwierigen Umfeld gut

Insgesamt rückläufige Baugenehmigungen, aber steigende Holzbauquote

Mitglieder des Verbands Holz.bau Deutschland trafen sich am 20. Oktober zu einer Bezirksversammlung in Münsingen bei Freiburg im Breisgau. Hieraus lässt der Einschätzung der aktuellen Situation des Holzbaus bestand Einigkeit in einem schwierigen Umfeld entwickelt sich der Holzbau gut. Und auch die Aussichten sind insgesamt längerfristiger gesellschaftlicher Entwicklungen und politischer Unterstützung gut.

„Die Auftragsbücher sind gefüllt und die Stimmung in den Betrieben ist gut", fasste der Vorsitzende, Peter Aicher, die aktuelle Marktlage im Holzbau zusammen. „Wenngleich die Nachfrage nach Ein- und Zweifamilienhäusern zurückgeht, so wird der Holzbau durch zunehmende Modernisierungsmaßnahmen

Pelletproduktion steigt weiter

Die deutschen Pelletproduzenten haben im dritten Quartal dieses Jahres erneut einen Rekordwert aufgestellt, indem sie eine Gesamtproduktion von rund 985 000 t erreichten. Das bedeute eine Steigerung von 1,9 % im Vergleich zum vorherigen Quartal (965 000) und eine Zunahme von 3,9 % gegenüber dem Vorjahresquartal (946 000 t). Das berichtet das Deutsche Pelleteninstitut (Depi).

Der Großteil der Pelletproduktion wird im Inland verbraucht. Der Exportanteil lief im dritten Quartal mit 11,7% sogar deutlich geringer aus als in den ersten beiden Quartalen des Jahres (19,4% und 15,1%). Der Export-Wert liegt ebenfalls unter dem des Vorjahresquartals (15,1%) und dem des Vorjahresschnitts (17,6%).

Mit 91,9% erreichte der Anteil an Sägenebenprodukten im dritten Quartal den höchsten Wert seit Anfang 2022. 99,2% des eingesetzten Holzes waren Nadelholz.

www.holz-zentralblatt.com



Unabhängige und neutrale Beratung für Holzbau und neu für Architekten

Wir unterstützen dich in der strategischen Weiterentwicklung deines Unternehmens zu mehr Wertschöpfung.

Erfolg ist Teamarbeit. Deshalb fördern wir die Kompetenzen deiner Mitarbeitenden, damit sie die eigenen Arbeitsplätze und Prozesse selbst nachhaltig optimieren.

So entwickeln sich die Mitarbeitenden zu Unterstützern und leisten in der Entwicklung des Unternehmens den entscheidenden Beitrag.

Die aktuellen Themen in Deutschland, Österreich und der Schweiz sind:

- Layout-Planung, Erweiterung
- Prozesse und Abläufe optimieren
- Materialfluss und Logistik verbessern
- Start in den mehrgeschossigen Holzbau
- Erfolgreiche Akquise von Holzbauprojekten
- Shopfloor Management aufbauen
- Mitarbeitende führen
- Fertigungskonzepte ändern
- Auftragssteuerung verbessern
- Ressourcen Management anpassen
- Architekten im Holzbau beraten
- Mehrgeschossiger Holz- und Hybridbau

Holzbauprojekte sind Teamprojekte – mit unserem neutralen Holzbauwissen aus der Praxis bilden wir die Brücke zwischen Architekten, Ingenieuren und Bauherrschaften und schaffen die Basis für eine effektive und wirtschaftliche Umsetzung.



Thomas Arnold Stephan Zürcher Marco Filli

Weitere Informationen auf unserem Stand im Erdgeschoss EG021 oder

www.ecoholz.ch
+43 670 605 85 58
+41 44 555 85 42

wir entwickeln, coachen und optimieren mit dir, dein Unternehmen

ECO-TIMBER
Abbund und Holzbau für Profis.
Wir machen mehr aus Ihrem Holz.

ECO-TIMBER GmbH & Co. KG
Franz-Kühne-Str. 6
37308 Heilbad Heiligenstadt

Tel.: +49 (0) 3606 502310-0
Mail: info@eco-timber.de

ECO-TIMBER ist eins der modernsten Holzbau- und Abbundzentren in Deutschland, mit umfangreichen Kapazitäten und vor allem einem professionellen Serviceangebot. Alles aus einer Hand, auch im Holzbau! Die Kombination des hergebrachten Wissens mit modernster Technik zeichnet den innovativen Holzbau aus. Holz steht für Umweltverträglichkeit, niedrige Energie-Bilanzen, Langlebigkeit, Flexibilität und kürzere Bauzeiten. Wir freuen uns auf ein Kennenlernen und die erfolgreiche Zusammenarbeit

Abbund
in drei Qualitäten



BauBuche
Abbund und Beschichtung



Holzelementbau
zertifiziert und individuell



Serielle energetische Sanierung



3D-Aufmaß-Service



Holzbeschichtung
Fassadenhölzer und mehr



elka®
Markenprodukte

SIEGER
Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2025

Schnittholz & Holzwerkstoffe
in Perfektion
– seit 1906

HOLZ RETTET KLIMA
Mission Holz 2030


Dachausbau


Möbel- und Innenausbau

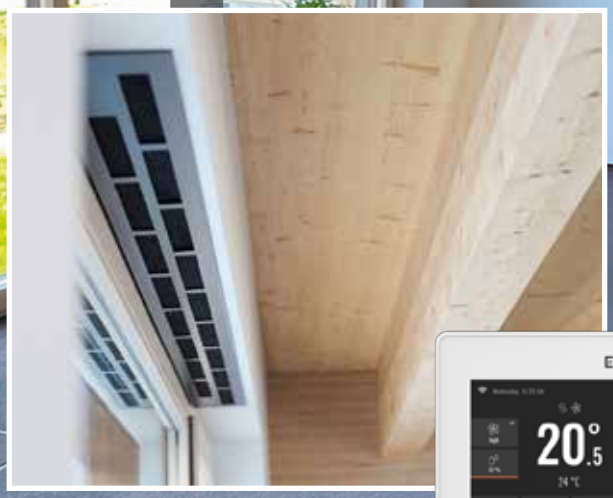

Konstruktiver Holzbau

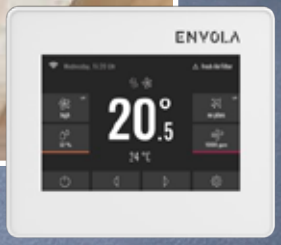

Dachbodensanierung

elka® Holzwerke GmbH · Hochwaldstraße 44 · D-54497 Morbach · www.elka-holzwerke.eu

ENVOLA
SMART ENERGY

Heizen. Kühlen. Lüften.
Ein Gerät. Alles aus einer Hand





Moderne luftdichte Gebäude erfordern insbesondere im Holzbau ein aktives Steuern der Innenraumluftqualität. Nachhaltig, effizient, kostengünstig und gesund. Dazu bedarf es neben der Heizung auch einer bedarfsgerechten Frischluftversorgung sowie einer angemessenen Kühlung.

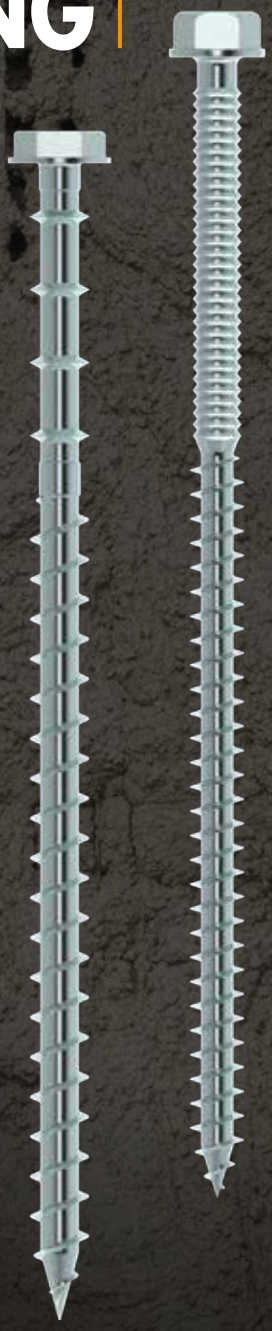
Das digital gesteuerte Envola Raumluftgerät Window HVAC vereint diese drei Funktionen in einem kompakten Gerät, das im Fenstersturz unsichtbar im Beschattungskasten installiert wird. So können sowohl beim Bau als auch im Betrieb erheblich Kosten gespart werden.

www.envola.eu

Eurotec®

Der Spezialist für Befestigungstechnik

IMMER EINE **STARKE VERBINDUNG**



HOLZ-BETON-VERBUNDSCHRAUBE

TRAGWERKSERTÜCHTIGUNG VON GESCHOSSDECKEN IN NEUBAU UND SANIERUNG

- Erhöhte Tragfähigkeit
- Erhöhte Steifigkeit
- Verbesserter Schallschutz
- Erhöhter Feuerwiderstand
- Die Bestandsbalken bleiben erhalten
- Die Schalung kann erhalten bleiben

ETA CE
Europ. Techn. Bewertung
European Technical Assessment
ETA-16/0864

WEITERE INFORMATIONEN

25 ÜBER JAHRE

www.eurotec.team

euroTECH HANDLING



Komponenten



Hebegeräte

euroTECH bietet zukunftsorientierte Handling und Transportlösungen im Bereich der Vakuumtechnik. euroTECH entwickelt und produziert kundenspezifische Vakuumsysteme und -komponenten für automatisierte Handhabungsaufgaben aus einer Hand.

Mit dem euroTECH-Baukastensystem und euroTECH-Service ist eine flexible Anpassung der Komponenten an die jeweiligen Kundenwünsche sowie ein schnelles kostengünstiges Austauschen von Ersatzteilen möglich.



Anlagenbau

Maybachstr. 7
D-72348 Rosenfeld | Germany
T +49 7428 93912-0
info@etvac.de
www.etvac.de

Die clevere Art, Lasten zu heben

FHS Treppen & Brettsperrholz

Brettsperrholz-Herstellung von der Säge bis zum Abbund, plus perfektes Tischler-Handwerk

FHS produziert seit über 25 Jahren im tschechischen Veseli auf mehr als 15.000 m² Hallenfläche **Treppen in Holz, Stahl, Edelstahl und Glas**. Dabei reicht das Spektrum von der Einzelfertigung exklusiver Treppen bis zur Serienfertigung für Großobjekte.
Seit einigen Jahren hat sich FHS zudem als **Hersteller von Brettsperrholz** etabliert. Die hohe handwerkliche und technische Qualifikation der langjährigen Mitarbeiter sorgt auch hier für Perfektion. So kann FHS bei Bedarf nicht nur die Werkplanung für Holzbau-Projekte übernehmen, sondern auch im Brettsperrholz-Bereich individuelle Wünsche realisieren. Zudem darf FHS als EN-1090 zertifizierter Stahlbau tragende Stahlteile herstellen und mitliefern.

Exklusive Sichtoberflächen auf Brettsperrholz

- praktisch rissfreie Oberfläche in vielen edlen Holzarten (Eiche, Esche, Weisstanne, Zirbe, Lärche, Altholz, Kan. Ahorn ...)
- für Wand- und Deckenelemente, auch mit verschiedenen Holzarten in durchgehendem Decken-Element
- Sperr- und Decklage verhindern Übergreifen des Quell- und Schwundverhaltens der obersten Brettlage: **der Riss ist eingesperrt!**

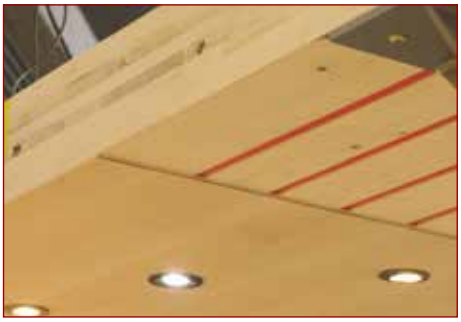


zum Video



im Video: Geschäftsführer Max Frisch präsentiert die Exklusiven Sichtoberflächen

in BSP-Element integrierte Heizung u. Elektrik



FHS auf einen Blick:

eigenes Brettsperrholz-Werk

- Werkplanung, Fertigung, Abbund
- Decken, Wände, komplette Gebäude
- Exklusive Oberflächen (> 20 Holzarten)
- externe Statik auf Wunsch
- EN 1090 zertifizierter Stahlbau
- eigenes Sägewerk

eigenes Treppen-Werk

- Treppen in Holz, Stahl, Edelstahl, Glas
- klassisch - modern - Sondertreppen
- Stufen und Geländer für BSP-Treppen ohne erneutes Aufmaß, da CAD-Datei





Holz statt Beton! Brettsperrholz Fertig-Treppen

Die BSP-Fertigtreppe ist schnell mit dem Kran in den Bau eingehoben und sofort als **Bautreppe** begehbar. Mit Stufen und Geländern von FHS ist sie später ohne erneutes Aufmaß rasch als **Wohnraum-Treppe** fertiggestellt (die CAD Dateien sind im Werk vorhanden!).
In der Ausführung als **Treppen-Modul** wird die BSP-Treppe einschließlich der BSP-Wände für das Treppenhaus komplett vormontiert geliefert. Dies eignet sich sowohl für den Neubau, als auch - von oben in den Bau eingehoben - für die Sanierung im Bestand.



FHS Holzbau GmbH
www.fhs-holzbau.de
kontakt@fhs-holzbau.de
Tel. +49 8641-699394

FHS Treppen GmbH
www.fhs-treppen.de
kontakt@fhs-treppen.de
Tel. +49 8641-6970833

Fixpod

Die innovative Installationslösung für den Holzbau





Die Vorteile auf einen Blick

• Effizientere Prozesse • Arbeitssicherheit • Nachhaltigkeit







www.fixpod.ch

Fixpod GmbH - Randstrasse 3 - CH-8261 Hemishofen

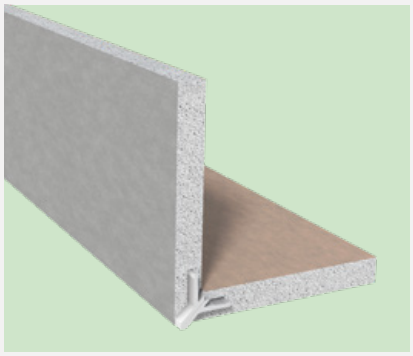
schmitt

simpel. schnell. stabil.

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

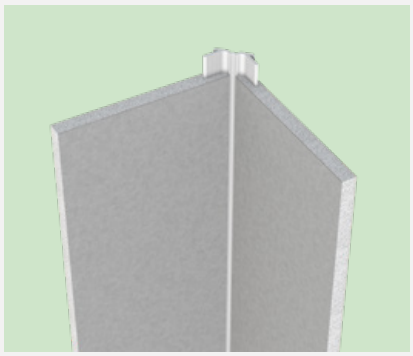
28. Internationales Holzbau-Forum (IHF)
Congress Innsbruck

Stand KU230
4.12. – 6.12.2024



ProTeck

Gips(faser)platten-Formteil mit integriertem Kantenschutzprofil



PlanoFlex

Formteil mit integriertem Bewegungsfugenprofil



PlateFix

Element mit integriertem PVC-Einputzprofil



Formteilbau Schmitt GmbH & Co. KG

Schönauer Weg 20
97783 Karsbach

Telefon +49 9358 740304-0
Telefax +49 9358 740304-29

info@formteilbau-schmitt.de
www.formteilbau-schmitt.de



Fraunhofer

WKI

Funderplan
Jetzt auch auf dataholz.eu!

Funderplan ist die ökologische und gesunde Alternative im Holzbau. Vielseitig verwendbar, hauptsächlich zur statischen Beplankung bei Wand-/ Decken- und Dachelemente, sogar in Verbindung mit Lehmputz, eignet sie sich hervorragend im ökologischen Holzhausbau. Geprüfte Wandaufbauten bieten nun zusätzlich Sicherheit im Holzbau.

dataholz.eu

Fundermax
office@fundermax.at
www.fundermax.com

For you to create

Fundermax



5 geprüfte Wandaufbauten

Außenwand	Außenwand	Außenwand	Außenwand	Innenwand
awrhhi14a	**awrhhi15a**	**awrhhi16a**	**awropi32a**	**iwrxxo16a**

Gaulhofer

Fenster zum Wohnfühlen

NACHHALTIGE WOHNWELTEN

Premiumqualität für den Holzhausbau



QUALITÄTS FENSTER
MADE IN AUSTRIA

HOLZ VON HIER
wir sind Mitglied*

GERMAN DESIGN AWARD SPECIAL 2017

GERMAN DESIGN AWARD WINNER 2023

www.gaulhofer.com

EFFIZIENTE ENTKOPPELUNG IM HOLZBAU

Komfort ist mehr als nur Mindestschallschutz







NUTZEN

- Bewährtes Polyurethan in Stärke 6 und 12,5 mm, Breite individuell wählbar
- GePi-Connect für schallbrücken-freie Verbindung
- Berechnungstool TimberCalc für Flankenlagerung im Holzbau
- Geprüfte Flankenentkoppelung Kij bis zu 35 dB

MIT ALLGEMEINER BAUAUFSICHTLICHER ZULASSUNG
getzner
Z-16.8-468
BAY10
Sylodyn®

getzner

getzner.com

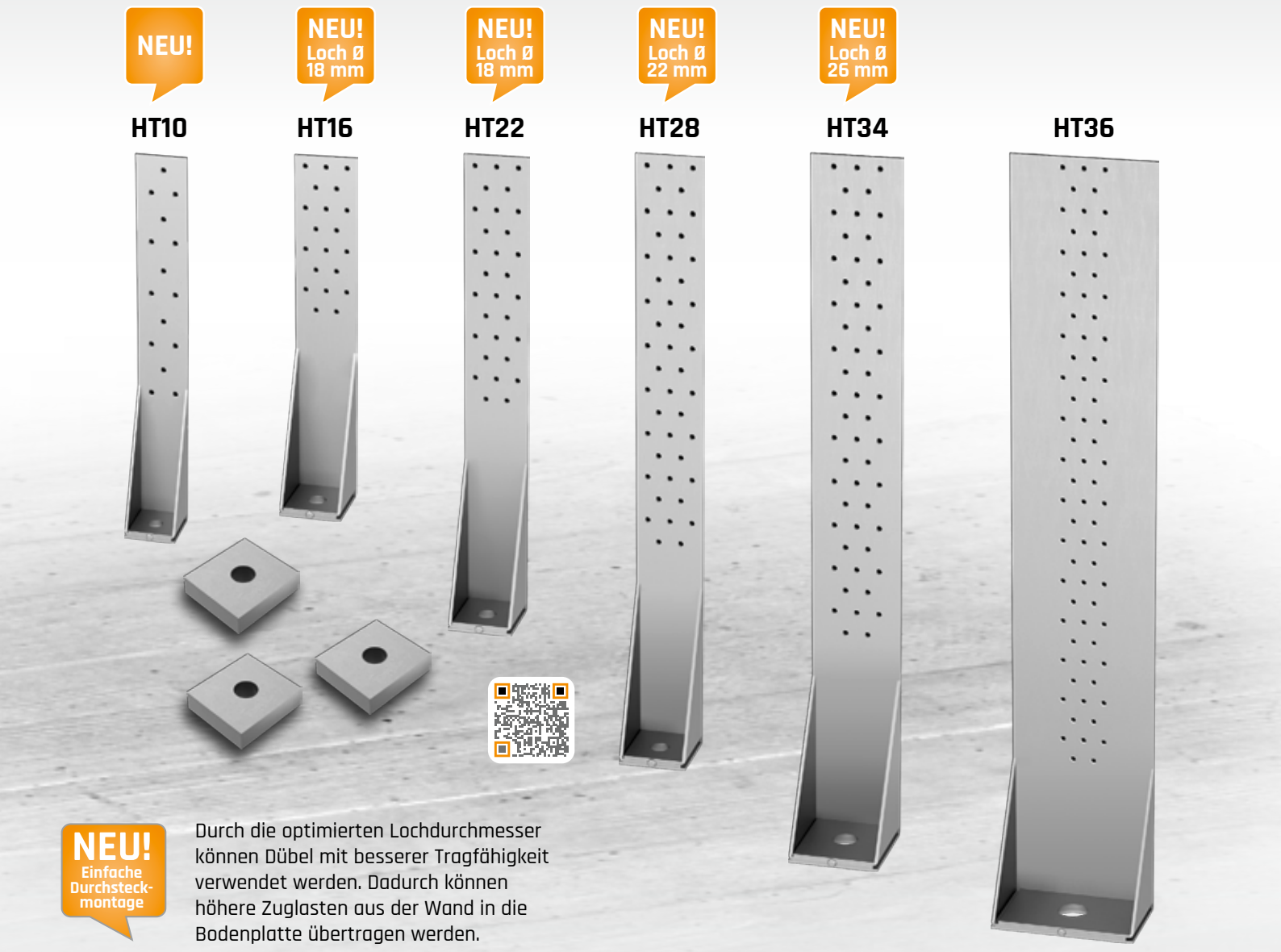
WMUF-AT

TOPLINE KONSTRULINE MADE IN GERMANY CE ETA-10 0010

HOLZVERBINDER

ZUGANKER **HT**

EINE ERFOLGSSERIE VON GH



NEU! Einfache Durchsteck-montage

Durch die optimierten Lochdurchmesser können Dübel mit besserer Tragfähigkeit verwendet werden. Dadurch können höhere Zuglasten aus der Wand in die Bodenplatte übertragen werden.

OPTIMIERTE HT ZUGANKER!

HT16 und HT22

Einfache Durchsteckmontage bei der Verwendung von Bolzenanker. Bei der Montage mit Klebedübel/Verbundmörtel kann das Bohrloch in der Bodenplatte direkt durch den vorpositionierten HT Zuganker erstellt werden.

HT28 und HT34

Größere Bolzen möglich, dadurch können höhere Lasten aus der Wand in die Bodenplatte übertragen werden. Das Bohrloch in der Bodenplatte wird direkt durch den vorpositionierten HT Zuganker erstellt.

INNOVATIONEN
IM HOLZBAU.

GH Baubeschläge GmbH
Austraße 34
D-73235 Weilheim/Teck

Telefon +49 7023 743323-0
Telefax +49 7023 743323-29
info@holzverbinder.de

Unser gesamtes Produktsortiment und Statikinformationen finden Sie unter **www.holzverbinder.de**



Grossmann Bau überzeugt mit Schul- und Sporthallenneubau

Abbund und Montage – April bis Oktober 2022

Brettschichtholz (850 m³ Fichte / 87 m³ Lärche) | Brettsperrholz (375 m³) | Holz-Beton-Verbund

Die Grundschule Fürstenfeldbruck hat einen Neubau mit Sporthalle erhalten. Das erste und zweite Obergeschoss des 47 m auf 47 m quadratischen Schulbaus ist in Holzbauweise von Grossmann Bau errichtet. Die Wände bestehen aus Brettsperrholz, teilweise in Sichtqualität, und die Decken sind als Holzbetonverbund ausgeführt. Die Stützen und Unterzüge wurden in Brettschichtholz gefertigt, ebenso wie die Dachdecke. Der umlaufende Fluchtbalkon mit Stahlbeton-Fertigteilplatten und Blenden aus Lärche-Dreischichtplatten zeigt außenseitig Stützen aus Lärchen-Brettschichtholz, ebenso wie an der Hallenfassade. Besonderes Augenmerk wurde auf den konstruktiven Holzschutz bei den bewitterten Stützen aus Lärchen-BSH beim Fluchtbalkon gelegt. Die Sporthalle, deren Dachplatten aus Brettsperrholz sind, wird mit Trägern aus Fichten-BSH 28 m überspannt.

Grossmann Bau ist bei der Realisierung von außergewöhnlichen Holzleimbau-Projekten ein erfahrener Partner für Zimmerer, Holzbaubetriebe und Architekten.



Fürstenfeldbruck: Neue Grundschule und Sporthalle



Bilder: Rolf Sturm

GROSSMANN

- Holzbau für große Spannweiten bis zu 45 m
- Individuell gefertigtes Brettschichtholz, Sonderbauteile (auch gekrümmt)
- Holz-Beton-Verbund-, Brettsperrholz-Elemente, blockverleimte Konstruktionen
- Eigenes Ingenieurbüro

GROSSMANN Bau GmbH & Co. KG
83026 Rosenheim
Tel: +49 8031 4401-51
holzleimbau@grossmann-bau.de
www.grossmann-bau.de



ADOPT AXIL 3000 P+ WOOD TREATMENT TO ENSURE YOUR CONSTRUCTIONAL TIMBER'S LONGEVITY

- Preserves the natural state of wood
- Bio-Based wood preservative solution
- Up to class 3.2 autoclave treatment
- BPR Approval
- Wide range colours available

Bio-based Solution

Use biocidal products with care. Read the label and product information before use.

groupe berkem

Construction & Materials

A business area of Groupe Berkem

20, rue Jean Duvert
33290 Blanquefort - FRANCE
groupeberkem@berkem.com

afaq ISO 9001 Qualité AFNOR CERTIFICATION

construction.groupeberkem.com

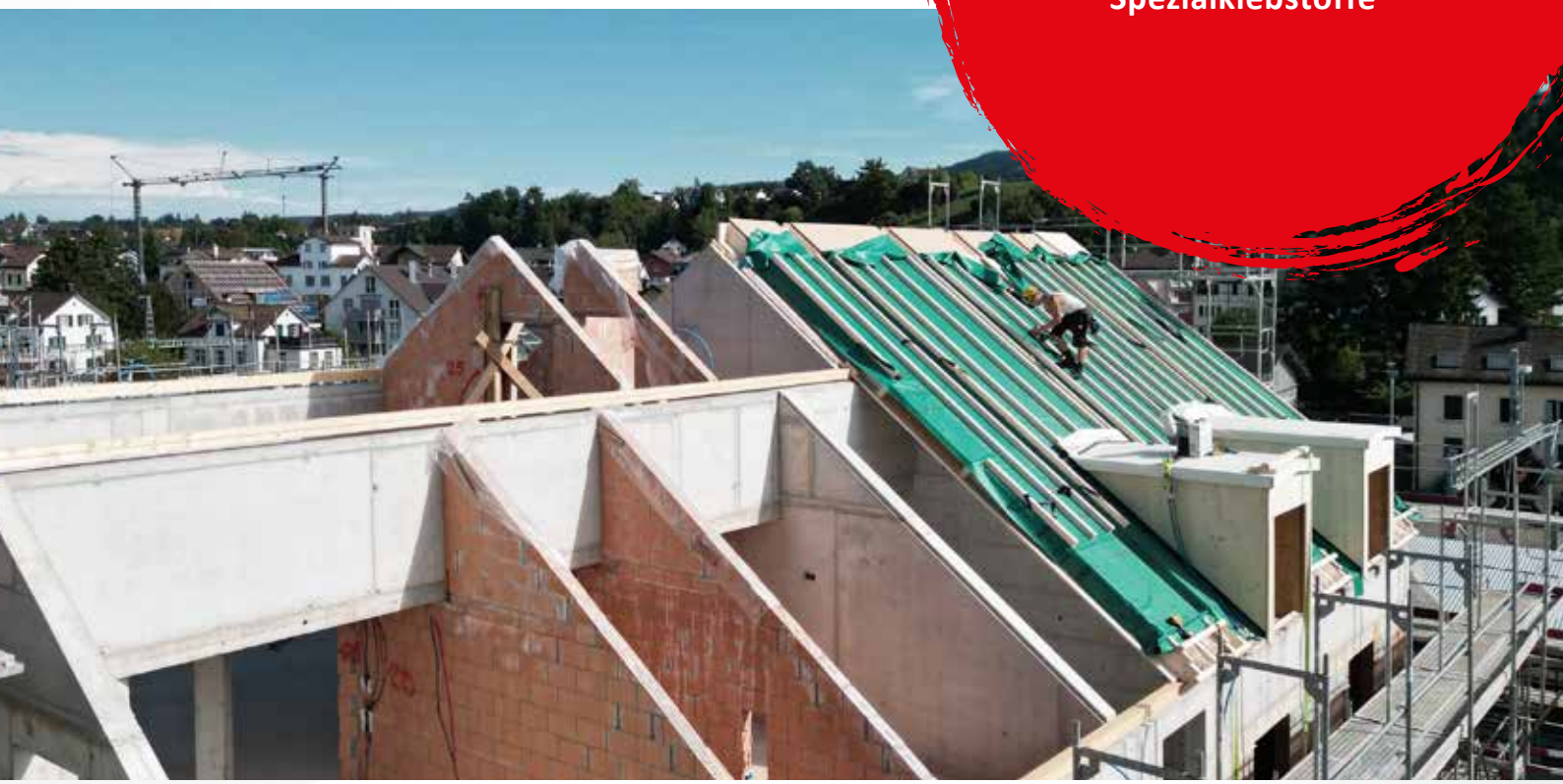
Geistlich
Ligamenta

Klebstoffe
seit 1851

Seit 1851 steht die Marke Geistlich Ligamenta für qualitativ hochwertige Klebstoffe und bietet umfassende Lösungen für den Schreinerbereich. Unser Sortiment umfasst Dispersions-, Schmelz-, PU- sowie diverse Spezialklebstoffe, die insbesondere die Anforderungen der Holzbranche und der Industrie erfüllen.

Ergänzt wird unser Angebot durch eine breite Palette an DIY-Produkten, die in Baumärkten in der ganzen Schweiz erhältlich sind. Seit 2016 liegen die Vertriebsrechte bei der GYSO AG, die das Sortiment aktiv weiterentwickelt und über umfassendes Know-how im Bereich Klebstoffe verfügt.

Dispersionsklebstoffe
PU-Klebstoffe
Schmelzkleber
Spezialklebstoffe



GYSO

GYSO AG
Steinackerstrasse 34 / CH-8302 Kloten
Tel. +41 43 255 55 55 / info@gyso.ch

GYSO SA
Chemin du Closalet 20 / CH-1023 Crissier
Tél. +41 21 637 70 90 / crissier@gyso.ch

www.gyso.ch

Haas

Haas Objektbau. Nachhaltig und sicher in die Zukunft investieren

Innovative und zukunftsfähige Systemlösungen aus Holz.
Hausbau. Wohnbau. Gewerbebau. Landwirtschaftsbau.

Stand-Nr.

DG046

WIR FREUEN UNS AUF IHREN BESUCH!



Vielfältige Bauprojekte, eine Adresse:

Fon | +49 (0) 87 27/18-0
Mail | info@haas-fertigbau.de

www.haas-fertigbau.de

Der verlässlichste Partner für den Holzbau

HABERKORN





Service
Beratung
Auswahl



haberkorn.com

HUNDEGGER
ROBOT-Compact 650

Klein im Format – groß in der Leistung!



hundegger.com

Ihre Vorteile:

- Für Querschnitte von 20 x 60 mm bis 300 x 650 mm
- Mit patentiertem und bewährtem Robot-Aggregat für allseitige 6-Achs-Bearbeitung
- Werkzeugwechsler für bis zu 28 verschiedene Werkzeuge
- Geringes Aufstellmaß ohne bauliche Maßnahmen auf Ihrem Hallenboden, ab 17,5 m x 5,8 m bei 8 m Holzlänge
- Präzision und Leistung sinnvoll kombiniert

Professioneller Abbund - wirtschaftlich und flexibel!

HUNDEGGER

Innovationen für den Holzbau

HBS

Ein Unternehmen der ante-Gruppe

www.hbs-berga.de

Holzbausysteme







- Dach-/Wand und Deckenkonstruktionen aus CLT
- Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse
- Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekten

Als Hersteller von CLT bietet HBS großformatige Massivholzelemente welche als Wand-, Decken- und Dachbauteile eingesetzt werden können.

Diese Bauteile sind standardmäßig in den Abmessungen von 3,50 m x 16,00 m herstellbar, Stärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten. Überlängen und/ oder Sonderstärken sind auf Anfrage möglich.

Der montagefertige Zuschnitt erfolgt präzise nach Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen.

HBS Berga GmbH & Co. KG
Ahornweg 1 • 06536 Berga - Südharz
Tel: +49 34651 451-0 • e-mail: info@hbs-berga.de

HBT-ISOL
passion for silence

Solutions against vibrations, shocks and structure-borne noises in timber constructions





Solutions

– Decoupling of flank noise
– Spring bearings for HVAC systems and machines
– Elastic bearings for elements and modules

HBT-ISOL AG
Im Stetterfeld 3
CH-5608 Stetten
T +41 56 648 41 11
www.hbt-isol.com
info@hbt-isol.com

HBT-ISOL GmbH
Friedrichstr. 95
D-10117 Berlin
T +49 (0)30-97 89 47 07
www.hbt-isol.com
info@hbt-isol.com

HELLA
Jalousien. Markisen. Rollläden.

TRAV Integral

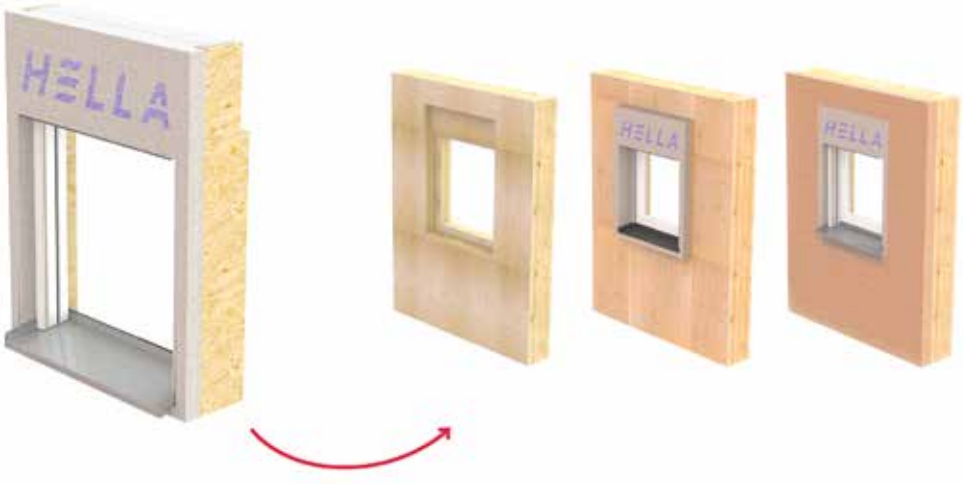
INTELLIGENTER SONNENSCHUTZ FÜR MODERNES BAUEN

Sonnenschutz bei Gebäuden ist essenziell für Energieverbrauch und Wohlbefinden. Je früher Sonnenschutzanlagen in die Planung mit aufgenommen werden, desto harmonischer und funktionaler integriert sich dieser in das Gebäude. Als einer der führenden europäischen Anbieter von Sonnen- und Wetterschutztechnik, produziert HELLA Rohbaulösungen, Systemkomponenten und Fertigelemente für verschiedene Branchen.



TRAV und fertig: Kasten- und Leibungssysteme
Egal ob Rollläden, Raffstores, textile Beschattungen oder Insektenschutz – Fenster und Sonnenschutz verschmelzen zu einer flexiblen, perfekt montierten Einheit. Kastensysteme von HELLA sparen Zeit und Kosten, verhindern Baufehler, optimieren die Bauqualität und erfüllen Normen der Zukunft. Jedes Kastensystem der Produktgruppe TRAV erfüllt die individuell angepassten Bedürfnisse seiner jeweiligen Zielgruppe. Zum Boom im Holz- und Fertigbau passt die Neuheit TRAV Integral: Ein vorgefertigtes Gesamtsystem aus Rahmen, Fensterbank sowie integriertem Sonnen- und Insektenschutz. Wärmebrücken, Wassereintritt, Putzrisse und andere Konstruktionsfehler sind praktisch ausgeschlossen.

DAS RUNDUM-SORGLOS PAKET



QR-Code scannen und entdecken, wie der TRAV Integral die Herausforderung Fensteröffnung im Holzbau meistert.

Die HELLA-Gruppe
HELLA ist einer der führenden europäischen Anbieter für Sonnen-, Licht- und Wetterschutzsysteme für Gebäude mit Hauptsitz in Abfaltersbach (Osttirol). Das Produktportfolio umfasst aufeinander abgestimmte Außen- und Innenbeschattungslösungen, Sicherheitssysteme sowie entsprechende elektronische Steuerungen.

Mehr Informationen unter:
www.hella.info

Ihr HELLA-Ansprechpartner berät Sie gerne! Kontaktieren Sie uns unter: **fertigbau@hella.info**.

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 · Zugstangen
Leimbinderpressen · Nagelbleche · Sonderschrauben, -scheiben, -muttern
CE-zertifizierte Stabdübel · Schweißen nach EN 1090 bis Ausführungsklasse EXC 4

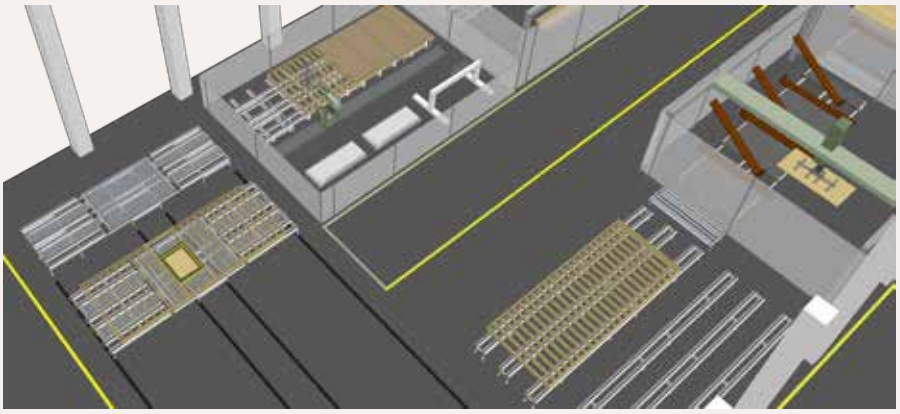
Als Neuheit der Haslinger Firmengruppe bietet das HMR 750 Zugstabsystem der modernen Architektur von heute ein innovatives und formschönes Produkt mit exzellentem Korrosionsschutz, sehr hoher Tragfähigkeit und mehr Montagesicherheit.

www.hmr-jacob.de

holzbau.tech

- umfassende Dienstleistungen für den Holzbau -

holzbau.tech bietet umfassende Dienstleistungen und Services für die Optimierung, Digitalisierung und Automatisierung der Prozesse im Holzbau. Dabei arbeitet holzbau.tech kundenspezifische, herstellerunabhängige und ganzheitliche Konzepte aus.



Produktion - Entwicklung und Planung

Roboterbasierte Fertigungskonzepte

Digitale Tools und IT-Konzepte

Prozess- und Produktionsoptimierung

Holzbau - Konstruktion und Planung



Arbeitgeber der Zukunft

UNTERNEHMER

Work with us

Telefon: +49 8031 271556-0
E-Mail: info@holzbau.tech

Find us

Frühlingstraße 32A
83022 Rosenheim

Socials - *holzbau.tech*







CLT HERSTELLUNG:
DIGITAL. NACHHALTIG. IM SCHWARZWALD.

// Höchste Qualität und ein hohes Mass an Serviceleistungen.

Erfahrung, gepaart mit Innovationskraft: unsere drei Gesellschafter, die Sägewerke Streit, Echtle und Kübler haben in Summe über 450 Jahre Erfahrung mit Holz und 30 Jahre Erfahrung im Abbund und Holzelementbau!

- ... CLT aus vollständig flankenverklebten Brettern, in allen Lagen
- ... Edle Oberflächen aus Weißtanne und Fichte
- ... Hohe Maßhaltigkeit durch innovativen Plattenaufbau, hydraulische Presstechnik und Kalibrierschliff
- ... Schleifen von Sichtqualität in Faserrichtung
- ... CLT aus der Region für die Region
- ... 3D Holzbaufach-/Konstruktionsplanung
- ... 30 Jahre Abbunderfahrung
- ... Ansprechpartner mit Handwerkserfahrung auf Augenhöhe unserer Kunden
- ... CLT Abbund mit innovativer Technik

HolzBauWerk Schwarzwald GmbH
Gewerbestraße 32 · 72297 Seewald
Tel. +49 (0) 7447 89690-0
info@hbw-schwarzwald.de
www.holzbauwerk-schwarzwald.de

HOLZBAUWERK SCHWARZWALD

Voll im Trend
FASSADEN
aus heimischen Holzarten

NATURNah
LADENBURGER · HEIMISCHES HOLZ



›› Wartungsfreie Holzfassaden für individuelle Architektur ‹‹

Douglasie und Tanne kommen auf den heimischen Wäldern und ermöglichen dank ihrer Eigenschaften eine vielfältige Gestaltung der Gebäudehülle. Douglasie hebt sich besonders durch ihrer hohe Widerstandsfähigkeit hervor. Die heimische Weißtanne ist ein helles und klar strukturiertes Holz, welches jeden Beschichtungswunsch ermöglicht.

Naturbelassen oder mit ökologischer Oberflächenbehandlung in modernen Farbtönen.

mehr auf www.ladenburger.de



Douglasie Naturgrau



Douglasie Naturgrau



Douglasie Naturgrau



Tanne Schiefergrau



Tanne Schiefergrau

Zur Walkmühle 1-5
73441 Bopfingen-Aufhausen
Tel. + 49 7362 9605-0
Fax + 49 7362 9605-20
E-Mail: info@ladenburger.de

Freie Flur 3 I Am Bahnhof
04643 Geithain
Tel. + 49 34341 306-0
Fax + 49 34341 306-80
E-Mail: geithain@ladenburger.de

Holzwerke Ladenburger





MASSIV BAUEN MIT XWORKS HOLZBAUELEMENTEN

- Nachhaltig, schnell & effizient
- Individuell & maßgenau
- Hohe Formstabilität & Tragfähigkeit
- Elegante Sichtqualitäten bieten modernes & warmes Wohnambiente

XWORKS van Roje BRETTSPERRHOLZ

van Roje

Wir bringen Holz in Form

Holzwerke van Roje SAS GmbH
Ignatz-van-Roje-Platz 1
56587 Oberhonnefeld-Gierend
Tel.: 0 26 34 / 95 59 - 0
crossworks@vanroje.de
www.vanroje.de/brettsperrholz

Movement Efficiency

WENDETISCHE
TURNING TABLES

MONTAGETISCHE
ASSEMBLY TABLES

RAHMENPRESSEN FÜR FENSTER UND TÜREN
WINDOW AND DOOR FRAME PRESSES

Der Maschinenbauer für alle Lösungen in der Bewegung, Positionierung, Klemmung, Ausrichtung und Pressung sowie dem Transport von Bauteilen und Baugruppen im Holzbau und der Fertigung von Bauelementen







HIDEX MACHINES
MOVEMENT EFFICIENCY

Hidex d.o.o.
Ljubljanska cesta 4
8000 Novo mesto
Slovenia

+386 31 340 726
info@hidex-machines.com
www.hidex-machines.com

HOLZUNION
SYSTEM Q

SERIELLER HOLZBAU NACHHALTIG DURCHDACHT.



- + Kostensicherheit mit Festpreis
- + Geschwindigkeit durch hohen Vorfertigungsgrad
- + Nachhaltig & Einhaltung von QNG möglich
- + Flexible Grundrisskombinationen inkl. Badmodule

Besuchen Sie unsere Website!
www.holzunion-systemq.com
Oder direkt kontaktieren per Mail:



HOLZUNION
Timber Construction Group

SERIELLE SANIERUNG ALLES AUS EINER HAND.

- + Kostensicherheit durch Bau-Team-Phase
- + Deutschlandweit verfügbar durch Firmenverbund
- + Vom Einfamilienhaus bis zu Großprojekten
- + Alles von höchster Qualität

Besuchen Sie unsere Website!
www.holzunion.com
Oder kontaktieren Sie uns unter:
e-mail **info@holzunion.com**
tel. **+49 4268 933 66**



Holzbau – tested by ift Rosenheim

Brandschutzz

- Feuerwiderstand
- Rauchschutz
- Brandverhalten
- Nachweise für EU, Nordamerika, UK, Arabischer Raum, Indien etc.
- Brandschutzkonzepte

Schalldämmung

- Luftschall
- Schall-Längsleitung
- Trittschall

Bauphysik

- Wärmedämmung (U-Wert)
- Feuchteschutz
- Luftdichtheit
- Tauwasser

Mechanik + Festigkeit

- Holzbaustoffe
- Holzwerkstoffe
- Schrauben (Auszugsfestigkeit)
- Verbindungsmittel

Nachhaltigkeit

- Zertifizierung von Managementsystemen (Umwelt, Energie etc.)
- Erstellung von Ökobilanzen/EPDs
- CO_2-Fußabdruck (Produkte, Unternehmen)
- Nachhaltigkeitsberichte

Holzschutz

- Chemischer Holzschutz
- Holzarten
- Konstruktiver Holzschutz

Wir unterstützen Sie gerne!

ift Rosenheim GmbH
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Deutschland

E-Mail: info@ift-rosenheim.de
Telefon: +49 8031 261-0
Website: www.ift-rosenheim.de

Weitere Informationen

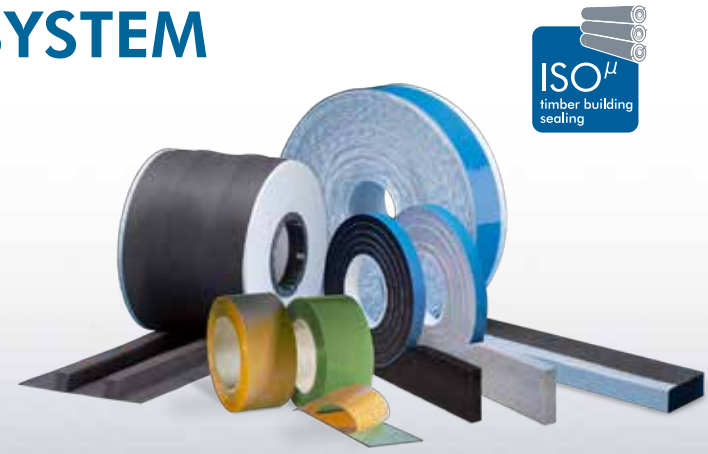
www.ift-rosenheim.de/holzbau



ISOμ-HOLZBAUDICHTSYSTEM

EFFEKTIVER SCHUTZ VOR STEIGENDEN ENERGIEKOSTEN UND BAUSCHÄDEN

Mit unserem ISOμ-HOLZBAUDICHTSYSTEM gelingt die Abdichtung von Bewegungsfugen einfach und sicher. Denn unsere qualitätsgeprüften Systemprodukte gleichen Fugenbewegungen sicher aus und sind gleichzeitig für den Einsatz als Feuchte- und Dampfsperre optimiert. Dies ist notwendig, da Fugen im Holzhausbau ganz besonders beansprucht werden.





BAUFUGE 4.0

GEBÄUDEABDICHTUNG DER NÄCHSTEN GENERATION
Mehr unter: BAUFUGE4.0.iso-chemie.eu

ISO-Chemie GmbH \ info@iso-chemie.de \ www.iso-chemie.de

spit Paslode haubold®

TOOLMATIC®

AUTOMATED FASTENING SYSTEMS

MADE IN GERMANY



S540

KLAMMERNIEDERHALTER
für Robotikanwendung.

SILENCER minimiert die Geräuschemission.

Werkzeuglos aufklappbare **Vorderklappe** zur **SCHNELLENTSTÖRUNG**

WIR KOMMEN ZU IHNEN

Beratung | Installation & Einweisung | After Sales

TEAM NORD
Maik Gütersloh
Michael Serafin

TEAM SÜD
Jens Hödel
Jörg Paulusch

Jagram-Pro S.A.

Technologie TCLwood618®



Anschnitt Anschnitt Anschnitt Anschnitt Anschnitt Anschnitt

MEISTER IM BIEGEN VON HOLZ

Seit 1987

www.jagram.de

JAGRAM-PRO S.A.
+48 55 2787 970
iso@jagram.de

Wir sind Spezialisten für das Biegen von Holz mit minimalen Radien schon ab R-15 cm

GÜNTHNER



woodframe FLEXI

„die perfekte Lösung für vorgefertigte Fenster- und Türenmodule“

Flexibel in Abmessung und Ausführung

Alle Fenstertypen möglich

Einfache Bestellung über Öffnungsmaß

Einfache und schnelle Montage durch komplette Vorfertigung

Fertige Leibungen inkl. Putzanschlußprofilen

Zweite wasserführende Ebene inkl. Putzanschlußprofil

IFT geprüfte schlagregendichte Ausführung

IFT geprüfte Absturzsicherung in Glas oder Stahl möglich

www.guenthner.de

Elektro-Installation in Massivholzwänden **Effizient und sicher -** dank zertifiziertem Brandschutz

Stand **EG057** Besuchen Sie uns!





F30-B - F120-B

Der neue Standard für den Einbau in Massivholzwänden. Ideal für Sichtholz-Qualität!

Geräte-Verbindungsdose für Massivholz

- Klemmrippenbefestigung für die Montage in Brettsperrholz- bzw. Brettschichtholzwänden oder in Massivholzplatten
- Innovative, seitlich am Dosenumfang positionierte Leitungseinführungen

Geräte-Verbindungsdose PROTECT®

- Für Massivholzelemente F30-B bis F120-B
- Erhält die Schallschutzeigenschaft der Massivholzelemente
- Auch für den direkt gegenüberliegenden Einbau

Entdecken Sie auch unsere neuen **Wand- und Deckenübergänge 90°**



KAI1224ihf

KAISER

www.kaiser-elektro.de

Karelia University of Applied Sciences | UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND | Luke NATURAL RESOURCES INSTITUTE FINLAND

Research and Development Services from

BIOpartners

Biopartners combine physics, chemistry, engineering and expertise focus on wood and fiber-based materials and products

Who we are?

University of Eastern Finland, Natural Resources Institute Finland and Karelia University of Applied Sciences together form the product development partners of wood and bioeconomy companies called BIOpartners. This unique reserch hub is located in Joensuu Finland.

What we do?

The services of the BIOpartners focus on the beginning of product development, which requires rapid experimentation and testing. In addition BIOpartners also enable the implementation of large-scale and multidisciplinary product development projects.

What we can offer?

BIOpartners offer a low-threshold opportunity to access the services and equipment of research institutes in their development work. Through our networks, we also have good connections with other research organizations in the field in Finland and around the world.

Contact information

Karelia University of Applied Sciences
Mikko Matveinen
+35850 370 5830
mikko.matveinen@karelia.fi

University of Eastern Finland
Antti Haapala
+35844 520 2849
antti.haapala@uef.fi

Natural Resources Institute Finland
Veikko Möttönen
+35829 532 5053
veikko.mottonen@luke.fi

More about the laboratory facilities:











Privathaus Wissmar · Kebony Character/Kebony Clear · Vergrauung ca. 9 Monate

Haltbarkeitsgarantie*
Gegen Verrottung im Außenbereich

kebony®

Zukunft ist aus diesem Holz

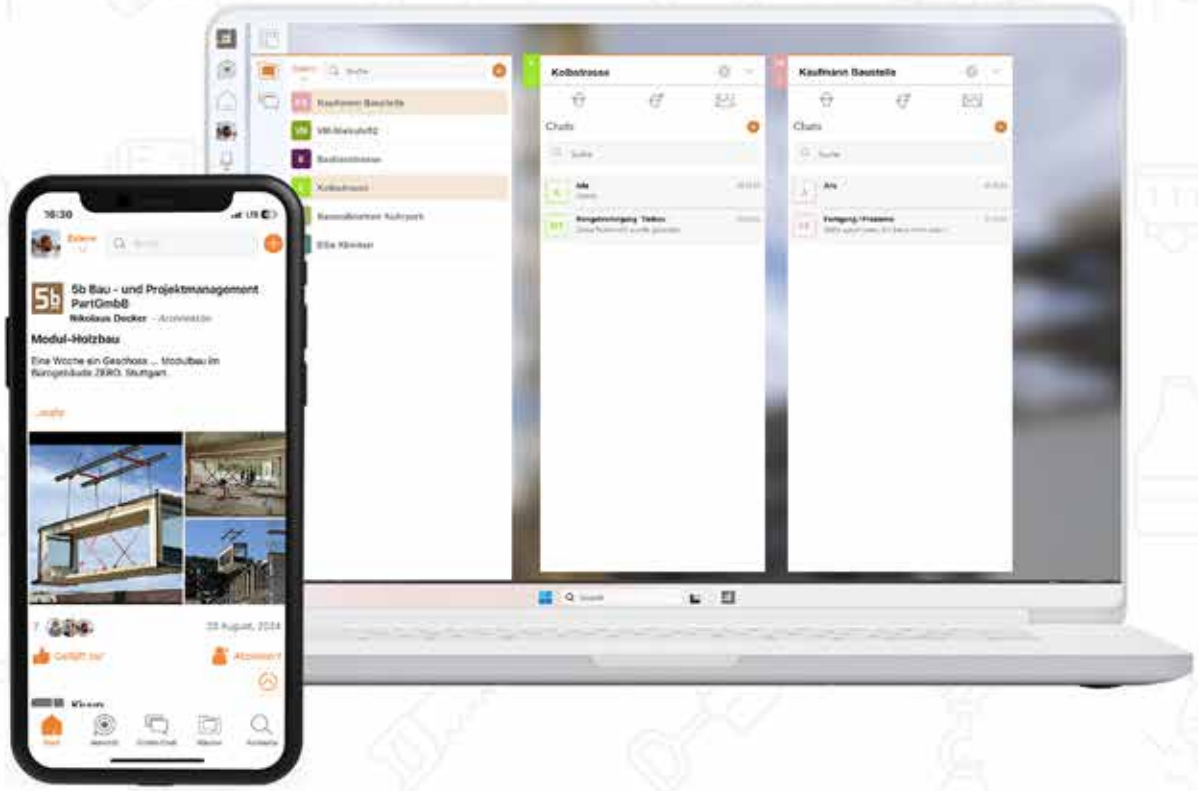
Für alle, die auf nachhaltige Beständigkeit bei Fassade und Terrasse setzen

Für alle, die auf nachhaltige Beständigkeit bei Fassade und Terrasse setzen: Kebony ist das langlebige, pflegeleichte Holz mit natürlicher Ästhetik – eine echte Alternative zu Tropenholz.

Entdecken Sie, wie Kebony Ihr nächstes Projekt nachhaltig prägen kann.

www.kebony.de

* Die produktbezogene Garantiezusage finden Sie unter www.kebony.de



Kommunikation in der Baubranche

- **Alle Partner leicht integrieren**
- **Zentrale Ablage**
- **Kostenlos**

Hier alle weiteren Informationen zu Kjuup und Kjuup+

Kjuup Foundation e.V. | Niebuhrstr.52 | D-53129 Bonn | foundation@kjuup.de



KEIM LIGNOSIL®

EIN MEILENSTEIN FÜR HOLZOBERFLÄCHEN

Das KEIM Lignosil-System umfasst Silikatfarben und Lasuren für außen und innen, von deckend bis lasierend. Das samtmatte Erscheinungsbild von KEIM Lignosil setzt neue Maßstäbe in Punkto Holzästhetik und Holzschutz.

CERTIFIED cradle to cradle SILVER

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

www.keim.com

Zukunftspartner | Tischler Schreiner Deutschland

KLEIBERIT®
ADHESIVES • COATINGS

ZERTIFIZIERTER PUR-KLEBSTOFF FÜR DEN TRAGENDEN HOLZBAU **KLEIBERIT 510.3**



Competence PUR

Connectors for Circular Engineering!

Verbinder für zirkuläres Bauen!

For architecture to have a future, it must be resilient. It must be made from sustainable, circular materials, be climate-friendly, and adapt flexibly to new requirements.
Our connectors make it possible to effortlessly modify, disassemble, and rebuild buildings as needed, simplifying re-use in timber construction.

Klimagerechte Qualität nach dem Kreislaufprinzip: Knapp-Verbinder sind hochwertig, langlebig, leicht zu verbauen sowie wiederverwend- und recyclebar.
Unsere Verbinder ermöglichen es, Gebäude bei Bedarf mühelos zu verändern, ab- und wieder aufzubauen, was auch den Re-Use-Holzbau erleichtert.

NEW CATALOGUE ONLINE!



DOWNLOAD NOW AND BROWSE

Email us at info@knapp-connectors.com, and we'll send you the catalogue by mail.



Reusable
Recyclable
Upcyclable

Fotos: GEC Architecture, Andreas Aufschnaiter Red Bull Content Pool, Gruenderrodeschule© Krogmann, Andreas Labes Berlin

Visit our stand to find out more about sustainable building with our innovative connecting systems.

Besuchen Sie unseren Stand, um sich über nachhaltiges Bauen mit unseren Verbinderneuheiten auszutauschen.

Knapp GmbH | Wassergasse 31 | A-3324 Euratsfeld | Tel.: +43 (0)7474 / 799 10 | Fax: +43 (0)7474 / 799 10 99

YouTube

online-store

KNAPP®
connectors.com

KRINNER



Der Pionier im nachhaltigen Fundamentbau

Krinner Schraubfundamente GmbH
Passauer Strasse 55
94342 Strasskirchen | Germany

Tel: +49 9424 9401- 80
E-Mail: service@krinner.com
www.krinner.io

EPD

Wir überzeugen seit über 60 Jahren mit Schweizer Qualität.

krüsi *swiss premium woodworking machines*

Alle unsere Holzbearbeitungsmaschinen werden in Schönengrund im Appenzeller Hinterland hergestellt. Bei den verwendeten Materialien setzen wir auf höchste Qualität und garantieren Ihnen so eine lange Einsatzdauer und Zuverlässigkeit aller Krüsi Maschinen.

CNC-Maschinencenter MC-15 Q1
Effizient, leistungsstark und präzise, geringer Platzbedarf ohne Baugrube. Für Riegel- und Elementbau, Stangen- und Plattenbearbeitungen

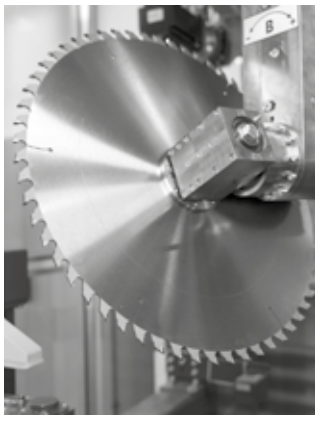


Bodenfräse BF-19
Zeitsparende Bearbeitung von Systemplatten für Fussboden-Heizungen









Weitere Holzbearbeitungsmaschinen

CNC-Maschinencenter MC-15 Q2
Modular ausstattbar mit bis zu 6 Fünf-Achs-Aggregaten. Durchlass bis 1'300 × 300 mm

Autom. Zuschneid- und Besäumkreissäge LKSA
einfach und schnell verstellbar. Sichere Handhabung während der gesamten Bearbeitung

Chaletbaumaschine CM-40
manuell oder CNC-gesteuerte Bearbeitung in nur einem Arbeitsgang

Chaletbaumaschine CMI 4 × 4
für Querschnitte der Holzbohlen bis 300 × 250 mm

CNC-Bearbeitungscenter Lignamatic
höchste Produktionsleistung auch für aufwendig verdrehte Werkstücke

Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Erdgeschoss Dogana / Stand Nr. DG022

kruesi-ag.ch

Krüsi Maschinenbau AG
Hauptstrasse 68
CH - 9105 Schönengrund
T +41 71 361 10 50

HeliCut Monoblock



BESUCHEN SIE UNS AN STAND EG038

4. - 6. Dezember 2024

STABIL BOHREN UND FRÄSEN MIT EINER LÖSUNG

- Vielseitig einsetzbar
- Präzise Bearbeitungsergebnisse
- Schneller Messerwechsel
- Lange Lebensdauer

Leitz GmbH & Co. KG, Leitzstraße 2, 73447 Oberkochen, www.leitz.org

LEUCO

MAGENTIFY WOOD PROCESSING

ZUM PATENT ANGEMELDET



ba system

VIELSEITIGKEIT MIT DREI SEITEN

Der innovative LEUCO Wendeplatten-fräser für hervorragende Qualitäten beim Fügen, Fälzen und Freiformfräsen von Massivhölzern und Holzwerkstoffen auf CNC sowie Abbundanlagen im Holzbau.

Video Einsatzbeispiel, QR Code scannen:



4. -6.12.2024
Internationales Holzbau-Forum

LEUCO, Aussteller DG029:
Wir beraten Sie gerne!



Nico Bushart



Erik Petersen



Markus Schindhelm

Materialeffizient und konfigurierbar

Decken-, Dach- und Wandbauteile sowie Akustikpaneele aus LIGNO® Brettsperrholz-Rippenelementen







Tragfähigkeit

Variable Steghöhen für Spannweiten bis 18 m,
Statik mit Schwingungsnachweis

Sichtoberflächen

Echtholz-Oberlächen – geschlossen
und in verschiedenen Profilierungen

Schallschutz / Wärmeschutz

Erhöhter Schallschutz – auch tieffrequent,
integrierte Wärmedämmung

Brandschutz

Bis zu 90 min Feuerwiderstand,
Entflammbarkeit bis B-s2-d0

Raumakustik

Integrierter Akustikabsorber
aus natürlicher Holzfaser

Installationen

Ober- und unterseitige Leitungsführung:
längs und/oder quer

Baubiologie

natureplus®-zertifizierte
gesundheitliche Unbedenklichkeit

LIGNO TREND®

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Steinbachstr. 41 | 79809 Weilheim | Deutschland
Tel.: +49 (0) 7755 - 9200-0
E-Mail: info@lignotrend.com

Konfigurieren Sie das individuelle
Element für Ihr Projekt selbst:
www.lignotrend.com/konfigurator



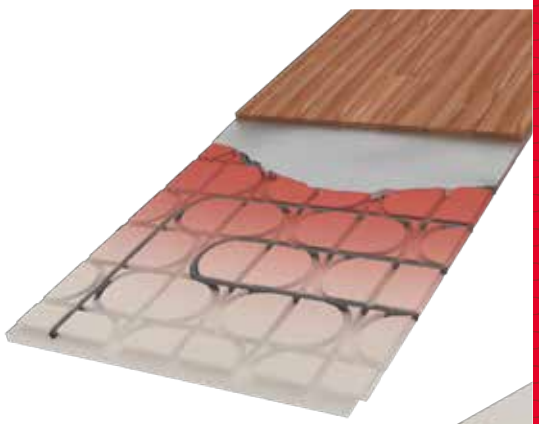
Mit NORIT zum perfekten Bodenaufbau

Effiziente Systeme für die Sanierung, Renovierung sowie den Neubau

NORIT bietet hochwertige Trockenbauprodukte wie effiziente und schlanke Fußbodenheizungen als auch belastbaren Trockenestrich in verschiedenen Schichtstärken.

NORIT-Produkte – Ihre Vorteile auf einen Blick

NORIT-Fußbodenheizung



- einfache, schnelle und flexible Verlegung
- schnelle Reaktion des Heizsystems
- niedrige Aufbauhöhe (ab 23 mm) und geringes Gewicht
- belegereif ab 24 Stunden
- niedrige Vorlauftemperatur spart Energie
- Heizen und Kühlen in einem System

NORIT-Trockenestrich



- Schichtstärken: 15, 20, 25, 30 mm
- optimale Plattenverbindung durch einzigartige Verbindungssysteme
- einfache und schnelle Verlegung
- für Feuchträume geeignet
- kein Verschrauben notwendig
- extrem hohe Passgenauigkeit

Mehr Infos unter:
www.Lindner-NORIT.com

ELEMENT BRETTSPERRHOLZ

Einzigartiges, massives Brettsperrholz mit schlichter Oberfläche aus astreinem Holz.

LOC Holz avanciert zum Premiumhersteller innerhalb der Brettsperrholzbranche.

Tragende Flankenverklebung, Holzfeuchte unter 10% und der Einsatz von Riftholz in der Oberfläche sind nur einige Highlights der LOC Holz Elemente.

Die schlichte und zurückhaltende Optik der beiden Topqualitäten Supreme (astfrei) und Wohnsicht begeistert auch Architekten, Planer und Bauherren, die bisher nicht mit Holz gebaut haben. Ein perfekter Abbund, intelligente Laderaumoptimierung und punktgenaue Lieferungen machen die Kunden zu Wiederholungstätern.

„Dass Holz aufgrund seiner CO2-Speicherfähigkeit als Baustoff der Zukunft gilt, ist mittlerweile common sense. Durch das neuartige Erscheinungsbild der LOC Elemente kommt Holz nun aber auch verstärkt als gestalterisches Designelement zum Einsatz", *erklärt GF Rudolf Ortner.*



Multifunktional nutzbar

Ein weiteres Projekt findet man im Innenhof des Software- und Steuerberatungsunternehmens Count IT, in Hagenberg. *„Die Idee war, den Hof des U-förmigen Firmengebäudes arenaförmig zu gestalten und multifunktional nutzbar zu machen"*, erklärt Count IT-Geschäftsführer Peter Berner. Der 6,5 × 6,5 × 6,5 m große BSP-Cube ist gleichzeitig namensgebend für die Eventlocation, Cube 49.

Durch und durch natürlich

Bei Langeder Gartengestaltung in Perg war klar, dass das nächste Projekt ein Holzbau werden sollte.

Besonderen Wert legte man auf helle, lichtdurchflutete Räumlichkeiten sowie die im Innenbereich sichtbaren Supreme-Oberflächen.



BSP für die Jüngsten

Ein Projekt, dessen Bauphase gerade begonnen hat, ist die Krabbelstube in Katsdorf.

Begeistert zeigt sich Andreas Wögerbauer von Hentschläger Holzbau, dem ausführenden Unternehmen, darüber, dass nicht nur das Material selbst sondern auch sämtliche Gewerke aus der Region kommen. Er erklärt: *„Beim Aufstellen ging alles Hand in Hand. Gerade bei Holzbauten ist die rasche Abdichtung essenziell."*

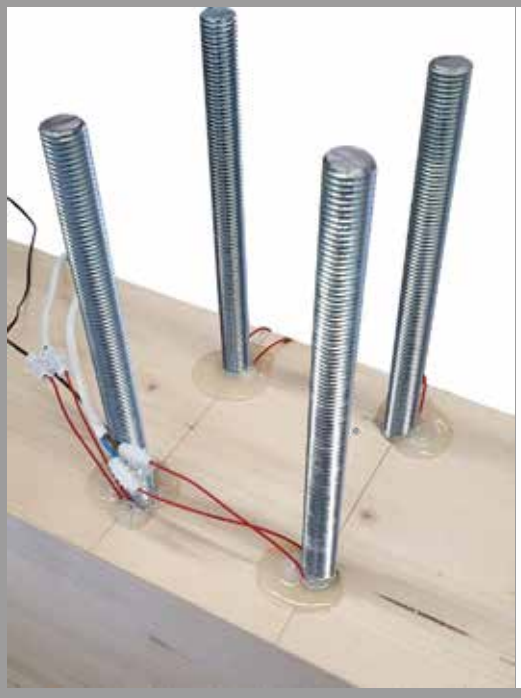
LOC Holz GmbH • Inkoba 11 • 4341 Arbing • 07269/22600
holz@loc-holz.at • www.loc-holz.at

LÜBBERT WARENHANDEL
www.holzleime.de

Einkleben von Stahlstäben in Holzbaustoffe mit WEVOPOX 32 S

Erweiterung der Zulassung Z-9.1-705:

Die vollständige Aushärtung der Klebstofffuge ist bereits nach 10h möglich!





Mit Erwärmung der Klebstofffuge über 10h auf 80-95°C verkürzt sich nicht nur die Dauer der Aushärtung signifikant; möglich ist damit auch der Einsatz des Systems **WEVOPOX 32 S / WEVODUR B 24 TS** in sehr kühlen Umgebungen (z.B. Baustelle) - die Zulassung gibt dem Anwender nunmehr auch die Gelegenheit, bei einer **Raum– und Bauteiltemperatur** von nur noch **5°C** zu arbeiten.

Kontakt: Lübbert Warenhandel GmbH - Traberweg 2- 22159 Hamburg
Telefon +49 (0)40 226 59 22 70 - info@holzleime.de

INOPREQ

Ihre Lösung für geschlossene Oberflächen.

InopreQ GmbH & Co. KG
Traberweg 2 - 22159 Hamburg
Tel. +49 40 226 59 22 70
www.inopreq.de - info@inopreq.de



2K-PUR-Holzreparatursysteme

InopreQ 2K-Systeme stehen für:

- nie wieder Flaschenhals Flickstation
- Steigerung der Produktivität
- hohen und schnellen Durchsatz
- hohe Prozesssicherheit
- effizienten Personaleinsatz an der Flickstation
- wirtschaftliche Nutzung minderer Holzqualitäten
- Nachhaltigkeit

TEAMPLAY

Remote controlled **Ludwig Hook** together with remote controlled **Ludwig Traverse** make it possible to position and release the load from safe distance





+



LUDWIGTRAVERSE

NEW: Ludwig Traverse now made of aluminium with reduced product weight of 400 kg

LUDWIGHOOK

Established Ludwig Hook – 2t ideal for lifting walls, beams, panels, etc.

Both products can be used with one remote control

LUDWIGSYSTEM

LUDWIG SYSTEM GmbH & Co KG
Reichenhaller Straße 109
83435 Bad Reichenhall

T +49 8651 7656 730
E info@ludwigsystem.com
W www.ludwigsystem.com



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

Ctra. Vitoria-Estella, Nº 2 - 01110
Sta. Cruz de Campezo - Álava, Spain

T: +34 945 40 54 25
gamiz@grupogamiz.com

Grupo Gámiz

Ihr Partner für den professionellen Leimbinderzuschnitt

Zweimann-Handkreissäge ZH780



Unser neuestes Produkt, die Zweimann-Handkreissäge ZH780 ist die weltweit stärkste Zweimann-Handkreissäge mit automatischem Vorschub und zeichnet sich durch eine Schnitttiefe von max. 28,5 cm aus.

Wir entwickeln, produzieren und montieren sämtliche Maschinen nach höchsten Standards in unserem Werk in Kufstein.

Neu im Programm:
Maschinen für die Holzreparatur und Nachbearbeitung.

Einige der herausragendsten Eigenschaften:

- Schnitt-Tiefe: max. 28,5 cm
- Gehrungsschnitte von 0 bis 45 Grad
- Markierungslaser für präzise Schnittergebnisse
- Automatischer Vorschub mit einer Schnittleistung von 3,5 m pro Minute
- TÜV-baumustergeprüft und CE-konform

MASCHINENBAU GRISSEMANN

ENTWICKLUNG | FERTIGUNGSTECHNIK

Maschinenbau Grissemann Gmbh
Untere Sparchen 25 | 6330 Kufstein

www.grissemann.co.at

ÖKOLOGISCH UND INDIVIDUELL

BAUEN MIT MASSIV-HOLZ-MAUER® UND PROFIL-HOLZ-ELEMENTEN

BESUCHEN SIE UNS AUF DER IHF 2024
STAND NR.: 213
IM 2. OG

FLEXIBLES BAUEN



Kommunale Bauvorhaben

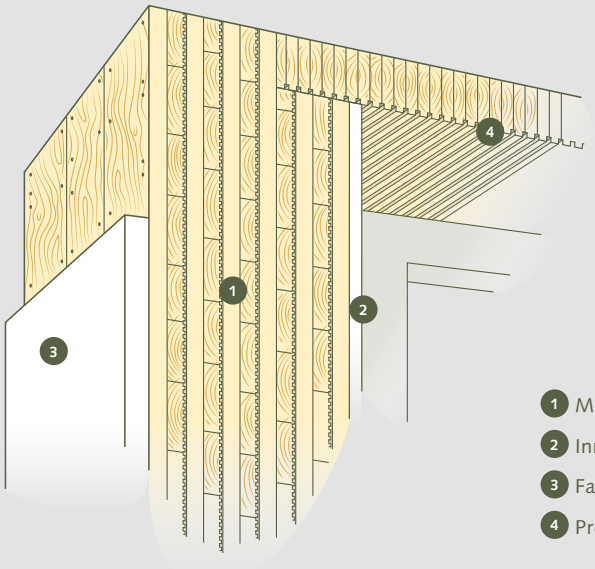


Privater Wohnungsbau



Gewerbliche Bauvorhaben

EINE WANDKONSTRUKTION FÜR ALLE GEBÄUDETYPEN



1. Massiv-Holz-Mauer®
2. Innenbeplankung
3. Fassade
4. Profil-Holz-Elemente

MHM IN IHRER NÄHE

So erreichen Sie uns:
Telefon: +49 (0) 8332 - 9233 2090
E-Mail: info@massivholzmauer.de

Eine Übersicht der MHM-Partner finden Sie hier:

www.massivholzmauer.de/de/kontakt/hersteller-/-partner-finden

WWW.MASSIVHOLZMAUER.DE



EFFIZIENTES BAUEN MIT HOLZ IM URBANEN RAUM

Genau unser Thema! Und Ihres?

Das Bauen mit Holz erfordert gut abgestimmte Planungen und Prozesse. MiTek ermöglicht allen am Bau Beteiligten eine effektive Zusammenarbeit, ob Architekt, Fachplaner, Holzbauunternehmen und Zimmereien. Informieren Sie sich jetzt über Pamir, die Softwarelösung für den Holzbau:

- → Jetzt mit ifc-Schnittstelle und Bimplus Cloud.
- → Erleichtert Planern und Bauträgern den Zugang zum modernen Holzbau.
- → Ermöglicht einen durchgängigen Prozess vom 3D-Architekturmodell über Planung und Statik bis zur Arbeitsvorbereitung.

MITEK.DE

MiTek Industries GmbH | Schanzenstr. 23 | D-51063 Köln
+49 (0)221 / 80285-0 | info.de@mii.com

MiTek®



IHR PARTNER FÜR HOLZBAUSTATIK

Effektive Tragwerksplanung, durch Erfahrung und effiziente Planungsprozesse.

RATIONELL IN HOLZ

Erfahrung und optimierte Prozesse bringen uns zu der optimalen Lösung für Ihr Gebäude.

EINSATZ VON KI SYSTEMEN

Unsere hauseigene Software ermöglicht das Vergleichen von verschiedenen Varianten.

KOSTENSICHERHEIT

Durch den modellbasierten Ansatz können schon früh genaue Mengen und Kosten ermittelt werden.

TRAGWERKSPLANUNG

- Betreuung in allen Leistungsphasen
- Berechnen Sie Ihre Projekte in vollem Umfang im Holz und Massivbau.
- Koordinierung mit anderen Fachplanern

PREISWERTE BERECHNUNG

- Wir tragen auch die Brille der Bauherrschaft, deshalb haben wir den Anspruch unsere Dienstleistung schnell und preiswert umzusetzen.
- Ständige Verbesserung unserer Software und interner Prozesse schaffen ungeahnte Effizienzen.

ZUFRIEDENE KUNDEN

- Unsere Kunden sind Projektentwickler, Holzbauer und private Bauherren. Das sind Sie auch? Dann machen Sie gemeinsam mit uns Ihr Projekt zum Erfolg.

N.CAD

ehem. COBUS ConCept International GmbH

Even *machines* love it.



Ihre CAD/CAM Lösung

Ganzheitliche Vernetzung
Ihrer Prozesse bis zur Maschine.

N.CAD – die Effizienz-Lösung für
Ihre Türen- und Elementefertigung.

ncad.de

OBERNDORFER
HYBRID SYSTEMS

EINE KOMBINATION, DIE VERBINDET

WIR FREUEN UNS AUF IHREN BESUCH!



OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH
Wienerstraße 662, A-3571 Gars am Kamp | +43 2985 30 922 - 2300 | office@oberndorfer-hybrid.com | WWW.OBERNDORFER-HYBRID.COM



OERTLI

Excellence in solid wood

Gemeinsam erfolgreich:
Sie fertigen Holzbauten.
Wir liefern Werkzeug und Erfahrung.

Video Theurl

Schneller - Wirtschaftlicher - Sauberer

Die wirtschaftlichste Lösung für Ihre Holzbearbeitung

- Hohe Lieferqualität. Das richtige Werkzeug in gewünschter Qualität – weltweit bewährte CNC - Abbundwerkzeuge
- Individuelle Lösungen nach Ihrem Bedarf
- Minimaler Schnittdruck für höchste Wirtschaftlichkeit in der Holzbearbeitung mit Wendeschneidentechnologie
- Höchste Präzision stabiler und masshaltiger Schnitt

www.oertli.com

AUSSCHREIBEN.DE

Nutzen Sie kostenfrei über 1,1 Mio. Ausschreibungstexte und Plus-Informationen von 760+ Produktherstellern.



Profitieren Sie von über 3,3 Mio. Plus-Informationen:

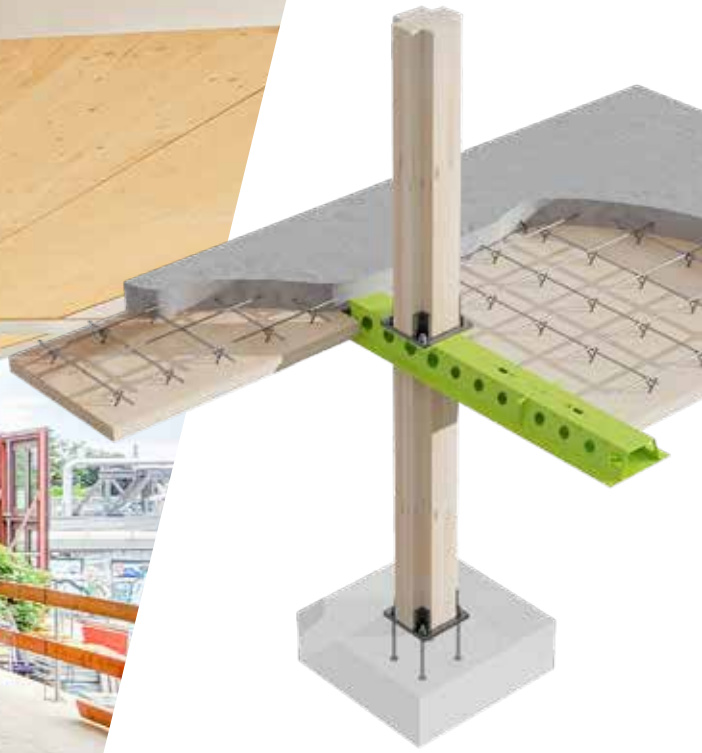
- ✓ CAD & BIM-Daten
- ✓ Bilder und Videos
- ✓ Dokumente
- ✓ Nachhaltigkeitsdaten und vieles mehr...

Hybride Konstruktionen mit DELTABEAM®

Erfahren Sie mehr an unserem Stand **DG030!**







- Brandschutz integriert
- CO_2-Äquivalent reduziert
- Nutzung optimiert
- Flexibilität fokussiert

DELTABEAM® Green besteht zu **mehr als 90 % aus recyceltem Stahl und minimiert den Materialverbrauch** im Vergleich zu herkömmlichen Stahlkonstruktionen. Das System ist voll kompatibel mit LEED, BREEAM und EPD und sorgt für eine **deutlich bessere Bewertung Ihres Bauprojekts**.

peikko®

www.peikko.at/hybrid

buildingnet.de

Das neue Portal für die Baubranche

Baugewerbe
Fachmedium der Baubranche

mikado
Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau

dachbau magazin
Unternehmer-Magazin für Dachdeckerbetri



www.buildingnet.de/mikado

PELEMEDIA
COMMUNICATION IS KEY



PFEIFER



Brettsperrholz CLT



Brettschichtholz





Massivholzplatten





We connect people,
nature and technology.
For better wood solutions.

pfeifergroup.com



NATÜRLICH NACHHALTIG

Hochwertiger nachhaltiger Holzbau mit LivingBoard und MFP Living

- Konstruktiv hochwertig – ausgezeichnete technische Produkteigenschaften
- Ressourcenschonend und klimafreundlich – Spitzenreiter in der kaskadischen Holznutzung
- Wohngesund – harzarme Hölzer und formaldehydfreie Verleimung

Mehr erfahren: **www.pfleiderer.com/wcs**

SIEGER
Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2024

MADE IN GERMANY

MAKE YOUR VISIONS WORK.

WCS

PFLEIDERER

PFLÜGER |t|o|b|
Thermisch optimiertes Bauzubehör

Innovative Bauteile und Dämmstoffe auf Basis von recyceltem und recycelbarem PET. Für ressourcenschonendes, zirkuläres Bauen.



DER GRÜNE DÄMMSTOFF
PETtherm 50

PETtherm 50 ist die erste Lösung für den Dämmstoff-Markt, deren Rohstoffe zu 100% aus recycelbarem PET gewonnen wird. **PETtherm 50** trägt zu einer sinnvollen Nutzung von Plastikabfällen bei und hilft, Energie zu sparen sowie CO_2-Emissionen zu reduzieren. Am Ende des Lebenszyklus kann der Dämmstoff ohne Qualitätsverlust wieder in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden.



MONTAGE SYSTEM
FDKtherm

Mit dem Montagesystem **FDKtherm**, der wärmebrücken-optimierten Schnittstelle zwischen Gebäude und Bauelement, erhalten Sie ein multifunktionales System zum sicheren und zeitsparenden Einbau von z. B. Fenstern in ein Gebäude – inklusive zweiter wasserführender Ebene.

Der direkte Weg zu unserem Online-Auftritt!

www.pflueger-tob.de

PREBENA.DE

PREBENA

BEST QUALITY

MADE IN GERMANY

PROFESSIONELLE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

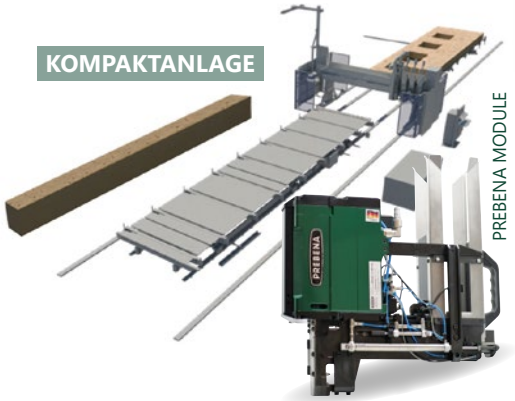
für konstant hohe Qualität im Fertighaus- und Holzrahmenbau



PREBENA SLIDE SYSTEME

SCHMETTERLINGSWENDER

KOMPAKTANLAGE



PREBENA MODULE

ETA

Europäische Technische Bewertung für Heftklammern als Holzverbindungsmittel

ETA-16/0101

Heftklammern als zertifiziertes Bauprodukt

+INFORMATION

PREBENA.DE

Verbinden Sie sich mit uns



FABRIKPLANUNG – GESAMTPLANUNG

für die industrielle Produktion

Prilhofer Consulting

<u>Stand Nr. CF 244</u> (Galerie 2. OG)

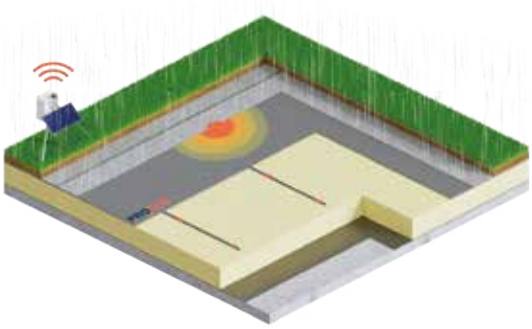
www.prilhofer.com

PROGEO®
The Monitoring People



smartex® Monitoring – Leckageerkennung in Echtzeit

Unsere Monitoring-Lösungen erfassen kritische Zustände des baulichen Feuchteschutzes, bevor substanzielle Schäden und Ressourcenverluste entstehen.
So tragen wir seit über 30 Jahren dazu bei, unsere Welt nachhaltiger zu gestalten und Werte für die Zukunft zu bewahren – in tausenden Projekten in Deutschland, Europa und weltweit.



Kofinanziert von der Europäischen Union

Unsere Lösungen beginnen mit Ihrem Projekt.


Flachdächer


Solardächer


Deponien und Becken


Fertighäuser


Holzbau


Tunnelabdichtungen


Gründächer


Industrie


Brücken

Besuchen Sie uns gerne am Messestand.

ProGeo Monitoring Systeme und Services GmbH & Co. KG
Hauptstraße 2, 14979 Großbeeren bei Berlin

progeo.com

R-TECH

IHR PARTNER FÜR TRANSPORT UND LAGERUNG



R-TECH Absetzpaletten / Wechselbrücken für Holzfertigteilbau
Optimierung von Transport und Lagerung

R-TECH Vorladetechnik besteht seit mehr als 25 Jahren und entwickelt mit und für unsere europaweiten Kunden in der Holzfertigungsindustrie und Betonfertigteilindustrie. Der Einsatz von R-TECH Transportgestellen bietet große Optimierung in wichtigen Prozessabläufen:

Kapazitätserhöhung
R-TECH Transportgestelle erhöhen die Produktionskapazität:

- Zwischenlagerung in der Produktionshalle ist nicht erforderlich
- Wechselbrücken werden auch als Lager genutzt
- LKW – Transporte können wesentlich effizienter durchgeführt werden, da die Wartezeiten für Be- und Entladung mit Kran entfallen
- Umladen, umschlichten und aufwendige Zwischenmanipulation können vermieden werden.

Sicherheitserhöhung
Das Beladen erfolgt wettergeschützt in der Halle und das Entladen der Transportgestelle erfolgt stressfrei, da

- die Arbeiter ohne Zeitdruck die Ladevorgänge erfüllen können und
- kein LKW warten muss

Dadurch wird das Unfallpotential reduziert!

Kostenoptimierung
Durch kontrollierten Be- und Entladevorgang und nach Bedarf auch durch Verwendung spezieller Sicherheitselemente werden Beschädigungen an den zu transportierenden Bauteilen in sehr großen Umfang reduziert:

- unnötige Folgekosten für Sanierungsarbeiten oder Qualitätsnachlass vermieden
- Die Bauteile nur zweimal manipuliert, einmal von der Produktion auf das Transportgestell und einmal vom Transportgestell auf den Endmontagepunkt
- alle Zwischenmanipulationen geschützt mit den Transportgestellen erfolgen.







Bitte kontaktieren Sie uns:

☎ +43(0)2638/77735
✉ office@r-tech.at
🌐 www.r-tech.at

R-TECH Stahlbauges.m.b.H
Hohe-Wand-Straße 73
A-2732 Willendorf/Strelzhof

DAS DACH ALS ERLEBNISRAUM

DARUNTER RUHE.





REGUPOL sound and drain 22

Trittschalldämmung Außenfläche

Messergebnis:

$L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) = 41 (+3) dB

CERTIFIED cradle to cradle BRONZE

Cradle to Cradle Certified® ist eine eingetragene Marke des Cradle to Cradle Product Innovation Institute (C2CPII). **REGUPOL sound and drain 22** ist gemäß Cradle to Cradle Certified® in Bronze-Level zertifiziert.

akustik@regupol.de | www.regupol.de

REGUPOL

REICHENBACHER

zielsichere
Holzbearbeitung!







Spitzentechnik
für Handwerk
und Industrie



CNC-Technologie in Bestform

HAMUEL
REICHENBACHER
Unternehmen der SCHERDELGruppe

Reichenbacher Hamuel GmbH
Rosenauer Straße 32 · D-96487 Dörfles-Esbach
Telefon +49 9561 599-0 · info@reichenbacher.de

www.reichenbacher.de

rema
PREMIUM TIMBER

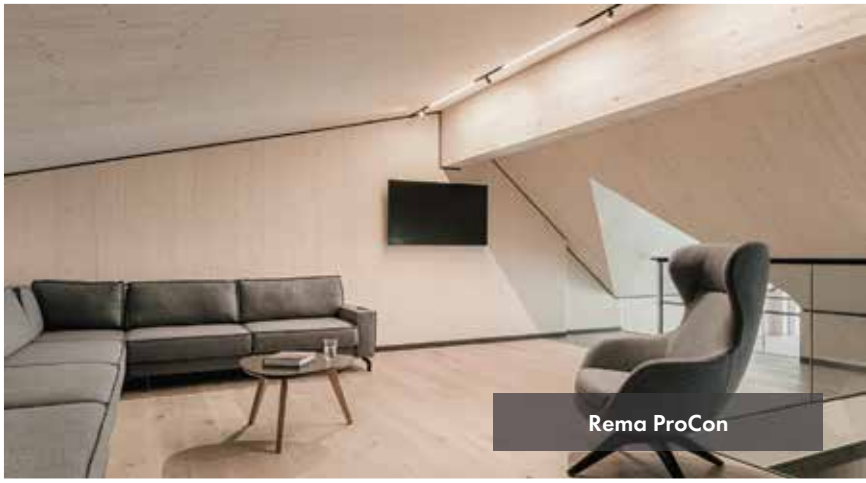
Innovativ, Vielseitig & Nachhaltig

Maßgeschneiderte Holzlösungen für moderne
Anforderungen aus einer Hand



Rema Holzfassade





Rema ProCon

REMA-WOOD.COM

remmers

Beschichtungs-systeme für die Holzindustrie/ modulares Bauen? Machen wir!

Innenbeschichtung mit Remmers
HoHo Holz-Hybrid-Hochhaus, Wien



Überzeugen Sie sich selbst und besuchen Sie uns vom 4.-6. Dezember 2024 auf dem
28. Internationalen Holzbau-Forum (IHF) im Erdgeschoss auf dem Stand Nr. EG 022

Sie können sich bei Ihrem Projekt ganz auf uns verlassen!

Ökologisch und Nachhaltig.
Remmers – Ihr Partner für die Holzindustrie und modulares Bauen.

www.remmers.com

WWW.REX-INDUSTRIE-PRODUKTE.DE

Brandschutz-Fugenfüllsysteme

für Holz- und Hybridbau

Jetzt Broschüre herunterladen



Erfahren Sie mehr in der **Dogana - Stand D56**





REXPANDIT

Aufschäumendes Brandschutz-Fugenelement
für EI 90 Dehn- & Scherfugen

- Für Dehn- und Bewegungsfugen von 10 bis 40 mm
  - an Wänden und Decken
  - für Holz- an Holzbau oder Holz- an Massivbau
  - für Scherbewegung bis 25 mm
- Geprüfter Fugenschallschutz und gute Wärmedämmung

Europäische Technische Bewertung ETA-23/0673

FLATON-FLEX A

Flexibles, aufschäumendes Brandschutzfugenband
für EI 90 Fugen

- Für Fugenbreiten
  - bis 10 mm bei Holz- an Holzbau
  - bis 5 mm bei Holz- an Massivbau
  - bis 5 mm bei Decken-Wandanschlüssen
- halogen-, antimon-, silikon- u. lösungsmittelfrei

Geprüft nach DIN 1366-4 für Fugen im Holzbau

Gerexte Fugen Brandschutz auf höchstem Niveau



MODELL KINGFIRE KANTO SC PLANO

SCHIEDEL

UMWELTSCHONENDE WÄRME

KINGFIRE KANTO SC

Das Eck-Ofensystem mit hochschiebbarer Tür

Profitieren Sie vom Marktführer im Bereich Schornstein- und Ofensysteme mit passgenauen, durchdachten Lösungen für den Holzbau.

- **0-mm-Abstand** zu brennbaren Bauteilen
- **Selbstschließende hochschiebbare Eck-Glastür** mit Easy-Lift Funktion
- Raumsparendes Eckmodell in **2 Designvarianten**
- **Raumluftunabhängige** Betriebsweise
- **Sauber heizen mit Holz**: nachhaltig – regional – CO_2-neutral
- Optional aufrüstbar zum **Umweltzeichen Blauer Engel**

Schornsteine, Öfen und Lüftungslösungen
entwickelt für Ihr Leben.

www.schiedel.de







Metallfreies Holz-Holz Verbindungsmittel

- Selbstspannend
- Nachhaltig
- Rückbaubar



X-fix® GREENETH C

SCHILCHER
Trading & Engineering GmbH
X-fix HOLZ-HOLZ Verbindungssysteme
T +43 676 3512090
office@x-fix.at

www.x-fix.at

ECHT STARK

Kompetenz & Innovation



Schilliger Holz AG
Haltikon 33
6403 Küssnacht am Rigi

www.schilliger.ch
info@schilliger.ch
+41 41 854 08 00

SCHILLIGER HOLZ



FACHPLANUNG UND AUSFÜHRUNG VEREINT

WIR SIND IHR PARTNER FÜR ANSPRUCHSVOLLE HOLZBAUPROJEKTE

Von der Idee zur Realisierung – Ingenieurholzbau aus einer Hand

Als Unternehmensgruppe vereinen wir das Beste aus beiden Welten – Fachplanung und zuverlässige Ausführung im Ingenieurholzbau. Vom ersten Entwurf bis zur Fertigstellung begleiten wir Bauherren, Architekten und Projektentwickler durch alle Phasen des modernen Ingenieurholzbaus für eine holzbaugerechte und wirtschaftliche Realisierung. Mit durchdachten Konzepten und einem hohen Vorfertigungsgrad setzen wir Maßstäbe in Qualität und Effizienz – für Bauwerke, die begeistern.

HOLZWELTEN FÜR MORGEN

SCHLOSSER plan.PROJEKT GmbH & Co. KG
Industriestraße 17-23
73489 Jagstzell

Fon +49 (0) 79 67 90 90-0
info@schlosser-projekt.de
www.schlosser-projekt.de

SCHLOSSER®

schmid schrauben hainfeld



Foto: © Idaho Central Credit Union Arena - SCB



RAPID® T-Lift

1,3 t & 2,5 t Hebesystem

Was wir verbinden hält.
www.schrauben.at

ETA-12/0373

Schmid Schrauben Hainfeld GmbH | Landstal 10 | 3170 Hainfeld | T +43 (0)2764 2652 | F +43 (0)2764 7712 | E info@schrauben.at

SEMA SOFTWARE

WGsystem



3D CAD/CAM

Die SEMA-Softwarelösung für Planung, Konstruktion und Fertigung im Holz- und Treppenbau sowie dem blechverarbeitenden Gewerbe.

ALLES INTEGRIERT

- Direkte Verarbeitung von 3D-Punktwolken aus 3D-Laserscanner
- Digitale Projektierung mit vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten
- Arbeitsvorbereitung und Werkplanung
- Manuelle und maschinelle CNC-Fertigung
- BIM/IFC für den intelligenten 3D-Datenaustausch
- WGsystem-Lösung zur Büroorganisation, Auftragsabwicklung sowie Kalkulation



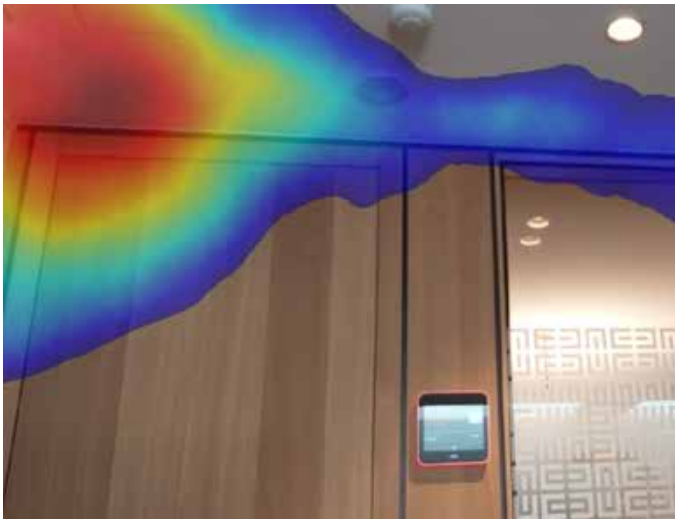
Tel. +49 (0)8304 939 0

sevenbel
EFFECTIVE SOUND IMAGING



OPTIMIEREN SIE IHRE AKUSTIK IM HOLZBAU

Als Sachverständiger oder beratender Ingenieur sind Sie gewohnt, zielorientiert zu arbeiten. Verlieren Sie keine Zeit in langwieriger Ursachenforschung von akustischen Problemen in Gebäuden. Verwenden Sie den Sound Scanner von Seven Bel und machen Sie bauliche Problemstellen sichtbar. Schnell, einfach und effektiv.



BAUAKUSTIK

- **Lokalisieren Sie Schallquellen** in einem Frequenzband von **125Hz bis 44kHz**, die durch Schallbrücken und Schallübertragungswege verursacht werden, um **effektive und nachhaltige Schallschutzlösungen** zu entwickeln.
- Die **kompakte und kabellose Bauweise** sorgt für eine **kurze Aufbauzeit und eine hohe Flexibilität** auf Baustellen.
  Ideal für den mobilen Einsatz.



RAUMAKUSTIK

- **Lokalisieren und analysieren** Sie Schallausbreitungspfade und dominante Reflexionen im Nachhallzeit-Signal.
- Leiten Sie Maßnahmen, wie die **optimale Absorber-Positionierung**, zur Verbesserung kritischer Bereiche ab.
- Bewerten Sie vor Ort die **Wirksamkeit von Absorbern** in der Einbausituation.

STAND NR. EG054
WIR FREUEN UNS AUF IHREN BESUCH!

Weitere Informationen unter
www.sevenbel.com

softbauware

WIR LEBEN ERP



erp now

ERP-Komplettsystem für die Fertighausindustrie

- Top-Referenzen in der Branche
- Integrierte Projektplanung
- Digitale revisionssichere Bauakte
- Integrierte Montageplanung
- Integriertes CRM

www.softbauware.de

Nachhaltig bauen für **Mensch und Umwelt.**



Ökologisch auf höchstem Niveau: Ausgezeichnete Lösungen für nachhaltiges Dämmen der Wand, mit jedem Produkt aus dem PAVAWALL Sortiment.

+ Putzträgerplatte mit WDVS-Zulassung für den Holzbau: PAVAWALL GF XL
+ PAVAWALL BLOC: im Klein- und Großformat immer passend für den Massivbau
+ Die Leichte für außen und innen: PAVAWALL LIGHT mit Nut-und-Federverbindung

pavatex
by SOPREMA

PAVATEX.DE

SPERL
WERKZEUGTECHNIK

OFFIZIELLER PARTNER VON AKE



Ihr starker **Werkzeugpartner** für den **Holzbau**

Mit unseren individuellen und standardisierten Werkzeuglösungen unterstützen wir Holzbaubetriebe bei der Optimierung ihrer Fertigungsprozesse.

www.sperl-werkzeugtechnik.at

Sie wollen im Holzbau hoch hinaus mit Dämmsystemen bis GK 5?

Da der mehrgeschossige Holzbau in Modul- oder Fertigbauweise stark zunimmt, rücken die Fragen, wie Fassaden der unterschiedlichsten Gebäudeklassen auszuführen sind und wie die hohen Brandschutzanforderungen sicher erfüllt werden, in den Fokus. Als Lösungspartner unterstützen wir Sie dabei, das passende Wärmedämm-Verbundsystem für Ihre Anforderungen zu finden. Erfahren Sie mehr auf **www.stoindustrie.de** und folgen Sie **Sto Industrie** auf **LinkedIn**.



Foto machen, Sto Industrie folgen und Socken gewinnen!

Fragen Sie Sto Industrie

Sie stehen vor neuen Herausforderungen?
Gemeinsam erreichen wir Ihre Ziele!
+49 (0) 77 44 - 57 1300
www.stoindustrie.de

Bewusst bauen.



INNOVATIVES KOMPLETTSYSTEM
ZUM SCHUTZ DER GEBÄUDEHÜLLE

Die STT GmbH ist seit der Gründung im Jahr 2001 als Produzent, Großhändler und Entwickler im Bereich der Bauwerksabdichtung, sowie für Systemlösungen im konstruktiven Holzbau eines der führenden Unternehmen im Markt.

Als innovatives Unternehmen entwickeln wir gemeinsam mit unseren Kunden, Lieferanten sowie anerkannten Prüfinstitutionen Systemlösungen für die Gebäudehülle mit hohem Nutzwert, nachhaltiger Funktionalität und Qualität. Europaweit werden dabei vom Produktionswerk mit Sitz in Ebersdorf aus der Oststeiermark namhafte Industriebetriebe, Händler sowie Verarbeiter beliefert.

Eine ausgezeichnete Servicebereitschaft, kompetente Beratung und Betreuung durch unsere geschulten Mitarbeiter, der Einsatz von neuesten Produkttechnologien sowie laufende Weiterentwicklungen unserer Produkte sichern unseren Kunden den notwendigen Vorsprung im Markt.



UNSER PRODUKTSORTIMENT

- ✔ DACHBAHNEN
- ✔ FASSADENBAHNEN
- ✔ DAMPFBREMSEN
- ✔ KLEBESYSTEME
- ✔ ZELLULOSEDÄMMUNG

STT GmbH ▪ A-8273 Ebersdorf 226 ▪ **I:** www.stt-gmbh.at

WIR HALTEN DICHT!



PRODUKT HIGHLIGHTS

- Feuerbeständiges Holz für Fassaden
- Thermisch veredelte Esche in Dauerhaftigkeitsklasse 1
- Vorvergraute Fassadenprofile mit wasserbasierten Farben

→ Thermory ist einer der weltweit größten Hersteller von Thermoholz

→ Wir veredeln Holz mit modernster Technologie – ausschließlich mit Wasserdampf und Hitze

→ Thermoholz überzeugt durch Nachhaltigkeit, Beständigkeit und exzellente Formstabilität

LEAVE A LASTING IMPACT → thermory.de

Timber Basements

Untergeschosse aus Holz



Stand CF241

CO_2 speichern statt ausstossen - auch im Untergeschoss!

holzbauschweiz
Leistungspartner

Untergeschosse aus Holz, dauerhaft und sicher durch Abdichtung und Feuchtemonitoring

Supported by Staudenschreiner Holzbau GmbH

www.timbase.com

Timbase
Timber Basements



Wir planen die Zukunft in Holz!

We build the future with wood!

timber concept

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



IN BETON DENKEN - MIT HOLZ BAUEN

TS3 kann alles,
was Beton auch kann –
ohne Einschränkungen.

www.ts3.biz

MODULBÄDER IN ALLEN GRÖSSEN



Von GÜNSTIG bis EXKLUSIV.
Von EINEM BAD bis 100 BÄDER.
Von WENIG PLATZ bis VIEL PLATZ.
Von NIEDRIGEN DECKEN bis HOHEN DECKEN.

WAS WOLLEN SIE ALS KUNDE?

Ein gutes Preisleistungsverhältnis bei rundum geringem Aufwand, ohne bei der Qualität oder Leistung Abstriche machen zu müssen.
Ihnen fehlt etwas? Sprechen Sie mit uns - unser Modulbad ist flexibler als man denkt.

WAS WOLLEN WIR?

Dem Baugewerbe das Bauen leichter machen und zukunftsorientierte Wege aufzeigen, mit Kunden als Partnern, die das Gleiche wollen.



WIE SCHAFFEN WIR DAS?

- Senden Sie uns Ihren Plan und Ihre Konfiguration.
  Gemeinsam konfigurieren wir Ihr Bad / Bäder.
- Wir erstellen Ihnen ein Angebot und ein 2D-Konzept.
  Entscheiden Sie sich mit Hilfe unserer Unterlagen für Ihr Tjiko Bad.
- Wir erstellen Ihnen genaue Ansichten Ihrer Konfiguration.
  Überprüfen Sie, ob diese bis ins kleinste Detail Ihren Wünschen entsprechen.
- Wir fertigen das Modulbad im definierten Zeitraum, um es Ihnen pünktlich zu liefern.
- Sie können das Badmodul nun einheben und anschließen.
  Wir stehen Ihnen bei Ihrem ersten Einhub gerne vor Ort zur Seite.

Tjiko GmbH | Riedstraße 12 | 83126 Flintsbach am Inn www.tjiko.de

By your side

AN IHRER SEITE VON DER PLANUNG BIS ZUR REALISIERUNG

Für Neubau und Sanierung ist Tremco CPG Ihr Gesamtanbieter innovativer Lösungen für alle Seiten Ihres Projektes.

Natürlich auch im Holz- und Modulbau!



- **ABDICHTEN & KLEBEN**
- **PASSIVER BRANDSCHUTZ**
- **BODENBESCHICHTUNG**

Mehr auf www.tremcocpg.eu

Sillbruck Flowcrete Nullifire Vandex TREMCO Dryvit Nudura

TREMCO
Construction Products Group



IHR AUFSTIEG –
UNSERE LEIDENSCHAFT





TREPPENBAU.CH

Neckertalstrasse 27 | CH-9608 Ganterschwil
Tel. +41 71 932 50 60 | **www.treppenbau.ch**



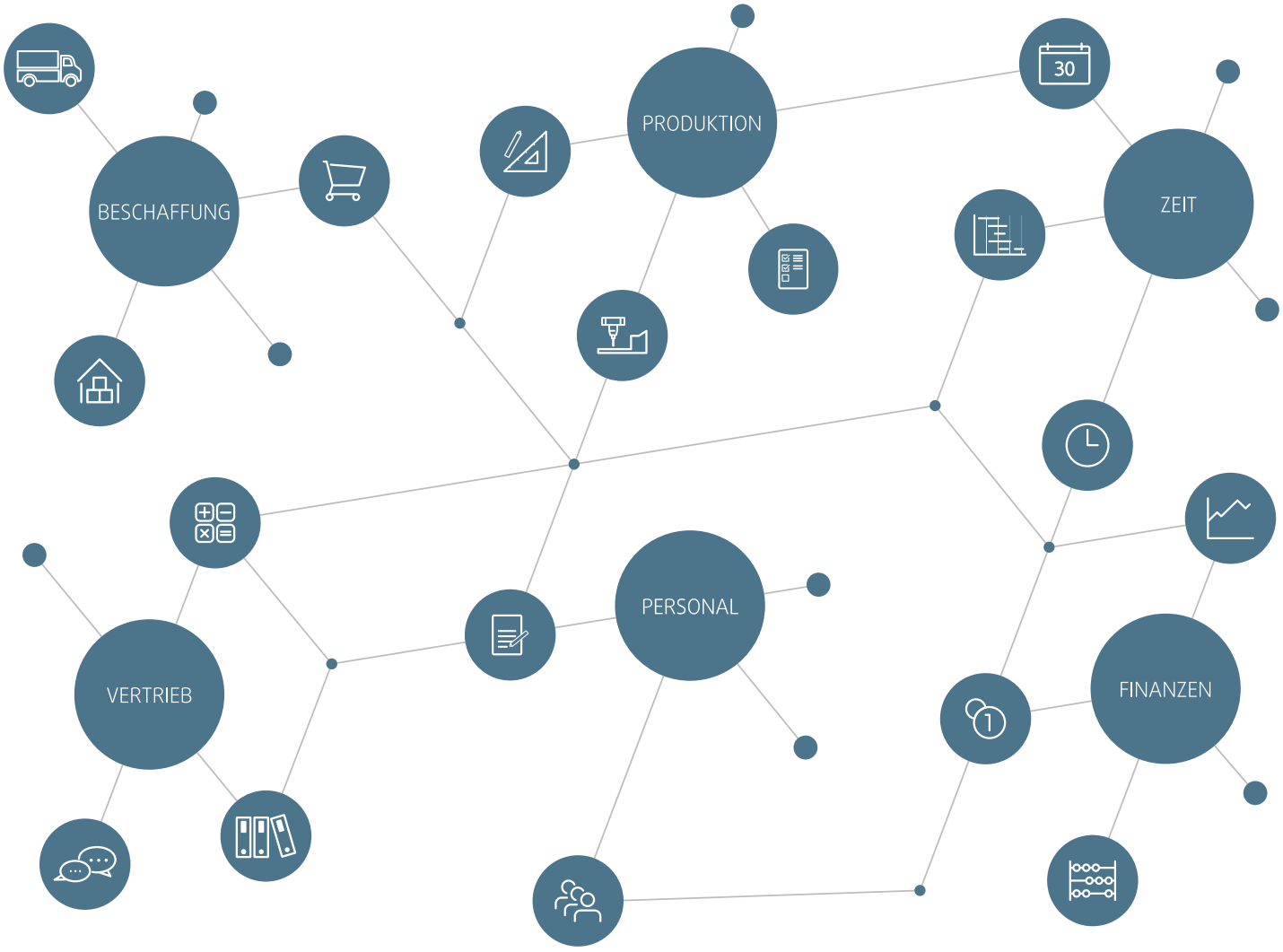


triviso® erp

Triviso ERP als Herzstück der Datenwelt.

Mit Triviso ERP konzentrieren Sie sich auf Ihr Kerngeschäft. Die Software unterstützt Sie zuverlässig in der Datenverarbeitung und vereint Bereiche wie Beschaffung, Produktion, Zeit, Vertrieb, Personal und Finanzen.

Wie sich Ihre Arbeitsabläufe durch unser ERP vereinfachen lassen, zeigen wir gerne anhand einer unverbindlichen Präsentation. Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.



TROX

TROX steht weltweit für Qualität, Kompetenz, Nachhaltigkeit und umfangreiche Serviceleistungen



Brandschutz im Holzbau

TROX Austria GmbH
1220 Wien, Österreich
Tel.: +43 1 250 43 - 0
trox-at@troxgroup.com

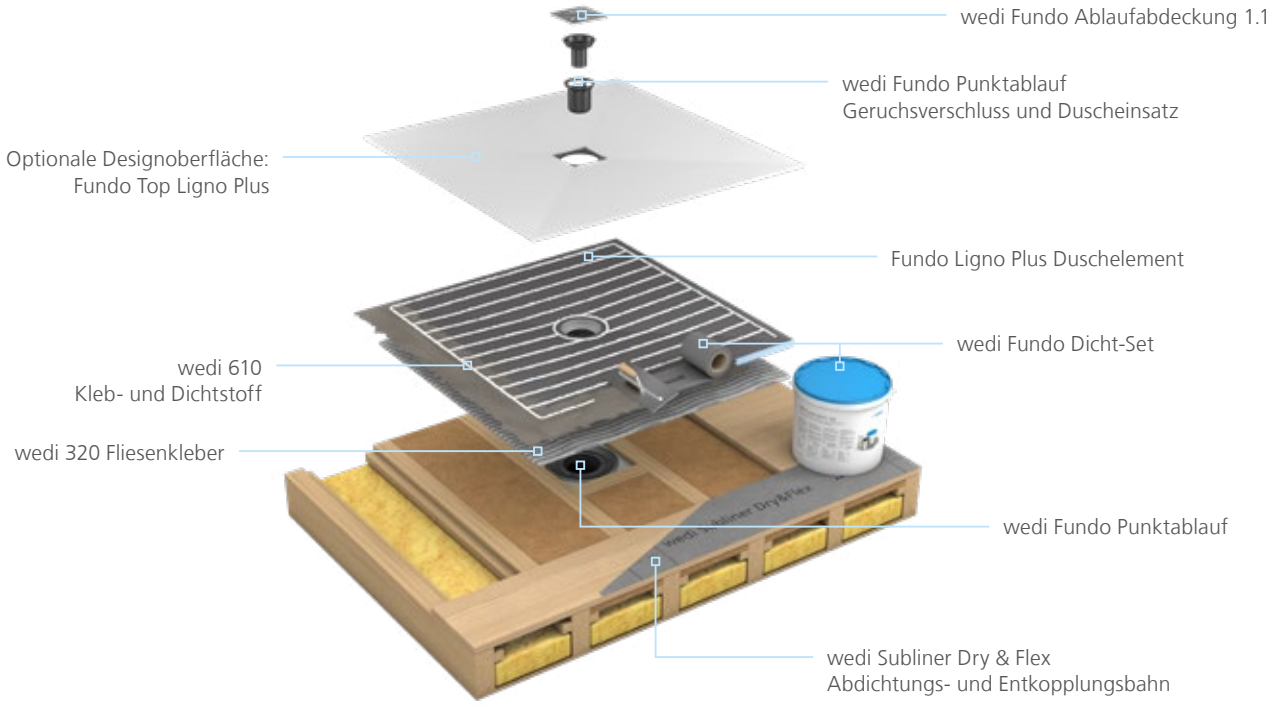
www.trox.at



Was, wenn Holz die Basis ist …

Auf den Punkt gebracht: Fundo Ligno Plus

Die optimale Lösung für bodengleiche Duschen auf Holzbalkendecken. Mit einer **Randhöhe von nur 23 mm** passt die Fundo Ligno Plus perfekt in Holzkonstruktionen und bildet die ideale Basis für Fliesen oder Fundo Top Oberflächen. So entsteht eine hochwertige und stilvolle Duschlösung mit Punktentwässerung für Ihre Kunden.



Weitere Informationen unter
www.wedi.net

...wedi®

HC | WEINMANN



Dein Partner von A-Z

Als Partner des Holzbaus bietet Dir WEINMANN die passenden Maschinentechnologien für Deine Produktionsanforderungen. Wir bieten Lösungen von klein bis groß, die mitwachsen – von der bedarfsgerechten Einzelmaschine für das Handwerk bis hin zu kompletten Fertigungsanlagen.

Mehr als nur Maschinentechnologie

Wir unterstützen Dich von den Anlagen samt passender Softwarelösungen, über Services und Schulungen bis hin zum individuellen Consulting in Unternehmensfragen. Neben Schulungen zu Deiner neuen Maschine oder Software bieten wir Dir mit unseren Experten der WEINMANN Academy, kontinuierliche Weiterbildungen und Qualifizierungen an. Wir entwickeln unsere Trainings ständig weiter und schneiden diese individuell auf Deine Anforderungen zu – so bist Du für aktuelle und zukünftige Herausforderungen bestens aufgestellt.

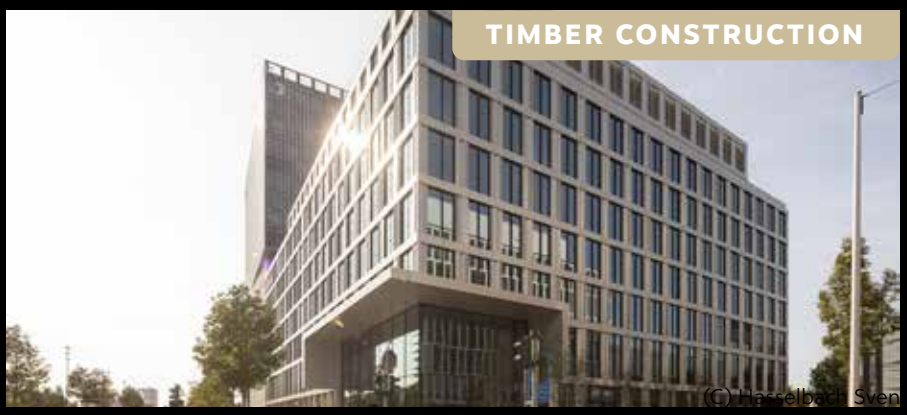
www.homag.com/weinmann

YOUR SOLUTION

WIEHAG

TIMBER CONSTRUCTION


(C) Hasselbach Sven


(C) Hasselbach Sven


(C) Hasselbach Sven

TIMBER PIONEER FRANKFURT



TEAM 7 WELT RIED IM INNKREIS



HOLZ TRIFFT BETON

wilma

Das innovative Schweizer Holz Beton Verbundsystem. Eine starke Verbindung.

- **keine Feuchtigkeit und Austrocknungszeiten**
  durch komplette Trockenbauweise
- **kurze Bauzeit und grosser Zeitgewinn**
  durch Vorfertigung der Betonelemente und sehr effizienter Bauweise
- **vielfältiges Einsatzgebiet**
  durch leichte Konstruktion ideal für Aufstockungen im urbanen Gebiet
- **tiefere Rohmaterialkosten**
  durch hohe Materialeffizienz bis 70% weniger Holzanteil
- **Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschafts**
  durch hohe Materialeffizienz, RC-Betonelemente und einfache Materialtrennung
- **thermische Speichermasse (warm & kalt)**
  durch Abstrahlung bei offener Rippenkonstruktion
- **Statik, Brand- und Schallschutz mit einer Schicht gelöst**
  SIA-Anforderungen werden übertroffen

eco 2 ecobau Cert.

wilma.swiss

Wilma Vertrieb AG
Industriestrasse 3
4704-CH Niederbipp
Telefon +41 58 470 69 96
info@wilmavertrieb.ch

Folge uns!

STRONG FOR GENERATIONS

KLIMAS
FASTENER TECHNOLOGIES



NEW CUTTING EDGE WITH ADDED MILLING

TIMBER CONSTRUCTION SCREWS



UP TO **40%** **FASTER** SCREWING TIME
compared to old tip of Klimas Wkręt-met screws

UP TO **20%** **LESS SCREWING** RESISTANCE
compared to old tip of Klimas Wkręt-met screws

DOUBLE THREAD

GREATLY IMPROVES TIMBER PENETRATION SPEED

HIGH PERFORMANCE

PARAMETERS

ETA CE CERTIFIED PRODUCTS

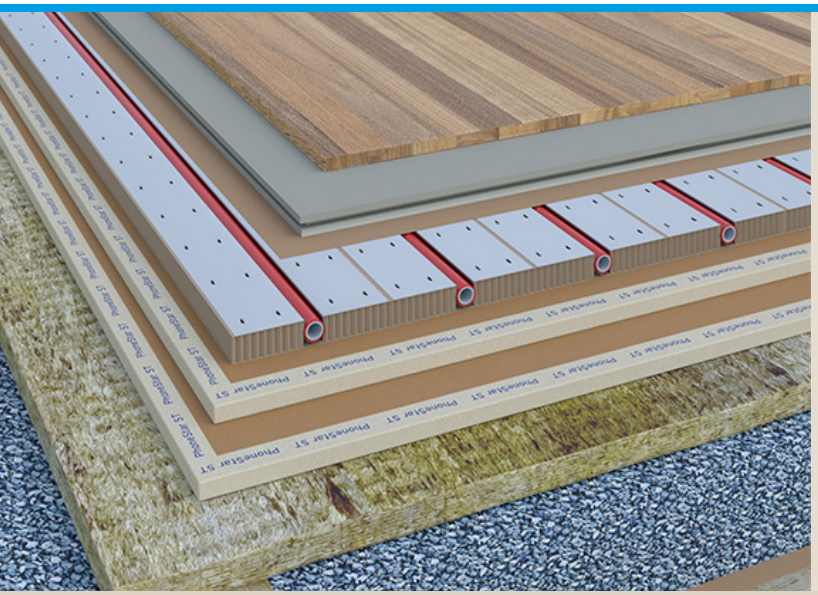
more at: www.klimas.com | **contact us: export@wkret-met.com**

Wkręt-met KLIMAS

POLISH PRODUCER OF TIMBER CONSTRUCTION SCREWS

WOLF® Bavaria

SCHALLDÄMMUNG FLÄCHENHEIZUNG TROCKENESTRICH



PhoneStar Schalldämmplatten

PowerFloor Fußbodenheizung

PhoneStrip Entkopplungsstreifen

Spezialprodukte Messtechnik

TROCKENE SYSTEMLÖSUNGEN

für Boden, Wand und Decke - bei Neubau (Massiv / Holz) und Sanierung

20 JAHRE INNOVATION

OneFrame-Wall | Wohnungstrennwand

Effektivität steigern & Kosten senken im Holztafelbau

NEU

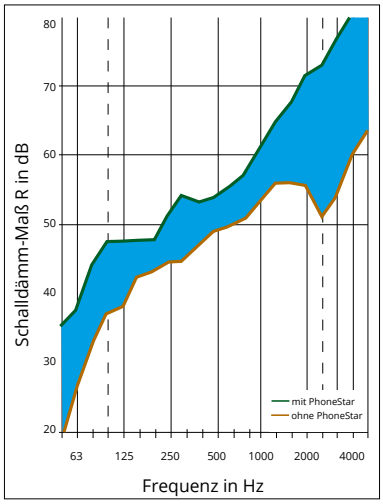


bis zu R_w = 62 dB

✓ressourcenschonend

✓effektiv

Durchgängig geprüftes System mit am Markt leicht verfügbaren Produkten.



PhoneStar EFFEKT

bis zu 30%	Materialeinsparung
bis 15%	Raumgewinn
bis 40%	Senkung der Montagezeit
bis zu 50%	Senkung der Richtzeiten
Σ 30 - 40%	Einsparungspotenzial



✓innovativ ✓ökologisch ✓regional

Wolf Bavaria GmbH - ist seit 2004 ein erfolgreiches, innovatives und expandierendes Unternehmen welches Systemlösungen für den Holz-, Massiv- und Trockenbau anbietet. Dabei bildet die Verwendung von nachhaltigen Rohstoffen regionaler Herkunft sowie die Entwicklung rückbaubarer Systeme die Grundlage all unserer Aktivitäten.

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

www.wolf-bavaria.com

HOLZ.

Durch und durch. Neu gedacht.

NATÜRLICHES HOLZ FÜR DEIN PROJEKT
100 %
RECYCELBAR FÜR DIE NATUR

Schau vorbei: IHF, 4. - 6.12.2024,
OG 2, Künstlerfoyer, Stand KU216



JETZT NEU: die Extraportion Nachhaltigkeit für den leimfreien & klimafreundlichen Holzmassivbau!

NATÜRLICHE MASSIVHOLZWÄNDE MIT LIGNOLOC-HOLZNÄGELN & NATÜRLICHE DÜBELHOLZDECKEN MIT HOLZDÜBELN

woodbloc.de

Woodbloc

Xvise

Logistikplanung & Automatisierung für die Holz-Branche

Beratung

Planung

Umsetzung

Lernen wir uns kennen!



Ihr Thomas Bale
Head of Consulting

www.xvise.com



LENO®-BSP MIT ALLGEMEINER BAUARTGENEHMIGUNG!



UmweltHaus der UmweltBank, © spengler wiescholek Architektur//Stadtplanung | bloomimages

ZÜBLIN Timber
Industriestr. 2
86551 Aichach
Tel. +49 8251 908-0
timber@zueblin.de

Ihr Spezialist im Holzbau

ZÜBLIN Timber steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen in allen Bereichen des Holzbaus. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbausysteme – von der Bauteillieferung über den komplexen Ingenieurholzbau und Fassadenbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kundinnen und Kunden gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

www.zueblin-timber.com



Studentenwohnheim Potsdam/Golm, © Steffen Spitzner

ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS

Vertrieb FORUM **HOLZBAU**
Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz
T +41 32 327 20 00
info@forum-holzbau.com
www.forum-holzbau.com

ISBN 978-3-906226-68-2