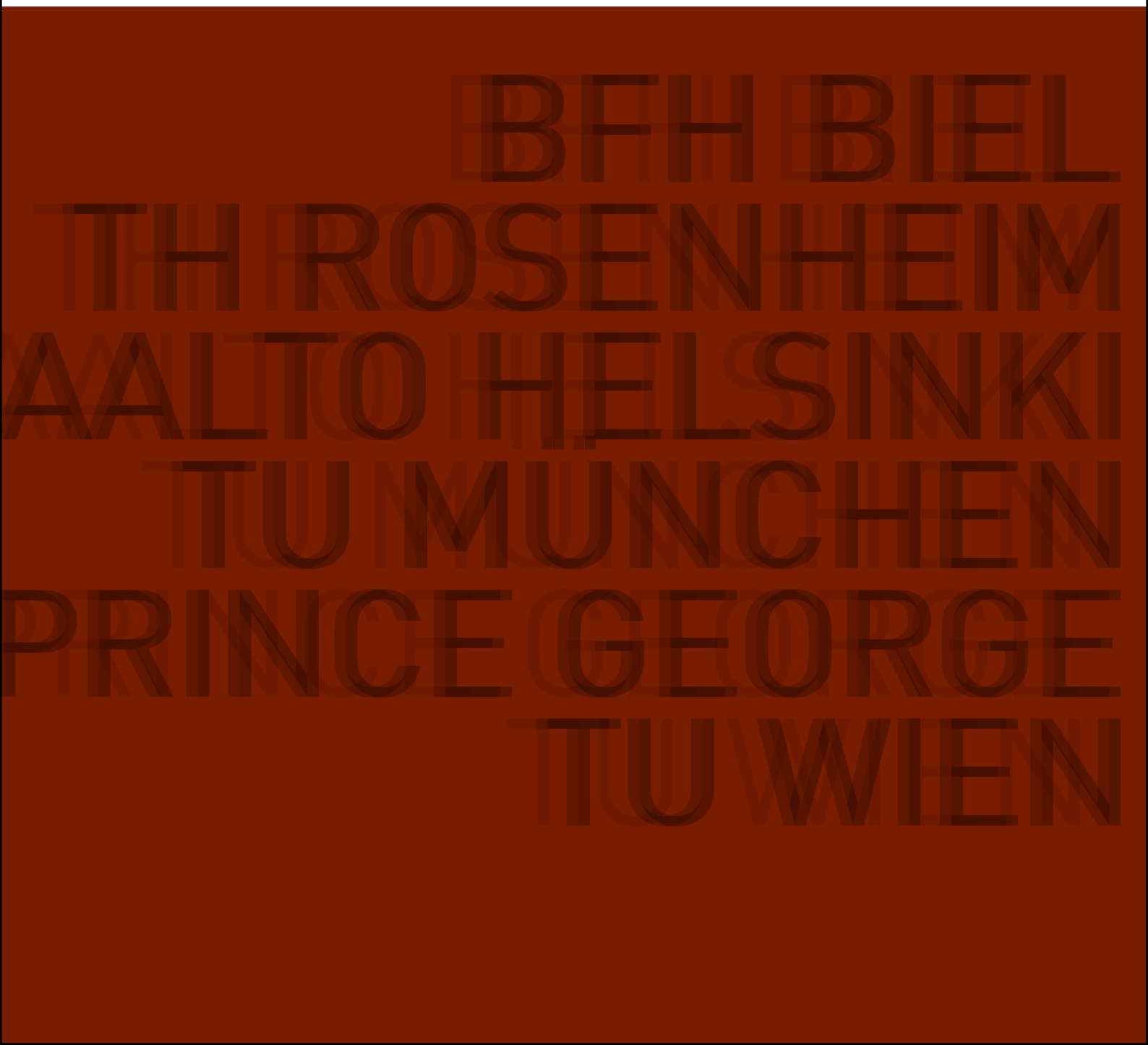
FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

26. Internationale Holzbau-Forum (IHF)
Band II 1. und 2. Dezember 2022
Aus der Praxis – Für die Praxis



Inhalt

Donnerstag, 1. Dezember 2022

HOLZTRAGWERKE

Ausgewählte Projekte

Eine Tulpe als Glücksbringer – Spielcasino Venlo 10
Jephtha Schaffner, Blumer-Lehmann, Gossau, Schweiz

Massives Holz für Interims Kunst und Kulturgebäude – speziell gezeigt am Theater Gasteig 18
Anders Übelhack, Züblin Timber, Aichach, Deutschland

Grand Palais Ephémère in Paris 26
Paul Adolf, MATHIS, Muttersholtz, Frankreich

The Cradle 32
Markus Steppler, DERIX Gruppe, Niederkrüchten, Deutschland
Franz Tschümperlin, SJB Kempter Fitze, Eschenbach, Schweiz

Erlebniswelten

Rewe Green Farming – ein Supermarkt der Zukunft 46
Klaus Wiens, REWE Deutsche Supermarkt, Köln, Deutschland
Boris Peter, knippershelbig, Stuttgart, Deutschland

World of Volvo, Gothenburg – Pushing the Boundaries 58
Johannes Rebhahn, WIEHAG, Altheim, Österreich
Martin Stenberg Ringnér, Henning Larsen Architects, Copenhagen, Netherlands

SuperHub Meerstad – more than a supermarkt 71
Erik Roerdink, De Zwarte Hond, Groningen, Netherlands

HolzHochHaus

Roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus 80
Oliver Fried, Rubner Holzbau, Augsburg, Deutschland

74 m ü. NN in Amsterdam – HAUT das höchste Wohngebäude aus Holz in den Niederlanden 92
Frank Steffens, Brüninghoff Gruppe, Heiden, Deutschland

Sara Kulturhus 99
Florian Kosche, Dipl.-Ing. Florian Kosche, Oslo, Norway

HOLZBAUENTWICKLUNG

Klebetechnik

Holz-Beton-Verbund: Klebeverfahren und Pilotprojekt mit Granulatsplittverklebung 110
Volker Schmid und Melf Sutter, Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Holz-Beton Verbund mit verklebten Fertigteilen – konsequenter Trockenbau 121
Werner Seim und Jens Frohnmüller, Universität Kassel, Kassel, Deutschland

Geklebte Verbindungen für weitgespannte Decken- und Dachtragwerke 133
Dr. Jan Wenker, Brüninghoff Group, Heiden, Deutschland

Brandverhalten

Die neue europäische Holzbau-Brand-Bemessungsnorm EC5-1-2 – was ist neu und besser 144
Geklebte Holzbauteile im Brandfall – BSH, BSP, I-Träger
Prof. Dr. Andrea Frangi, ETH Zürich, Zürich, Schweiz
Prof. Dr. Alar Just, TalTech, School of Engineering, Tallinn, Estonia
Dr. Norman Werther, Technische Universität München, München, Deutschland

Ertüchtigung

Das Sonnensegel Dortmund: Sanierung der weltgrößten Holz-Hyparschale 152
Wilhelm Risse, Holzbau Wilhelm Risse, Meschede, Deutschland
Jürgen Hezel, MPA Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

Rebuilding Notre-Dame de Paris: a technical and scientifical challenge 165
Jonathan Truillet, Deputy director of operations, Etablissement public in charge of the restoration of Notre-Dame de Paris, Paris, France

Dunston Staiths, Gateshead: 167
Repair of one of Europe's largest wooden structures
Charles Blackett-Ord, Blackett-Ord Conservation Engineering, Cumbria, United Kingdom

Freitag, 2. Dezember 2022

Block A

Exponierte Ingenieurbauwerke

Bewittertes Schalendach der Weltcup-Rennrodelbahn Oberhof – herausfordernde Freiformflächen 179
Kilian Busch, Züblin Timber, Aichach, Deutschland

Goetheturm Frankfurt 186
Markus Rommel, Ingenieurbüro Wirth Haker, Freiburg im Breisgau, Deutschland
Tobias Döbele, Holzbau Amann, Weilheim-Bannholz, Deutschland

Exponierte Türme: Erfahrungen und Weiterentwicklungen in der Umsetzung des Hardwaldturmes 195
Fritz Maeder, Holzing Maeder, Evilard, Schweiz

Blockverleimte Radfahrerbrücken in neuen Dimensionen 205
Günter Guglberger, Amt der Tiroler Landesregierung, Sachgebiet Brücken- und Tunnelbau, Innsbruck, Österreich

Ausgewogene Leichtigkeit – gebogene Pylon-Blockträgerbrücke 212
Frank Miebach, Ingenieurbüro Miebach, Lohmar, Deutschland

Wildtierbrücken unter Extrembelastungen 219
Lukas Rüegsegger, Timbatec Holzbauingenieure Schweiz, Bern, Schweiz

Block B

Hallen- und Stadionbauten für Sport und Freizeit

Sporthalle Waldau 231
Benjamin Eisele, müllerblaustein HolzBauWerke, Blaustein, Deutschland

Activity Centre at St George's College Weybridge 240
Johannes Lederbauer, WIEHAG, Altheim, Österreich

Eis- und Trainingshalle HC Davos 250
Thomas Strahm, neue Holzbau, Lungern, Schweiz

Wassersportzentrum Olympische Spiele in Paris 257
Anna Kulzer, schlaich bergermann partner, Stuttgart, Deutschland

The ICCU Basketball Arena at the University of Idaho 262
Erik Warkentin, StructureCraft, Vancouver, Canada

Pancho Arena, Felcsút – Ungarn 264
László Pongor, POND, Budapest, Ungarn

Block C

Zukunftsfähige Konzepte für den mehrgeschossigen Holzbau

Holz-Hochhaus in Zürich-Regensdorf – Tragwerksentwurf, Variantenstudium, Robustheit 277
Ivan Brühwiler, B3 Kolb, Romanshorn, Schweiz

Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki 287
Bernd Troppmann, Stora Enso Wood Products, Ybbs, Österreich

Bürogebäude für den Deutschen Bundestag «LUISE» 291
Konrad Merz, Merz kley partner, Deutschland

Växjö train station and city hall, a timber-concrete hybrid 296
Carl Larsson, Skanska Sverige / Linnaeus University, Växjö, Sweden

Working in nature in the centre of Uppsala, a 7-storey wood-glass-construction 305
Anders Tväråna, White architects, Uppsala, Sweden

Epilog

**Zeitenwende im europäischen Holzbau.
Ist der Planungssektor darauf vorbereitet?**

Ingenieurholzbau in der Planungspraxis und in den Bauvorschriften Ansätze in Aus- und Weiterbildung 320
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Technische Universität München, München, Deutschland

Holzbaukultur – Herausforderungen in Ausbildung und Entwurfspraxis 329
Univ.-Prof. Stephan Birk, Technischen Universität München, Teil der Forschungsgruppe TUM.wood; Gründungspartner von Birk Heilmeyer und Frenzel Architekten, Stuttgart, Deutschland

Timber Buildings for People – über Aspekte der sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit durch Holzbau in der internationalen Architekturpraxis 334
Patrick Lüth, Snøhetta Studio Innsbruck, Innsbruck, Österreich

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

Prof. i R. Flach Michael
Universität Innsbruck AB Holzbau
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck, Österreich

+43 660 694 86 54
Michael.Flach@uibk.ac.at

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

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

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

+46 470 708 824
tobias.schauerte@lnu.se

Mag. Totschnig Norbert
Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft
Stubenring 1
1010 Wien, Österreich

norbert.totschnig@bmlrt.gv.at

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

+43 6991 033 5049
winter@iti.tuwien.ac.at

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

+49 7216 0842 710
dietsch@kit.edu

Prof. Germerott Uwe
Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau
Solothurnstrasse 102
2500 Biel/Bienne, Schweiz

+41 32 344 03 50
uwe.germerott@bfh.ch

Prof. Müller Andreas
Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau
Solothurnstrasse 102
2500 Biel/Bienne, Schweiz

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

Prof. Dr. Tannert Thomas
University of Northern British Columbia
3333 University Way
V2N 4Z9 Prince George, Kanada

+1 250 960 6710
thomas.tannert@unbc.ca

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

+49 8928 922 416
winter@tum.de

Referenten

Adolf Paul
Mathis SAS
3 Rue des Vétérans
67600 Muttersholtz, Frankreich

+33 3 88 85 19 77
p.adolf@mathis.eu

Apperlo Sander
Powerhouse Company
Bavariaring 26
80336 München, Deutschland

+31 624 182 057
sander@powerhouse-company.com

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

+49 711 685 622 87
Simon.Aicher@mpa.uni-stuttgart.de

Prof. Birk Stephan
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 925 491
s.birk@tum.de

Blackett-Ord Charles
BLACKETT-ORD CONSERVATION LTD
33 Chapel Street, Appleby-in-Westmorland
CA16 6QR Cumbria, England

+44 17 683 525 72
engineering@blackett-ordconservation.co.uk

Brühwiler Ivan
B3 Kolb AG
Hafenstrasse 62
8590 Romanshorn, Schweiz

+41 71 466 72 24
ivan.bruehwiler@b-3.ch

Busch Kilian
ZÜBLIN Timber GmbH
Industriestrasse 2
86551 Aichach, Deutschland

+49 8251 908 257
kilian.busch@zueblin.de

Döbele Tobias
Holzbau Amann GmbH
Albtalstrasse 1
79809 Weilheim-Bannholz, Deutschland

+49 7755 920 10
t.doebele@holzbau-amann.de

Eisele Benjamin
müllerblaustein HolzBauWerke GmbH
Pappelauer Strasse 51
89134 Blaustein, Deutschland

+49 7304 961 60
benjamin.eisele@muellerblaustein.de

Prof. Dr. Frangi Andrea
ETH Zürich / IBK
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zürich, Schweiz

+41 44 633 26 40
frangi@ibk.baug.ethz.ch

Fried Oliver
Rubner Holzbau GmbH
Am Mittleren Moos 53
86167 Augsburg, Deutschland

+49 8217 106 41 38
oliver.fried@rubner.com

Guglberger Günter
Amt der Tiroler Landesregierung
Herrengasse 3
6020 Innsbruck, Österreich

+43 5125 084 060
guenter.guglberger@tirol.gv.at

Hezel Jürgen
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 856 22 97
Juergen.Hezel@mpa.uni-stuttgart.de

Horx Matthias
Zukunftsinstitut GmbH
Rudolfsplatz 12/6
1010 Wien, Österreich

+49 6915 3240 500
m.horx@zukunftsinstitut.de

Prof. Dr. Just Alar
Tallinn University of Technology
Ehitajate tee 5
19086 Tallinn, Estland

+37 2503 11 71
alar.just@ttu.ee

Kosche Florian
DIFK
Møllergata 12
0179 Oslo, Norwegen

+47 9776 16 14
florian.kosche-at-difk.no

Kulzer Anna
schlaich bergermann partner sbp gmbh
Schwabstrasse 43
70197 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 487 10
a.kulzer@sbp.de

Larsson Carl
Linnaeus University
P G Vejdes väg
351 95 Växjö, Schweden

+46 772 288 000
carl.larsson@lnu.se

Lederbauer Johannes
WIEHAG GmbH
Linzer Strasse 24
4950 Altheim, Österreich

+43 7723 465 14 14
j.lederbauer@wiehag.com

Lüth Patrick
Snøhetta Studio Innsbruck
Maria-Theresien-Strasse 57
6020 Innsbruck, Österreich

+43 512 359 050
patrick@snohetta.com

Maeder Fritz
Holzing Maeder GmbH
Chemin du Roc 21
2533 Evilard, Schweiz

+41 32 323 88 11
maeder@holzing-maeder.ch

Melegari Silvia
CEI-Bois & EOS
Rue Montoyer 24
1000 Brüssel, Belgien

+32 492 697 998
silvia.melegari@eos-oes.eu

Merz Konrad
merz kley partner GmbH
Sägerstrasse 6
6850 Dornbirn, Österreich

+43 5572 360 31 11
k.merz@mkp-ing.com

Miebach Frank
IB-MIEBACH Ingenieurbüro für
Holzbau und Holzbrückenbau
Haus Sülz 7
53797 Lohmar, Deutschland

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

Prof. Dr. Müller Jörg
Tierökologie und Tropenbiologie
Am Hubland
97074 Würzburg, Deutschland

+49 9313 183 378
joerg.mueller@uni-wuerzburg.de

Dr. Ohnesorge Denny
Hauptverband der Deutschen Holzindustrie und
Kunststoffe verarbeitenden Industrie und
verwandter Industrie- und Wirtschaftszweige
Flutgraben 2
53604 Bad Honnef, Deutschland

+49 2224 937 70
denny.ohnesorge@holzindustrie.de

Peter Boris
knippershelbig GmbH
Tübinger Strasse 12-16
70178 Stuttgart, Deutschland

+49 7112 483 93 60
b.peter@knippershelbig.com

Pongor László
Ingenieurbüro POND
Imre Makovecz Strasse 25
1034 Budapest, Ungarn

+36 1 388 1708
pongorl@axelero.hu

Rebhahn Johannes
WIEHAG GmbH
Linzer Strasse 24
4950 Altheim, Österreich

+43 664 462 43 82
j.rebhahn@wiehag.com

Risse Wilhelm
Wilhelm Risse GmbH
Bonacker 6
59872 Meschede, Deutschland

+49 2915 31 12
w.risse@holzbau-risse.de

Roerdink Erik
De Zwarte Hond
Hoge der A 11
9712 AC Groningen, Niederlande

+31 503 134 005
roerdink@dezwartehond.nl

Rommel Markus
Wirth Haker PartmbB
Marie-Curie-Strasse 1
79100 Freiburg, Deutschland

+49 7614 014 457
m.rommel@ing-wh.de

Rüegsegger Lukas
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG
Falkenplatz 1
3012 Bern, Schweiz

+41 58 255 15 30
lukas.ruegsegger@timbatec.ch

Schaffner Jephtha
Blumer-Lehmann AG
Erlenhof
9200 Gossau, Schweiz

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

Prof. Dr. Schmid Volker
Technische Universität Berlin
Strasse des 17. Juni 135
10623 Berlin, Deutschland

+49 3031 472 162
volker.schmid@tu-berlin.de

Prof. Dr. Seidl Rupert
Technische Universität München
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2
85354 Freising, Deutschland

+49 8161 714 691
rupert.seidl@tum.de

Prof. Dr. Seim Werner
Universität Kassel
Kurt-Wolters-Strasse 3
34125 Kassel, Deutschland

+49 5618 042 625
wseim@uni-kassel.de

Sigl Thomas
Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen
Claudiastrasse 6
6020 Innsbruck, Österreich

+43 512 578 176
ib.sigl@aon.at

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. (em.)
Sinn Hans-Werner
Wiesmahdstrasse 4
482131 Gauting, Deutschland

+49 171 659 22 42
office.hanswernersinn@gmail.com

Stenberg Martin
Henning Larsen Architects
Vesterbrogade 76
1620 Kopenhagen, Dänemark

+45 8231 3128
mstr@henninglarsen.com

Prof. Dr. Stern Tobias
Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung
Merangasse 18/I
8010 Graz, Österreich

+43 3163 807 344
tobias.stern@uni-graz.at

Prof. Dr. i.R Teischinger Alfred
BOKU Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe
Konrad Lorenz Strasse 24
3430 Tulln an der Donau, Österreich

+43 1476 548 91 15
alfred.teischinger@boku.ac.at

Truillet Jonathan
Etablissement public en charge de la conservation et de la restauration de la cathédrale Notre Dame de Paris
cité martignac
75007 Paris, Frankreich

+33 6 84 35 55 55
jonathan.truillet@rndp.fr

Tväråna Anders
White Arkitekter Uppsala
Västra Ågatan 16
753 09 Uppsala, Schweden

+46 181 838 57
anders.tvarana@white.se

Warkentin Erik
StructureCraft
1929 Foy Street
V2T 6B1 Abbotsford, Kanada

+1 604 940 8889
ewarkentin@structurecraft.com

Wiens Klaus
REWE Deutscher Supermarkt AG & Co KG aA
Domstrasse 20
50668 Köln, Deutschland

+49 2211 491 658
klaus.wiens@rewe-group.com

Steffens Frank
Brüninghoff GmbH & Co. KG
Industriestrasse 14
46359 Heiden, Deutschland

+49 2867 9739 114
steffens@brueninghoff.de

Steppler Markus
W. u. J. Derix GmbH & Co.
Dam 63
41372 Niederkrüchten, Deutschland

+49 2163 898 813
m.steppler@derix.de

Strahm Thomas
neue Holzbau AG
Obseestrasse 11
6078 Lungern, Schweiz

+41 41 679 70 56
ts@neueholzbau.ch

Troppmann Bernd
Stora Enso Wood Products GmbH
Bahnhofstrasse 31
3370 Ybbs an der Donau, Österreich

+43 664 618 39 20
bernd.troppmann@storaenso.com

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

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

Übelhack Anders
ZÜBLIN Timber GmbH
Industriestrasse 2
86551 Aichach, Deutschland

+49 9201 799 636
anders.uebelhack@zueblin.de

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

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

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

+49 8928 922 417
winter@tum.de

Holztragwerke

Ausgewählte Projekte

Erlebniswelten

HolzHochHaus

Eine Tulpe als Glücksbringer – Spielcasino Venlo

Jephtha Schaffner
Blumer-Lehmann AG
Gossau, Schweiz

Eine Tulpe als Glücksbringer – Spielcasino Venlo

1. Einleitung

1.1. Die Lehmann Gruppe

Seit 1875 verarbeitet die Lehmann Gruppe Holz im geschlossenen Wertschöpfungskreislauf. Ihr gehören drei Unternehmen mit verschiedenen Kompetenzbereichen an. Aktuell sind über 400 Mitarbeitende beschäftigt. Katharina Lehmann führt das Familienunternehmen seit 25 Jahren in fünfter Generation. Unter ihrer Führung verdreifachte sich die Anzahl der Mitarbeitenden sowie der Umsatz.

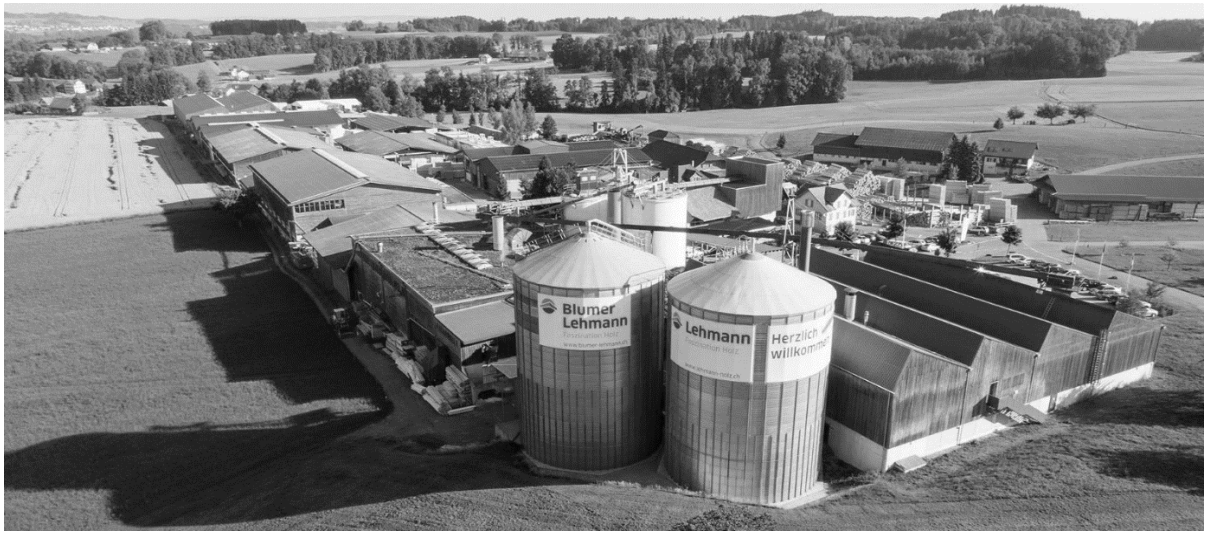


Abbildung 1: Hauptsitz der Lehmann Gruppe in Gossau SG (Quelle: Lehmann Gruppe)

1.2. Blumer-Lehmann AG

Die Blumer-Lehmann AG ist ein international tätiger Holzbaubetrieb und Teil der 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 allerdings seit 16 Jahren weltweit realisiert. Dazu zählen diverse Golf Clubhäuser in Südkorea, ein Apple Store in Bangkok, eine Bibliothek in Norwegen, eine Moschee in Cambridge, diverse Projekte am Roten Meer sowie das Casino Venlo in Holland.

2. Casino Venlo

2.1. Architekturbriefing

Der spektakuläre Entwurf des Architektenteams MVSA Studio aus Amsterdam, mit einem blumenförmigen, skulpturalen Gebäude gewann den internationalen Architekturwettbewerb für das neue Holland Casino in Venlo. Hinter seinem auffälligen Aussehen verkörpert das Gebäude zwei wichtige Gestaltungsprinzipien, die in der Ausschreibung einen hohen Stellenwert hatten: Nämlich die Nachhaltigkeit, und die Optimierung des Benutzererlebnisses. Aus der Ferne ist das Casino ein einzigartiges, gut sichtbares Gebäude; Eine sich farblich verändernde interaktive Fassade bietet ein atemberaubendes Lichtspiel, das die blumenförmige Struktur des Casinos hervorhebt. Und es ist ein einladendes Tor zu den Niederlanden denn Venlo befindet sich nur einen Katzensprung von der deutschen Grenze entfernt.

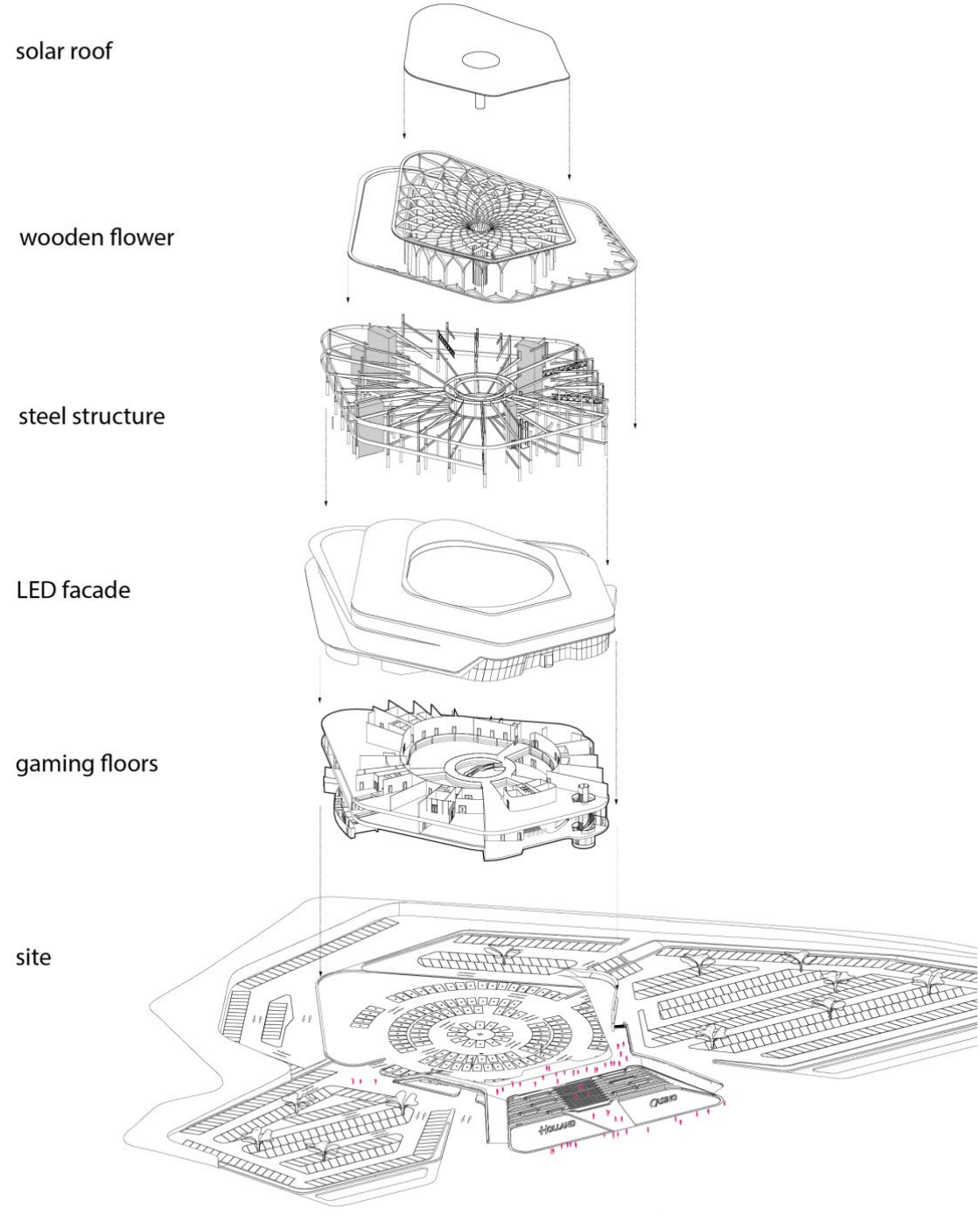


Abbildung 2: Architekturmodell als Explosionszeichnung (Quelle MVSA)

2.2. Der Holzbau des Casinos Venlo

Der Holzbau des Casinos Venlo ist ein Tragwerk von 24 Meter Höhe und misst im Grundriss 42 x 53 Meter. Das freigeformte Tragwerk «wooden flower» wir getragen von einem Stamm mit einem Durchmesser von 3.2 Metern sowie der Aussenwand. Die Auswand im obersten Geschoss ist eine im Grundriss runde Wand mit einer variablen Höhe.

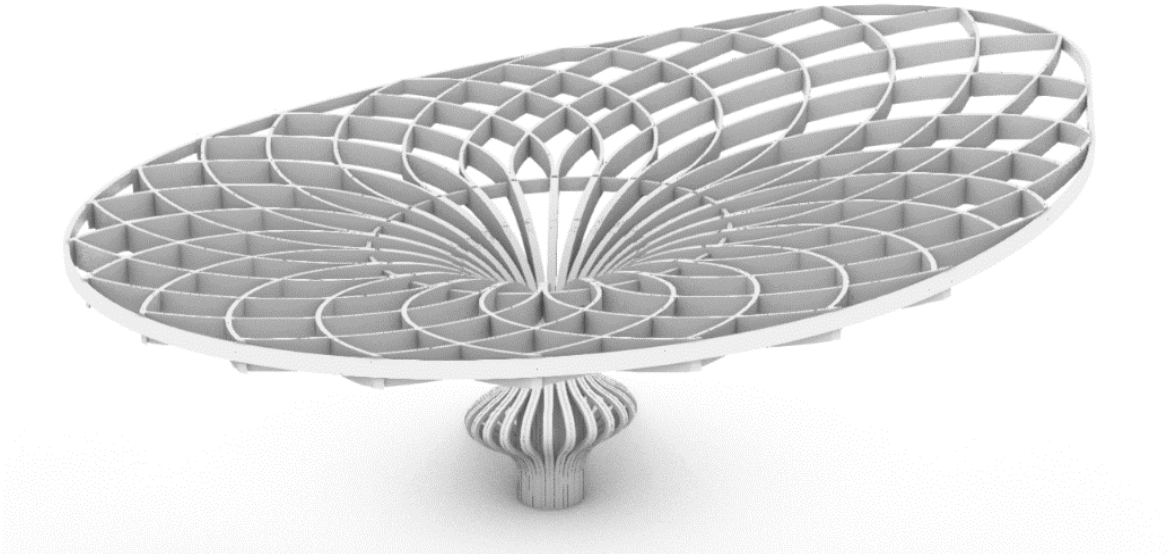


Abbildung 3: 3d Modell des Free Form Form-Tragwerks

Das Dachtragwerk steht auf einem Stamm, der sich in 24 Äste verzweigt. Die Äste sind einfach gekrümmte Bogenbinder mit einem Querschnitt von 1200 x 400 mm. Angeschlossen an die Äste folgt das Dachtragwerk. Das Dachtragwerk ist ein vierlagiges doppelt gekrümmtes System mit Überblattungen an den Kreuzpunkten. Die rund 229 doppelgekrümmten Balken wurden aus einfach gekrümmten Rohlingen gefräst.

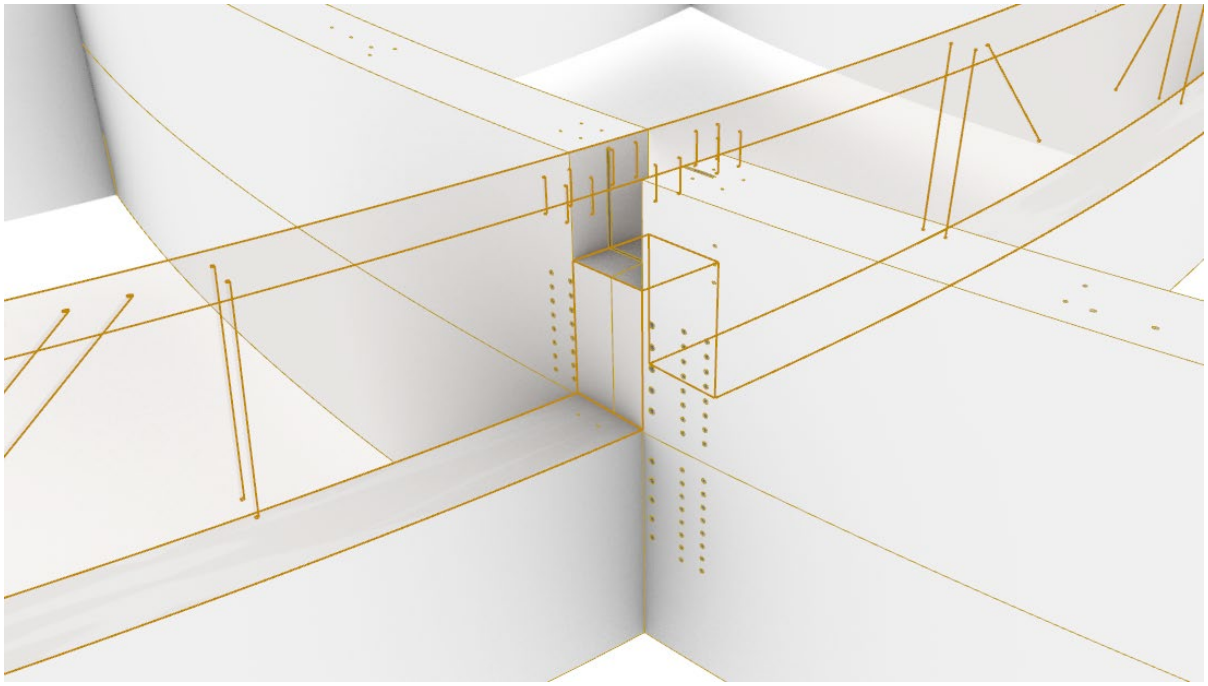


Abbildung 4: 3d Modell eines Kreuzknotens

2.3. Statik und Parametrik

Die Freiformstruktur wurde mit Hilfe der Software Rhino parametrisch geplant und mit einer Stabwerk-Software dimensioniert sowie die Anschlüsse gestaltet. Für die Ausführung dieser Arbeitsschritte waren unsere Fachleute bei Blumer Lehmann, zusammen mit den Planungspartnern von Design-to-production und SJB Kempter Fitze, verantwortlich. Dank langjähriger Erfahrung mit komplexen Geometrien von allen drei mitwirkenden Parteien konnte das Projekt effizient und lösungsorientiert geplant werden. Das Vorprojekt des Bauherrn startete etwa ein Jahr vor der Vergabe der Holzbauleistung. Dank diesem Vorgehen wurde der Weg für einen flüssigen Freigabeprozess zwischen Generalunternehmer, den Architekten und Blumer Lehmann geebnet.
Für die Entwicklung der Details und der Anschlüsse war viel Erfahrung gefordert. Die Anschlüsse mussten unter verschiedenen Winkeln und Steigungen funktionieren. Dabei war es wichtig, die Randabstände sowie die Schraubenabstände untereinander einzuhalten. Weiter bedurfte es einer parametrischen Definition, die mit Winkeln und Vektoren, ausgehend vom Achsenknotenpunkt, definiert wurde. Das Resultat waren die resultierenden Konstruktionsdetails, wie der unten gezeigte Anschluss vom Stamm an das doppelt gekrümmte Dachtragwerk.

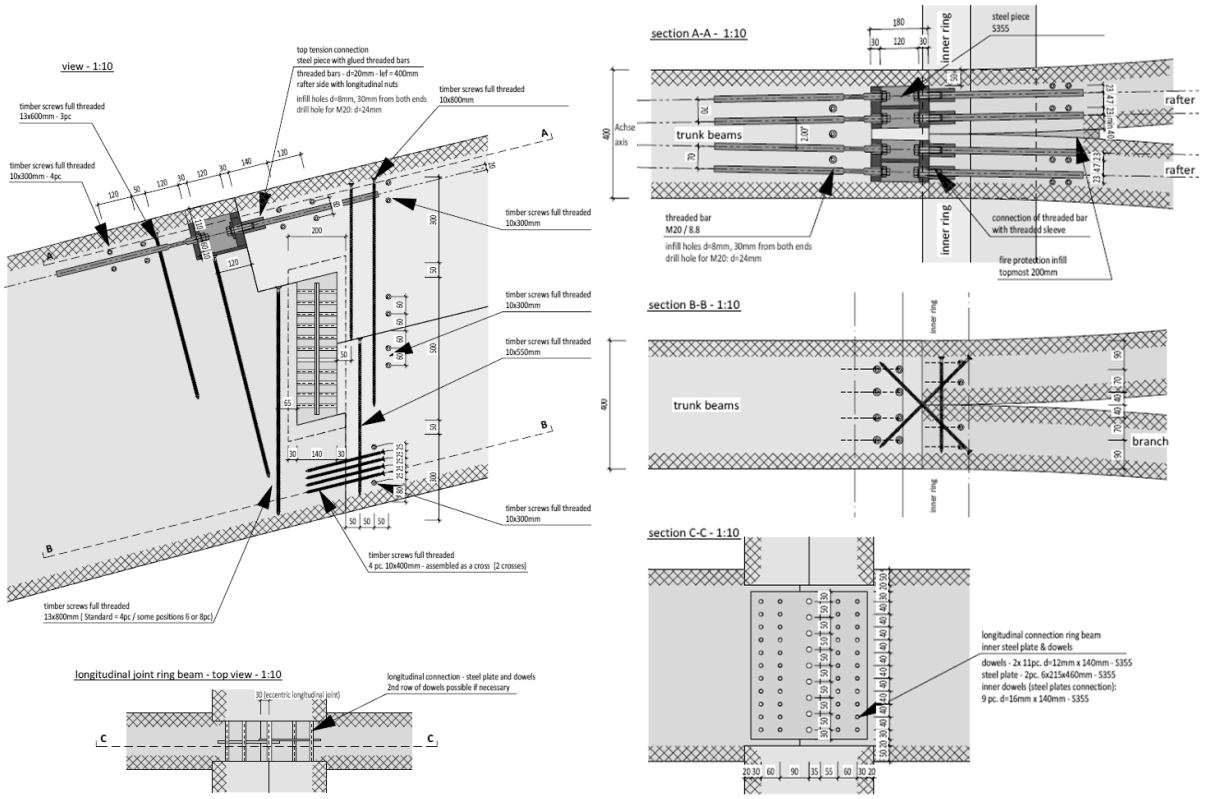


Abbildung 5: Konstruktionsdetails, als Output der statischen Analyse (Zeichnungen: SJB Kempter Fitze)

2.4. Produktion einer Freiform

Die Phase im Projekt, in der das Geplante in die Produktion geht, ist immer eine der Interessantesten. Es zeigt sich schnell, ob das Modellierte der vergangenen Monate funktioniert und die Rückmeldung der Produktionsmitarbeitenden über die designten Details kann sehr harsch sein.
Die einfach gekrümmten und blockverleimten Fichtenrohlinge kaufte Blumer-Lehmann bei Lieferanten ein. Am Hauptsitz in der Ostschweiz wurden diese dann mit der Fünf-Achs CNC-Maschine bearbeitet. Damit die Rohlinge sechsseitig abgefräst werden konnten, benötigte es einen weiteren Schritt in der Arbeitsvorbereitung. Das spezialisierte Team bei Blumer Lehmann übernahm die 3D Geometrien der internen Projektleitung und generierte mittels einer eigens entwickelten Parametrik einen Maschinencode. Die Bauteile wurden anschließend in zwei Aufspannungen allseitig millimetergenau bearbeitet. Dabei wurden rund 30% des Fichtenrohlings zerspant. Dieses Restholz füttert unser eigenes Kraftwerk, das uns wiederum Wärme und Elektrizität liefert. In einem nächsten Arbeitsschritt wurden die Bauteile auf ihre Messgenauigkeit geprüft, Holzfehler geflickt und die Oberflächenbehandlung angebracht. Der letzte Arbeitsschritt im Werk war das Verpacken der Bauteile und Beladen der Lastwagen. Damit dieser Prozess einigermassen effizient funktionierte nahmen die Projektleiter von Blumer Lehmann eine detaillierte 3D Planung für die Beladung jedes Lastwagens vor, die jedes Bauteil abbildete.

Abbildung 6: Bogenbinder wird auf der CNC-Maschine bearbeitet

2.5. Die Montage in Venlo

Die Montagevorbereitungen starteten mit der Bestandsaufnahme. Das Team von Blumer Lehmann mass, mittels eines Tachymeters, die Verbindungsstahlteile millimetergenau ein. Gleichzeitig wurden die Anlieferungen der Total 30 Lastwagen koordiniert. Das 6–8-köpfige Montageteam aus der Schweiz stellte in einer ersten Phase den Stamm auf. Dieser ragt rund 18 Meter in die Höhe und dient als Basis dieser eindrücklichen Konstruktion.

Abbildung 7: Montage vom Stamm

Im Februar 2020 startete die Montage des Dachtragwerkes. Dabei wurden die Dachbalken im Uhrzeigersinn montiert. Die Montagezeit dauerte rund drei Monate. Damit die Konstruktion vom Wetter geschützt werden konnte, wurde die Dachabdichtung mit dem Montagefortschritt mitgezogen. Auf dem Bild (Abbildung 8) ist gut zu sehen, wie auf der rechten Seite die Dachabdichtung bereits montiert ist und auf der linken Seite die Montage der Dachbalken läuft.

Abbildung 8: Blick über das Dach. Auf der rechten Seite ist die Dachabdichtung bereits montiert.

2.6. Das Ergebnis

Ende April 2020 wurden die Montagearbeiten seitens Blumer Lehmann abgeschlossen. Im Juli 2021 wurde das Casino eröffnet. Abschliessend stellen wir fest: Das Bauwerk überzeugt ganzheitlich. Im Innenbereich wird der Stamm durch eine Bar umschlingt und das offene Obergeschoss eröffnet einen wunderbaren Blick auf die Dachkonstruktion.

Abbildung 9: Casino Innenbereich (MVSA Architects ©Barwerd van der Plas)

Die Aussenansicht wird geprägt von der einmaligen Lichtfassade und dem sieben Meter auskragendem Holzvordach. Um das Tragwerk im Aussenbereich vor Witterung zu schützen, wurde seitlich eine Fassadenschalung aus Fichte angebracht und die Oberseite mit einem Blech abgedeckt.

Abbildung 10: Casino Aussenansicht (MVSA Architects ©Laurens_Eggen)

Massives Holz für Interims Kunst und Kulturgebäude – speziell gezeigt am Theater Gasteig

Anders Übelhack
Züblin Timber
Aichach, Deutschland

Theater Gasteig Massives Holz für Kunst und Kulturgebäude

1. Holz in Theaterspielstätten

1.1. Kulturgebäude in Holzbauweise

Der Einsatz von Holz in Kunst und Kulturgebäuden hat eine lange Tradition. Einige gebaute Beispiele von Züblin Timber der letzten Jahre aus England, Russland und Frankreich.

Abbildung 1: Herbert Art Gallery, Coventry

Abbildung 2: Aylesbury-Theatre, Hertfordshire

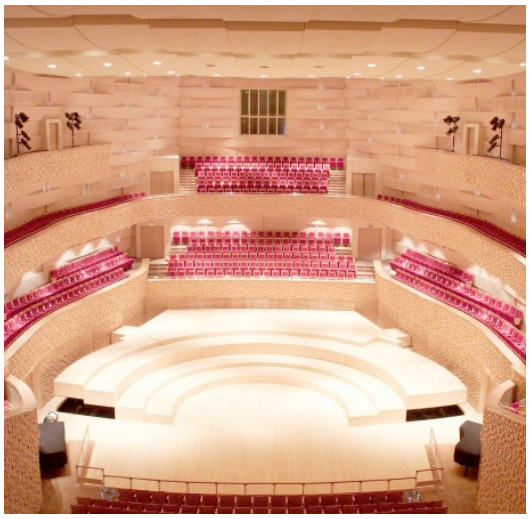


Abbildung 3: Mariinsky Theater, St.Peterburg

Abbildung 4: Theatre Elizabethain d'Hardelot, Cordette

Beim Mariinski-Theater St. Petersburg wurden massive, gebogene, wiederverklebte KERTO-Bauteile verwendet, die eine «gerillten» Sperrholzplatte in der Oberfläche für die raumakkustische Steuerung haben – dies war Vorbild für die Ausführung der Interimsspielstätte in Gasteig.

Das Theatre Elizabethain d´Hardelot, Cordette, die als Shakespearebühne (englische Theaterbauform des elisabethanischen Theaters des späten 16. und frühen 17. Jahrhunderts) mit gebogenen LENO-Brettsperrholz-Wänden war Inspiration für das Globe Theater in Coburg.

Aufgrund der Erfahrungen bei den beiden Projekten wurde Züblin Timber bei der Interimsspielstätte Gasteig bereits in der Konzeptionsphase um Beratung angefragt.

1.2. Gründe für Holzbau in Interimsspielstätten

Holzbau ist grundsätzlich prädestiniert für den Einsatz in Interimsgebäuden. Über die grundsätzlichen Vorteile des Holzbaus hinaus sind dies folgende:
- Durch die Möglichkeit der schnellen Errichtung wird der meist vorhandene Anspruch nach einer kurzfristigen Fertigstellung erfüllt.
- Durch die leichte Bauweise sind geringe Fundamentierungsarbeiten erforderlich.
- Wichtiges Argument ist die Möglichkeit des Rückbaus durch lösbare Verbindungselemente in Kombination mit einer intelligenten Konstruktion.

Häufig haben ursprünglich als Interimslösungen ausgeführte Projekte dann doch längere Nutzungsdauern oder werden zu Dauerlösung.

2. Projekt Interimsspielstätte Gasteig

2.1. Entwicklung und Konzeption

Das Architekturbüro Gerkan Marg und Partner (gmp) hatte im Rahmen eines Wettbewerbs die Idee das Theater mit Massivholzelementen zu gestalten, diese mit schwarzer Farbe zu behandeln, um so einen zurück genommenen Raum zu konzipieren. Die Raumakustik wurde vom japanischen Experten auf diesem Gebiet Yasuhisa Toyota konzipiert, der auch beim Mariinski-Theater involviert war. Die Statik wurde von Schlaich Bergemann und Partner (sbp) erstellt.

Es war eine Vergabe an Generalunternehmer angedacht. Aufgrund der Erfahrung von Züblin im schlüsselfertigen Theaterbau wurde das Projekt von Züblin aus zunächst ganzheitlich beraten.

Im weiteren Verlauf wurden das Gebäude öffentlich ausgeschrieben und Züblin Timber hat in diesem Zuge ein Angebot für die Holzbauarbeiten den späteren Vertragspartner Nüssli Deutschland erstellt.

Auszug aus der funktionalen Leistungsbeschreibung zur Interim-Philharmonie der Gasteig München GmbH:
In der Kultur- und Wirtschaftsausschusssitzung am 16.01.2018 und durch die Stadtratssitzung am 24.01.2018 wurde dem Umzug des Gasteigs in das Interimsquartier an der Hans-Preißinger-Straße mehrheitlich zugestimmt. Während der Interimszeit von ca. 5 Jahren sollen nach Möglichkeit die meisten Gasteig-Nutzungen an einem Standort untergebracht werden, um möglichst viele Synergien nutzen zu können. Als Standort für das Interimsquartier des Gasteigs wurde ein Grundstück an der Hans-Preißinger-Straße 8-16 in München identifiziert. Das gesamte Areal befindet sich im Eigentum der Stadtwerke München SWM und kann vom Gasteig für den Zeitraum des Interimsquartiers angemietet werden…
Aufbauend auf der Machbarkeitsstudie und dem im Stadtratsbeschluss als Szenario 3 verabschiedeten Gebäudekonstellation, soll die Interims-Philharmonie als «Zwillingsbau» neben Halle E geplant werden.
Die Nutzer der Philharmonie sind die Münchener Philharmoniker sowie Gastveranstalter, die über die GMG vermittelt werden. Klassische Konzerte mit Chor, U-Musik, Pop-Musik, Filmprojektionen, Vorträge etc. sind im Interimsquartier vorgesehen.

Der temporäre Neubau für die Interims-Philharmonie nimmt im Wesentlichen den Konzertsaal mit 1.800 Frontview-Plätzen, die Stimm- und Übungszimmer sowie das Backstage-Foyer und die Anlieferung auf.

Die Interims-Philharmonie hat 5 Hauptgeschosse plus 1 Technikgeschoss als Gitterrostebene auf dem Dach. Das Kellergeschoss unter Teilbereichen der Grundfläche dient zur Unterbringung der technischen Gebäudeausrüstung und des Bühnenaufzuges mit Übergang zum KG der benachbarten Halle E.

Abbildung 5: Außenansicht aus der Leistungsbeschreibung, Farb- und Materialkonzept von gmp

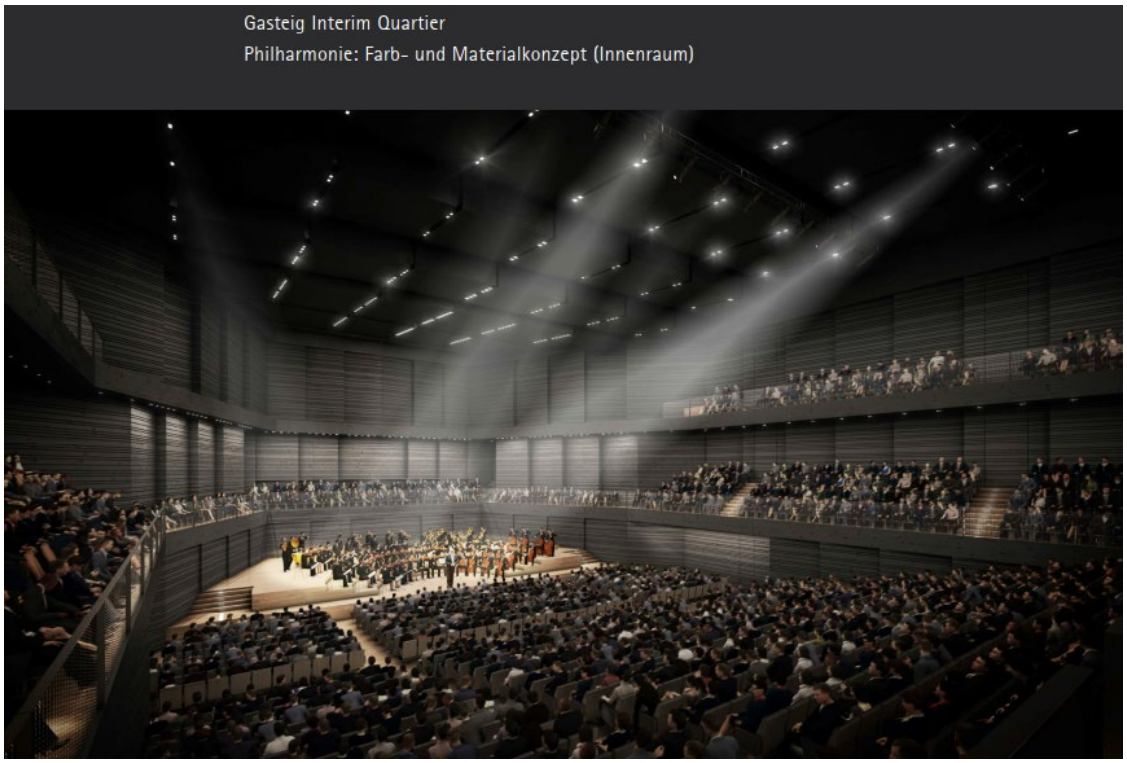


Abbildung 6: Innenansicht aus der Leistungsbeschreibung, Farb- und Materialkonzept von gmp

Während der Kalkulationsphase wurde durch Züblin Timber ein eigenes 3D-Modell erstellt, was ermöglichte die Leistungen im Detail zu erfassen und exakt zu kalkulieren. Diese Ausarbeitung hat dazu geführt die Herausforderungen des Projekts zu erkennen und viele Themen der Konstruktion und des Bauablaufs frühzeitig zu lösen (Abbildungen 7-10)

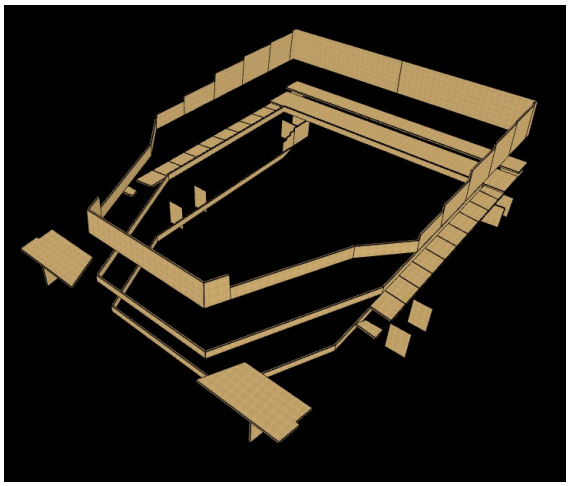


Abbildung 7: 3-D-Kalkulationsmodell STEP 1

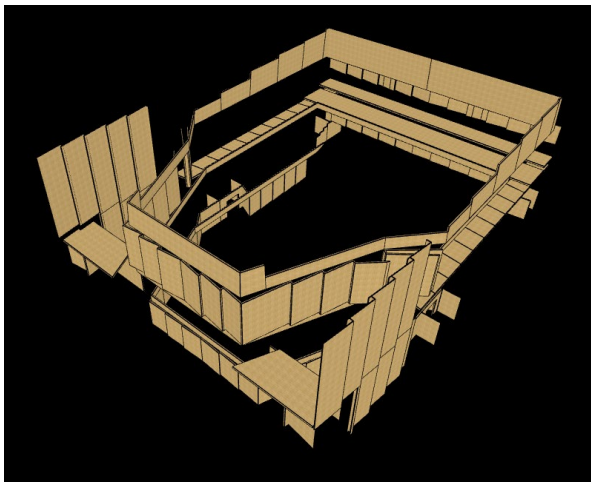


Abbildung 8: 3-D-Kalkulationsmodell STEP 2

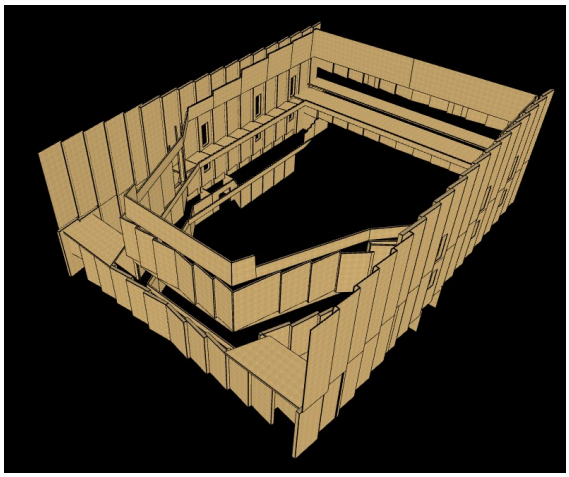


Abbildung 9: 3-D-Kalkulationsmodell STEP 3

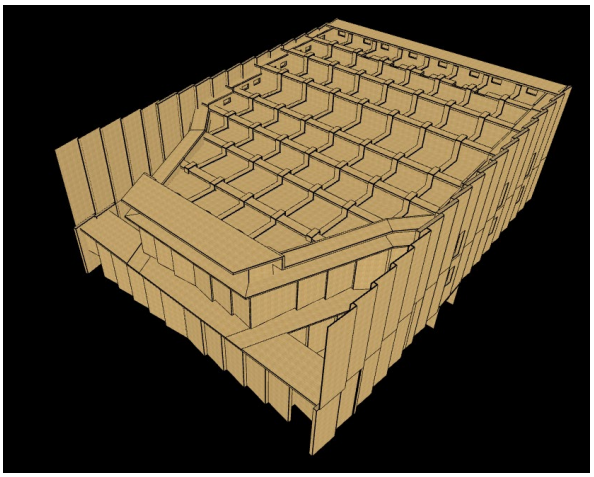


Abbildung 10: 3-D-Kalkulationsmodell STEP 4

2.2. Konstruktion

Die Konstruktion besteht aus LENO-Brettsperrholz-Elementen, die in Kombination mit Brettschichtholz- und Stahlbauteilen den Konzertsaal umschließen. Im Längsschnitt erkennt man die Hallenkonstruktion aus Stahl mit den Deckenelementen des Konzertsaals aus Brettsperrholzelementen (Abbildung 11).

Die Komplexität der fächerartigen Konstruktion ergibt eine große Vielzahl an Details (Abbildung 12).

Die Wandabwicklung wird aus schräg gestellten LENO-Brettsperrholz – Elementen mit einer Dicke von 290 mm und der aufgebrachten Akustik-Profilierung erstellt und an die ebenfalls aus LENO-Brettsperrholz erstellten Deckenelemente angeschlossen (Abbildung 13).

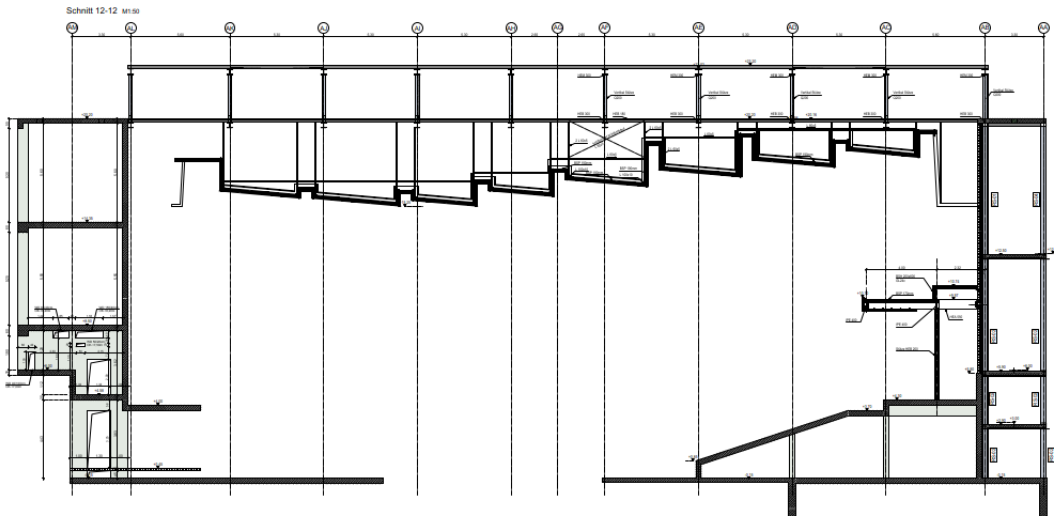


Abbildung 11: Längsschnitt Konzertsaal (Tragwerksplanung sbp aus Ausschreibung)

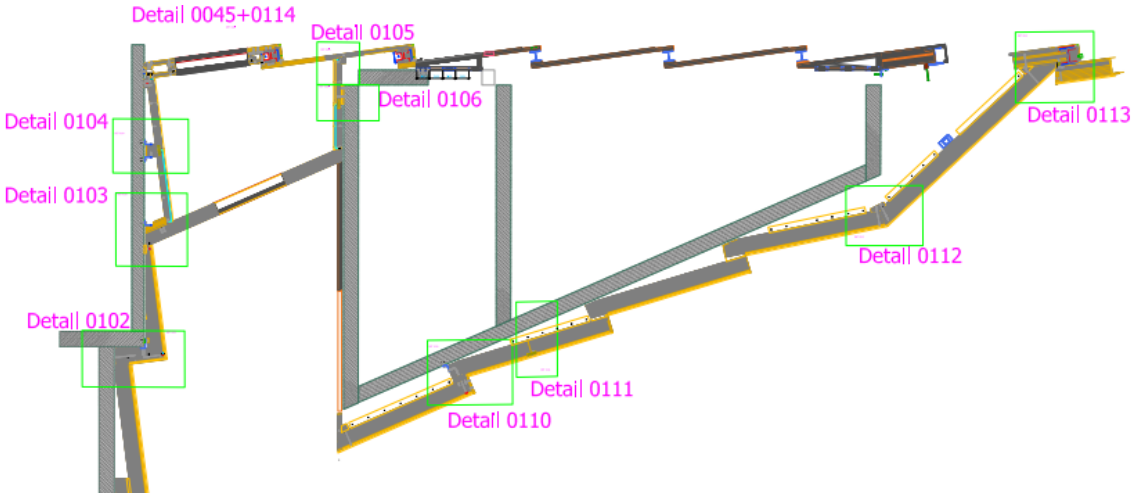


Abbildung 12: Detailübersicht Ostwand (Werkstattplanung Züblin Timber)

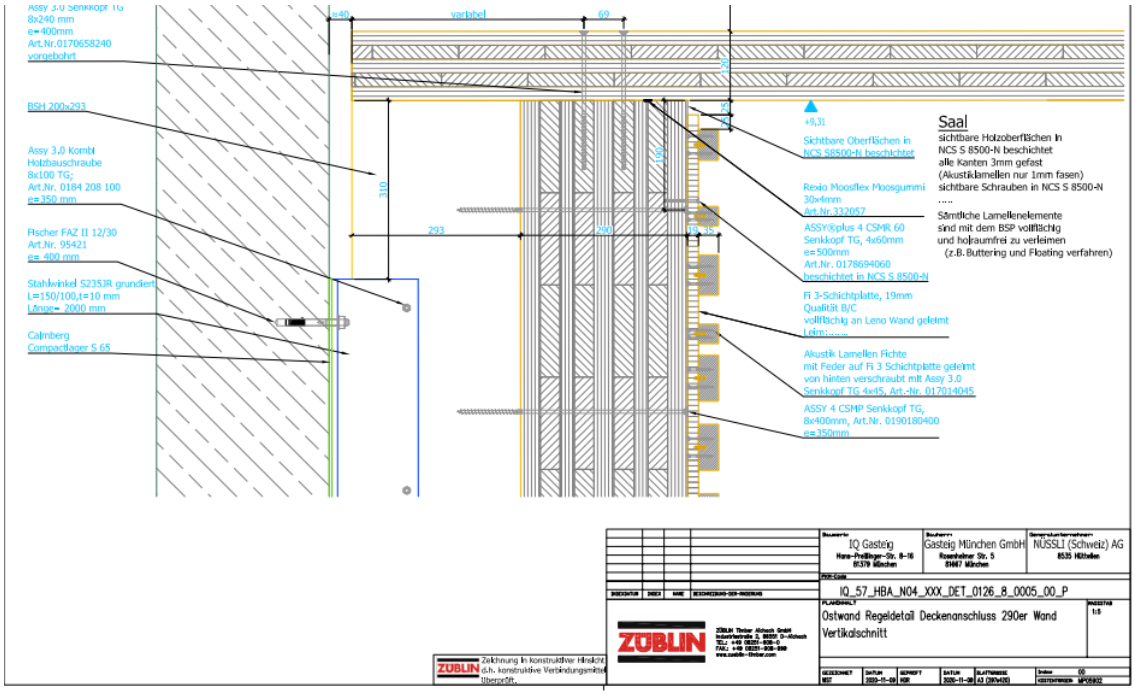
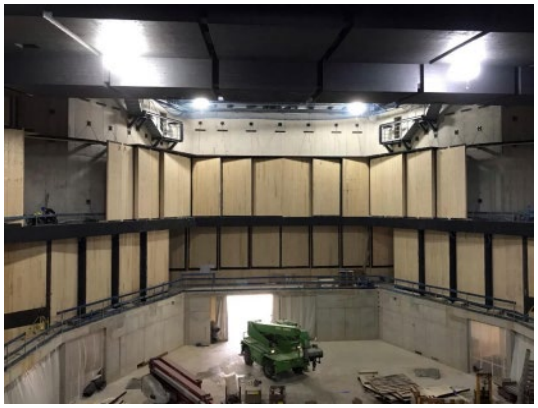
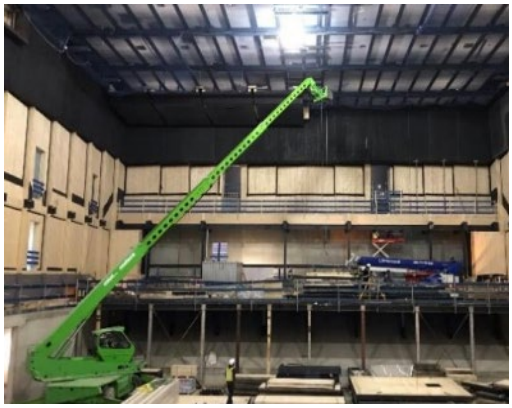


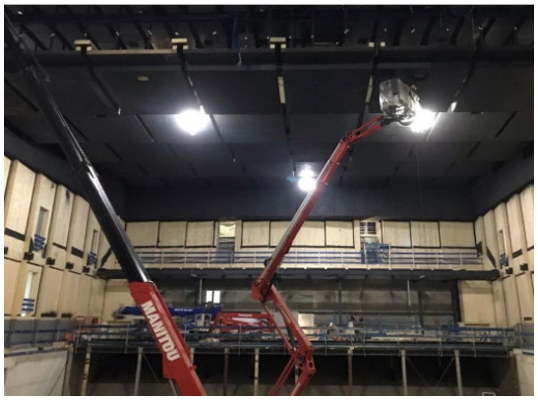
Abbildung 13: Regeldetail Deckenanschluss 290er Wand (Werkstattplanung Züblin Timber)

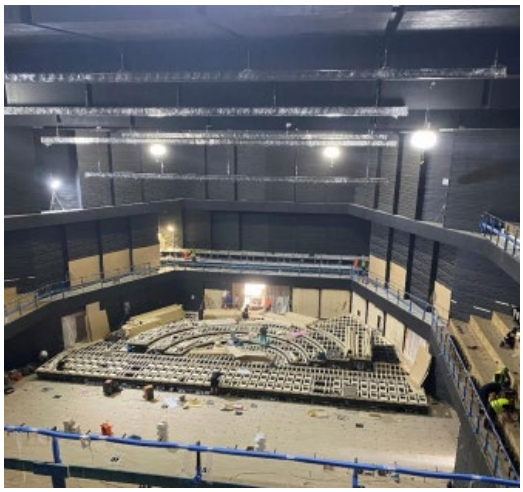
2.3. Umsetzung und Bau

Durch die bereits vorab erstellte übergeordnete Halle im Stahlbau, war die Aufgabe verbunden mit der komplizierten Materialzuführung im «Inneren» zu montieren. Insbesondere durch die bis knapp unter die bereits bestehende Stahlkonstruktion gehenden Brettsperrholzelemente war die Montage eine sehr große Herausforderung (siehe folgende Bilder der Baustelle)









3. In der Nutzung

Auszug aus dem Artikel von Peter Jungblut («Insel der Glückseligen»: So klingt die neue Isarphilharmonie | BR24»)

Schon bei der Vorbesichtigung im September hatten sowohl Chefdirigent Valery Gergiev, als auch Akustiker Yasuhisa Toyota vom Klang des neuen Saals geschwärmt, Musiker sprachen sogar von einer «Insel der Glückseligen». Dieser Eindruck bestätigte sich beim Eröffnungsprogramm… Nun ist die Isarphilharmonie als Ausweichquartier gebaut worden, soll die Jahre überbrücken, bis Münchens Gasteig-Kulturzentrum frühestens 2027 grundsaniert ist. Doch Paul Müller kann sich auch eine dauerhafte Nutzung vorstellen: «Die Bauweise und die Konstruktion sind ja sehr speziell, das ist ein Industriebau, und innen drin ist ***ein Saal aus Holz, der alle Anforderungen an die Akustik erfüllt****. Er ist solide gebaut, und es gibt keinen Grund, ihn wieder abzureißen. Alles andere entscheiden Politiker.»*

© Peter Jungblut/BR
Bildrechte: Peter Jungblut/BR

Dunkel und intim: Konzertsaal

Grand Palais Ephémère in Paris

Paul Adolf
MATHIS
Muttersholtz, Frankreich

Grand Palais Ephémère in Paris

1. Einleitung

Der Grand Palais, ein historisches Gebäude in Paris, wird für eine Dauer von 4 Jahren renoviert.
Um weiter die Große Veranstaltungen der Mode, Kunst, Sport, Freizeit und manche der Olympische Ereignisse 2024 zu empfangen, wurde die Entscheidung getroffen, ein kurzlebiges Gebäude zu bauen: das Grand Palais Ephémère.
Das Gebäude ist von dem Architecturbüro Wilmotte & Associés, mit dem Ingenieurbüro Chabanne, entworfen worden. Es befindet sich auf dem Champs de Mars, gegenüber dem Eiffelturm und der Militärschule. Der Ort beherbergte bereits die Weltausstellungen des 19 und 20 Jahrhunderts.
Der Abbau des Gebäudes ist bis 4 Jahre geplant. Die Wahl einer Holz Konstruktion ist Teil des Wunsches, die Umweltauswirkungen zu reduzieren. Die Struktur wurde so konzipiert, dass sie bei anderen Projekten abnehmbar und wiederverwendbar ist.

Bild 1: Grand Palais Ephémère in der Nacht.

2. Das Projekt

2.1. Die Dimensionen

Die Form des Gebäudes ist basiert auf der Kreuzung zweier Schiffe. Die Außenmaßen dieser sind 37.50 m für die kleine und 57.50 m für die Große. An der Kreuzung besteht die Struktur aus zwei Fachwerkportale von 68.50 m Länge. Alles mit einer Höhe von 20.20 m.
Die Abmessung im Plan ist 140 x 145 m. Die Grundfläche beträgt ca. 10 000 m^2.
Auf 3 Enden befinden sich Holzböden mit einer Gesamtfläche von 2000 m^2.

2.2. Die Struktur

Die Portale haben eine gewölbte Form und sind komponiert von Fachwerkträger mit variabler Höhe von 3.00 bis 4.00 m, und Stahlpfosten an der Basis. Diese Letzte sind am Fuß eingespannt und sind 3.70 m hoch. Der reguläre Abstand beträgt 4.50 m.

Der Obergurt trägt die Abdeckung aus gespannte PVC-Stoff am oberen Teil, und ein ETFE-Stoff (durchscheinend) an den unteren Teilen.
Die Untergurt übernimmt den isolierenden und akustischen Komplex. Das belüftete Plenum ermöglicht die Installation von technischen Geräten.
Das notwendige Volume an geleimtem Fichtenschichtholz beträgt 1500 m3. Die äußere Struktur an den Giebeln besteht aus Douglasie.
Lärchenplatten kleiden die Stahlpfosten.
Die Böden bestehen aus einem System von Pfostenbalken und CLT-Platten mit einer Dicke von 140 und 160 mm, die durch verklebte Rippen verstärkt werden. Die Tragweite von diesen ist 9.00 m.
Die Feuerfestigkeit der Struktur beträgt R60.

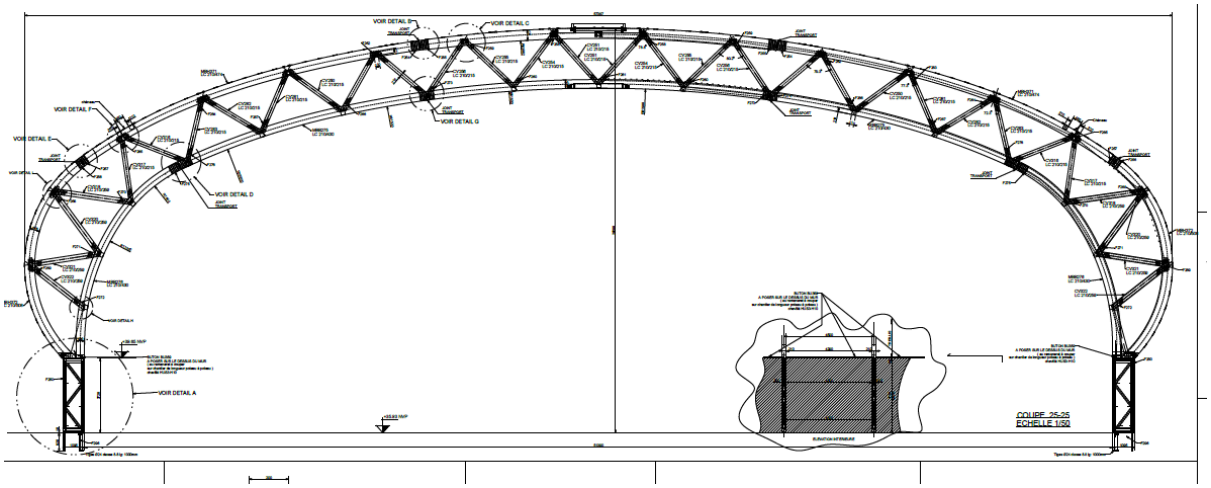


Bild 2: Schnitt auf das große Schiff

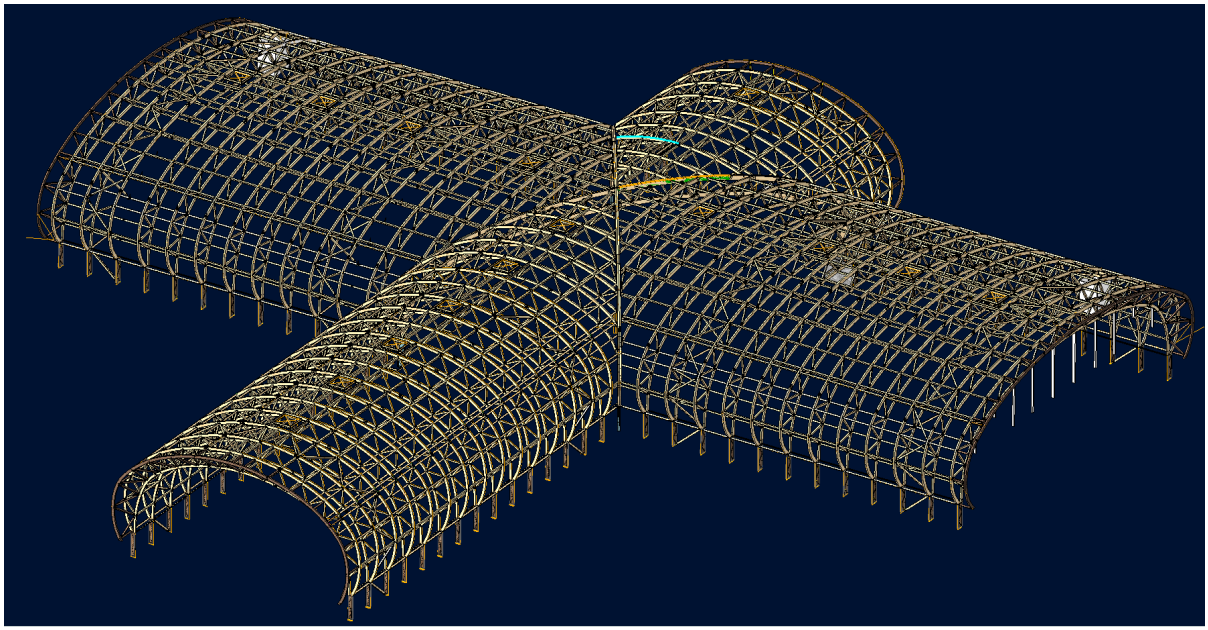


Bild 3: Die Haupstruktur

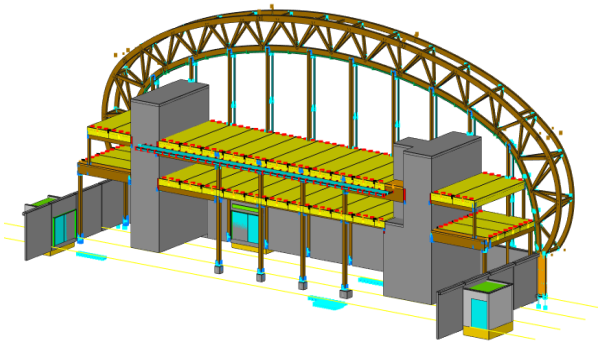


Bild 4: Ein Holzboden

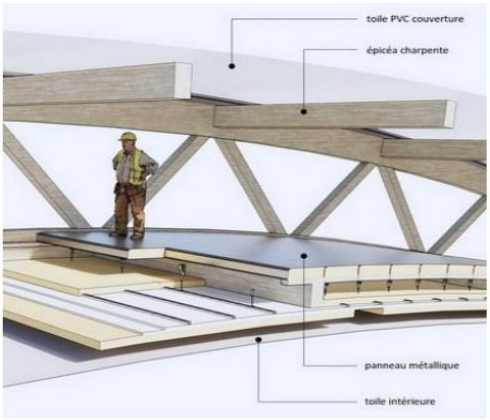


Bild 5: Prinzip des Umschlags

3. Der Zeitplan

3.1. Der Entwurf

Der Vertreter, GL-Event, hat den Auftrag der Struktur im Januar 2020 der Firma Mathis erteilt. Das integrierte Ingenieurbüro kann Anfang Februar mit der Bemessung beginnen. Die erste sanitäre Einschließung im Zusammenhang mit COVID 19 wird die Sache nicht einfach machen, aber die Arbeit wurde nicht gestoppt und wurde vollständig aus der Ferne in Zusammenarbeit mit GL-Event, die Architekten und anderen Teilnehmer durchgeführt. Ziel ist es, einen Produktionsstart bis spätestens Anfang Juni zu ermöglichen.
Die Bemessungen, Zeichnungen und Vorbereitung benötigten ca. 2500 stunden.

3.2. Die Produktion

Um mit dem Tempo der Montage Schritt zu halten, musste die Produktion im Voraus anfangen. Die BSH-Elemente sind alle in den Werkstätten von Mathis verklebt und abgebunden worden.
Anfang Juli wurde am Standort in Muttersholtz eine Vormontage der Fachwerkabschnitte begonnen. Der verfügbare Platz auf der Baustelle und die Dauer der Montage, erlaubten es nicht, diese Arbeiten vor Ort durchzuführen.
Die 246 Fachwerkabschnitte mit einer maximalen Länge von 20,00 m wurden bei Bedarf zur Baustelle transportiert.

Bild 6 und 7: Vormontage in Muttersholtz und Beladung von Fachwerkabschnitte.

Während der Demontage bleiben dieselben Abschnitte montiert und an einen anderen Standtort transportiert.

3.3. Montage

Die Fundamentarbeiten könnten erst Mitte Juli 2020 beginnen.
Das Anheben der Holzstruktur begann wie geplant am 1 September 2020.
Die Portale an der Kreuzung würden zuerst angehoben, mit Unterstützung auf einem Traggerüstturm. Diese blieb an Ort und Stelle, bis die 4 benachbarten Verstrebungen verlegt wurden, um ein Ungleichgewicht auf der einen oder anderen Seite zu vermeiden.

Bild 8: Montage der Portale an der Kreuzung mit Traggerüstturm.

Die starke Koaktivität auf dem Gelände, die nach dem Zeitplan erforderlich war, erlaubte es nicht, alle anderen Portale mit Traggerüsten zu montieren. Es war notwendig, die Portale auf dem Boden vormontiert und in einem Stück anzuheben.

Bild 9: Fortschritt Ende Oktober 2020

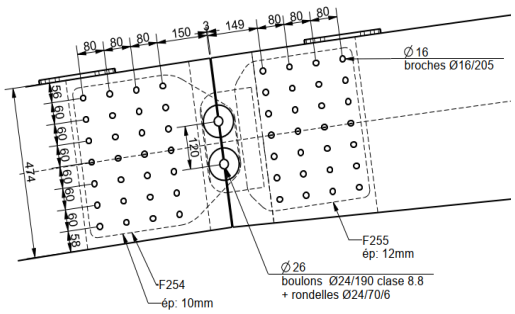


Bild 10: Montagedetail

Die Montage der Hauptstruktur, gefolgt von der Installation der PVC-Stoff, wurde pünktlich zu Ende Mitte Dezember 2020 abgeschlossen. Die Holz Boden wurden Anfang 2021 verlegt. Das Gebäude wurde Anfang April 2021 erhalten, was einer Gesamtdauer der Baustelle von ca. 8 Monaten entspricht.

4. Schlussfolgerung

Dieses Projekt war eine Gelegenheit zu zeigen, dass Holzbau es ermöglicht, außergewöhnliche Gebäude in kürzester Zeit zu realisieren.
Der wunderbare Ort, der Champs de Mars, unterstreicht diese Konstruktion und wird die Teilnehmer der Konstruktion noch mehr davon überzeugen können, mit Holz im Herzen der Städte zu bauen.

Bild 11 : Das fertige Gebäude.

Bauherr: Réunion de musées nationaux – Grand Palais
Vertreter: GL Events
Architekt: Wilmotte & Associés
Ingenieurbüro: Chabanne Ingénierie
Schallschutz: Cabinet Lamoureux
Kontroll: Socotec

«The Cradle» Holzhybridbau in Düsseldorf nach cradle-to-cradle-Prinzipien

Markus Steppler
DERIX Gruppe
Niederkrüchten, Deutschland

Franz Tschümperlin
SJB Kempter Fitze AG
Eschenbach SG, Schweiz

«The Cradle»

1. Idee und Konzept

Über 50 Prozent der weltweiten Abfallproduktion und fast 40 Prozent der globalen CO_2-Emissionen entfallen auf die Immobilien- und Baubranche. Zeit zum Umdenken! Mit The Cradle entwickelt die Fa. Interboden das erste Holzhybrid-Bürogebäude in der NRW-Landeshauptstadt Düsseldorf. Es wurde in einer nachhaltigen Cradle-to-Cradle®-Bauweise geplant. Dieser Ansatz aus der Natur bedeutet, dass Materialien wieder in den Materialkreislauf zurückgegeben werden können – und damit auch den konsequenten Verzicht auf schädliche Stoffe. Ein digitaler Material Passport verzeichnet die Materialien inklusive der Informationen zu Eigenschaften, Einsatzort und Haltbarkeit. Das Gebäude dient somit als Materiallager. Sollten einzelne Teile ausgetauscht oder The Cradle in ferner Zukunft wieder abgerissen werden, bleibt kaum Müll, da fast alle verbauten Elemente recycelt werden können. Das ist gut für die Natur und die Menschen.

Abbildung 1: Source: INTERBODEN Group/HPP Architects; Visualisation: bloomimages

Das wohl markanteste Merkmal des Projekts ist der nachwachsende Rohstoff Holz, der bei The Cradle zu einem großen Teil endliche Rohstoffe wie Beton oder Kunststoff ersetzt. Der Vorteil: Im Gegensatz zu herkömmlichen Baumaterialien kann Holz nach der Nutzungsdauer in den Materialkreislauf zurückgeführt und wiederverwertet werden. Zudem ist Holz gesundheitsfördernd, bindet CO_2 und optimiert das Raumklima. Somit ist das Gebäude nicht nur ressourcenschonend, sondern hat auch positive Auswirkungen auf den Nutzer. Neben Holz verbessern grüne Wände und Lehmwände sowie Methoden zur Klimaregulierung, Licht- und Luftverbesserung die Arbeitsumgebung. Komplettiert wird das Gesamtkonzept durch ein nachhaltiges Energiemanagement, Serviceangebote und ein Mobilitäts-Angebot, das dem gesamten Düsseldorfer MedienHafen zur Verfügung steht.

Für das Konzept und die Architektur (HPP Architekten) wurde das Projekt bereits mehrfach ausgezeichnet. Die DERIX-Gruppe ist verantwortlich für die Holzbauarbeiten im Projekt.

2. Cradle-to-Cradle®-Bauweise

2.1. Kreislaufansätze in der Planung

Während die Untergeschosse und das Erdgeschoß konventionell in Stahlbeton errichtet werden, werden die 5 Obergeschosse sowie das Staffelgeschoss in Massivholzbauweise errichtet (mit Ausnahme des Erschließungskerns). Dabei kommen sowohl die Holzarten Lärche (für die BSH-Fassadenstützen im Außenbereich) wie auch Fichte und Buche zum Einsatz. Insgesamt werden fast 2.400 Kubikmeter Holz im Gebäude verbaut. Die Decken bestehen dabei aus ca. 30 cm starken X-LAM-Elementen, die lediglich mit einer Schüttung versehen werden, um auch hier rückbaubare Bauteile zu erzeugen.

Das teilweise außenliegende Tragwerk aus Lärchenstützen dient zugleich dem Sonnenschutz. Durch schräge und unterschiedlich tiefe Elemente wird hierbei eine zusätzliche Verschattung erreicht. Auf der Nordseite etwa sind diese Stützen deutlich schlanker ausgebildet.

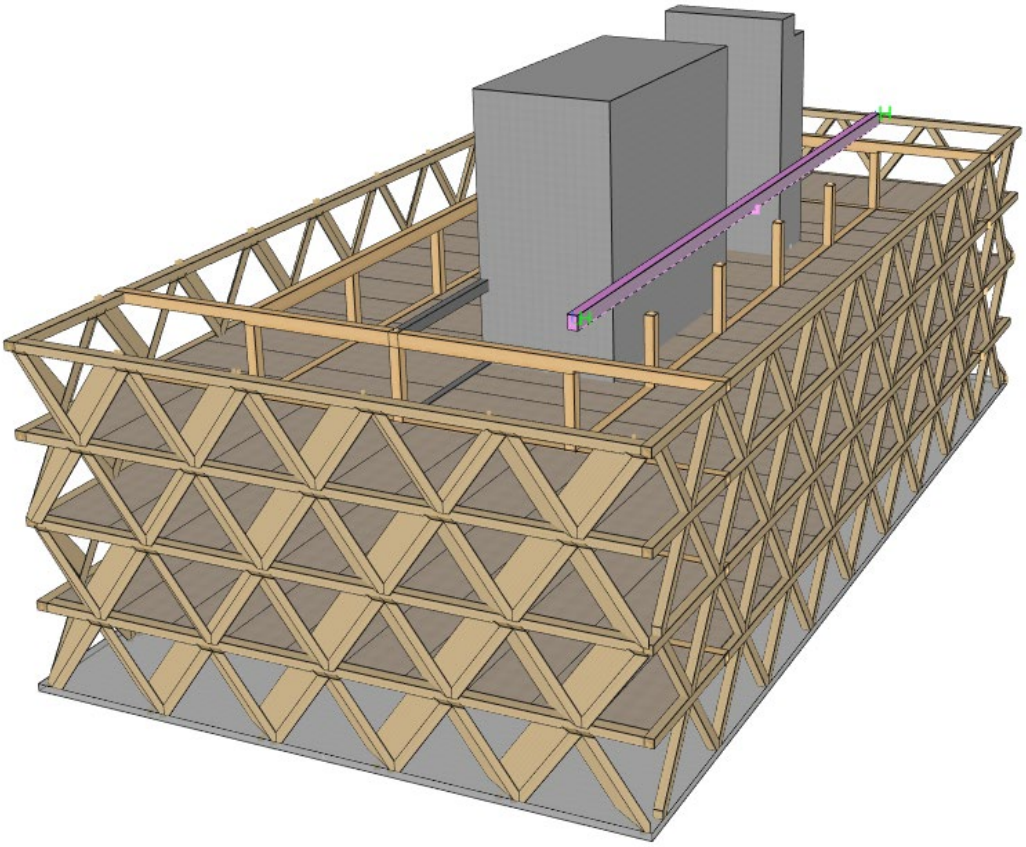


Abbildung 2: Auszug Montagekonzept (DERIX Gruppe)

Das Gebäude wird nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip erbaut, dabei wird sehr viel Wert daraufgelegt, dass alle verwendeten Materialien, auch Verbrauchsgüter, kreislauffähig, also entweder wiedernutzbar oder biologisch abbaubar sind.
Bei den Knotenpunkten in der Fassade handelt es sich um Steckverbindungen, die auch im Zuge eines späteren Rückbaus einfach voneinander getrennt werden können. Die Fassade wird zusätzlich von Prallscheiben vor Witterungseinflüssen geschützt.

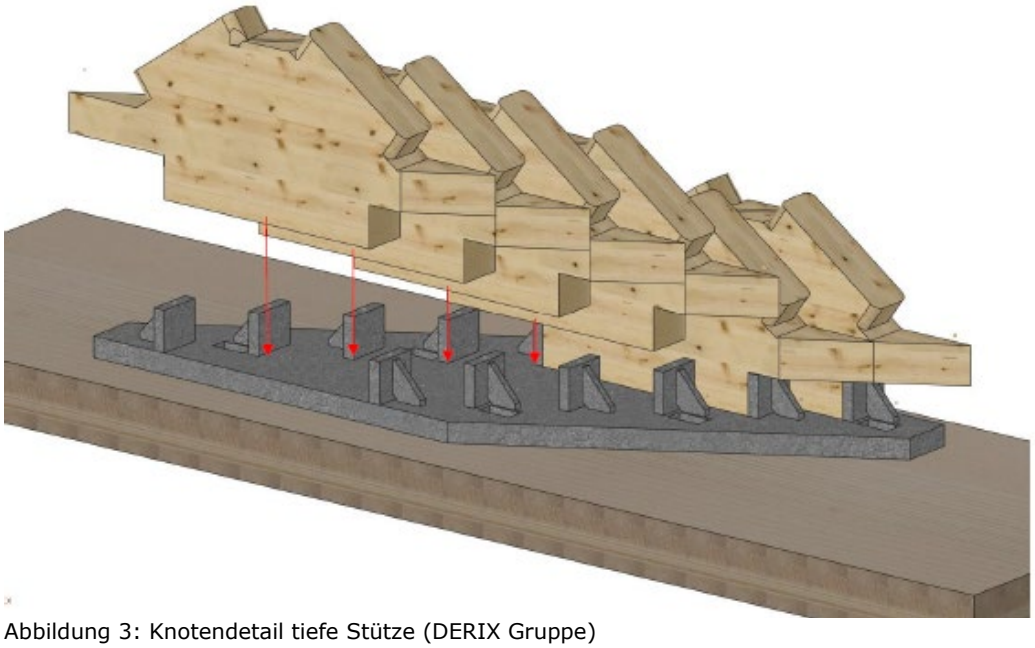


Abbildung 3: Knotendetail tiefe Stütze (DERIX Gruppe)

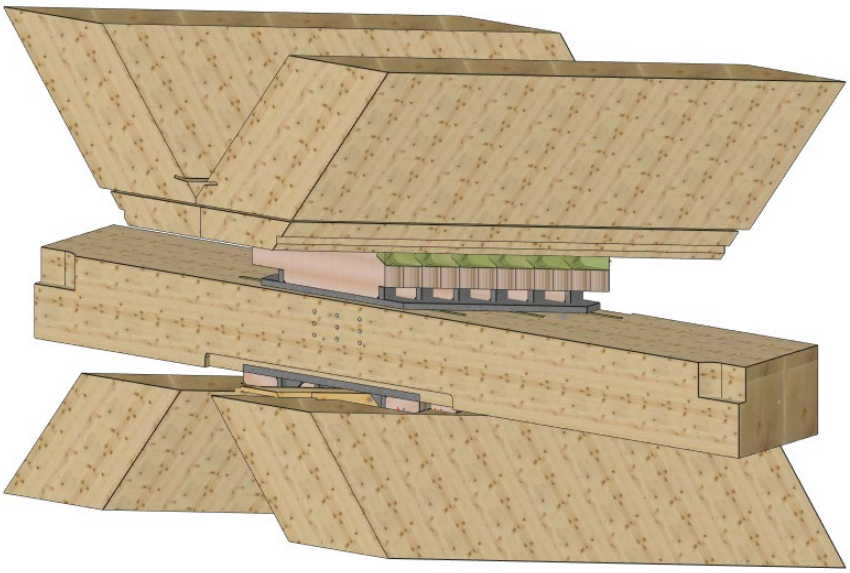


Abbildung 4: Knoten tiefe Stütze (DERIX Gruppe)

Abbildung 5: Vorfertigung im Werk (DERIX Gruppe)

Zur späteren Katalogisierung und möglichen Identifikation aller Bauteile wird ein Material Passport bzw. ein Materialkataster angelegt. In dieser Datenbank sind sämtliche Informationen jedes einzelnen Bauteils hinterlegt. Das BIM-Modell bildet hierbei das Herzstück für die relevanten Daten.
Die Anforderungen an die Statik und Ausführungsplanung sind enorm. Hierfür wurde von DERIX ein zusätzliches Expertenteam zusammengestellt, und neben Knippers Helbig auch die Schweizer Fachbüros SJB Kempter Fitze und design-to-production eingebunden.

2.2. Kreislaufansätze in der Produktion und Montage

Da die Holzkonstruktion durch Schraub- und Steckverbindungen montiert wird, sind die einzelnen Bauteile bereits kreislauffähig. Durch verschiedene C2C-Kriterien sind jedoch beispielsweise nicht alle auf dem Markt erhältlichen Holzschutzmittel auf Grund der Inhaltsstoffe kreislauffähig zulässig; die Bauteile müssen auf andere Weise ausreichend geschützt werden.

Die Herausforderung ist zudem, durch eine optimierte Zeitplanung zu ermöglichen, dass Verbrauchsgüter wie Verpackungsfolien oder Witterungsschutz nach ihrer ersten Nutzung wiederverwendet werden können. Des Weiteren sind Abläufe so zu planen, dass möglichst viele Bauteile auf einmal transportiert werden können, sodass Treibstoff eingespart werden kann.
Zudem müssen während der Montage verschiedene Kriterien bezüglich der Bauprozesse befolgt werden, welche in der Planung mit einbezogen werden müssen (z.B. Vermeidung von Müll durch wiedereinsetzbares Heuballenvlies als Witterungsschutz, statt Folie).
Durch die Anwendung von Lean Construction werden Optimierungen in Produktions- und Montagezeit, damit einhergehend die Optimierung von Wirtschaftlichkeit sowie der Ressourcennutzung erreicht.

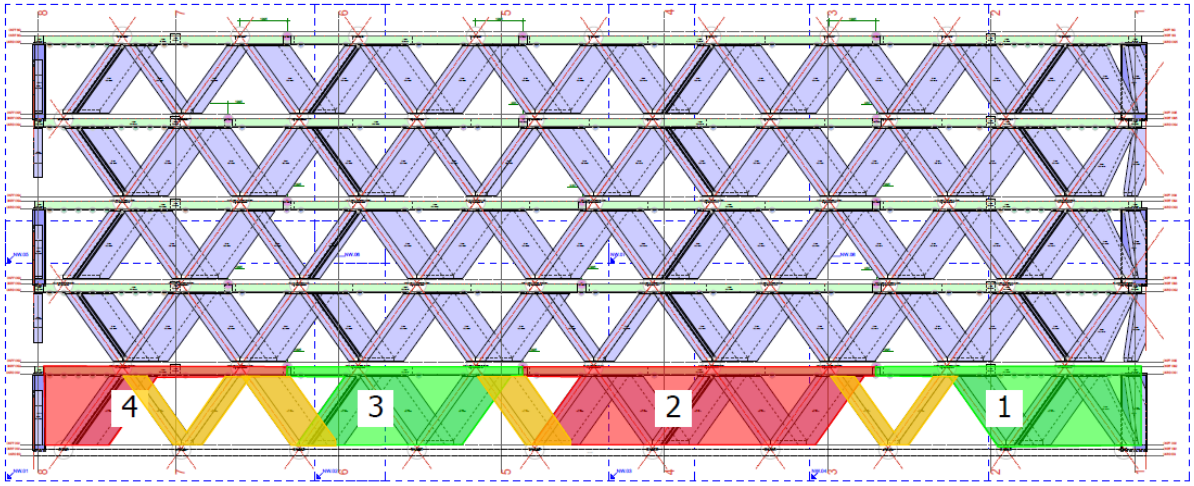


Abbildung 6: Vorelementierung Fassadenstützen (DERIX Gruppe)

Abbildung 7: Vorelementierte Fassadenstützreihe (DERIX Gruppe)

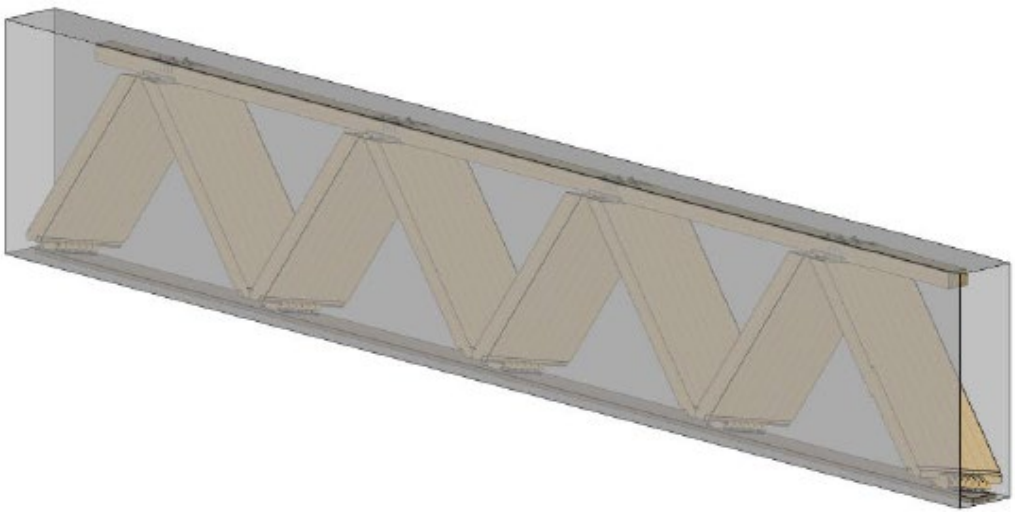


Abbildung 8: Schema Transport- und Montageschutz (Heuballenvlies) (DERIX Gruppe)

Abbildung 9: Montageprozess der vorgefertigten, gesteckten Elemente mit Heuballenvlies (DERIX Gruppe)

Ebenso wird bereits in der Planungsphase, d.h. auch vor Produktionsbeginn, ein Demontagekonzept für das Gebäude erstellt. Da alle Bauteile der Holzkonstruktion durch Steck- oder Schraubverbindungen montiert werden, ist es theoretisch möglich, diese gemäß den C2C-Bestimmungen zerstörungsfrei zurückzubauen.
Der Rückbau erfolgt in denselben Bauabschnitten wie bereits die Montage, in umgekehrter Reihenfolge. Die Ablaufplanung eines Geschosses lautet wie folgt:

1. Demontage der Deckenplatten
2. Demontage von Fassadenstützen
3. Demontage der Unterzüge
4. Demontage der Innenstützen
5. Demontage der Fassade und der Fassadenstütze

2.3. Kreislaufwirtschaft im Holzbau beginnt jetzt

Im Zuge der Planungen für «the cradle» und auch aus der Erfahrung mit anderen zirkulär geplanten Projekten (vgl. «the circl» Amsterdam oder «Triodos Bank» Zeist), geht die DERIX-Gruppe neue Wege und führt 2021 eine generelle Rücknahmeverpflichtung für alle Bauteile ein.
Diese Rücknahmeverpflichtung ist Bestandteil jedes Angebotes für Brettschichtholz- und X-LAM-Elemente. Es gibt einige Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die zurückzunehmenden Bauteile, insbesondere eine durchdachte Planung und zirkuläre Konzeption betreffend. Mit der Rücknahmeverpflichtung schafft es die DERIX-Gruppe, Anreize für Bauherren und Planer zu setzen, ihre Neubauten nach zirkulären Planungsansätzen auszurichten.

Abbildung 10: Rücknahmekreislauf von Massivholzelementen bei der DERIX Gruppe

3. Konstruktive Rahmenbedingungen

Im Auftrag von DERIX ist die Holzbaustatik und die Arbeitsvorbereitung enthalten. Um die Abläufe der Arbeitsvorbereitung im Kerngeschäft nicht zu belasten, hat DERIX bereits in der Angebotsphase SJB Kempter Fitze mit Unterstützung von Knippers-Helbig für die Statik und Design-to-Production für die Detailplanung und Parametrisierung ins Boot geholt.

Zum Projektstart sind die folgenden Rahmenbedingungen vorausgesetzt:

- Cradle to Cradle Prinzip
- Architekturplanung nach LP5 abgeschlossen
- Genehmigungsstatik freigegeben – Auftrag = Anschlussstatik
- Brandschutzplanung genehmigt und abgeschlossen

3.1. Materialisierung Randträger

Die Randträger im (kalten) Deckenrand waren in einer Variante vor der Ausschreibung in Stahl angedacht. Diese Variante stellte sich vor allem aufgrund der Produktionstoleranzen und der Temperaturausdehnung als wenig erfolgsversprechend heraus.

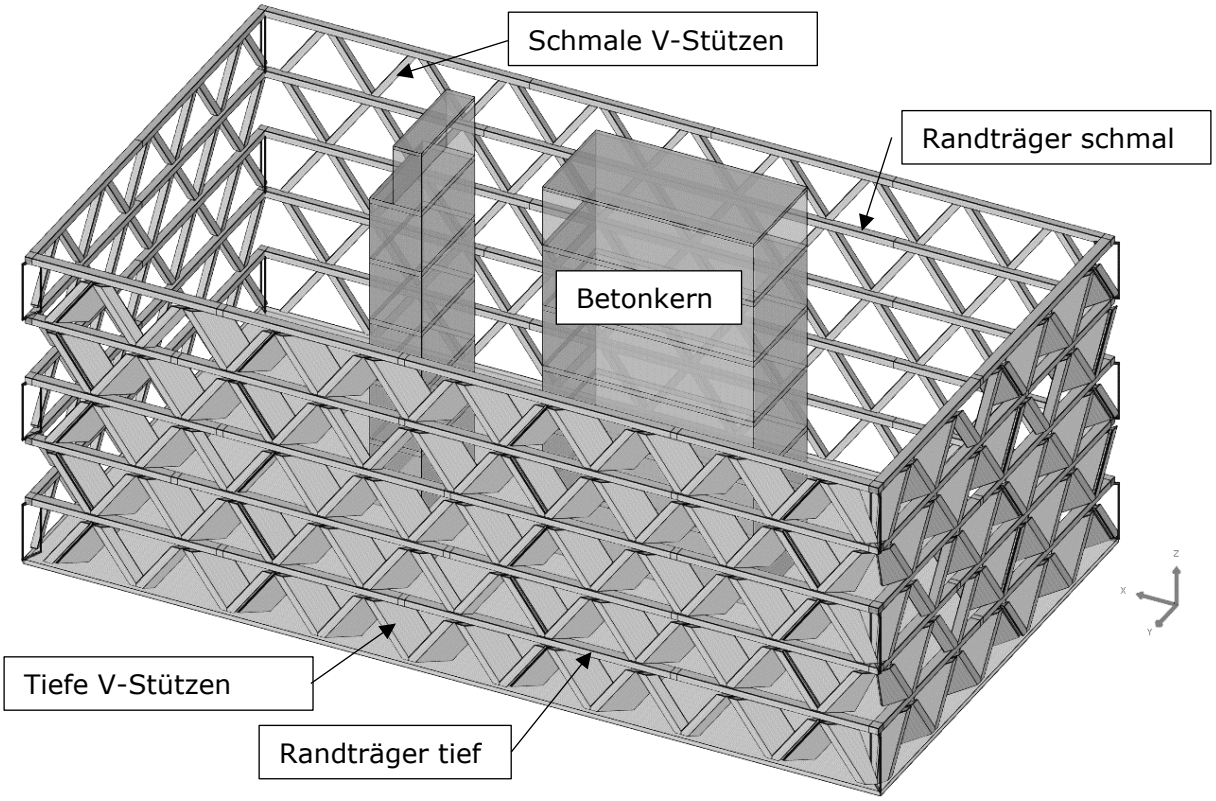


Abbildung 11: Axonometrie der Fassadentragkonstruktion (kalt) und der Betonkerne im Zentrum (warm)

Wir haben damals eine Variante mit BauBuche-Trägern vorgeschlagen. Dabei sind wir von BauBuche-Q anstelle der BauBuche-S Variante als Lamellen ausgegangen. Wenn die Lamellen vertikal eingebaut werden, kann damit die Querdruckfestigkeit erhöht und vor allem das Quell-Verhalten der sehr trocken produzierten Träger auf ein Minimum reduziert werden. Erst später haben wir erfahren, dass aus zulassungstechnischen Gründen die Bau-Buche-Träger nur mit S-Lamellen produziert werden dürfen. Mit Baubuche-S-Lamellen hat sich dieser zentrale Vorteil in Luft aufgelöst. Es gibt aber die Möglichkeit, über Baumessungen, die Berücksichtigung der Zeitachse und die Arbeitsvorbereitung diesen Effekten entgegen zu wirken.

Diese wesentlichen Effekte sind:

- Quellen der BauBuche-Träger
- Schwinden der Betonkerne
- Elastische Verformung der Innenstütze
- Elastische Verformung und Kriecheffekte in den Anschlüssen

Ohne Korrekturmassnahmen im Szenario «oberer Grenzwert» wäre aufgrund derartiger Effekte ein theoretisches Deckengefälle von bis über 1% möglich:

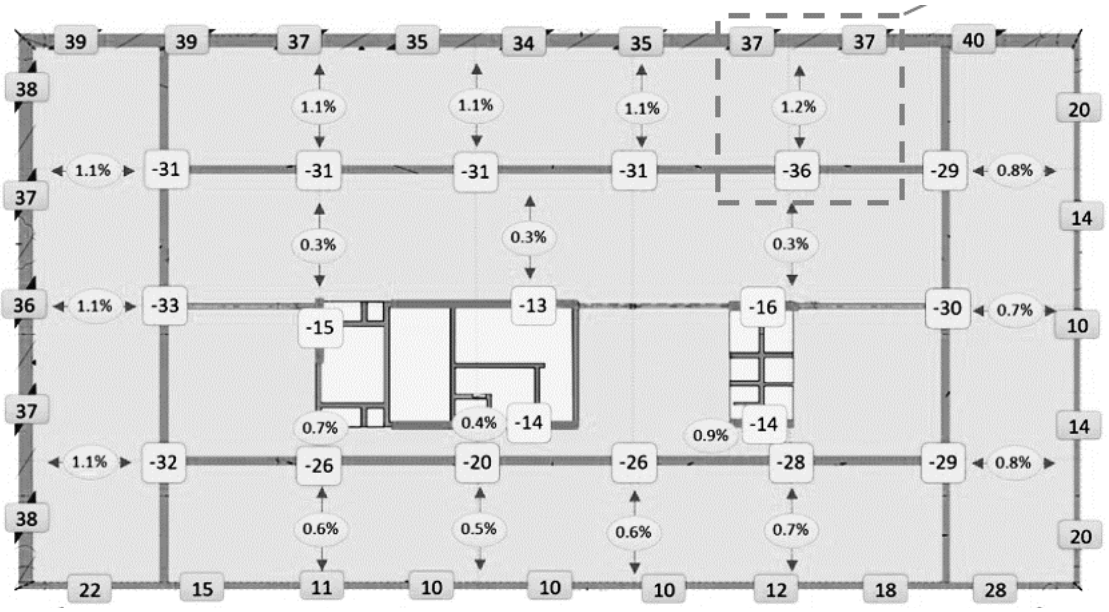


Abbildung 12: Deckenverformung «oberer Grenzwert – ohne Korrekturmassnahmen» (+ = nach oben)

Die Optimierung dieser Parameter brachte nicht den gewünschten Erfolg um die resultierenden Risiken genügend einzugrenzen und so entschied DERIX die Randträger in Fichte zu realisieren und eine Lastdurchleitung in Stahl zu organisieren.

Wesentliche Punkte der ausgeführten Variante:

- Betonkerne früh betoniert: Schwinden beim Montagestart wesentlich erfolgt
- Bleche der Lastdurchleitung sind gelasert (Masshaltigkeit)
- Einlagen pro Geschoss von 5mm um fortlaufend korrigieren zu können (+/-5mm)

3.2. Brandschutz

Vorgaben:
- R90 ohne Sprinkler (GK5)
- Nachweise über Abbrand (BSH und CLT)
- Stahlbauverkleidungen
- Holzbauverbindungen in Stahl: Geschützt durch Holzüberdeckung oder Brandschutzanstrich

Die am Markt verfügbaren Brandschutzanstriche benötigen Platz zum Aufschäumen und müssen bei der vorgegebenen Nutzungsdauer revisionierbar und für Aussenanwendung zulässig sein. Diese Anforderungen konnten nicht erfüllt werden und so wurde ein alternatives Konzept mit Aestuver - Brandschutzplatten entwickelt.

3.3. Wasserableitung am Fassadenknoten

Die Fassadenstreben sind faktisch kaum austauschbar. Also versucht man solche tragende, direkt bewitterte Holzbauteile zu verkleiden. Aus architektonischer Sicht konnte dies aber nicht umgesetzt werden. So wird eine wesentliche Frage, welche Flächen überhaupt bewittert werden und wie man Hinterläufigkeit verhindert.
Die Schnittflächen der V-Stütze mit einem Kegel mit 60° Flankenneigung ab der Vorderkante Prallscheibenverglasung ergeben eine Fläche, welche aus unserer Sicht relevant bewittert werden kann.

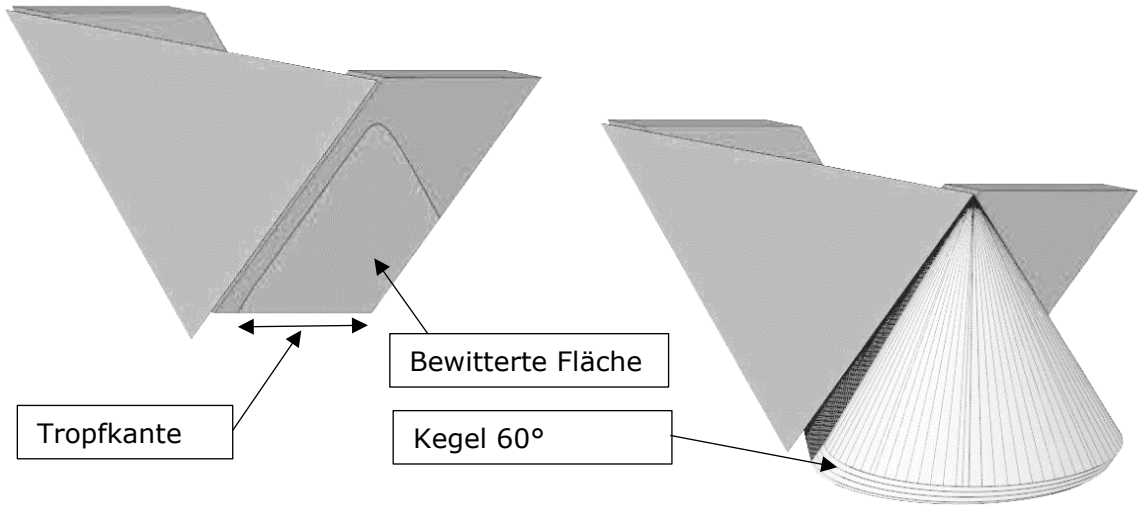


Abbildung 13: Bewitterungsanalysen an den tiefen V-Stützen

Wir haben uns auf eine hinterschnittene Tropfkante festgelegt, welche 35mm tief eingeschnitten wird und umläuft. Auch im Bereich zwischen den Stützen ist eine Tropfkante mit einem Blech (im Gefälle) eingesetzt.

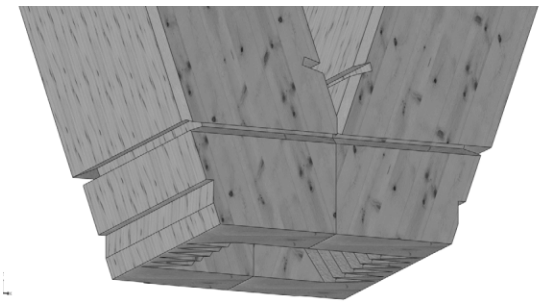


Abb. 14: Umlaufende Tropfkante (Ansicht innen)

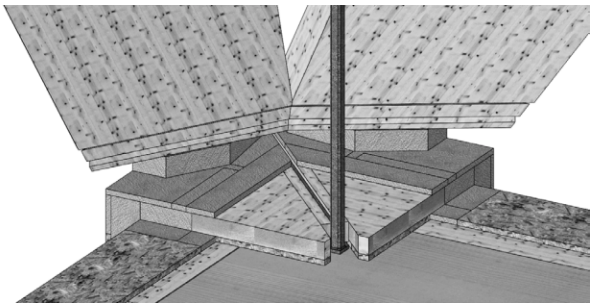


Abb. 15: Ecke E1 – Aufdopplung für Abdichtung.

Die Details mussten so umgestaltet werden, dass für die Abdichtungsbauer möglichst viele Absätze und Kanten vermieden werden.

3.4. Koordination und Modelle

Die LP5-Planung war unzureichend koordiniert, auch weil man am Schluss das gleiche Volumen eines Tragwerks nur mit einem Material füllen kann. Die zur Verfügung gestellten Details wiesen an verschiedenen Stellen keine Übereinstimmung auf. So gab es kaum Details, welche Bautoleranzen ermöglichen. Auch wurden relevante Verschwächungen durch Einschnitte / Ausschnitte z.B. aufgrund anderer Gewerke nicht berücksichtigt. Jeder Plan für sich scheint plausibel, weisen aber kein «kleinstes gemeinsames Vielfaches» auf.
So hat sich die Entwicklung der Konstruktion zu DERIX hin verschoben und so haben wir die Details als *.ifc entwickelt und den Fachplanern zur Verfügung gestellt.
Nach entsprechender Freigabe wurden von Design-To-Production die Produktionsmodelle entwickelt. Dabei wurden diese Modelle parametrisiert, zusammengefügt, und auf Produktionsgenauigkeit getrimmt. Anschliessend wurden alle Bauteile mit sämtlichen notwendigen Attributen ergänzt, welche für Produktion, Montage und die C2C-Materialdatenbank erforderlich sind.

4. Detailierung

4.1. Decken / Dach

Das Dach mit einem vorgegebenen Retensions - Aufbau von 405kg/m^2 bei einer Schneelast von 52kg/m^2 führt zu einer sehr aufwändigen Konstruktion. Auch Teile vom Staffelgeschoss-Aussenbereich werden mit Retension versehen. Hier wird teilweise sogar ein Eigengewicht von 750kg/m^2 aufgebaut. In den Regelgeschossen sind mit 470-490kg/m^2 ebenfalls sehr schwere Decken eingesetzt. Diese Lasten müssen durch alle Geschosse geleitet werden und als Erdbebenkraft auch zum Kern geleitet werden. Mit einer anderen Retensionslösung und optimierten Aufbauten gehen wir davon aus, dass ohne grössere Kräfte 1-2 Geschosse mehr möglich gewesen wäre.
Um beim Deckenschwingen die angestrebte Schwingungsklasse 1 zuverlässig zu erreichen, muss der Einfluss der Unterzüge berücksichtigt werden. Hier hilft, dass die Lastdurchleitung am Knoten zu einer teilweisen Einspannung der Randträger führt und die Gesamtfrequenz vom System durch den Unterzugseinfluss so weniger stark reduziert wird.

4.2. Fassade tief & Loggien

Aus architektonischen Gründen schneiden sich die Fachwerkachsen ausserhalb vom Randträger-Querschnitt und somit nicht an einem Punkt. Der vertikale Versatz ist mit 222m enorm.

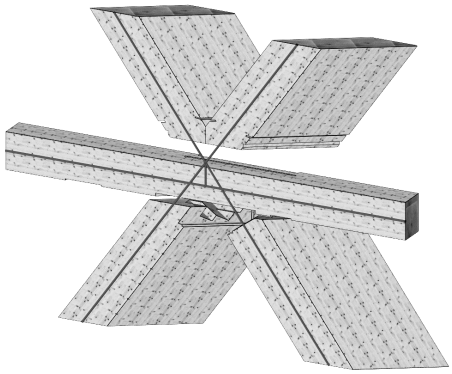


Abbildung 16: Achsenschnittpunkt

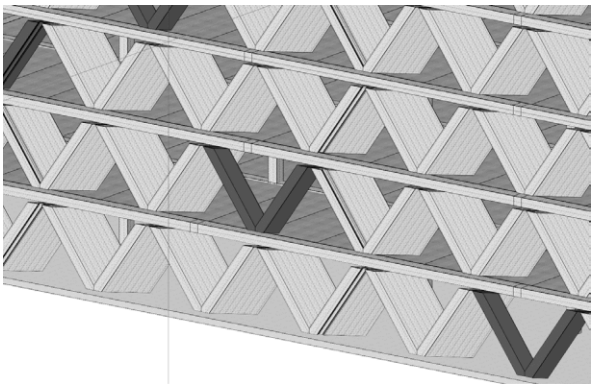


Abbildung 17: Loggien – V-Stützen

Gleichzeitig will die Architektur mit sogenannten Loggien den Raum zwischen der dahinterliegenden Fassade und dem Tragwerk nutzbar machen.

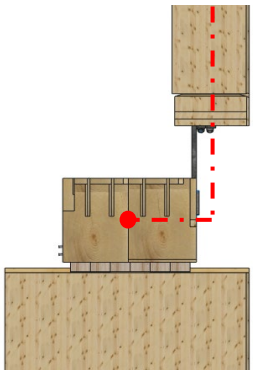


Abb. 18: Loggia-Strebenfusspunkt im Schnitt

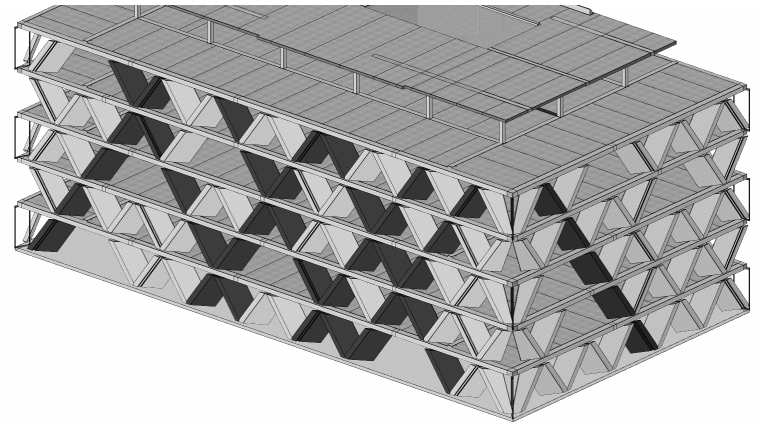


Abbildung 19: Verbleibende direkte Lastpfade (dunkel)

Die Aussermittigkeit der Anschlüsse aus der Fassadenebene ist mit 315mm ebenfalls gross und kann nicht über Torsion vom Randträger oder Einspannung Loggia-Strebenende aufgefangen werden. Sie werden so als Nullstäbe angenommen und tragen lediglich die Prallscheibe.

Die Spreizwirkung, welche aus der Neigung Stützen resultiert, hebt sich an den Randträgerknotenpunkten immer wieder auf. Einzig in den Ecken resultiert aus den nicht durchgehenden Lastpfaden eine Zug- oder Druckkomponenten im Randträger.
Durch die eher zufällige Verteilung Loggien und so der Nullstäbe werden die durchgehenden Lastpfade unregelmässig unterbrochen und führen zu einer sehr inhomogenen Druckkraftverteilung in den Streben.

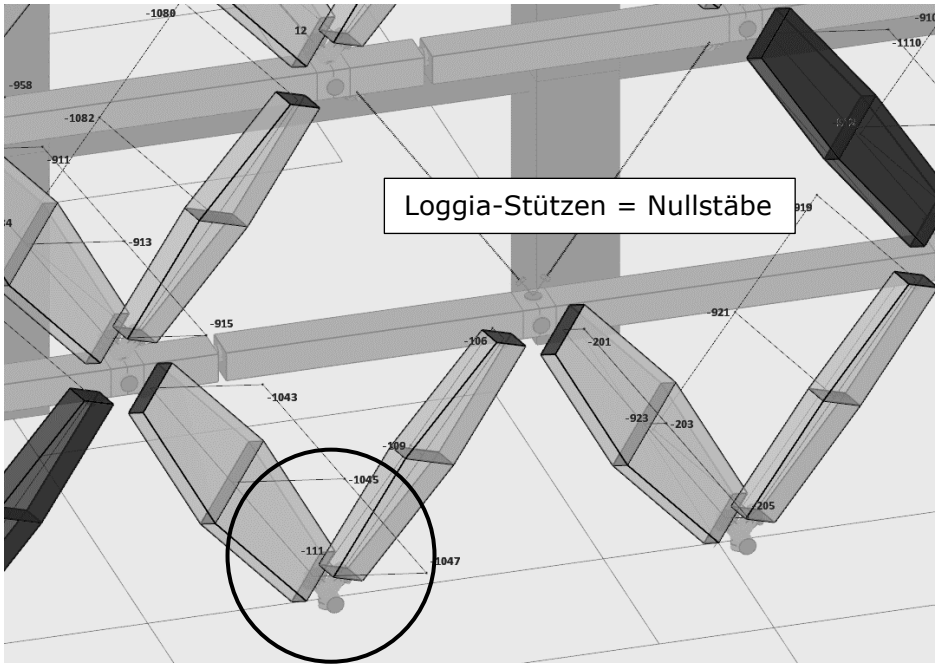


Abbildung 20: Normalkräfte im Bereich der Loggia E4/5 (Design-Niveau, kmod = 1.0)

So ergeben sich beim Anschluss zum Massivbau an der Achse E5 aus der Streben links N_{Ed} = 1045kN aber von rechts nur 110kN. Daraus entwickelt sich eine Horizontalauflagerkraft von 540kN, welche lokal mit entsprechender Exzentrizität in den Massivbau eingeleitet werden muss. Wäre die Loggia-Stützen statisch tragend, würden sich an dieser Stelle nur ca. 20% dieser Horizontalkraft ergeben. Noch gravierender wird dieser Zusammenhang für die Randträger. So werden die differentiellen Normalkräfte in den Randträgern auf bis zu 595kN erhöht. Mit der Exzentrizität von 222mm ergibt sich ein Versatzmoment von 132kNm, welches im Bereich des Netto-QS-Widerstandes an der entsprechenden Stelle liegt.
Abgesehen davon, wird üblicherweise eine Stützenkraft in einem Rechteckquerschnitt entlang seiner Haupt-QS-Abmessungen übertragen und damit werden die Anschlüsse sehr einfach. Durch das Abdrehen der Querschnitte ergeben sich enorme Kraft-Komponenten (Grafik = F_{90}), welche aus der Fassadenebene wirken und mit der CLT-Decke stabilisiert werden müssten.

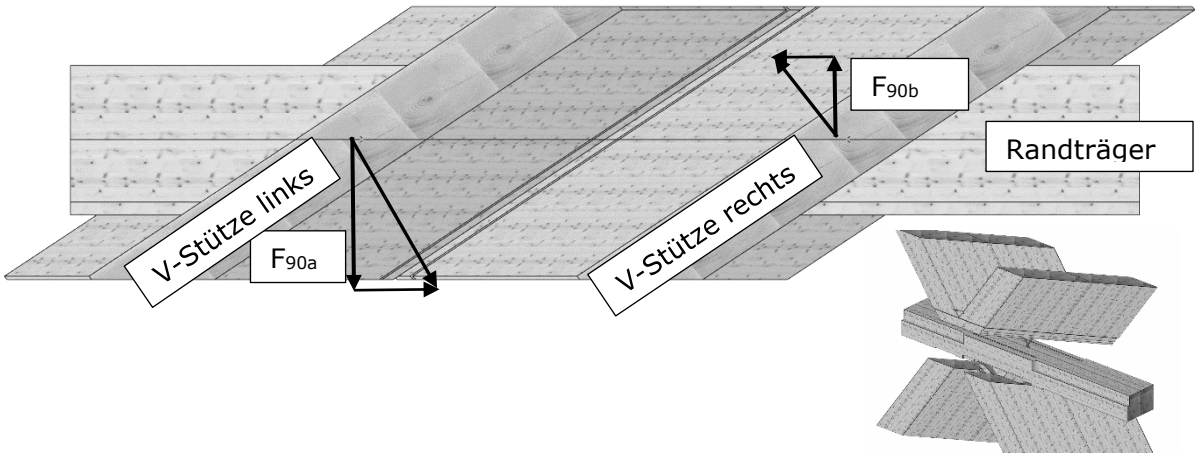


Abbildung 21: Horizontalschnitt auf halbem Geschoss (gemäss Axonometrie rechts)

Durch das Aufteilen in sechs virtuelle Scheiben aus Baubuche-Q (Abbildung 5) konnte der Lastübertrag ausschliesslich in Fachwerkebene ermöglicht werden und die Komponenten F_{90} entfallen. Im Gegenzug erhöht sich die Komplexität an die Fräsung der Anschlussteile enorm.

4.3. Ecke E1

Bei dieser Ecke ergibt sich nicht nur die vertikale Exzentrizität, sondern ebenfalls eine horizontale Exzentrizität von 252mm. Somit schneiden sich die Stabachsen in beide Richtungen ausserhalb vom Randträgerquerschnitt. Bei der maximalen Strebennormalkraft im Eck von 500kN (notabene ohne Vorholz) sind die Anforderungen an Modellierung und Konstruktion hoch.

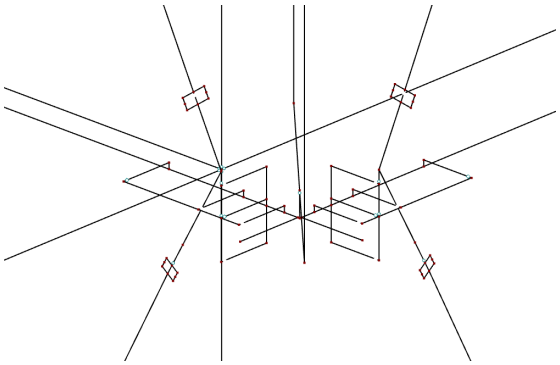


Abbildung 22: Statikmodellierung der Exzentrizitäten

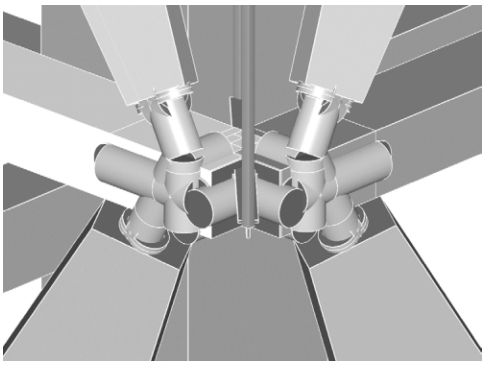


Abbildung 23: Rendering Statikmodell

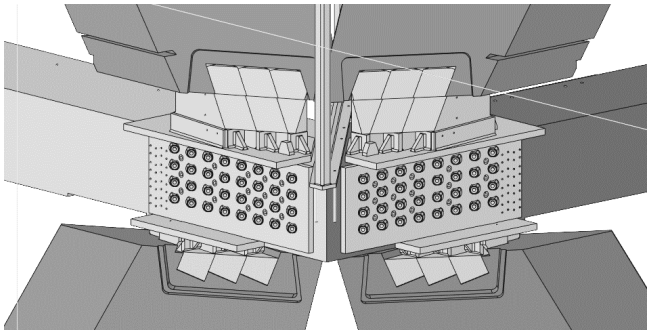


Abbildung 24: Konstruktion E1 – Brandschutzplatten ausgeblendet

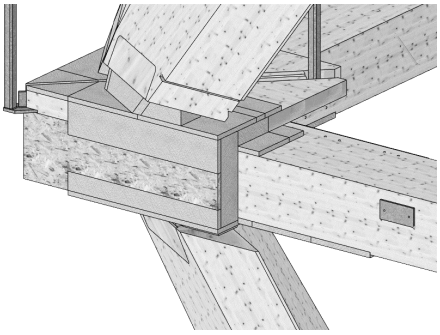
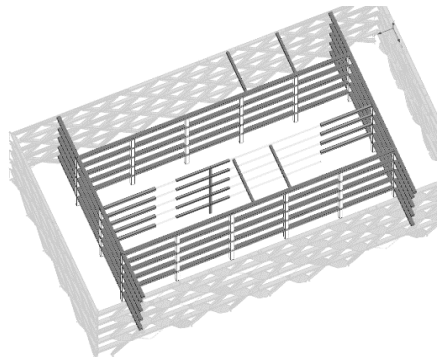


Abbildung 25: E1 mit Brandschutzplatten

4.4. Fassade schmal

Für die schmale Fassade wurden die Details und Produktionsstrategien übernommen. Da diese Fassaden über keine Loggien verfügen und die Streben auch nicht abgedreht sind, sind die Querschnitte massiv kleiner und diese Fassade wird auch erheblich kostengünstiger. Der Lasteintrag aus den Decken ist bei dieser Fassade aber nur unwesentlich geringer im Vergleich mit der tiefen Fassade.

4.5. Innenbereich



Die Unterzüge (400/560mm) und Stützen (400/400mm) im Innenbereich sind mehrheitlich aus BauBuche erstellt. Die Unterzüge zwischen den Betonkernen bestehen hingegen aus Stahlprofilen bis HEM400.
Bei der Entwicklung der Details und der Umsetzung war vor allem die Schnittstelle zum Massivbau und der Stahlträger an den Holzbau aufwändig. Herausfordernd war der Umgang mit den massiven Betonkernabweichungen bei gleichzeitiger R90-Anforderung über Abbrand und Brandschutzplatten.

Abbildung 26: Innere Unterzüge und Stützen

5. Fazit

Es war von Beginn weg klar, dass das Projekt in der vorliegenden Konstellation sehr komplex wird. Doch neben den statisch-konstruktiven Herausforderungen ist auch immer der Mensch im Zentrum. Da es für die meisten Fachplaner trotz der enormen Komplexität das erste Holzbauprojekt war, konnte man immer eine Unsicherheit spüren. Es wurden so an verschiedenen Stellen falsche Entscheidungen getroffen, welche dann bei unserem späten Eintritt ins Projekt nicht mehr korrigiert werden kann.
So muss man mit den daraus entstehenden Konsequenzen umgehen können und proaktiv das Beste daraus machen. Es wäre sicher wünschenswert, wenn gerade bei solchen Projekten die Fachplaner-Teams ausgewogener zusammengesetzt werden könnten.
Trotzdem möchten wir diese Aufgabe nicht missen und es war spannend zu sehen, wie wir als DERIX und SJB Kempter Fitze zusammen mit Design-To-Production wieder ein ordentliches Stück an dieser Aufgabe wachsen konnten.

Rewe Green Farming – ein Supermarkt der Zukunft

Klaus Wiens
REWE Deutsche Supermarkt AG & Co KG a.A.
Köln, Deutschland

Boris Peter
Partner und Mit-Inhaber
knippershelbig GmbH
Stuttgart, Deutschland

Rewe Green Farming – ein Supermarkt der Zukunft

1. Einleitung

1.1. Vorstellung REWE

Die REWE Markt GmbH gehört zur REWE Group, einer international in den Bereichen Handel und Touristik agierenden Unternehmensgruppe mit Hauptsitz in Köln. Die REWE (Revisionsverband der Westkaufgenossenschaften) wurde 1927 von 17 Einkaufsgenossenschaften gegründet. Noch heute sind die Mitglieder der Genossenschaft, insbesondere die selbstständigen REWE-Kaufleute, ein wesentlicher Teil des Unternehmens und bestimmen die Entwicklung des Unternehmens über verschiedene Gremien mit.
Die genossenschaftliche REWE Group ist einer der führenden Handels- und Touristikkonzerne in Deutschland und Europa. Im Jahr 2020 erzielte das Unternehmen einen Gesamtaußenumsatz von rund 75 Milliarden Euro. Die 1927 gegründete REWE Group ist mit ihren mehr als 380.000 Beschäftigten in 22 europäischen Ländern präsent.
Zu den Vertriebslinien zählen Super- und Verbrauchermärkte der Marken REWE, REWE CENTER sowie BILLA, BILLA PLUS und ADEG, der Discounter PENNY, die Drogeriemärkte BIPA sowie die Baumärkte von toom. Hinzu kommen die Convenience-Märkte REWE To Go und die E-Commerce-Aktivitäten REWE Lieferservice und Zooroyal. Die Lekkerland Gruppe umfasst die Großhandels-Aktivitäten der Unternehmensgruppe im Bereich der Unterwegsversorgung. Zur Touristik gehören unter dem Dach der DER Touristik Group die Veranstalter ITS, Jahn Reisen, Dertour, Meiers Weltreisen, ADAC Reisen, Kuoni, Helvetic Tours, Apollo und Exim Tours und über 2.400 Reisebüros (u.a. DER Reisebüro, DERPART und Kooperationspartner), die Hotelmarken lti, Club Calimera, Cooee, PrimaSol und Playitas Resort und der Direktveranstalter clevertours.com.

1.2. Einführung

Nachhaltigkeit ist ein elementarer Bestandteil in Strategie und Leitbild der REWE Group. Die inhaltlichen Schwerpunkte «Grüne Produkte», «Energie, Klima und Umwelt», «Mitarbeiter» sowie «Gesellschaftliches Engagement» werden in allen Vertriebsschienen um-gesetzt. Dies umfasst einerseits sehr intensive Aktivitäten zur nachhaltigeren Sortimentsgestaltung und damit zur Förderung eines nachhaltigeren Konsums. Maßnahmen hier sind u.a. ein umfangreiches Angebot an Bioprodukten (bereits seit 1988) sowie die Einführung des gemeinsam mit dem Wuppertal-Institut entwickelten PRO PLANET-Labels, das Produkte auszeichnet, die nachweislich geringere Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft haben. Andererseits hat sich die REWE Group im Bereich Klimaschutz ein ambitioniertes Ziel gesetzt: Bis 2022 sollen die verkaufsflächenbezogenen Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisjahr 2006 um 50 Prozent reduziert werden. Der Fortschritt wird dabei jährlich überprüft; um rund 30 Prozent konnten die spezifischen Emissionen bereits reduziert werden. Ein wichtiger Baustein ist hierbei seit 2008 die Versorgung aller REWE Standorte (Märkte, Verwaltungen, Logistik etc.) mit 100% zertifiziertem Grünstrom gem. Zertifikat EE01 des TÜV Süd.

Neben der Einbeziehung der Mitarbeiter (z.B. durch Energiesparinitiativen mit Hilfe von E-Learning-Tools) liegt ein besonderes Augenmerk auf der kontinuierlichen Verbesserung der Märkte. REWE versteht sich als Pionier für nachhaltiges Bauen und Betreiben von Handelsimmobilien. Das REWE Green Building-Konzept kombiniert seit 2012 Tageslichtarchitektur mit energiesparenden Bautechniken, bester Dämmung, nachhaltigen Materialien und dem Einsatz regenerativer Energien. Die dort eingesetzten Heizungs-, Lüftungs-, Beleuchtungs-, Klima- und Kälteanlagen verbrauchen deutlich weniger Energie und belasten die Umwelt nicht oder nur sehr gering mit CO_2-Emissionen. Die moderne Architektursprache bezieht das Tageslicht mit ein und nutzt Holz als CO_2-Speicher und sichtbaren Symbolträger der Nachhaltigkeit.

Ein zentraler Aspekt des Konzeptes ist neben den ökonomischen Kriterien auch die Qualität für die Nutzer, also für die Kunden und die Mitarbeiter. Durch den Einsatz von Tageslicht, ein großzügiges Raumgefühl und viele andere Faktoren soll eine einzigartige Einkaufsatmosphäre geschaffen werden und so sicherstellen, dass der REWE Green Building Markt zu einem lebendigen Bestandteil seines Umfeldes wird.
Damit das Konzept nicht nur den Nachhaltigkeitsanspruch der REWE erfüllt, sondern auch objektiven Nachhaltigkeitsanforderungen entspricht, werden alle Green Building-Projekte durch die «Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen» (DGNB e.V.) zertifiziert. REWE hat als erster Händler für die zugrundeliegende Musterbaubeschreibung die Mehrfachzertifizierung (Vorzertifikat) nach dem System NHA2012 der DGNB erhalten. Das reduziert den erforderlichen Aufwand für die Zertifizierung und sorgt mit dafür, dass das Green Building Konzept nicht auf einzelne Leuchtturm-Projekte beschränkt bleibt. Der Rewe Green Farming Markt in Wiesbaden-Erbenheim wurde mit DGNB Platin zertifiziert.
Seit der Eröffnung unseres ersten REWE Green Building Pilotmarktes in Berlin-Rudow im Jahr 2009 und dem Rollout des REWE Green Building Konzeptes ab 2012 wurden bis heute mehr als 220 Märkte nach diesem Konzept errichtet und mehr als 100 weitere befinden sich aktuell im Bau oder in der Planung.

1.3. Projektidee

Anfang 2016 gab es dann erste Überlegungen für eine neue Generation REWE Green Building als Nachfolger für das bisherige Konzept.
Eine Analyse der damaligen Situation der Supermärkte hat ergeben, dass sich die Anforderungen an unsere Märkte derzeit erheblich verändern. Dabei wurden verschiedene Bereiche der Veränderung ausgemacht:

- Änderungen im vertrieblichen Konzept: neue konzeptionelle Bausteine sind hinzugekommen, wie z.B. Convenience-Angebot mit dem sog. O+G Cockpit, Abholstationen, Paketstationen, teilweise Wäsche-Service oder Gastronomie.
- Übergeordnete Veränderungen: Digitalisierung und der demographische Wandel verändern das Konsumverhalten. Dabei stehen auch Frische und Regionalität in den Produkten im Vordergrund.
- Veränderung von Standortfaktoren: war früher die Randlage oder das Gewerbegebiet bevorzugter Standort, ändert sich das aktuell hin zu Lagen inmitten von Quartieren und in den urbanen Kontext.

Fazit dieser Analysen war die Erkenntnis, dass sich der Supermarkt aktuell wandelt vom monofunktionalen Lebensmittelmarkt hin zu einem multifunktionalen Dienstleister rund um Lebensmittel. In Verbindung mit den neuen Standortfaktoren wird der Supermarkt dadurch zu einem aktiven Stadtbaustein im Quartier, eine Anforderung, welche der Supermarkt in seiner Geschichte noch nie zu erfüllen hatte.
Daraus resultierte dann die Entscheidung, dass das vorhandene Green Building Konzept nicht weiterentwickelt, sondern der Supermarkt von Grund auf neu gedacht werden soll.
Um dies zu erreichen, hat REWE dann im Sommer 2016 einen Architekturwettbewerb durchgeführt. Geladen wurden 5 Architekturbüros, die über ausgewiesene Erfahrungen im Handel verfügen, aber REWE als Auftraggeber nicht kennen. Die internen Einflüsse aus dem Projekt herauszuhalten war dabei essenziell. So wurde das Projekt über die gesamte Planungsphase auch intern nur im kleinsten Kreis bearbeitet.
Anforderung an die Teilnehmer war u.a. einen neuartigen Supermarkttypus zu entwickeln, welcher die o.a. Anforderungen erfüllt, Green Building Strategie der REWE weiterführt und als künftiges Standardkonzept multiplizierbar und anpassbar ist.
Eine weitere Anforderung war, dass der neue Supermarkt mit einer aquaponischen Dachfarm kombinierbar sein soll. Seit 2016 hat REWE eine Zusammenarbeit mit der Hauptstadtfarm von ECF Farmsystems in Berlin. Dort werden REWE Supermärkte mit Hauptstadtbasilikum und Hauptstadtbarsch versorgt. Dieses Konzept sollte mit dem neuen Supermarkt verbunden werden.
Weiterhin war für die Wettbewerbsteilnehmer gesetzt, dass Holzbau integraler Bestandteil sein soll, ebenso die Nutzung von Tageslicht und von Regenwasser, sowie effizienter Gebäudetechnik.

Im Oktober 2016 wurden dann die Ergebnisse des Wettbewerbs präsentiert. Aus den gezeigten Arbeiten wurde der Entwurf des Architekturbüros acme (London u. Berlin) in Zusammenarbeit mit den Ingenieuren von knippershelbig ausgewählt, um einen Pilotmarkt nach diesem Entwurf zu errichten.
Das Grundstück in Wiesbaden-Erbenheim wurde im Januar 2017 identifiziert und die Planung konnte starten. Grundvoraussetzung für eine vollständige Neuentwicklung des Supermarktes war dabei, bisheriges Wissen komplett auszuschließen. Deshalb wurde das Projekt nicht nur im Planungsteam, sondern auch innerhalb der REWE Group mit höchster Vertraulichkeit und im kleinsten Kreis entwickelt.

Nachfolgend formulierte Grundsätze fassen das Zukunftskonzept des Marktes zusammen:

RETHINK. *Die etablierten Konzepte für den Bau und den Betrieb der Rewe-Märkte wurde grundlegend hinterfragt und erneuert, ein neuer Standard für den Bau nachhaltiger Supermärkte wurde geschaffen*

REFUSE. *Kunden konnte Spielraum für nachhaltigere Kaufentscheidungen gegeben werden.*

REDUCE CO2 & RECYCLE *Reduktion und Energieeffizienz. Durch den Einsatz von ökologischen, nachwachsenden oder recyclebaren Baumaterialien wie zum Beispiel Holz konnte eine CO2-Speicherung von etwa 700 Tonnen erzielt werden.*

REUSE & REPAIR. *Die Wieder- und Weiterverwendung von natürlichen Ressourcen ermöglicht eine längere Lebens- und Nutzungsdauer der Märkte. Der Markt wird zum Materiallager.*

2. Entwurf

2.1. Gebäudekonzept

Das Pilotkonzept REWE Green Farming beschreibt ein Supermarktkonzept der Zukunft – eine Architektur, die einen menschlichen Bezug zu lokal erzeugten Lebensmitteln wiederherstellt und zugleich die Möglichkeiten nachhaltigen Bauens in ihrer Konstruktion sichtbar macht. Die Herstellungsprozesse von Lebensmitteln werden für den Nutzer zelebriert. Eine Aquaponikfarm wird in die Marktfunktionen integriert, mit einer Fischanzucht, die sich auf einem Mezzanin-Geschoss befindet und dem Anbau von Basilikum in einem Gewächshaus auf der Dachfläche des Marktes.
Der Wiesbadener Supermarkt REWE Green Farming ist ein Pilotmarkt und Prototyp für ein neues, anpassungsfähiges und nachhaltiges Marktkonzept (Abbildung 1), das sich in Form eines Baukastens an unterschiedliche Standorttypologien anpassen lässt - konzeptionell und konstruktiv.

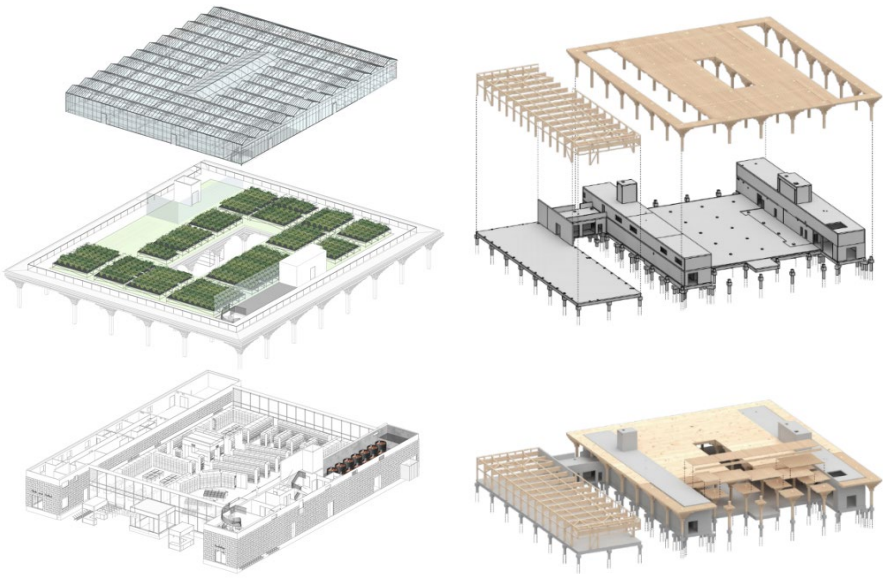


Abbildung 1: links Isometrie der Marktorganisation (©acme)
rechts Tragwerksexplosion und Montageablauf, Beton grau – Holz braun (©knippershelbig)

Eine konstruktiv einfache, gestapelte, zugleich ikonografisch anmutende Holzkonstruktion bildet das Hauptelement der neuen architektonischen Identität zukünftiger Rewe Märkte. Das Bauwerk wird bildlich zu einem Materialspeicher umfunktioniert, mit dem Ziel der Wiederverwendbarkeit der Bauteile am Ende ihres Lebenszyklus sichtbar zu machen.
In Abkehr von den bisherigen, stützenfrei gestalteten Supermarkthallen lagert das Dach auf einer Reihe von Stützen und schafft so ein neues Einkaufserlebnis, es gliedert den Großraum in einen menschlichen Maßstab. Die Reduktion der Spannweite von über 30m (1. Generation Rewe Green Building) auf nur noch 8m hat einen wesentlichen Einfluss auf den Materialverbrauch in der Dachkonstruktion. Die vorelementierte Struktur des Marktes kann flexibel auf Marktgrößen und -standorte reagieren. Sie besteht aus standardisierten Brettschichtholzbalken, die mittels selbstbohrenden Gewindeschrauben gefügt und in großen Elementen vorgefertigt wurden. Die geometrisch einfachen und handelsüblichen Brettschichtholzelemente können am Ende des Lebenszyklusses des Bauwerks wieder entfügt und beispielsweise als Dachbalken, Türsturz oder Stütze wieder verwendet werden.

Abbildung 2: Marktansichten (©Jürgen Arlt)

Während das Holzdach das verbindende Element des Marktes ist, sind die Räume unter dem Dach so gestaltet, dass sie das Gebäude in seiner Umgebung verknüpft. Jeder Markt kann so auf seinen Standort auch in der Wahl der Materialien reagieren. In Wiesbaden Erbenheim wird die Markthalle von zwei Gebäuderiegeln aus Stahlbeton flankiert, die mit einem gemusterten Zementputz verkleidet sind und so einen Teil des Erbes der Dyckerhoff & Widmann Zementwerke bewahren, die 100 Jahre lang an dieser Stelle standen (Abbildung 2). Alternative Konstruktionsweisen und Wandbekleidungen, wie beispielsweise Holz oder Mauerwerk, können die örtliche Identität am jeweiligen Standort aufnehmen und sind Teil des architektonischen Materialkonzeptes.

Abbildung 3: Innenraum und Außenansicht Markt (©Jürgen Arlt)

Durch die Gruppierung von Fischzucht und Servicebereichen in beiden zweigeschossigen kompakten Gebäuderiegeln, den sogenannten Serviceboxen, kann sich Verkaufsraum weitgehend nach außen öffnen. Dank der großen transparenten Fassaden auf der Vorder- und Rückseite sind Ein- und Ausblicke möglich, welche den Markt mit seinem Umfeld verzahnen. Ein tageslichtreiches Einkaufserlebnis wird kreiert. Die Holzstruktur reicht über

die Fassade hinaus und schafft einen geschützten Außenbereich. Hier werden lokale Produkte an Marktständen angeboten. Ein zentrales Atrium, das in die Dachstruktur des Holzdaches eingeschnitten ist, lenkt die Blicke aus dem Markt nach oben und ermöglicht eine direkte Sichtverbindung zu den Gewächshäusern (Abbildung 3). Ein Bezug zur lokalen Frische der Produkte entsteht.
Über eine Spindeltreppe im Café wird der Öffentlichkeit Zugang zum Gewächshaus ermöglicht. Von hier aus kann der Besucher einen Einblick in die Arbeitsprozesse der Fischfarm gewinnen und dem frischen Basilikum beim Wachsen zuschauen und sich gleichzeitig an digitalen Bildschirmen über das Konzept des Marktes interaktiv informieren.

2.2. Tragkonstruktion

Für das Dachtragwerk wurde von *knippershelbig* eine Holzkonstruktion entworfen, welche die zentrale Idee der Architekten, einer markthallenartige Dachgeometrie umsetzt.

Angelehnt an die traditionellen *Dougong*-Strukturen chinesischer Architektur wird die Konstruktion und Bauweise dabei sowohl gestalterischer Ausdruck als auch Symbol für nachhaltiges Bauen mit Holz im 21. Jahrhundert [2,3]. Ziel war es dabei, die Ansprüche der Nutzung, Architektur, Ausführbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu beachten und die Ausdruckskraft einer ressourcenschonenden sowie wiederverwendbaren Bauweise in den Fokus zu stellen.
Die Konstruktion aller Stützenköpfe im Markt folgt dem einheitlichen Prinzip der Stapelung von einfachen, handelsüblichen Brettschichtholzbalken und ist prägendes Element der Raumgestaltung und Marktidentität. Die Formgebung der Stützenköpfe und der interne Kraftfluss von den Balkenlagen in die Stützenkonstruktion wurden wesentlich von den Materialeigenschaften des Holzes und reversiblen Fügetechniken beeinflusst.
Das Konstruktionsprinzip (Abbildung 1) ist einfach nachvollziehbar: blockverleimte Holzstützen (48/48cm) aus Brettschichtholz (Innen Fichte, Lärche im Außenraum) stehen in einem regelmäßigen Raster von 8m und tragen aus gestapelten Holzbalken und einer massiven Holzplatte.

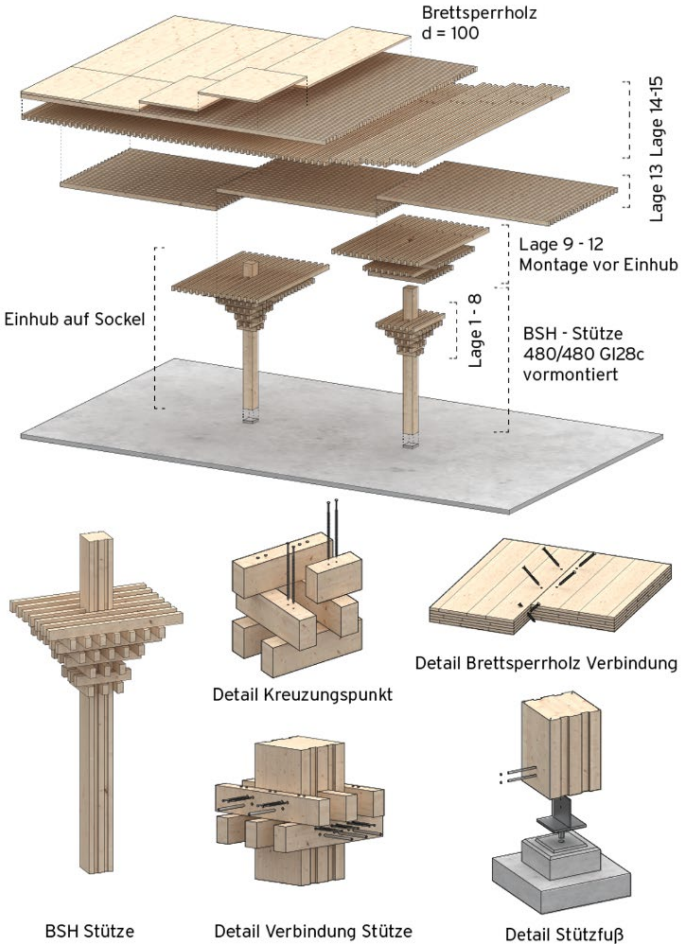
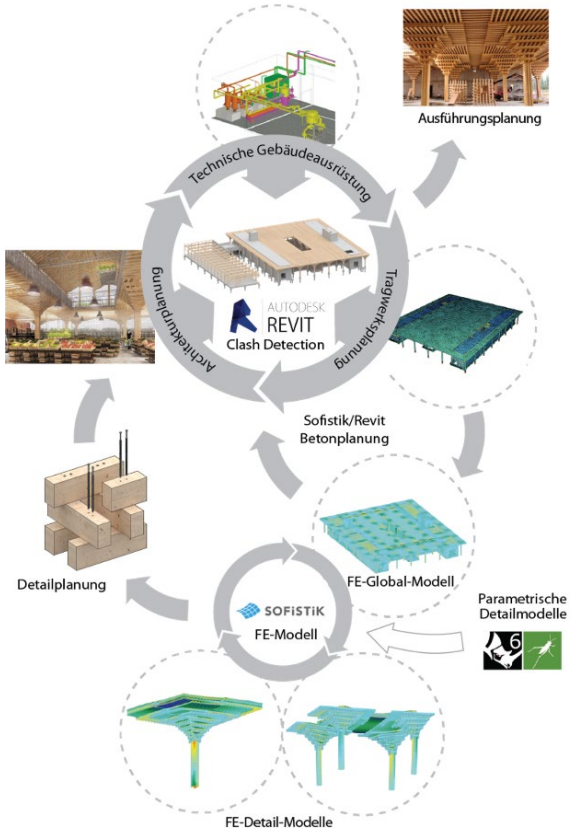


Abbildung 4: Detailkonstruktion der Stützenköpfe (©knippershelbig)

Über die Stapelung von 12 Kreuzlagen aus Brettschichtholzträgern (12/20cm), untereinander an den Kreuzungspunkten rotationssteif-, sowie seitlich an den Holzstützen verschraubt, entsteht das Primärtragwerk des Stützenkopfes. Eine weitere 13. Balkenlage verbindet die Stützenköpfe des Dachtragwerkes miteinander; die beiden obersten, sich orthogonal kreuzenden Brettschichtholzlagen (14. und 15. Balkenlage) bilden zusammen mit der massiven Brettsperrholzplatte (10cm) die Konstruktion des Holzdaches. Die Stützenkopfgeometrie verkürzt die Spannweite der Dachkonstruktion. Hierdurch lassen sich die Verformungen in Feldmitte der Dachkonstruktion auf die zulässigen Grenzwerte gemäß DIN EN 1995-1-1 [4] begrenzen (w_{inst}<26mm=l/307<l/300), w_{fin}<51mm=l/156<l/150) und dessen Schwingungsverhalten (f=6,9>4,5Hz) wirksam auf die vorgesehene gewerbliche Nutzung der Dachfarm abstimmen. Die Dachlasten variieren im Dachgrundriss infolge der der unterschiedlichen Nutzungsbereiche zwischen 3kN/m² und 15kN/m². Hohe Lagerlasten konnten im Randbereich der Serviceboxen verortet werden, im Bereich geringerer Spannweiten der Holzkonstruktion. Die Lastweiterleitung aus dem Dach erfolgt über die Kontaktpressung in den Kreuzlagen. Die rotationssteife Verbindung sorgt zudem für eine steifigkeitsbedingte Umverteilung der Beanspruchungen innerhalb des Stützenkopfes. Über die Steifigkeitsverhältnisse der entwickelten Geometrie der Stützenköpfe (Form, Balkenabstand) sowie den Knotenverbindungen (Steifigkeit) konnte eine gleichmäßige Verteilung der Schubkräfte über die Verbindungshöhe zwischen den Balken und Stützen sichergestellt werden. Die Balken werden maßgebend auf Biegung, Torsion sowie Druck- und Zug beansprucht. Ein Interaktionsnachweis gem. [4] wurde jeweils für jeden Balken und die Verbindungsmittel an jedem Knotenpunkt geführt. Für den Brandfall wurden die Anforderungen an eine feuerhemmende Bauweise (REI 30) berücksichtigt. Die Querschnittsnachweise erfolgten unter Berücksichtigung einer Abbrandrate für die Holzquerschnitte. Die horizontale Aussteifung des Marktes zur Aufnahme der Windlasten wird durch die konstruktive Anbindung (Stahllaschen) der Dachkonstruktion an die Wandscheiben der zweigeschossigen Serviceboxen realisiert. Die Lastweiterleitung erfolgt über die Scheibenwirkung der Brettsperrholzdecke.

3. Integrale Planung



Die Planung des Marktes erfolgte für die Architektur, Haustechnik und Tragwerksplanung frühzeitig mit Hilfe von dreidimensionalen parametrischen Gebäudemodellen. Hierdurch konnten die Schnittstellen zwischen der Konstruktion, Architektur und den technischen Komponenten, wie den Installationsführungen der TGA, frühzeitig integral im Planungsprozess bewertet und stetig optimiert werden.
Die Rastermaße der Stützenpositionen, die Anordnung im Gebäudegrundriss und das Zusammenspiel mit den Serviceboxen waren dabei die wesentlichen Parameter für die Entwicklung des Marktes und dessen Funktionalität.
Das übergeordnete Ziel des Entwurfes bestand darin, eine standortunabhängige und flexible Konstruktion zu entwickeln, die auf unterschiedliche örtliche und geometrische Randbedingungen flexibel reagieren kann. Optimierende statische und wirtschaftliche Variantenuntersuchungen wurden insbesondere für die Holzbaukonstruktion durchgeführt.

Abbildung 5: Iinterdisziplinärer Planungsprozess (©knippershelbig)

Die Modellerzeugung der für den Entwurf und die anschließende Planung grundlegenden Fachmodelle erfolgte weitestgehend parametrisch, d. h. mit Hilfe grafischer Programmierung und Planungsparametern. Es wurden Parameter der Konstruktion, wie die Materialeigenschaften (Güte, Volumen, Brandschutz etc.), Achsraster und Abstände der Balkenlagen, die Art und Anzahl der Knotenverbindungen sowie deren Steifigkeit umfassend mit Hilfe der parametrischen Modelle untersucht, sodass die daraus resultierende architektonischen, technischen und wirtschaftlichen Einflüsse in kürzester Zeit umfassend bewerten werden konnten.
Für den Bereich der Tragwerksplanung wurde ein Globalmodell, basierend auf dem architektonischen Modell erstellt und in weitere Detailmodelle für den Holzbau überführt. Dabei wurden die geometrischen Modelle stets als Grundlage der fachspezifischen Berechnungsmodelle herangezogen. Die Koppelung der geometrischen Datensätze mit Bauteilinformationen und -katalogen in den digitalen Gebäudemodellen erlaubte zeitsparende Variantenstudien und war die durchgehende Planungsgrundlage vom Entwurf bis zur Ausführungsplanung sowie der späteren CNC Fertigungsmodelle (Abbildung 5). Durch den Austausch und die Überlagerung der geometrischen Fachmodelle erfolgte eine planungsbegleitende Qualitätskontrolle und Reaktion auf sich verändernde Randbedingungen.

4. Nachhaltigkeit

Die Materialwahl Holz spielt eine entscheidende Rolle im Konzept des Supermarktes der Zukunft. Mehr (Holz) bedeutet weniger (CO_2)! Ein Kubikmeter verbautes Brettschichtholz entlastet die Atmosphäre um ca. 0,7 Tonne CO_2. Die CO_2-Speicherfunktion (Sequestrierung) von Holz hält auch noch an, wenn dieses verarbeitet bzw. verbaut wird. Der Werkstoff Holz hat damit grundsätzlich eine negative CO_2-Bilanz, wirkt somit der Erderwärmung entgegen und kann im Bauwesen einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Berücksichtigt man die Sequestrierungsfähigkeit von Holz beim Entwerfen von nachhaltigen Tragwerken, so führt dies, wie beim Supermarkt der Zukunft in Wiesbaden, zu neuen Entwurfsansätzen. Die Verwendung gerader und handelsüblicher Brettschichtholzträger in Kombination mit selbstbohrenden Gewindeschrauben ermöglicht den Ausbau und die vollständige Wiederverwendung der Materialien zum Zeitpunkt des Rückbaus des Gebäudes («end of life»-Phase).

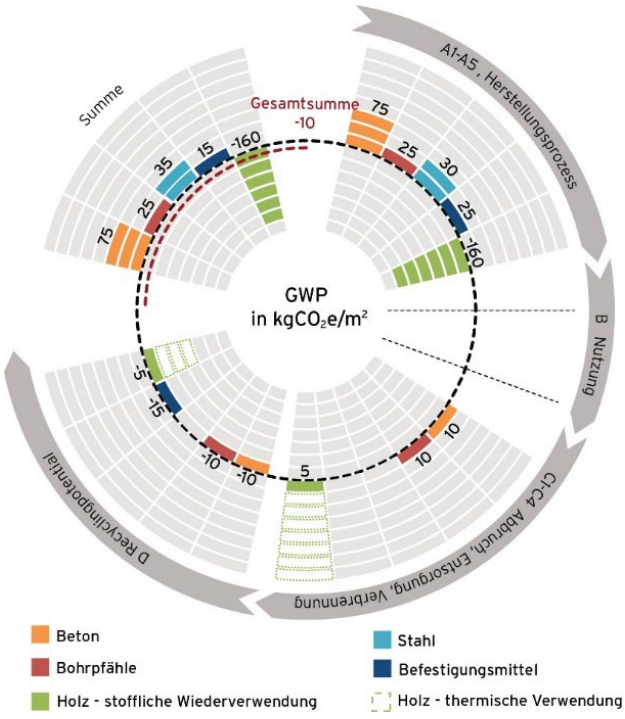


Abbildung 7: Life-Cycle-Analyse (LCA, Datengrundlage Ökobaudat) in Kilogramm CO2 je Quadratmeter Gebäudefläche (©knippershelbig)

Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse einer Lebenszyklusanalyse (LCA) für die wesentlichen Tragwerkselemente. Bedingt durch die Baugrundverhältnisse wurde eine Tiefgründung auf Bohrpfählen (Teilverdrängungspfähle) mit einer elastisch gebetteten Bodenplatte ausgeführt. Zusammen mit den Serviceboxen ergibt sich damit ein Massenverhältnis des verbauten Stahlbetons von ca. 64% an der Gesamtkonstruktion. Betrachtet man die Phasen A bis D des Lebenszyklus (Abbildung 7) der verbauten Materialien, so zeigt sich der hohe Anteil energetisch und chemisch bedingter CO_2 Emissionen des Stahlbetons an der Gesamtbilanz, insbesondere bezogen auf die Herstellungsphase A1-A5 (Rohstoff, Herstellung, Transport). Der im Holz gespeicherte, biogene CO_2 Anteil wirkt sich bei der Ökobilanzierung jedoch positiv aus, so ergibt sich für die Phasen A1-A5 bereits eine CO_2 neutrale Bilanz je m² Gebäudenutzfläche. Unter Beachtung der möglichen stofflichen Wiederverwendung der Holzbauteile resultiert für die Phasen A bis D immer noch eine negative CO_2 Bilanz von -10 kg CO_2e/m². Angesichts der fortschreitenden Klimakrise ist eine Wiederverwendungsstrategie für neue Bauwerke alternativlos. Geht man davon aus, dass die Holzkonstruktion am Ende des Lebenszyklusses wiederverwendet wird, so ergibt sich eine CO_2 Bilanz von -160 kg CO_2e/m². Mit ungefähr 1.100 Kubikmetern verbautem bzw. gespeichertem Holzwerkstoff wird die Grundlage des Nachhaltigkeitskonzepts des Supermarktes der Zukunft gelegt.

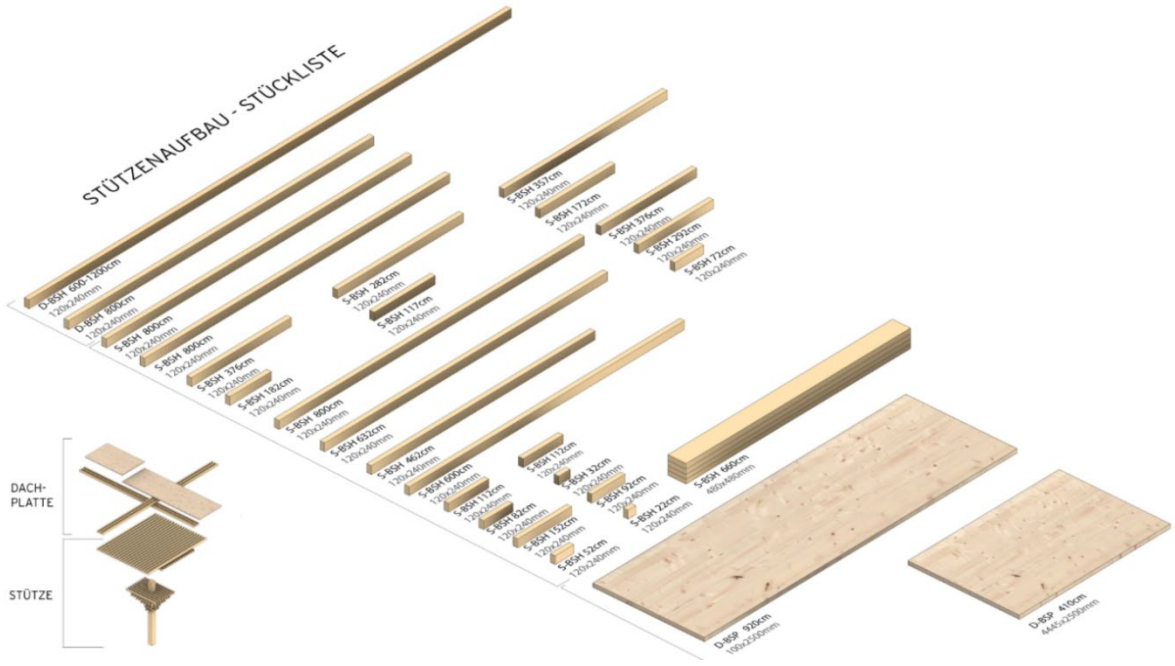


Abbildung 8: Materialauszug (material passport) eines Stützenkopfsegments (©knippershelbig)

Betrachtet man das Potential des Materialspeichers (Abbildung 8) unter Nutzung der digitalen Datensätze mit Bauteilinformationen und -katalogen aus dem digitalen Gebäudemodell, so ergeben sich nahezu unendliche Möglichkeiten einer ressourcenschonenden Nachnutzung (Abbildung 9) der genutzten Baumaterialien (re-use – «Urban Mining»). Die Informationen zu entsprechenden Materialien, deren Eigenschaften, Abmessungen und Qualitäten bilden die Grundlage diese einer späteren Wiederverwendung zuführen zu können. Wichtig sind reversible Konstruktionen, welche die Reparatur, den Austausch und die Wiederverwendung von Bauteilen erleichtern.
Abbildung 9 zeigt exemplarisch den vorgedachten Ansatz möglicher Nachnutzungen der verbauten Materialien (Phase I) im Projekt Rewe Green Farming. Die Verschraubung der Bauteile ermöglicht eine sortenreine Trennung (Phase II), die einfache und holzbautypische Bearbeitung der Rohmaterialien und Mögliche Überführung in Decken, Wand oder modulare Stabsysteme (Phase III).

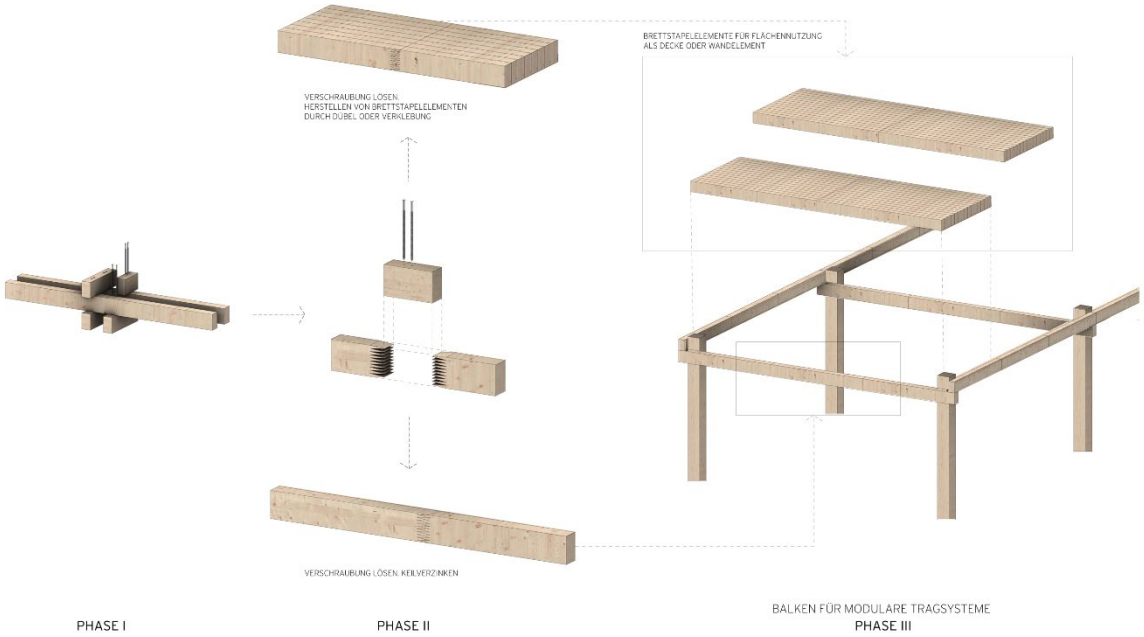


Abbildung 9: Kreislaufgerechte Konstruktionslösung bei Wiederverwendung der Holzmaterialien (©knippershelbig)

5. Ausführung

Werksseitig erfolgte von der ausführenden Holzbaufirma *Amann* eine Teilvorfertigung der Stützenköpfe. Transportbedingt wurde zunächst bis zur achten Balkenlage (Abbildung 10) im Werk montiert und vor Ort bis zur 12. Lage vormontiert, die Stütze in Position gehoben und die restlichen Balkenlagen und Deckenplatten ergänzt (Abbildung 11).

Abbildung 10: links: Vorfertigung, rechts: Vormontage (©Holzbau Amann)

Abbildung 11: links Einhub, rechts Verschraubung der Balkenlagen und Dachabdichtung (©Holzbau Amann)

Die Verbindung der sich kreuzenden Holzstapel aus Brettschichtholz wurde mit Hilfe von zwei über die Höhe jeweils versetzte, selbstbohrende Gewindeschrauben umgesetzt. Die horizontale Verbindung der Kreuzlagen mit der Stütze erfolgt über Stabdübel (Abbildung 4). Nach der Montage der einzelnen Stützen und der weiteren Lagenanordnung zur Verbindung wurde die Brettsperrholzdecke mit der 15. Balkenlage verschraubt und über Stahllaschen mit dem Rohbau verbunden.
Der Übergang der Dachkonstruktion zwischen dem Innen- und Außenbereich erfolgt fließend. Aus statischer Sicht ist die Durchlaufwirkung der Trägerlagen über die Schnittstelle zur Fassade hinaus erforderlich. Der Raumabschluss lässt sich demnach nur durch das Schließen der Zwischenräume in den Kreuzlagen herstellen. Der Fassadenanschluss und die bauphysikalisch sicherzustellende atmosphärische Trennung erfolgte durch einen Kammträger (Abbildung 12). Einen Formschluss der Kammelemente mit den durchlaufenden Trägerlagen konnte durch die millimetergenaue CNC-Fertigung der Firma *Holzbau Amann* erreicht werden.

Abbildung 12: Anschluss der Fassade an den Fassadenträger (©knippershelbig)

Zudem wurden beidseitig an den Stirnseiten der Verbindungen sogenannte «Verpressgassen» in den Abbund integriert, welche nach der Montage der Trägerlagen mit einem dauerelastischen Fugenmaterial verschlossen wurden. Hiermit konnte die Luftdichtigkeit des Fassadenüberganges zur Dachkonstruktion, bei statisch wirksamer Durchlaufwirkung der Konstruktion, sichergestellt werden (Abbildung 13).

Bild 13: Fertigung/Montage des Fassadenbalkens (©Holzbau Amann)

6. Zahlen, Daten, Fakten

Projekttermine		**Grundstücksflächen**	
Projektstart	24.03.2017	Hochbau	3.150 m²
Baubeginn	04.05.2020	Versickerungsfähig	647 m²
Eröffnung	27.05.2021	Versiegelt	6.300 m²
Holzbau		Begrünt	3.130 m²
Holzarten	Fichte / Lärche (zertifiziert aus D und AT)	GF gesamt	13.227
Holzmengen	REWE: 1.100 m³	**BGF**	
	dm: 110 m³	REWE	2.598 m²
CO2 gespeichert	ca. 700 to (REWE)	Drogeriemarkt	885 m²
Anz. Schrauben	269.000	Dachfarm	2.268 m²
Dachfarm		**NRF**	
Basilikum p.a.	Ca. 800.000 Stck.	REWE	2.310 m²
Fisch p.a.	Ca. 200.000 Stck.	Drogeriemarkt	831 m²
Stellplätze		Dachfarm	2.208 m²
Pkw	155	**Verkaufsflächen**	
Fahrrad	30	REWE	1.510 m²
E-Mobility		Drogeriemarkt	654 m²
Ladepunkte E-Auto	4 (AC & DC)	**Außenanlagen**	10.049 m²
Ladepunkte E-Bike	3		

Projektteam knippershelbig: Boris Peter (Partner), Dr. Jan Mittelstädt (Projektleiter), James Green, Amanda Thudén, Adam Seidel, Volker Hass, Paul Prinzig, Shiva Saki

Ausführung Holzbau: Holzbau Amann, Weilheim-Bannholz, Hendrik Pfeffinger

7. Literatur

[1] Engel, H. (1997) Tragsysteme, Structure systems. Obertshausen: Hatje Cantz.

[2] Holzbau Atlas (2003): Birkhäuser Verlag für Architektur

[3] Holzbau mit System (2014): Birkhäuser Verlag für Architektur

[4] Eurocode 5 für Deutschland (2013) Kommentierte Fassung Berlin: Ernst & Sohn.

World of Volvo, Gothenburg – Pushing the Boundaries

Johannes Rebhahn
WIEHAG GmbH
Altheim, Österreich

Martin Stenberg Ringnér
Henning Larsen Architects
Copenhagen, Denmark

World of Volvo, Gothenburg – Pushing the Boundaries

1. Purpose of the Building and Architectural Intent

1.1. General

The World of Volvo is a unique experience center and meeting place for the famed Swedish brands, Volvo Cars and Volvo Group in Gothenburg that puts its focus on Scandinavian landscape, environment, and traditions.
After winning the interview competition for World of Volvo in late 2018, Henning Larsen started with the development of this new landmark building for Gothenburg.

«This project is incredibly special to us,» says Søren Øllgaard, Design Director at Henning Larsen. «With its deep connection to Scandinavia, from its landscapes to its architectural tradition, World of Volvo has given us to the opportunity to explore the profound relationship between architecture and the natural environment.»

Picture1: Rendering – Southwest view

World of Volvo will unite the brands of Volvo Group and Volvo Cars to share the history, tradition, and future of the famed Swedish brand in a single structure. It will be an embodiment of the Volvo brand values and aspirations.

«We commit to create a landmark, a new icon and destination in the city centre of Gothenburg. We also commit to gathering people in an inspiring meeting place reflecting Volvo's human centric approach and perspectives. Our aim with World of Volvo is to deliver a premium experience in a place where we combine entertainment; exhibitions, talks, conferences, and music, as well as food, drinks and shopping says Magnus Wrahme CEO at World of Volvo.

Located in Gothenburg's Event district (home to many of the city's museums, parks, and entertainment venues), the project is expected to be completed in late 2023 and open to visitors in 2024.

Picture 2: Rendering – Interior view to one of the tree trunks

1.2. Allemansrätten

World of Volvo is designed around the Swedish concept of «Allemansrätten», (Jedermannsrecht in German) denoting the fundamental right that all citizens share to nature: the right to roam freely on any land (public or private), showing consideration for nature and for others. This tenet has become not just a right, but a central part of the Swedish ethos and one that lives in citizens, businesses, and organizations alike – Volvo included. The circular form of World of Volvo, encompassing both care of nature and consideration for people, encourages visitors to make their own experience both inside and outside, regardless of whether they hold tickets to the exhibitions inside.

«Our goal was to give form to something very essential to the Swedish spirit. World of Volvo's circular form, the timber materiality, its integration with the landscape, and, fundamentally, its openness – these things are all parts of a core collective identity», says Martin Stenberg Ringnér, Associate Design Director, Sweden.

World of Volvo's timber construction is at once the most forward-facing and most traditional element of the project. While Sweden (like many Nordic countries) has a long tradition of timber construction, World of Volvo takes a decidedly modern approach. The beams and columns are built from glulam timber. Computer-controlled fabrication allows the curved glulam pieces to be cut with a high degree of precision. Rigidity and continuity in the structure is guaranteed with metal connectors that can be hidden inside the wooden members. The floor and roof slabs are made of locally sourced CLT, cross laminated timber.

1.3. Embracing Swedish Nature

The reference to nature in the arcing «branches» and roof «canopy» is by design, with the concept for the structure centered around the idea of The Mountain (the landscape and building's base) and The Tree (the building itself.)

The large landscape that surrounds the building brings the nature of Sweden to the center of Gothenburg, covering the area in delicate flowers and native plants that bloom between, rocky outcroppings and meandering paths. And just like in the landscapes across the country, visitors are encouraged to inhabit the landscape however they like, keeping in mind the principle of *allemansrätten*: leave no trace.

Picture 3: Landscape on top of main roof plus pavilion

The approach brings a native piece of Swedish nature to the middle of the city of Gothenburg. The landscape, from the Swedish quarries and the wooden structure, built with the pine trees, moss, and shrubs of the Swedish forest, make up the nature surrounding World of Volvo.
Growing out from the Mountain are three vast «Trees», their trunks large enough to contain small exhibit spaces, vertical circulation, brand exhibition, and service functions. The open space between the trees is left largely empty, save for sculptural stairs (the fertile Swedish forest floor) that link the level and exhibit items that dot the floor. The interior space blends smoothly with the outdoors, a floor-to-ceiling glass façades creating a seamless transition into the sprawling nature beyond.
A fundamental conceptional target was to build a meeting place. What a fabulous idea to create with three tree trunks a memory to the meeting place many years ago (as per picture 4).

Picture 4: «Meeting place» – many years ago

1.4. A New Icon for Gothenburg

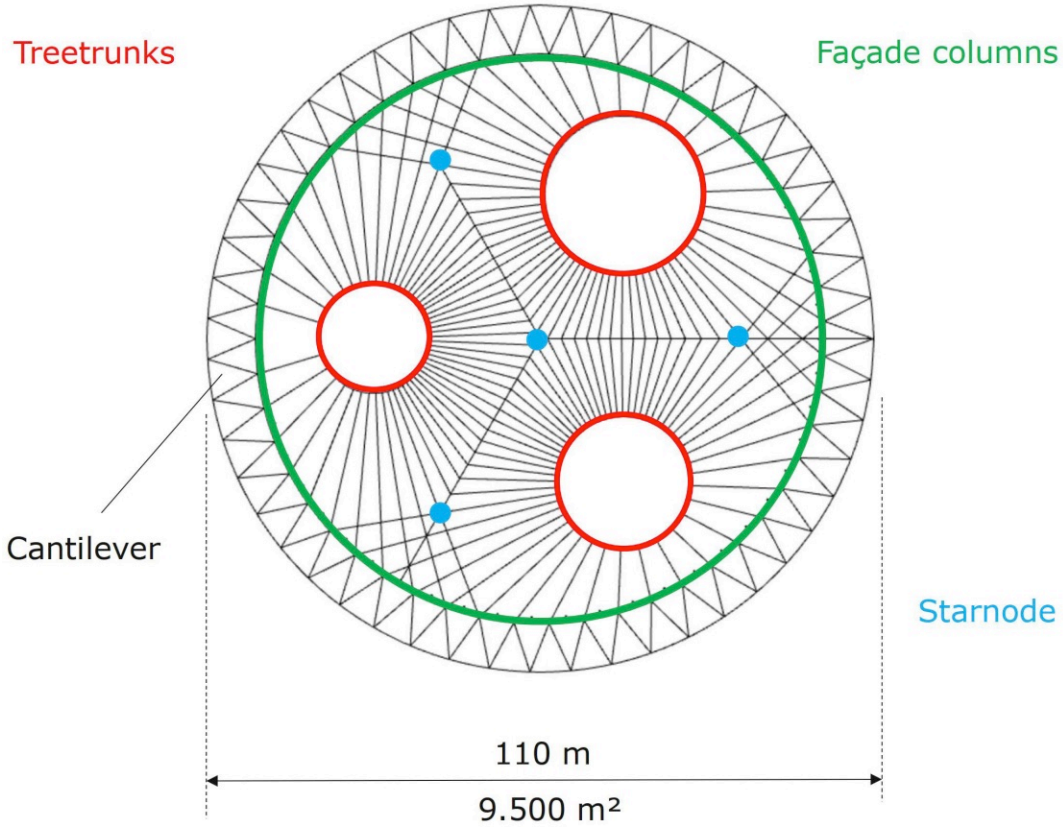
Located along Mölndalsån, the site for World of Volvo links to a promenade that traces the stream's eastern bank up to Gothenburg's city center. A number of green and functional cross-links of different types connect both sides of the river, allowing visitors to wind their way towards the site as they choose. While these links promote physical accessibility for walking and cycling, they also restore Mölndalsån's and visual connectivity.
On the other side of World of Volvo site passes the E6 highway, from which travellers will catch a high-speed glimpse of the project's tilted roof and exhibitions inside (Picture 5). Whether passing from the east at 80km/h or from the west at 5km/hm the building doesn't fully reveal all its spaces from within. It is up to the visitors to make their way and determine their own experience.

Picture 5: Rendering – northeast view from the highway

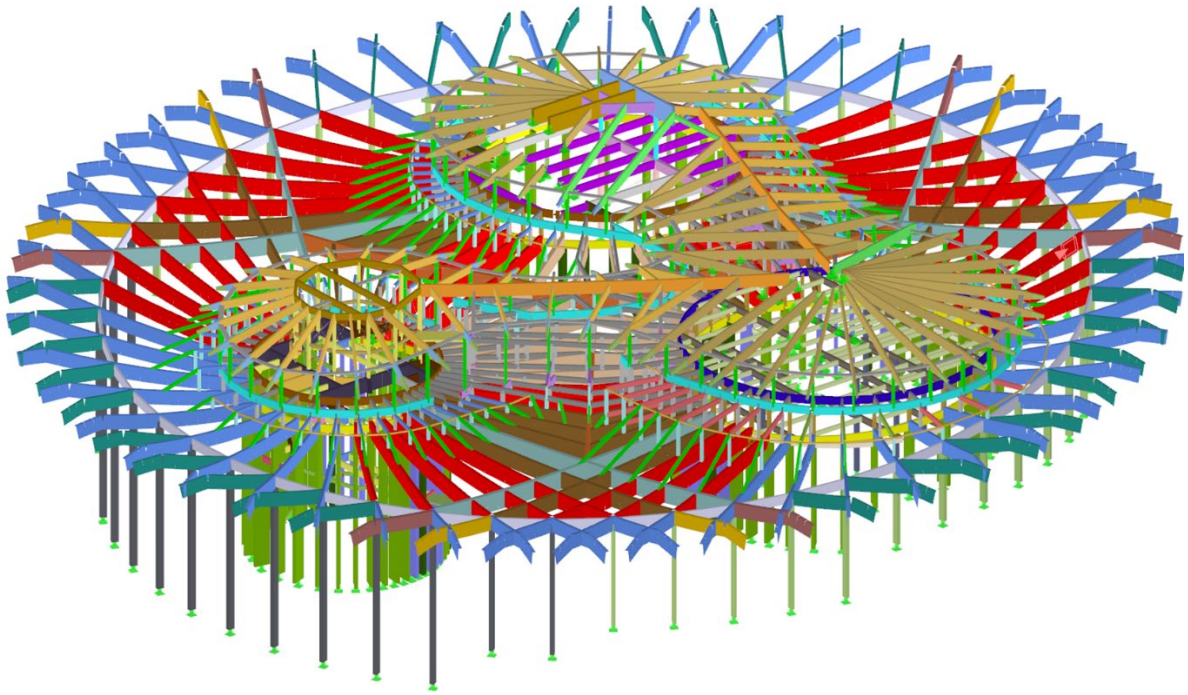
2. Design, Fabrication and Install of the Timber Structure

2.1. Total Stability

When WIEHAG joined the design team, the total stability of the timber structure was first challenge to solve.
The vertical loads are transferred from the roof beams to the façade column and tree trunk columns.
As there is another building (the pavilion) standing on top of the main hall, plus a quite organic shaped park landscape on the main hall roof, the loadings onto the main hall structure rolled out as fairly extreme.
The beam layout of the main hall has a kind of regularity (see picture 6). WIEHAG tried out several options of where to make the beams continuous, where to splice them and where to put pinned or moment rigid connections. At the end of the process, we decided on rigid star nodes in the location of the worst deflection, and to make all beam junctions as moment rigid. This means there is not a primary / secondary hierarchy, as it is a moment rigid grid.
There was a strong architectural requirement for «no bracing» in the façade line, and whilst bracing in this outer circle would have been an immense help with achieving total stability, it would not have met the architects vision: Plus, if it had been easy, WIEHAG would not be on the job!
Therefore, the total lateral stability is achieved with a combination of portal frames with moment rigid corners, and the diaphragm action of the CLT roof deck.
The cylindric form of tree trunks with the tension ring on top also gives some lateral stability, as it works similarly to a huge vertical tube. All columns are pinned at the base connection using WIEHAG's neat factory fitted connectors.



Picture 6: Plan view – Beam layout of main hall



Picture 7: Total 3D structural model (Dlubal)

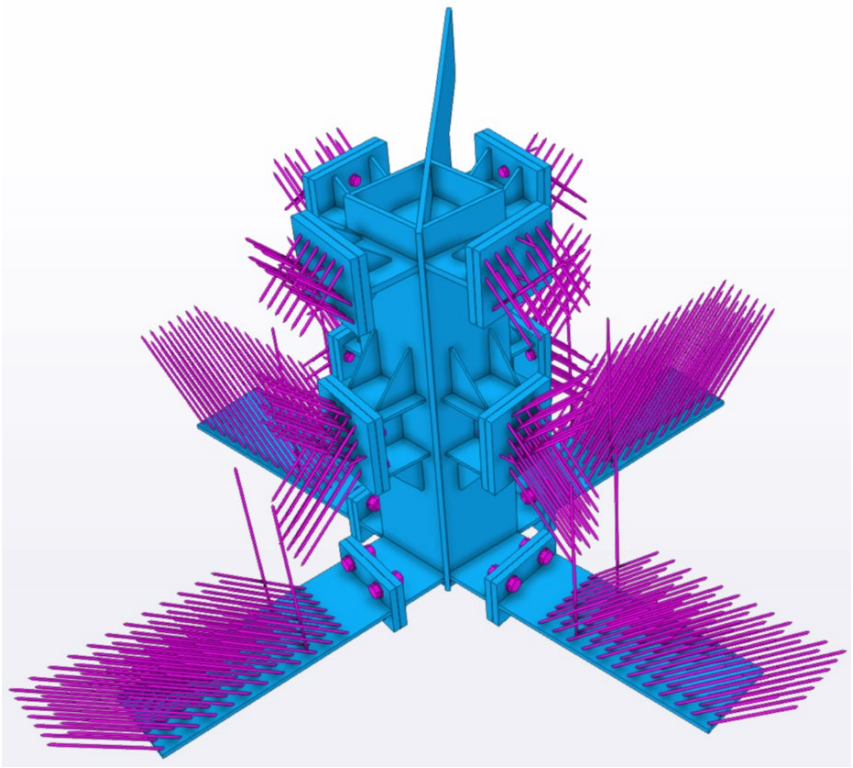
2.2. Details

The corner connection of column to beam is not only the architectural signature detail, but also the most important structural connection. With forces of up to 2,300 KNm being taken by this connection.
We decided on a machined curvature, rather than to manufacture it as a bended solution, which would have resulted in very thin 15mm deep laminations, in lieu of the standard 41mm deep lamination that Glulam is manufactured from.
Steel plates with inclined screws take the tension and in combination with a defined compression zone, the moment can be transferred from the beam to the column. Screws for shear forces and very long reinforcement screws perpendicular to the grain, complete this highly engineered detail.

Picture 8: Curved corner connection during installation

Picture 9: Tree trunk corner as signature detail, all steel connectors are embedded

The Star node turned out at as a real beast (see picture 10)! As you can see the moments lead to high tension forces at the bottom and plenty of screws. We analyzed the node itself with FEM to ensure that we have the proper plate thickness.



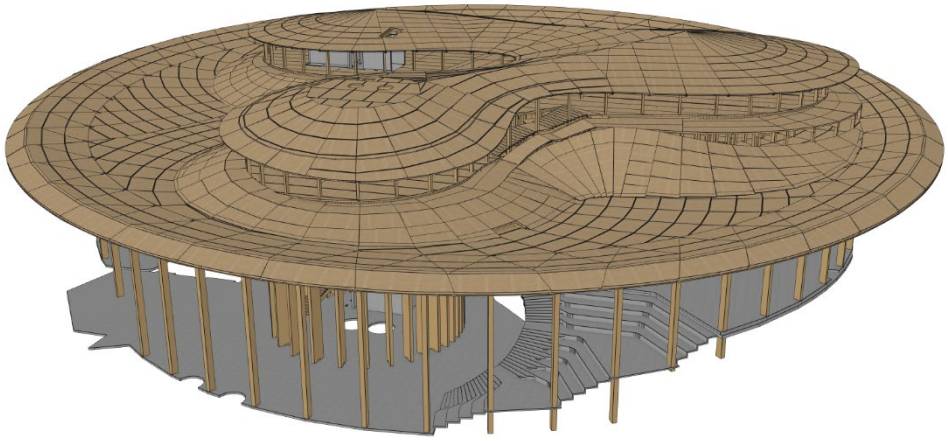
Picture 10: Star node

If you are working with these high reactions, you have no chance with minimally invasive or standard connectors. Instead, it automatically leads to using really heavy steel nodes and very long screws.
The steel parts are all embedded and preassembled, meaning that almost all of the screws are precision installed at the factory. However, some bolts are site fixed, and therefore you need to get access to them during the installation phase. To cover these access areas, we used more than 4,000 timber infill panels made of three-layer boards (see picture 11). They are all test fitted in the factory to match with the direction of the grain. On site they have been removed and temporary fixed just next to the connection. We have learnt through experience that this is a good idea, as it avoids a logistics nightmare or puzzle game! However, the exposure to UV light could lead to lighter marks on the beams surface where the boards have been temporary fixed (like a visible hand on a sunburn). Therefore, this exposure to UV should be as short as possible.

Picture 11: Cover plates around star node

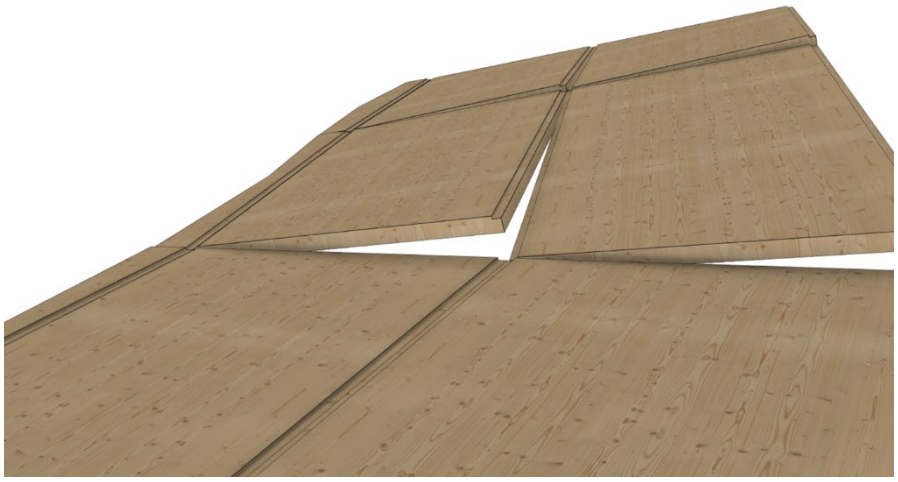
2.3. CAD Model

How do you start the CAD design on such a complex organic structure which goes over various levels? You need to start somewhere with a frozen line or frozen points: in our case that was the top line of the roof beams in the main hall and the column base points. Two of WIEHAG's engineers worked for more than a year to complete the 3D model, shop drawings and installation drawings. In total almost 9,000 drawings have been generated by WIEHAG for the timber structure.
Cadwork and parametric design were combined to create the 3D model, and the cloud-based BIM platform «Trimble Connect» was used to coordinate the timber model with other trades, which was vital to effectively deal with interfaces of the different packages.



Picture 12: 3D CAD model

The requirement to warp the CLT roof slabs, raised the question of how to implement that in the model? If you draw it warped in the model you also require additional flat shop drawings for fabrication. So, we decided instead to only draw it flat in the model. This means only three points of the panel are sitting on the glulam, which looks a bit funny, but works in the end! (See picture 13). We also tested the warping with a mockup to be sure that it can be easily installed on site.



Picture 13: Close-up: CLT – Warping

2.4. Fabrication & Shipping

The glulam is made of PEFC certified European Spruce, with a strength class of up to GL30c. Most of the glulam's is block glued due to the wide cross-sections.
Although one of our five giant CNC machines was completely reserved for this job, it turned out that this was the bottle neck during the fabrication process. However, we had factored in for a decent buffer of the product, which was stored at our factory and prevented any production related delays on site.
The pre-assembling of steel parts at the factory is very important in order to enable a quick and safe installation on site, as well as resulting in clean and neat connections.
The Glulam was shipped 1,400 km from WIEHAG's Factory in Altheim, Austria to Gothenburg. Thanks to Stora Enso's Swedish facility in Grums, whereas the CLT only had to travel 220 km. The max beam length of 33m was not a real challenge as the final route from the motorway to the site was wide enough for the turning circle of the vehicles. WIEHAG organized the permits, escort cars and night deliveries which were required for delivering these long span elements with the minimal disruption.
Obviously, only Volvo trucks were used for all deliveries of this package!

2.5. Installation

Three tower cranes were available for all of the trades, so effectively WIEHAG could use on average 2 tower cranes at any one time. Numerous MEWP's of different sizes provided safe access to the connections.
The 2,200 Glulam and 2,750 CLT single items were installed within 28 weeks. This is a really speedy mixed rate of only 20 minutes per item, using two cranes and 2 crews.
Only 65 printed installation drawings were provided for the crew on site, which is very few in relation to the scale and complexity of the project, and underlines how much prefabrication as carried out offsite by WIEHAG.
Nowadays tablets and mobile phones are complementing the large printed drawings, plus «Trimble connect» and Stora Enso's software «CLT360» were also of great help with coordinate the installation, and illustrates how the industry is embracing this new technology.

Picture 14: Birdsview during installation of timber structure

The minor challenges that occur on any project were quickly solved with screensharing between WIEHAG's engineers in Austria and the team on site.
As water is the greatest enemy of timber, proper water management and temporary protection is vital to maintain the quality of the timber structure during the installation phase. A factory applied two pack clear hydrophobic UV coating was used to protect the glulam during the rainy days in Gothenburg.
The joints of the CLT were taped in one go with the installation. But of most importance was the good coordination with WIEHAG and the roofer, who was closely following us to apply the watertight membrane. On days with a sunny forecast, we could even forget about the temporary tapes as the roofer was so quick!
Please see picture 14 where you can see the black bituminous membrane which was adhered onto the CLT to form a weather tight barrier.

2.6. Summary

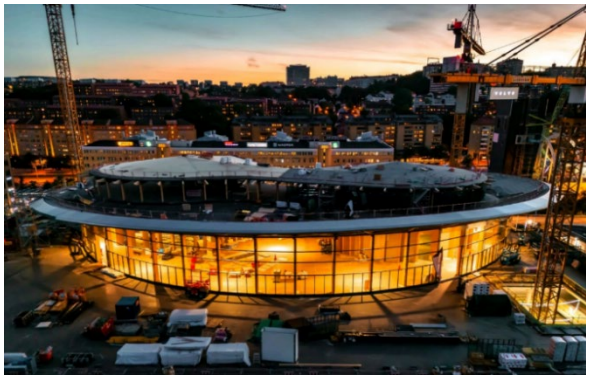
WIEHAG are globally acknowledged as one of the leading pioneers in timber engineering, and are constantly seeking to push the boundaries using this sustainable, renewable, low carbon material. With the combination of scale and complexity, the World of Volvo is definitely one of these projects, elegantly demonstrating what is possible with sustainable timber design. The team has created an outstanding building that is sure to influence and encourage forward thinking clients and Architects to build in timber for years to come.

«Architecture is currently in the midst of a timber renaissance, with new milestones in timber construction being reached at breakneck pace,» explains Filip Francati, Lead Design Architect at Henning Larsen. «But despite strides in structural development, aesthetic expression hasn't kept pace. World of Volvo has been an exciting opportunity to push the boundaries and we hope that it can set a new standard for the many ways we can use timber in architecture.»

To make projects like this happen needs early engagement, collaboration and teamwork between all parties (plus a bit of luck!). Henning Larsens Architects approach met exactly with the clients requirements, and where brave enough to decide on timber.
Lindner Scandinavia led by Stefan Abrahamson, provided the key package of works for the project, including WIEHAG's structural timber, the ceilings and the façade. Their contribution to the whole process was crucial to keep the project on track.
The local builder BRA Bygg conducted this complex orchestra of so many different trades to a beautiful piece of music!
And most important of all, the great and generous idea of Volvo to invest in such a high-quality landmark building to the city of Gothenburg.

Picture 15: Teamwork; Design workshop incl mock up presentation at WIEHAG's factory

3. Impressions



4. Facts

Project name: World of Volvo
Client: World of Volvo
Location: Gothenburg, Sweden
Typology: Experience Center and meeting place
Concept: 2018
Construction Start: 2020
Expected Completion: 2023
Inauguration: 2024
Size: 22,000 m^2; 110m Diameter, 6000m3 of mass timber
Certifications: LEED Gold and WELL Gold
Main contractor: BRA Bygg
Architect: Henning Larsen
Landscape: Henning Larsen
Renders: Kvant1
Clients Structural Engineer (ground/concrete/steel): Optima Eng. AB & BRA Teknik
Façade and Interior claddings by Lindner Scandinavia AB
Timber Structure: Engineering, Production & Installation by WIEHAG GmbH

SuperHub Meerstad – more than a supermarkt

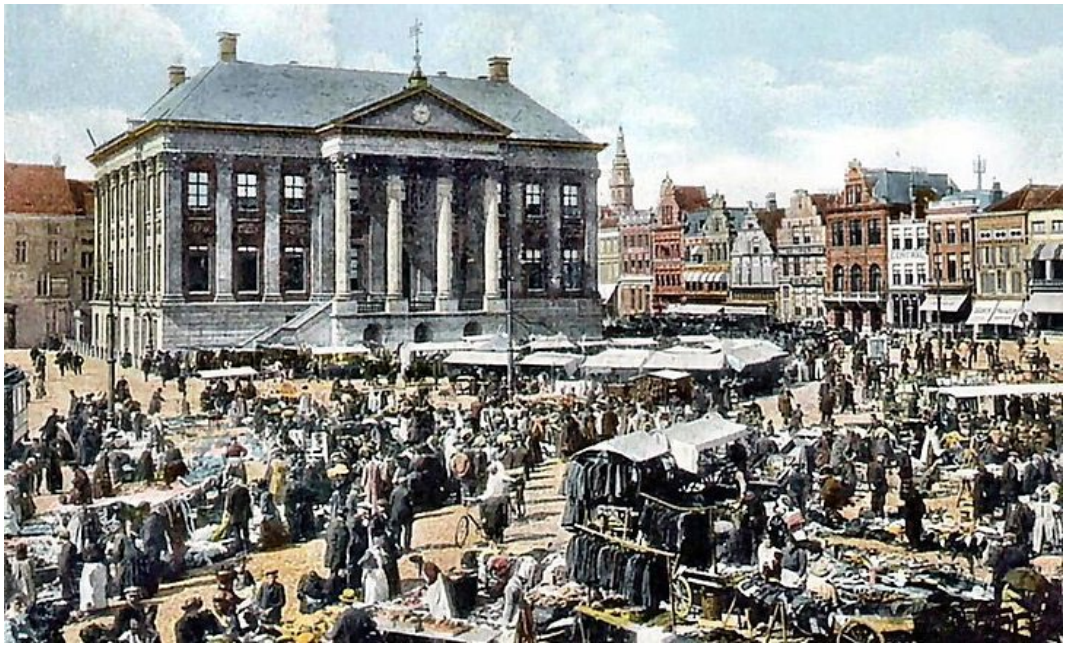
Erik Roerdink
De Zwarte Hond
Groningen, The Netherlands

SuperHub Meerstad

Meerstad is the greenest part of Groningen, known for its space, greenery and the lake – the Woldmeer – that was recently created there. There's no rumbling traffic here, but only the rustle of reeds. It's a place that inspires an energetic lifestyle, where sustainability is the most natural thing in the world. In the coming decades, about 5,000 homes will gradually be built in this area. SuperHub Meerstad will take on the function of the neighbourhood's centre – a function that will grow with the development of the district.

Picture 1: Situation Groningen-Meerstad

Erik Roerdink, partner and architect, De Zwarte Hond: «SuperHub is about creating the supermarket of the future. The building is more than a supermarket. It's also a meeting place, in the way that the market used to be a place for meetings.»



Picture 2: The Groningen market: a place of meeting

Picture 3: SuperHub: the supermarket of the future

1. Facilities and experience

The idea behind the design of the building is that it will grow with the developing neighbourhood and continue to offer opportunities for all kinds of functions. Initially a supermarket, later it can also be used as a place to live, or a school, museum or community centre. A pioneering building that grows with the neighbourhood, in addition to providing basic necessities it also provides spaces for meeting, activity and entertainment. In filling public functions, it acquires a social role. This means that the building will have to be extra attractive to ensure that people enjoy spending time there.
The design for SuperHub is currently a spectacular supermarket that offers you views of the surrounding nature while shopping. Shopping here is a special experience. In addition to the supermarket, there is also a café with a terrace in the park and a parcel service point.
Because SuperHub is located in a park, it is really important that it fits in with the environment. Due to its all-round character, SuperHub Meerstad easily blends in with the school and the homes on the north side of the building. At the same time, there is a connection on the south side with the newly constructed Meerstad Park and the Woldmeer, which provides views of greenery and water. The building is located at the intersection of important access roads and recreational routes and is easily accessible from all sides, including by bicycle.

Picture 4

Picture 5: SuperHub is a building that grows with the city

1.1. Building in wood

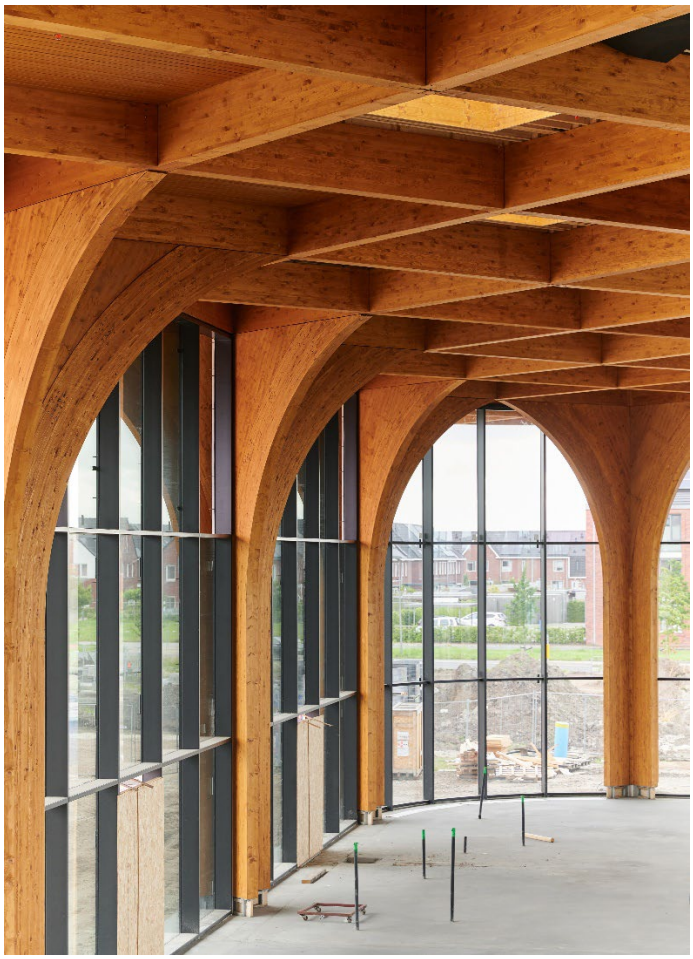
SuperHub Meerstad is built from wood. We consider timber construction important from the point of view of sustainability and climate. The advantage of building in wood is that the construction site becomes an assembly site. Everything is made in the factory and assembled on site. That means a short construction time, a clean construction site and less chance of mistakes. Wood is light, natural, easily adaptable, has a good insulation value and it captures CO2 instead of emitting CO2 like concrete. A wooden building has the pleasant property of providing a healthier indoor climate compared to a traditional building. Wood smells pleasant and provides a natural and warm appearance; it ensures tranquility and a pleasant quality of stay.
De Zwarte Hond builds on best practices from previous timber construction design assignments, including the wooden station in Assen, a villa with a solid wooden oak façade on Schiermonnikoog, an urban plan with wooden buildings in Bremen, the wooden head office and work building of Alliander in Amsterdam, and a wooden tower as an addition to an existing high-rise complex in Rotterdam.

1.2. Curved frames and grid

The building consists of a diagonal grid of cross-shaped curved trusses. The shape of the truss changes from a column to a girder thanks to its elegant curvature, which creates a spectacular image. The cross shape of the wooden trusses guarantees the rigidity of the construction and results in a high degree of internal flexibility. With a round or square column the building would fall over, but with this column shape it will remain standing. This means that no large-scale wind bracing is required, ensuring maximum transparency in the façade which has a very slim, steel, storey-high curtain wall with curved corners and with no auxiliary construction. The 10-metre-high building has a large wooden roof with an overhang of five metres. The canopy embraces the environment in an inviting way and shields the transparent building from the sun. The shape of the columns and beams, combined with the diagonal grid, is what creates the cathedral-like experience of the building.

Picture 6

Picture 7



Picture 8

Picture 9: In the future, it will be possible to accommodate other functions

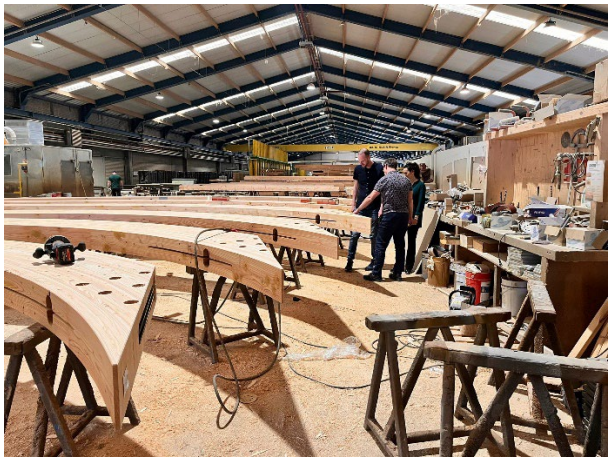
1.3. Flexibility and adaptability

The building was deliberately designed with a height and column grid, making it suitable for other functions in the future, such as a community centre or even housing. The floor of the building is designed for a large load and the whole building is one large fire compartment.

We have increased the flexibility of the building by not concealing the technical installations in the building, but opting for open installations. The interior and technology are therefore easy to adapt or replace over time.

1.4. Wood texture

How do you make the laminated wood used in the design? Wooden planks are glued together and pressed against each other in moulds in order to achieve the curved shape. The curves are functional, connecting the columns and the beams. After sanding and planing, the holes and connections are added using a 3D mill. This is a purely wooden building, since no concrete surfacing is required to resolve aspects such as noise. Acoustic cloth will be installed in all sections between the beams, with wooden slats underneath with space in between, so that the entire roof has an acoustic function.



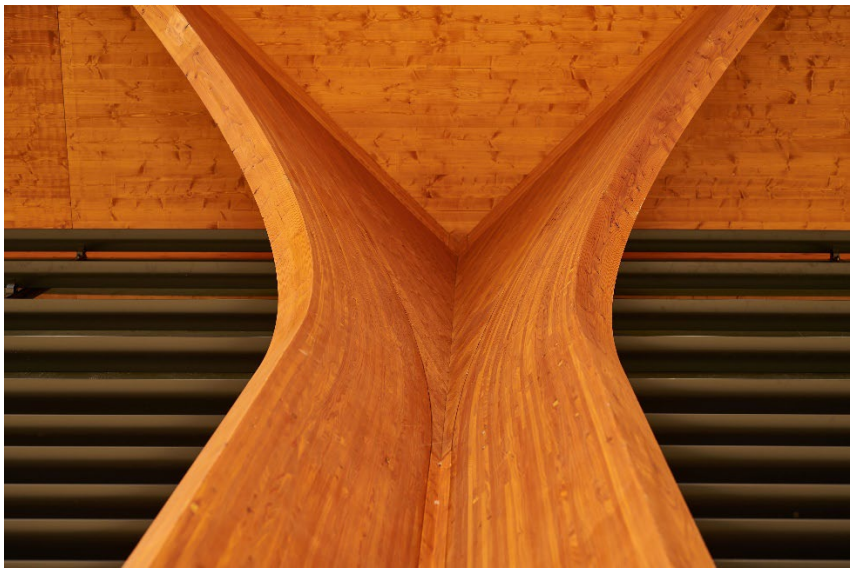
Picture 10

1.5. Earthquake proof

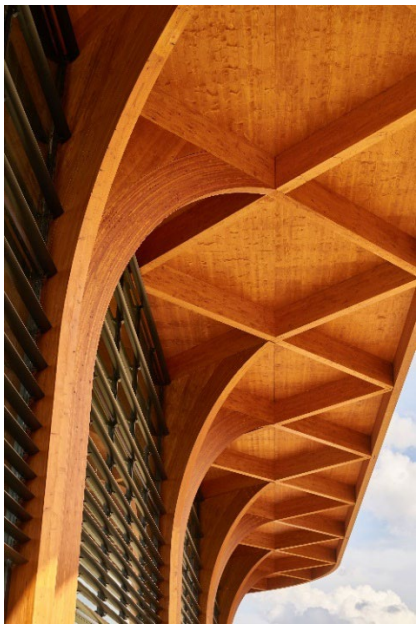
Due to its location in this part of Groningen, the building has been made earthquake resistant. The nice thing about wood is that it is light and that it can absorb the vibrations of an earthquake well. If a crack occurs in the wood, further cracking is prevented by the specific use of screws.

1.6. Sustainable roof

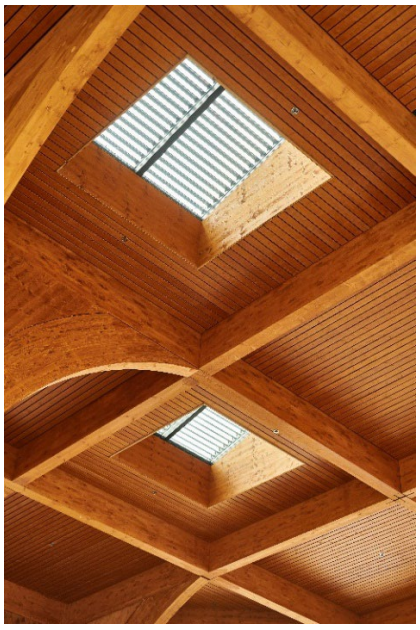
The roof is also optimally used by installing solar panels and roof plants for bees and other insects. Technology – in the form of an air treatment system and heat/cold storage from the ground – is integrated in the building to ensure an optimal, energy-efficient indoor climate. In the building grid there are several skylights that bring extra daylight into the heart of the building.



Picture 11



Picture 12



Picture 13

1.7. Sustainability ambitions

With Meerstad we are aiming for the highest achievable sustainability certificate. MWPO and De Zwarte Hond hope that Superhub will be a driver for timber construction and bio-based construction. This is why actors with expertise in this field, such as Pieters Bouwtechniek and DGMR, are involved in this project.

1.8. CO2 impact

Trees are indispensable for reducing CO2. Building with wood is interesting because CO2 is stored in trees. This makes SuperHub Meerstad a CO2-positive building! For all the wood used for SuperHub, we are ensuring that new trees are planted. The wood comes from the Netherlands, Scandinavia and Central Europe.

2. Facts and figures

Footprint: -262,680, (0 kg CO2 EQ)

Beams/columns: 350, of which 88 arched columns

spruce laminated: 230 m3

larch laminated: 70m³

CLT roof sheet: 120 m³

spruce from: Scandinavia and Central European forests

larch from: the Netherlands (Staatsbosbeheer)

Photography: Ronald Zijlstra

www.dezwartehond.nl

Picture 14

Roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus

Oliver Fried
Dipl.-Ing.(FH)
Leitung Projektvertrieb
Rubner Holzbau GmbH
Augsburg, Deutschland

Roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus

1. Projektvorstellung

1.1. Projektsteckbrief

Mit Roots, das unter dem Arbeitstitel **«Wildspitze Hamburg»** bekannt wurde, erhält die HafenCity in Hamburg ein weiteres architektonisches Wahrzeichen mit zwei verschiedenen Gebäudeteilen mit insgesamt rund 36.000m² Bruttogrundfläche.

In den 20 Nutzgeschossen des **Turms** (davon 16 in Holzbauweise) befinden sich die **Ausstellungsräume, Verwaltung und Büros** der Deutschen Wildtier Stiftung sowie **private Wohnungen**.

Im mit insgesamt sieben Geschoßen niedrigeren Baukörper (davon sechs in Holzbauweise), dem L-förmig angeschlossenen **Riegel**, sind ebenfalls Wohnungen untergebracht.

Auf einer Bruttogrundfläche von rund 20.600 m² entstehen **181 Wohneinheiten**, davon 128 Eigentumswohnungen und 53 öffentlich geförderte Wohnungen.

Die Nutzung des Baustoffs Holz garantiert dabei für ein natürliches Wohngefühl und ein gesundes Raumklima, sowie eine zukunftsfähige Nachhaltigkeit. Aktuell befindet sich das Projekt in der Bauphase, die gesamtheitliche **Fertigstellung** ist für 2024 geplant. Planungsbeginn war 2018.

Die baurechtliche Gebäudehöhe beträgt ca. 65m, die maximale effektive Gebäudehöhe vom außen zugänglichen Warftgeschoss bis zur Oberkante Attika des Turmes beträgt ca. 72m.

Insgesamt werden ca. 5.500 m³ Nadelholzbauteile verbaut. Es würde nur 23 Minuten dauern, bis dieses Holzvolumen in deutschen Wäldern nachgewachsen ist.

1.2. Projektbeteiligte

Bauherrschaft: Garbe Immobilien-Projekte GmbH, 20457 Hamburg, www.garbe-immobilien-projekte.de

Deutsche Wildtier Stiftung, 20251 Hamburg, www.deutschewildtierstiftung.de

Architektur: Störmer Murphy and Partners GbR, 20459 Hamburg, www.stoermer-partner.de

Tragwerksplanung: ASSMANN BERATEN + PLANEN GmbH, 20459 Hamburg, www.assmann.info

Brandschutzplanung: Hahn Consult, 22303 Hamburg, www.hahn-consult.de

1.3. Projekthistorie

2016 Erster Wettbewerb (Störmer Murphy and Partners, Garbe und Assmann) für einen Holzbau in der Versmannstraße, Impuls für die Stadt Hamburg und Garbe, einen Holzbau in der HafenCity zu entwickeln.

2017 **Innovations-Bewerbungsverfahren**, verknüpft mit der Anforderung, dass das Gebäude eine öffentliche Nutzung hat. Deutsche Wildtier Stiftung wurde als Miteigentümer gewonnen. Ausschreibung des heutigen Grundstücks. Parallel Konzeptentwicklung zur Bebaubarkeit. Ende 2017 Vorstellung vor der Oberbaudirektion und der Öffentlichkeit, daraufhin Zuschlag für das Bewerbungsverfahren.

2018 **Offizieller Planungsbeginn** LPH 2, Förderung besonderer Leistungen in der Holzbauplanung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

2019 Schallschutz-Mockup, Suche nach Holzbauer, Umplanung Kostenoptimierung, Vereinfachung des Schallschutzkonzeptes. **Einreichung des Bauantrages**.

2020 Baugenehmigung und Baubeginn

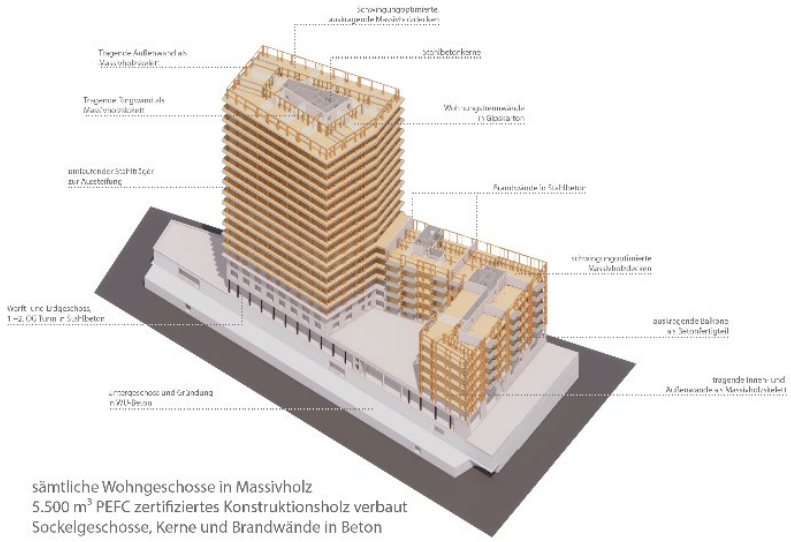
2022 Montage Holzbau

2024 Geplante Fertigstellung

2. Planung

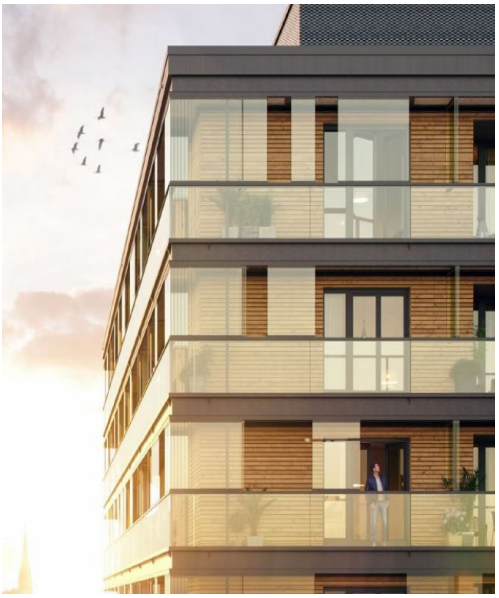
2.1. Architektur, Tragwerksplanung und Brandschutz

Die Unter- und Erdgeschosse, sowie die ersten zwei Obergeschosse des Turms, die Erschließungskerne, die notwendigen Brandwände und das Riegeldach werden in konventioneller **Stahlbetonkonstruktion** realisiert.



Alle weiteren 16 Obergeschosse des Turms und sechs des Riegels erhalten hoch lastabtragende **Außenwände und Innenwände in komplett vorgefertigter Elementbauweise** und **Decken** aus unterseitig mit Gipskarton verkleideten **Brettsperrholz-elementen**. Im Turm kragen die Decken für die Nutzung als umlaufende Galeriegänge und Loggien aus und werden in diesen Bereichen mit Stahlbetonfertigteilen belegt.

Sämtliche nichtragende Wohnungstrennwände und weitere nichttragende Innenwände werden als konventionellen Trockenbaukonstruktionen erstellt.



Der Turm wird mit einer **unbehandelten Lärchenholzschalung** weithin sichtbar in Holz bekleidet. Eine **zweite Fassade aus Glas** schützt die umlaufenden Galeriegänge und Loggien vor Wind und Wetter. Im Gegensatz dazu erhält der Riegel eine direkt bewitterte **vorvergraute Lärchenholzschalung** und angehängte Balkone aus Stahlbetonfertigteilen.

Die notwendige **Robustheit** erreicht das Holzhochhaus mit den Deckenscheiben aus 240mm dickem Brettsperrholz, welche die Aussteifungslasten an den Stahlbetonkern weiterleiten und mit einem in der Fassade umlaufenden Zugband aus einem sichtbaren Stahlprofil UPN400. Außerdem wird eine erhöhte Robustheit im Turm von **zusätzlichen 30 Minuten Brandwiderstand** gegenüber der Anforderung feuerbeständig angesetzt.

Die **Brandschutzanforderungen** R120 an die Tragfähigkeit, E90 an den Raumabschluss und I90 an die Wärmedämmung im Turm wurden mittels brandschutztechnisch wirksamer Bekleidung in Kombination mit auf Abbrand nachgewiesenen Holzbauteilen realisiert. Zusätzlich sieht das **projektbezogene Brandschutzkonzept** eine vollflächige redundante Sprinkleranlage in den Wohnungen und Erschließungskernen vor, sowie eine redundante Trockensprinklerung in den Galeriegängen und Loggien. Auskragende Brettsperrholzdecken als Brandriegel und Verblockungen der Hinterlüftungsebene in der brennbaren Fassadenbekleidung vervollständigen das Brandschutzkonzept. Der Riegel wurde als R90-Holzkonstruktion mit konventionellen horizontalen und vertikalen Brandriegeln aus Stahlblech erstellt.

Gemäß Bewertung der Brandschutzplanerin und der zuständigen Behörde gibt es für die Konstruktion, welche «sich aus tragenden Massivholzstützen und Riegeln sowie Geschoßdecken und zum Teil einer Brandschutzbekleidung» zusammensetzt, keine geregelten Verwendbarkeitsnachweise. Auch für eine Vorfertigung im Werk gebe es für die «aufgelöste Massivholzbauweise» keine Verwendbarkeitsnachweise. Es wurde deshalb eine **vorhabenbezogene Bauartgenehmigung** der obersten Bauaufsichtsbehörde vorgesehen. Hierzu erfolgt als Ersatz für den Verwendbarkeitsnachweis eine gemeinsame Dokumentation durch den Prüfingenieur und die Brandschutzfachplanerin. Grundlagen dafür sind eine Erstüberwachung im Werk, weitere Überwachungen während des Produktionszeitraums und Überwachungen auf der Baustelle. Die Maßnahmen der **werkseigenen Produktionskontrolle** wurden um Prüfungen von brandschutztechnisch relevanten Eigenschaften der Materialien ergänzt.

2.2. Weitere Planungsdisziplinen

Zusätzlich zu den grundsätzlichen Planungsanforderungen der TGA-Planung, des Schallschutzes, des Wärmeschutzes, des Holzschutzes und der Luftdichtheit wurde ein **Toleranzkonzept** und **Witterungsschutzkonzept** erarbeitet.

Das für den Hochhausbau relevante **Stauchungskonzept** sieht in Verbindung mit den statischen Belastungen des Holzbaus und des Stahlbetonbaus Lösungen mit unterschiedlichen Holzstützenquerschnitten und Holzwerkstoffen vor. In den oberen Geschossen und bei nicht stark belasteten Stützen kommen **Brettschichthölzer aus Fichte** zum Einsatz, in den mittleren Geschossen und bei mittel belasteten Stützen **Furnierschichtholz aus Fichte** und bei hochbelasteten Stützen in den unteren geschossen wird **BauBuche** verwendet.

Nachhaltigkeitsanforderungen aus dem «Umweltzeichen HafenCity Platin» runden die insgesamt sehr hohen Anforderungen in allen Belangen ab.

2.3. Integrale Planung

Die in diesem Pilotprojekt insgesamt **sehr hohen Anforderungen über alle Planungsdisziplinen hinweg** in Verbindung mit einem Hochhausbau aus Holz auf schwierigstem Baugrund und in Hafenlage machte eine interdisziplinäre Planung unabdingbar.
Der Auftraggeber entschloss sich somit sehr frühzeitig zusätzliche Holzbaukompetenz von ausführenden Holzbauunternehmen in das Planungsteam einzubinden.

3. Angebotsbearbeitung und Beauftragung

3.1. Angebotsbearbeitung(en)

01/2019 Erhalt Unterlagen Entwurfsplanung zur Kostenschätzung GU-Leistung.

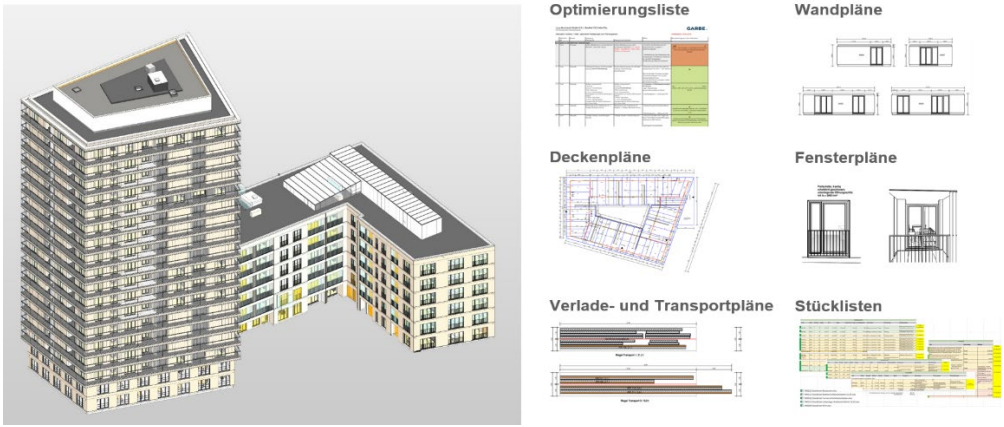
02/2019 **Abgabe Kostenschätzung GU-Leistung** mit GU-Partner.

04/2019 Aktualisierung Angebotsunterlagen.

05/2019 Zwischenpräsentation Angebotsbearbeitung und Klärung offener Fragen.

06/2019 **Angebotspräsentation erweiterter Holzbau** mit Abgrenzung zu Abdichtungsarbeiten. Angebotsinhalt:

- Werkstatt- und Montageplanung light
- Bauteilbezogene Mengenermittlung mittels 3D-Modell
- Technische Prüfung der Unterlagen auf Ausführbarkeit
- Schnittstellendarstellung
- Bauteilbezogene Preisermittlung
- Logistik- und Krankonzept mittels 3D-Modell
- Montage- und Terminkonzept mittels 3D-Modell
- Montagesimulationen mittels 3D-Modell
- Maximalpreis inkl. **Holzbauberatung der Ausführungsplanung**



⇨ **Entscheid: LOI für Wettbewerb aufgrund Leistungsabgrenzung.**

05/2020 Workshop bei Garbe: Gemeinsame Erörterung der Grundlagen für eine erneute Angebotsausarbeitung.

Entscheid: Interessensbekundung und **Beauftragung der Angebotsausarbeitung II**, Los erweiterter Holzbau mit Leistungsabgrenzung zu Abdichtungsarbeiten.

06/2020 Übermittlung der aktualisierten Angebotsgrundlagen und darauffolgend weitere Ergänzungen und Aktualisierungen, Start Angebotsbearbeitung, Mengenermittlung aus 3D-Modellen.

07/2020 Übermittlung und Klärung Frageliste, Werksbesichtigung bei Rubner Holzbau in Ober-Grafendorf/AT. Vorstellung gesamtes Projektteam.

08/2020 **Angebotspräsentation II**, Klärung Leistungsinhalte und Schnittstellen.

3.2. Beauftragung und Leistungssoll

09-10/2020 Auftragsverhandlungen

11/2020 Vertragsabschluss, Vertragsunterlagen digital mit Hashwert:

Leistung Rubner Holzbau Turm OG1 + OG2:

- Wandkonstruktion Außenwand auf Betonwand
- Fenster Holz-Aluminium und Fensterlüfter
- Absturzsicherung Holme
- Sonnenschutz Raffstoren

Leistung Rubner Holzbau Turm OG3 - OG18 + DG:

- Wandkonstruktion Außenwand
- Wandkonstruktion Innenwandring
- Fenster Holz und Fensterlüfter
- U-Stahlprofil Deckenrand
- L-Stahlprofil Kernauflager
- Deckenkonstruktion
- HEM-Deckenträger
- Montage der Galeriegang- und Loggia-Betonfertigteile
- Wandkonstruktion Attika
- Lastverteilträger im Dachgeschoss

Leistung Rubner Holzbau Riegel OG1 - OG6:

- Wandkonstruktion Außenwand
- Wandkonstruktion Innenwand
- Fenster Kunststoff und Fensterlüfter
- Absturzsicherung Geländer
- L-Stahlprofil Kernauflager
- Deckenkonstruktion
- Wandkonstruktion Attika
- Montage der Betonfertigteilbalkone

Leistung Rubner Holzbau Sonstiges:

- Planungsbegleitende Holzbauberatung zur Fertigstellung der Ausführungsplanung
- Werkstatt- und Montageplanung
- Witterungsschutz der Holzbauleistungen

3.3. Terminsoll

Grobterminplan mit Meilensteinen:

4. Ausführung

4.1. Planungsbegleitende Holzbauberatung

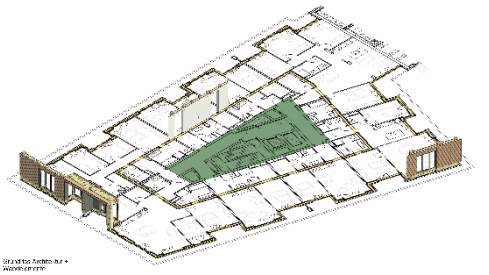
Die planungsbegleitende Holzbauberatung zur Fertigstellung und Optimierung der Ausführungsplanung wurde coronabedingt im Workshopverfahren hauptsächlich online per MS-Teams abgearbeitet.

- Team AG: Garbe
- Team ARC: SMP
- Team TWP: ABP
- Team BSP: Hahn
- Team Holzbau: Rubner
- und zeitweise weitere.

Die gemeinsamen Meetings fanden über den Zeitraum von Oktober 2020 bis Juli 2021 in der Regel 14-tägig über alle Planungsthemen hinweg statt. Bei konkreten Inhalten hatte sich das Online-Format sehr bewährt, da alle Beteiligten sofort Zugriff auf die bearbeiteten Themen und Dokumente hatten und diese im Team teilen und kommunizieren konnten.

Insgesamt wurden 14 Regel-Workshops und weitere kurzfristig einberufene Themen-Workshops abgehalten.

Die gemeinsame Betrachtung holzbaurelevanter Inhalte schuf eine Grundlage für die anschließende Werkstatt- und Montageplanung für den Holzbau. Sämtliche Konzepte, Bauteile und Details wurden integral und fachübergreifend besprochen und diskutiert, Stück für Stück hinterfragt, durchgearbeitet, überarbeitet und finalisiert. Zusätzlich wurden weitere Holzbauthemen in die Ausführungsplanung integriert:

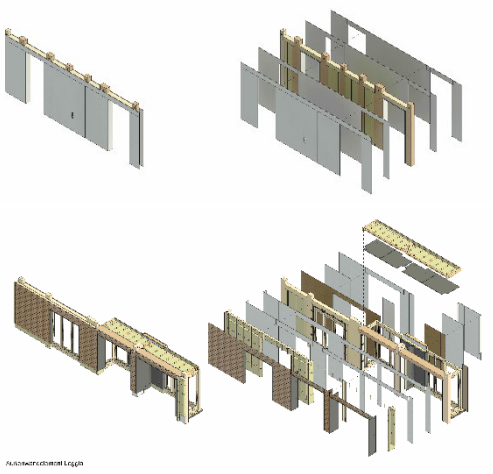


- Elementierungs- und Montagekonzept
- Bauabschnitte und Baustelleneinrichtungsplanung
- Fertigungs- und Logistikkonzept
- Konstruktions- und Detailplanung
- Schnittstellenbetrachtung

4.2. Werkstatt- und Montageplanung

Die Werkstatt -und Montageplanung übernahm Teile der Ausführungsplanung in ein 3D-Holzbau-Modell übernommen und verdichtete diese fortfolgend und bauabschnittsweise um weitere Informationen bis zur Vervollständigung. Daraus abgeleitet wurden:

- Materiallisten
- Detailzeichnungen
- Fertigungszeichnungen
- CNC-Abbund-Daten
- Verladezeichnung
- Montagezeichnungen



4.3. Fertigung und Logistik

Wandelement Fertigung:

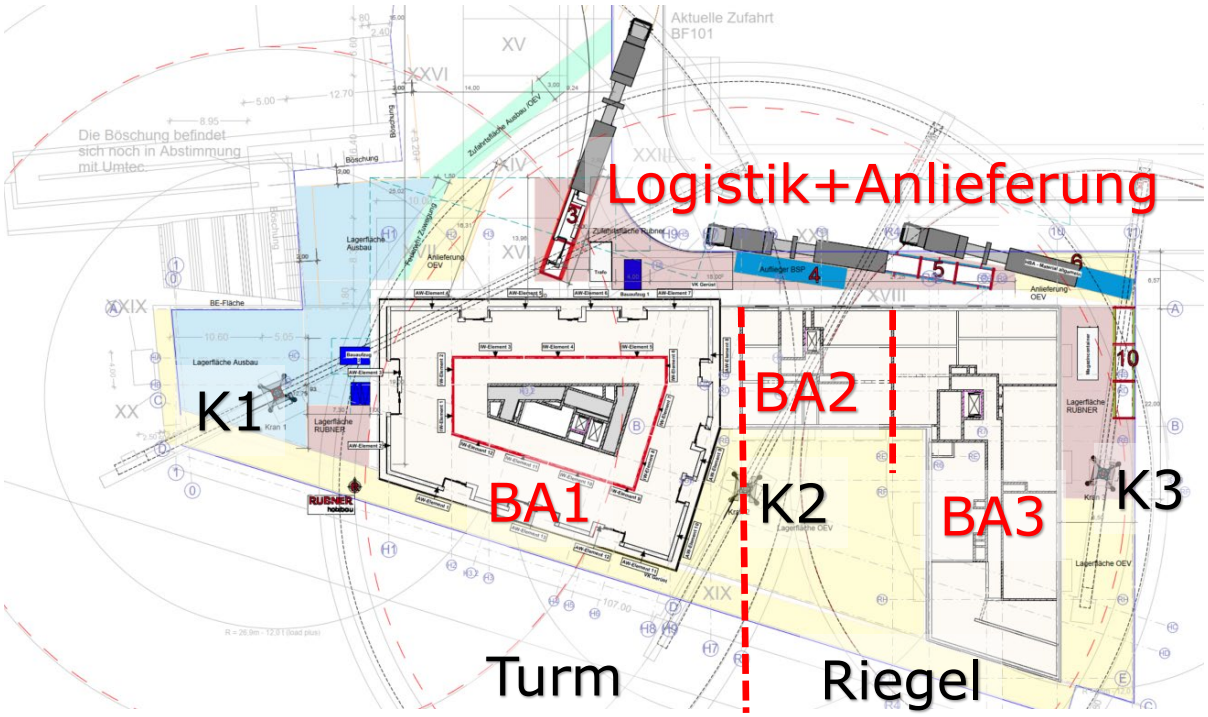
Wandelement Verladung:

Transport und Anlieferung:

4.4. Montage

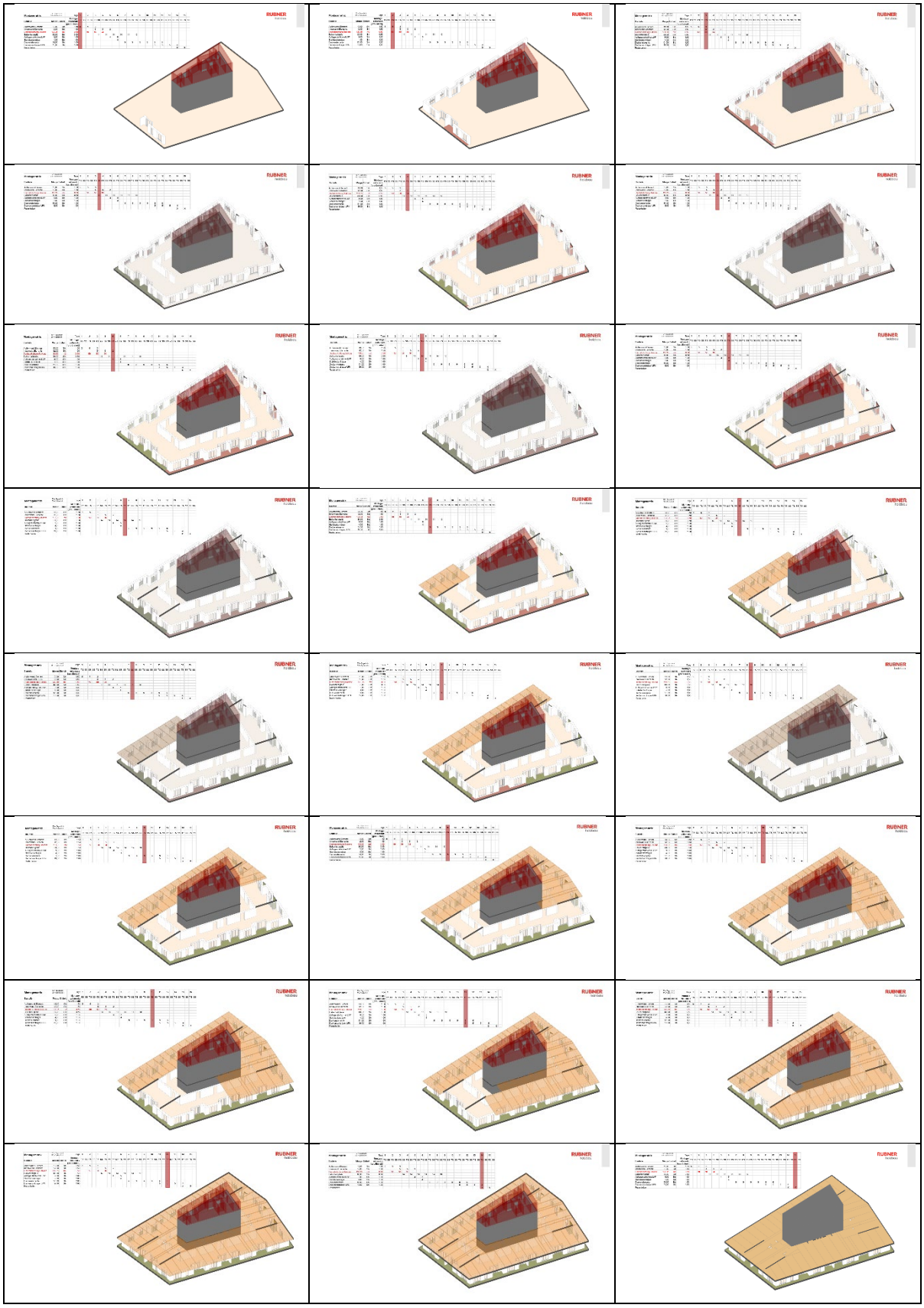
Die Holzbaumontage erfolgt geschossweise in 3 Bauabschnitten im direkten Nachlauf zum Stahlbetonbauer von 3-5 Geschossen.

BE-Planung inkl. Logistik und Anlieferung:

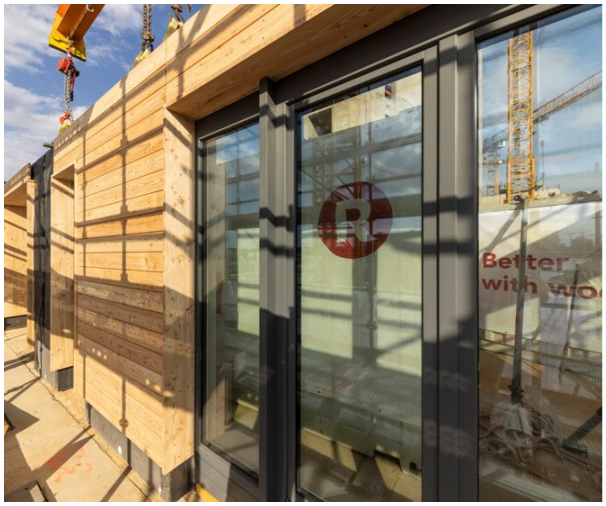


Es wurde ein **Montagekonzept** mittels 3D-Modellierung und Simulationen mit den Abhängigkeiten aus Kranauslastung, Logistik, Anlieferung und Vor- und Nachgewerke schon für das Angebot ausgearbeitet und im weiteren Planungsprozess weiterentwickelt.

Montagekonzept Regelgeschoss Turm:



Wandelement-Montage:



Gesamtübersicht Montage:

5. Zusammenfassung

5.1. Deutschlands höchstes Holzhochhaus

Ein erstes Resümee mitten im laufenden Projekt…

Roots ist schon heute ein Pionierprojekt mit großer Strahlkraft. Viele Wege waren zu bereiten um ein Wohngebäude als Holzhochhaus zu planen und zu bauen.

Viele engagierte, kompetente, ausdauernde und mutige (nicht risikofreudige!) Menschen haben es bei der Wildspitze, dem Roots Hamburg gemeistert, durch gemeinsames Denken und Handeln die Grenzen des Baubaren zu verschieben. Viele der Herausforderungen auf dem Weg dieses Bauwerks wurden zu Meilensteinen, die in Zukunft die tragenden Steine im Fundament für ähnliche Bauaufgaben in Holz sein können.

Mit unserem KnowHow, Respekt und Stolz sind wir ein Teil dieser Bauaufgabe und Danken an dieser Stelle Allen, die zu ihrem Gelingen einen Beitrag geleistet haben.

Wir würden es wieder tun!

Rubner Ingenieurholzbau

74 m ü. NN in Amsterdam – HAUT das höchste Wohngebäude aus Holz in den Niederlanden

Frank Steffens
Brüninghoff Gruppe
Heiden, Deutschland

74 m ü. NN in Amsterdam – HAUT das höchste Wohngebäude aus Holz in den Niederlanden

1. Mehr Stockwerke hat nur einer

Neue Maßstäbe beim Bauen mit Holz setzt der Wohnturm HAUT in Amsterdam. Denn das Tragwerk des 73 Meter hohen Gebäudes besteht neben Beton zu einem großen Anteil aus Holz – und zählt mit seinen 21 Stockwerken zu den höchsten seiner Art.
Die Holz-Hybridbauweise kombiniert in diesem Kontext sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile. Zum Einsatz kamen unter anderem Holzelemente, HBV-Decken sowie Stahl- und Betonelemente. Mit der Fertigung und Montage verschiedenster Fertigteile für das Bauprojekt beauftragte der Generalunternehmer J.P. van Eesteren B.V. den Hybridbauspezialisten Brüninghoff aus dem münsterländischen Heiden.
Im Rahmen der Planung stellten Form, Bauweise und Höhe des Gebäudes das Planungsteam von Brüninghoff vor besondere Herausforderungen – zum Beispiel im Hinblick auf die vorherrschenden Windlasten sowie das Setzungsverhalten der Baustoffe. Zu einer verbesserten Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten und einer transparenten Zusammenarbeit trug der Einsatz von Building Information Modeling (BIM) bei.

2. Wohnturm in Holz-Hybridbauweise

In Amsterdam, in direkter Lage zur Amstel, ist mit dem HAUT in den vergangenen Monaten eines der höchsten Hochhäuser weltweit entstanden. Der Wohnturm verfügt über 21 Stockwerke und ist 73 Meter hoch.
Im Inneren des Gebäudes befinden sich – auf einer Bruttogeschossfläche von rund 14.500 Quadratmetern – 50 moderne Wohneinheiten mit großzügigen Terrassen und Balkonen sowie einer einzigartigen Aussicht auf die Umgebung. Bei der Realisierung des Hochhauses setzten die Verantwortlichen auf eine hybride Bauweise, die Beton mit viel Holz kombiniert. Als Kohlenstoffdioxidspeicher erweist sich das Material als ideal, um den hohen ökologischen Ansprüchen und dem Nachhaltigkeitsgedanken des Projekts gerecht zu werden. In diesem Kontext wurde das Gebäude mit dem BREEAM Outstanding-Label zertifiziert.

3. Expertise im hybriden Bauen

Der Wohnturm wurde bereits 2016 durch Lingotto initiiert – das Unternehmen ist Bauherr und Projektentwickler zugleich. Realisiert wurde das Objekt jetzt nach Plänen des niederländischen Architekturbüros Team V Architectuur in Kooperation mit Arup Niederlande. Generalunternehmer ist J.P. van Eesteren B.V. aus Gouda. Als Teil des Planungs- und Beratungsteams war auch Brüninghoff in das Leuchtturmprojekt an der Amstel involviert. Der Projektbauspezialist aus dem Münsterland brachte insbesondere seine Expertise im Bereich des hybriden Bauens ein. Für das Bauprojekt übernahm das Unternehmen zudem den Holzabbund sowie die Fertigung und Montage der Holzelemente, der Stahl- und Betonfertigteile und der Holzbetonverbunddecken – und war so insgesamt elf Monate auf der Baustelle in Amsterdam.
Die gesamte Bauzeit des Projekts betrug drei Jahre. In der Planungsphase waren in beratender Funktion die Woschitz Group aus Wien, Assmann Beraten + Planen aus Hamburg, Prof. Dipl.-Ing. Rainer Pohlenz aus Aachen, Ekoflin aus Bavel sowie Brüninghoff beteiligt. In der Construction-Phase bestand das Planerteam Holzbauengineering neben Brüninghoff aus Assmann Beraten + Planen aus Hamburg sowie RWT plus aus Wien.

4. Holz und Beton für Tragstruktur

Die Gebäudeform des HAUT basiert auf einer trapezförmigen Grundfläche. Die Konstruktion bildet im Wesentlichen ein Treppenhauskern aus Ortbeton, Geschossdecken aus

einem Holz-Beton-Verbund sowie eine Fassade aus nicht tragenden Holzrahmenbauwänden. Für die tragenden Wände und Stützen im Gebäude kam ebenfalls zu einem großen Teil Holz zum Einsatz.
Im Bereich der Auskragungen an der spitz zulaufenden Gebäudeecke wurden Stahl- und Betonunterzüge eingesetzt. Auskragende Stahlträger mit einem darauf aufliegenden Leichtbetonfertigteil bilden die Balkonkonstruktionen an den Seiten.
Die Fassade wurde mit nicht tragenden Holzrahmenbauwänden aus Fichten- und Tannenholz ausgeführt. Die einzelnen Elemente sind innen mit einer Gipsfaserplatte und außen mit einer Faserzementtafel beplankt.
Das Innere der Elemente ist mit Dämmung ausgefüllt. Insgesamt ermöglicht die Gebäudekonstruktion ein hohes Maß an Flexibilität hinsichtlich der Raumaufteilung und der Nutzungsmöglichkeiten im Gebäude.

5. Decken aus hybriden Elementen

Für den Deckenbereich wurde mit der Verwendung von Holz-Beton-Verbundsystemen eine ökologische und zugleich wirtschaftliche Lösung gefunden.
Diese hybriden Bauteile kombinieren die Vorteile und Eigenschaften beider Baustoffe in einem System. Mit ihren schallschutz-, brandschutz-, und statischen Eigenschaften können sie – als Alternative zu reinen Betondecken – auch im mehrgeschossigen Bauen problemlos zum Einsatz kommen. Beim HAUT besteht das Standard-Deckenelement aus einer 160 Millimeter starken Brettsperrholzplatte (BSP) und 80 Millimeter starkem Beton der Güte C55/67. Die größten Elemente weisen hier Abmessungen von bis zu 5,90 mal 3,05 Metern auf. Das kleinste Element ist dreieckig und verfügt über die Maße 1,50 mal 1,50 Meter.
Für den Aufbau der Decken kam Fichten-Brettsperrholz zum Einsatz, das von Mayr-Melnhof aus dem österreichischen Gaishorn am See geliefert wurde. Die Unterseite der HBV-Decken bleibt sichtbar, sodass in den Wohnungen eine natürliche Holz-Optik vorherrscht. Auch beeinflusst der natürliche Baustoff das Raumklima in den Wohnungen positiv.

6. Letzte Schritte auf der Baustelle

Die Herstellung der HBV-Deckenelemente erfolgte werkseitig. Auf der Baustelle wurden die einzelnen Elemente gefügt. Dazu zählt unter anderem die Ausführung der Fugenverschraubung, -bewehrung, -verguss und -abdichtung. Die Verbindung der einzelnen HBV-Deckenelemente erfolgte über eingelegte Bewehrungseisen in den Fugen. Die Fugen der Elemente wurden anschließend mit Ortbeton vergossen. Ferner wurde die Verbindung zu angrenzenden Bauteilen wie Wänden, Stützen und Unterzügen realisiert.
«Der Anschluss der Deckenelemente an das hochbewehrte Treppenhaus erfolgte mittels Stahlwinkeln, die an die Konstruktion gedübelt wurde. Die HBV-Decke wurde entsprechend an diese Winkel gehangen», erklärt Nils Drachsel, Bauleiter bei Brüninghoff. «Die sehr hohen horizontalen Kräfte wurden hierbei über eine Verzahnung und Einschraubbewehrungen übertragen.» Ein direkter Anschluss der Decken an den Aufzugsschacht war – mit Ausnahme eines Sonderfalls im 21. Stockwerk – nicht notwendig, da der Aufzugsschacht im Treppenhaus verortet ist.

7. Etagen ohne Wiederholungseffekte

«Hoch, komplex, hybrid» – so beschreibt Drachsel die Konstruktion des HAUT. «Auf den ersten Blick sehen die Etagen in der Konstruktion gleich aus. Beim genaueren Hinsehen erkennt man aber, dass jede Etage anders ist und somit trotz der Höhe keine Wiederholungseffekte mitgenommen werden konnten.»
So ergaben sich im Planungsprozess – vor allem im Hinblick auf die Gebäudegeometrie – vielfältige Herausforderungen. Aufgrund der Höhe entstehen hohe vertikale Lasten, die beim konventionellen Holzbau so nicht auftreten. Zugleich mussten auch die auftretenden großen Windlasten berücksichtigt werden. Ein weiterer Faktor war das unterschiedliche Setzungsverhalten der verschiedenen Baustoffe Holz, Ortbeton und der Betonfertigteile. Der schlanke Gebäudekörper hatte Auswirkungen auf die Gebäudesteifigkeit und -verdrehung.
Auch die für den trapezförmigen Grundriss benötigten dreieckigen HBV-Fertigteile mussten passend geplant werden. Hier waren unter anderem der Verlauf der Bewehrung und

der Lastabtrag entscheidend. Der Lastabtrag war auch ein Thema bei den Auskragungen. So musste für die Aufnahme der hohen Lasten der Balkone – die durch Stahlschwert, Leichtbetonbelag sowie Faserbeton-Fassadenelement auf der Außenkante entstehen – eine bauphysikalisch saubere Lösung entwickelt werden.

8. Zügiger Bauprozess dank hohem Vorfertigungsgrad

Der nachwachsende Rohstoff Holz spiegelt zum einen das ökologische Bewusstsein bei diesem Projekt wider – zum anderen ermöglichte er einen schnellen Baufortschritt.
Die Produktion der Bauteile erfolgte in den eigenen Fertigungsstätten von Brüninghoff – unter optimalen Bedingungen vorgefertigt. Das Brettsperrholz (BSP) wurde dabei von Mayr-Melnhof geliefert. Durch den hohen Vorfertigungsgrad konnte die Montagezeit auf der Baustelle wesentlich reduziert werden. Der Umgang mit Holz brachte jedoch auch die ein oder andere Besonderheit mit sich. So musste der Baustoff zum Beispiel auf der Baustelle vor Witterungseinflüssen wie Regen gut geschützt werden.

9. Herausforderungen im Planungsprozess

Ferner musste eine effiziente Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten gewährleistet werden. Herausforderungen waren in diesem Kontext die Sprachbarriere, die unterschiedliche Normung sowie die etwas anderen Sichtweise auf den Bauprozess. Als anspruchsvolle Aufgabe erwies sich zudem die Abstimmung der beteiligten Unternehmen – unter anderem waren dies neben Brüninghoff auch Assmann Beraten + Planen sowie RWT plus, zwei niederländische Prüfbüros, die Behörden und nicht zuletzt der Generalunternehmer J.P. van Eesteren B.V. Zugleich galt es, die vielen Schnittstellen zu den Brüninghoff-Bauteilen mit anderen Gewerken wie Elektro, Sanitär, Lüftung, Heizung, Sprinkler, Ortbetontreppenhaus, Außenwände, Fassade, Balkone zu organisieren.

10. Transparente Kommunikation dank BIM

Insbesondere für den Austausch war Building Information Modeling (BIM) sehr hilfreich. Die digitale Planungsmethode hat beispielsweise die Arbeit zwischen den verschiedenen Gewerken wie der Haustechnik, der Außenwände und der Fassade wesentlich erleichtert.
Ebenso brachte es Vorteile für die Kommunikation bei Brüninghoff intern mit sich. Der Austausch zwischen Planung, Produktion und Baustelle verlief so reibungslos. Anhand des digitalen Bauwerksmodells konnten die Projektverantwortlichen den aktuellen Produktions-, Planungs- und Baufortschritt auf einen Blick nachvollziehen und die weiteren Schritte und Abläufe planen. Nach Fertigstellung des Gebäudes wird das BIM-Modell als Bestandteil der Revisionsunterlagen übergeben.
Beim HAUT wurde der natürliche Baustoff Holz in der Höhe auch in tragender Funktion erfolgreich eingesetzt. Das übergreifende Know-how, die gute Zusammenarbeit zwischen den Projektbeteiligten sowie der hohe Vorfertigungsgrad haben dazu beigetragen, dass der Wohnturm im urbanen Umfeld mit einer eng getakteten Logistik fertiggestellt wird. Das Bauprojekt wird somit Vorbildfunktion für weitere ähnliche Wohnungsbauprojekte mit Holz haben.

11. Bautafel

- Bauvorhaben: HAUT, Amsterdam, Niederlande
- Projektentwicklung: Lingotto, Amsterdam
- Generalunternehmer: J.P. van Eesteren B.V., Gouda
- Architektur: Team V Architectuur, Amsterdam
- Generalstatik, Bauphysik, Brandschutz: Arup Niederlande, Amsterdam
- Planerteam-Hybridbauengineering: Brüninghoff, Heiden, zusammen mit RWT plus, Wien; Assmann Beraten + Planen, Hamburg
- Produktion und Montage tragende Innenwand, Betonfertigteilstützen, Stahlträger, HBV-Decken: Brüninghoff, Heiden
- Bauzeit: November 2018 bis voraussichtlich November 2021
- Bauzeit Brüninghoff für den Turm: 7 Monate

Bildunterschriften

[21-02 HAUT]; In Amsterdam – in unmittelbarer Nähe zur Amstel – ist der Wohnturm HAUT entstanden.
Foto: © Zwartlicht / Team V Architecture

[21-02 Baustelle Amsterdam];
Das HAUT verfügt über 21 Stockwerke und ist insgesamt 73 Meter hoch.
Foto: Brüninghoff

[21-02 Hybrid]; Die hybride Konstruktion des HAUT kombiniert im Wesentlichen einen Treppenhauskern aus Ortbeton mit HBV-Geschoss-decken sowie einer Fassade aus nicht tragenden Holzrahmenbauwänden.
Foto: Brüninghoff

[21-02 Kran]; Dank des hohen Vorfertigungsgrads ließ sich ein schneller Baufortschritt erzielen Foto: Jannes Linders

[21-02 Holz_Beton]; Die Geschossdecken bestehen aus Beton in Verbindung mit Brettsperrholz. Foto: Jannes Linders

[21-02 Arbeiten]; Brüninghoff übernahm unter anderem den Holzabbund sowie die Produktion und Montage der Holzelemente, der Stahl- und Betonfertigteile und den HBV-Decken. Foto: Brüninghoff

[21-02 Tragwerk]; Für die tragenden Wände und Stützen im Gebäude kommt ebenfalls zu einem großen Teil Holz und Beton zum Einsatz. Foto: Brüninghoff

12. Über die Brüninghoff Group

Die Brüninghoff Group umfasst sechs Gesellschaften aus den Bereichen Bauen, Produzieren und Services. Für unsere Kund*innen entwickeln und planen wir Bauprojekte. Selbstverständlich realisieren wir diese auch als Generalunter- bzw. -übernehmer. Wir schaffen Energielösungen und kümmern uns um Gebäudebestände. Zu unseren Kernkompetenzen zählt zudem die Realisierung und Verarbeitung vorgefertigter Bauelemente aus Beton, Stahl, Aluminium – und vor allem Holz – in Kombinationen.
Fast 700 Mitarbeiter*innen tragen mit ihrem Know-how dazu bei, dass wir europaweit zu den Vorreiter*innen der Baubranche zählen. Projekte wie das H7 und das HAUT sind erst der Anfang. Denn mithilfe integraler Planungsprozesse und einer eigenen Produktentwicklung engagieren wir uns für nachhaltige und ressourceneffiziente Bauteil- und Gebäudelösungen. In unseren eigenen Werken setzen wir auf eine klimaverträgliche Produktion und auf innovative Lösungen im Sinne der Kreislaufwirtschaft.
Die Brüninghoff Group ist in fast allen Branchen tätig. Wir realisieren zahlreiche Gebäudetypen – von Industriehallen über Verwaltungsgebäude und mehrgeschossige Wohnbauten bis hin zu Reitanlagen. Dabei beraten und begleiten wir Investor*innen, Projektentwickler*innen, Architekt*innen, Ingenieur*innen, aber auch Bauherr*innen wie zum Beispiel Geschäftsführer*innen mittelständischer Unternehmen sowie von Konzernen.

Sara Kulturhus

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

Sara Kulturhus

1. Introduction

Dipl.-Ing. Florian Kosche AS (DIFK) took part in the design group lead by White Arkitekter AB to win the open competition for the design of the new cultural house and hotel complex «Sara Kulturhus» in Skellefteå, Sweden. DIFK further developed pre-engineering and tender documents for the structural system of the building.
The structural design is described in 25. Internationales Holzbau-Forum IHF 2019 «Kultur- und Hotelkomplex Skellefteå, Schweden – Der nächste Schritt in Europa».
DIFK has not been involved in the final detailing and construction. Site visits where restricted during the pandemic and DIFK first visited the built project in 2022.
This report describes our impressions, findings, and discussions during and after a fantastic weekend in Skellefteå.
The project is internationally recognized with widespread interest in its development.
Typically, by the time most building projects reach completion in construction, buildings have already been overtaken by the ongoing technical evolution and development, even if it was considered "cutting edge" during the planning phase.
This is seemingly not the case with the Sara Kulturhus. Even though development started in 2015, interest in the structural solutions is still high. Feedback is generally very positive.
This paper discusses structural solutions as imagined during competition and pre-engineering phase with the project build. The aim is to contribute to further developments.

2. Impression

It was with mixed feelings we visited the completed project after a break of about three years. Traveling from Stockholm to Skellefteå and entering the city by bus immediately highlighted how defining the project is for the skyline of the city.
Most impressive is the façade of the hotel complex which achieves transparency and reveals the timber structure within, see Figure 1.
Upon entering the lobby, stunning spacious areas were bustling with people, participating in numerous activities. A dance class was in session in the upper mezzanine while the café near the Lobby portrayed a cosy atmosphere.
The large double height space in between the main columns of the hotel complex is simply amazing. A free open space library flanked by columns is situated on one side of the building while the hotel lobby and sprawling restaurant café sits opposite, see Figure 4 image to the right. It is interesting to see how many diverse and contradicting functions and programs are placed so tightly together, but simultaneously retains the spaciousness of the lobby.
Taking the lift inside the CLT cores is not much different than taking any lift in a concrete core. However while waiting for the lift, the experience of exposed timber surfaces is very different with their rounded cut-out corners displaying the timber layers, see Figure 7.
Entering the hotel room at the 17th level was pleasant with nice calm timber surfaces framing a full wall size view over the city. The double glass façade together with a bench in front of the window allows for a comforting distance from the height over the street level below, see Figure 5.
The theatre hall and the adjacent corridors are equally impressive, something that cannot be fully comprehended from structural-, geometry models and images, see Figure 10.
Based on visual inspection, it became clear that the implementation of the structural system follows the overall design concept developed during the pre-engineering phase. This was impressive to see and felt reassuring.

Figure 1: Main entrance and hotel complex on a grey day and at night. Photo by Brian Perktold, Mark Wojcik

Figure 2: Second level in the lobby area. Photo by Mark Wojcik

Figure 3: Restaurant at lobby area and level over lobby area. Photo by Mark Wojcik

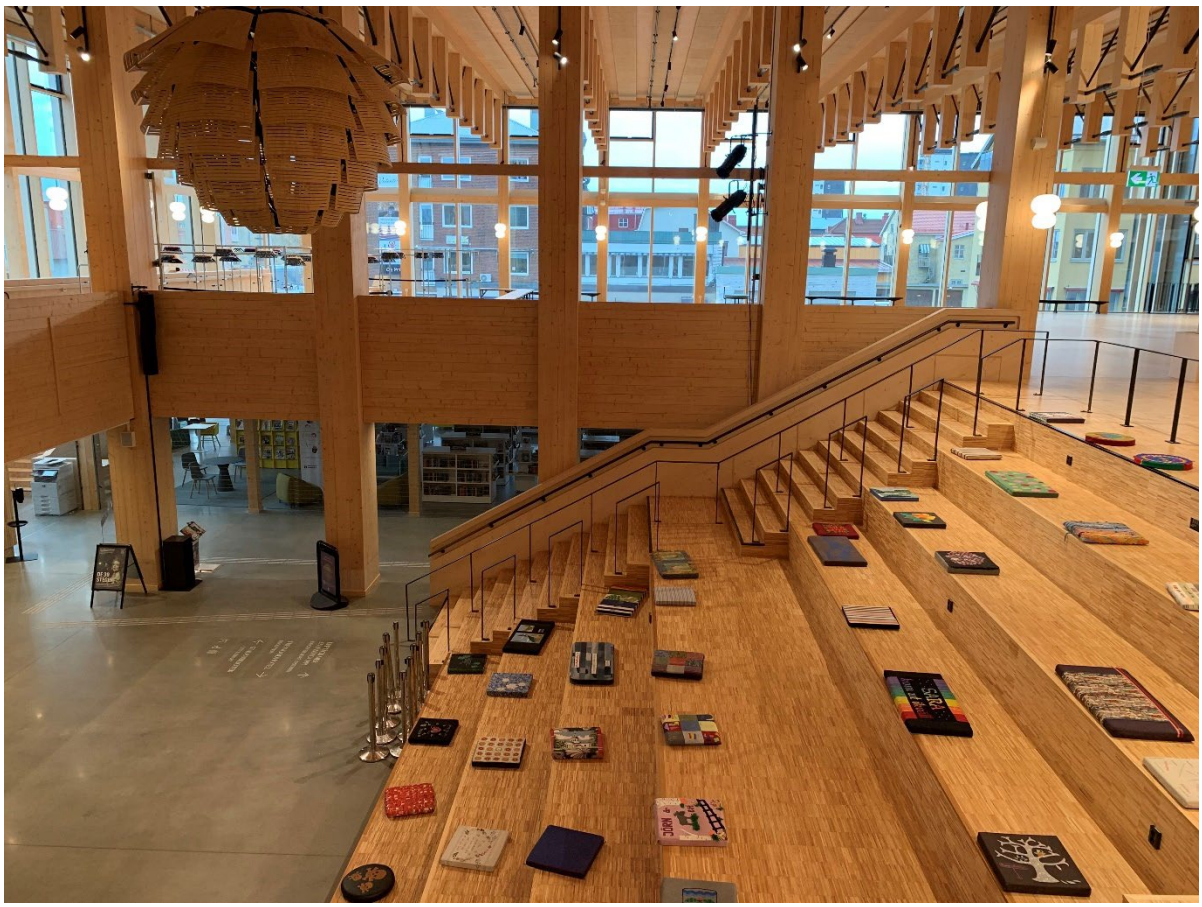


Figure 4: Atrium in the lobby area. Photo by Mattia Carioti

Figure 5: Hotel room and window with seating area, double façade and view. Photo by Mark Wojcik

Figure 6: Theatre scene. Photo by Mark Wojcik

3. Technical details

The following discussion is based on a visual inspection and the knowledge gained during competition and pre-engineering phases. It lacks detailed insight in the construction phase of the project.

3.1. Black plates

CLT panels of the main cores and related walls are seemingly connected with screwed steel pates painted black, see Figure 7. These black plates are visually dominating and clearly visible from the outside, see also Figure 1.

Figure 7: Black plates connecting main core CLT panels. Photo by Mark Wojcik

It appears that the main purpose of these plates with their tightly spaced screws is to transfer shear forces between adjacent CLT panels. The narrow spacing between screws may make the connection prone to block shear failure.
It was demonstrated during pre-engineering that typical screw-based connections, where the CLT panels would be continuously screwed together along their edges, would be sufficient for load transfer between CLT panels, see Figure 8. This could allow for a more discrete, continuous load transfer with improved fire resistance. Less screws, but of larger diameter, might have been necessary compared to the installed solution. Considerations regarding execution might have prevented other solutions to be chosen.
Other projects will consider using CLT panels for lateral load bearing and effective solutions will evolve further in the future.

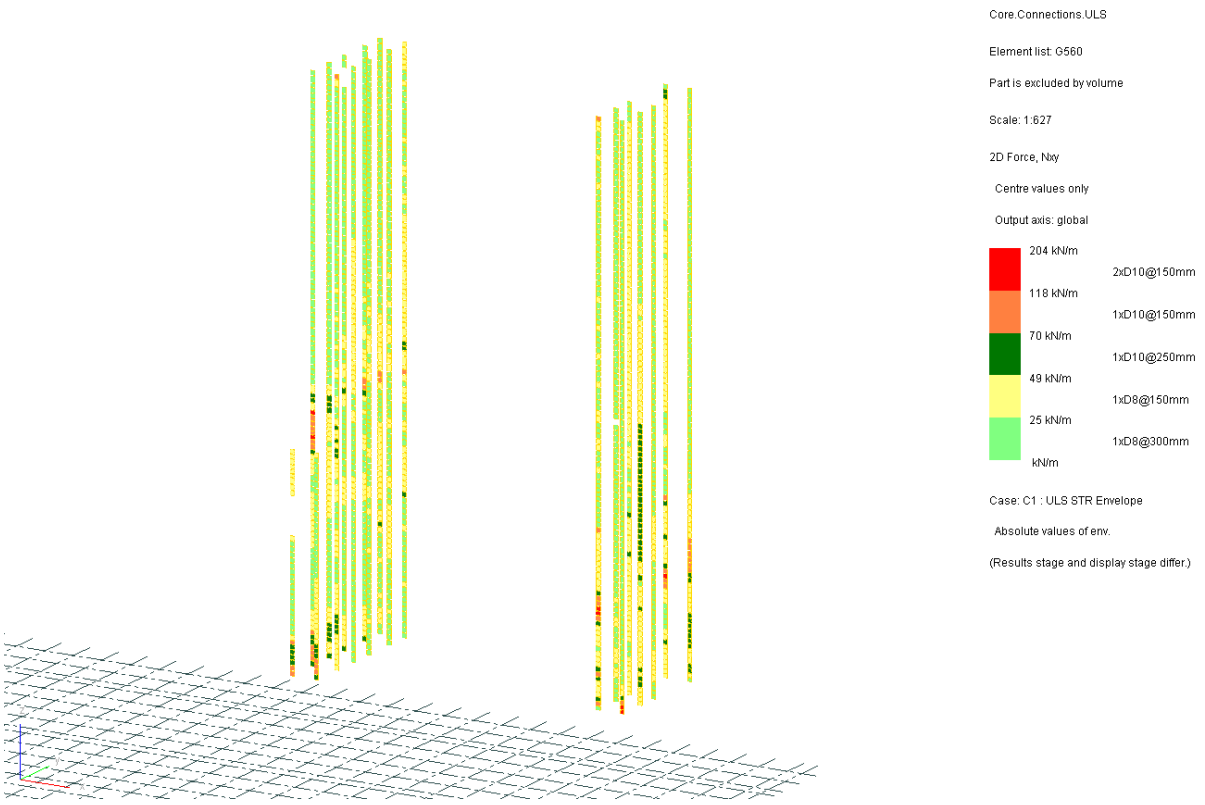


Figure 8: In-plane shear forces along the CLT panel edges of the main cores and corresponding capacity $f_{v,0,Rd\,(I)}$ with for example ASSYplus VG 4 8.0/10.0 with screw union < 45° to replace black plates.

3.1. Wind induced vibrations

Wind induced vibrations were a major concern during the pre-engineering phase due to relatively low stiffness, low weight and uncertainty regarding structural damping properties. Further, design standards propose diverging design rules. This topic deserves further investigation and research to develop a similar experience base as available for more traditional high-rise structures.
The 19th floor features a restaurant area. At this height in the tower, wind induced vibrations can be occasionally felt according to restaurant staff.

3.2. Trusses

Trusses with spans up to 19 m span over the lobby areas to achieve large column free areas, see Figure 4.
These trusses were given their distinctive design in the competition phase. Structurally, all components that carry compression are made of timber. Components that carry tension are made of steel. The structural idea was to avoid tension connections to the timber in favour of compression connections by bearing contact. To this purpose, custom made details were developed where the steel parts would be prefabricated and assembled before being connected to the vertical members and upper girt made of timber. The typical connection detail of the upper girt, see Figure 9, would then allow to adjust the length of diagonals by sliding in PL1 and PL2. After the geometry is adjusted in a jib, welds a2 in Figure 9 could be placed and the truss would be ready for transport to site.
The installed solution is shown in Figure 10. It consists of extensive dowl connections with steel rods where every rod can be adjusted individually.

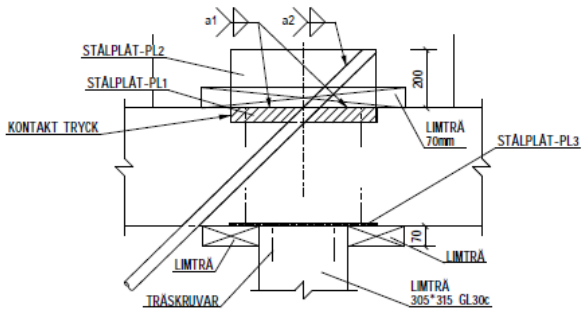


Figure 9: Technical detail for connection of vertical and diagonal to the upper girt of the truss in the lobby area, DIFK

Figure 10: Hybrid trusses over lobby area. Photo by Mark Wojcik

3.3. The brace

The author of this report supports the combination of different materials and structural systems, either with the purpose of optimization, for aesthetical reasons or any other reasonable argument that improves the structural system within its architectural context. The author has suggested several combinations of materials during competition phase and pre-engineering of this project that might be controversially discussed. These discussions do not necessarily lead to one possible answer.

Figure 11 left image shows a publicly visible hot dip galvanized steel rod cross-bracing in a predominately timber building. No other similar items have been found elsewhere in the building. It penetrates a timber column eccentrically and connects likewise to the adjacent columns. Further, it obstructs the CLT wall which could be suitable for shear transfer and possibly could replace the cross brace. It can be argued that a timber cross brace would have been more obstructive to the CLT wall but was avoided.

3.4. The truss grid

Figure 11 right image shows irregular positions of the characteristic truss verticals. Minor geometrical changes could have led to a more regular appearance. This will probably only be noticed by specially interested visitors.

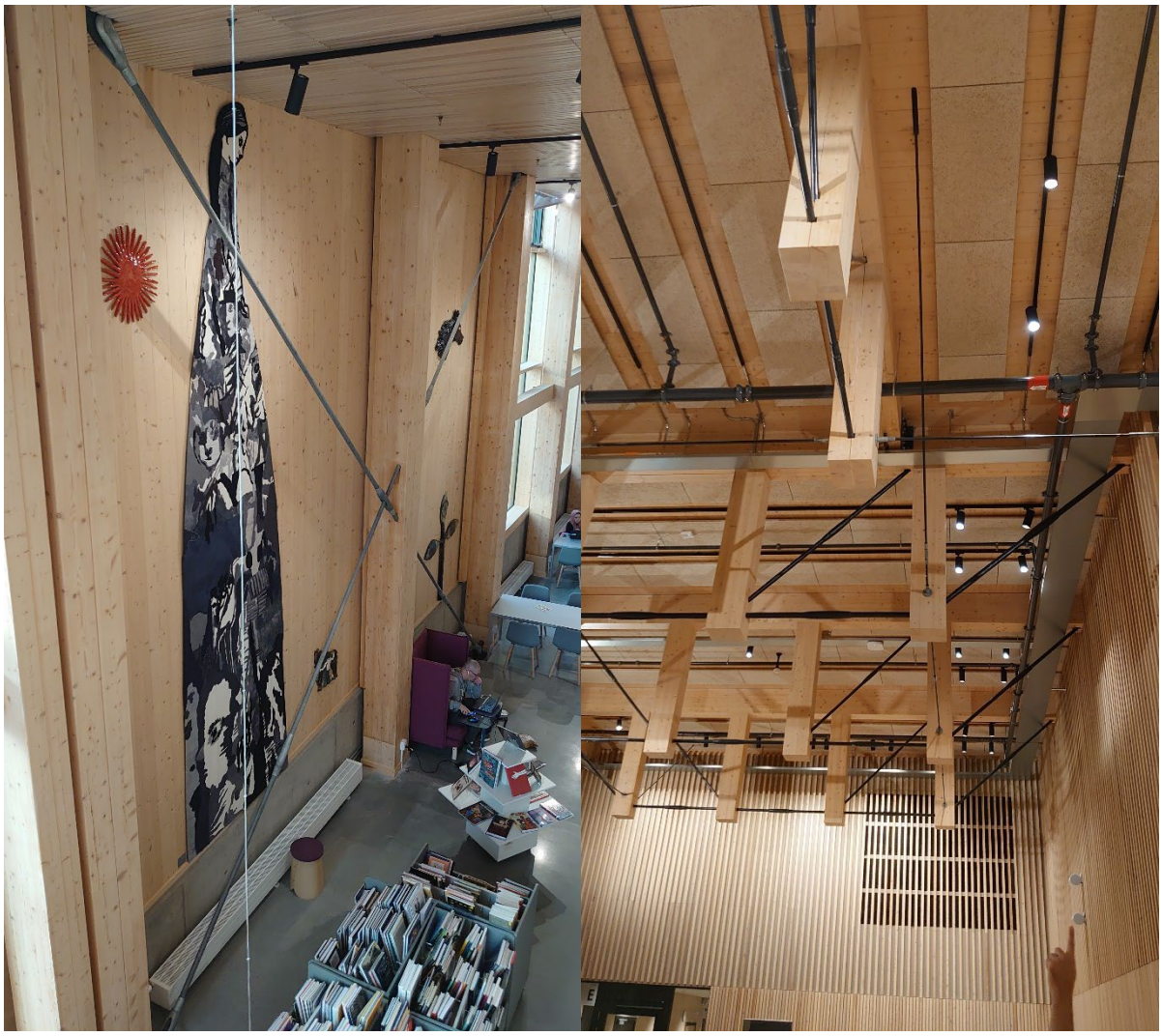


Figure 11: Steel brace in western façade and truss grid towards the support program. Photo by Florian Kosche

3.5. Detailing for technical systems

The installation of hidden technical systems in CLT walls or slabs is complicated. Unlike in dry walls, stud walls or cast concrete walls, conduits cannot be as easily integrated or later modified.
Precise geometry planning between CLT designer and all technical systems designers would be required at a design stage where the technical systems normally are not yet sufficiently developed.
Effective methods would need to be developed to integrate conduits for technical systems inside CLT elements either during fabrication of the panels or using cut outs, milling and coverings after building of panels.
Though it is easy to add installations to CLT structures on the outside by screwing, nailing or even gluing, a consistent aesthetic expression should be sought after.
Access for the maintenance of the bathrooms in the hotel modules, which is integrated into the corridor walls seems to work very well.

Figure 12: Typical implementation of technical systems. Photo by Mark Wojcik

4. Outlook

This project has been pushing boundaries in terms of functional complexity, use of CLT as structural core material and modularized construction to mention some. It will be a reference for fire design of larger timber buildings.
Substantial new knowledge in high rise timber design has been gained during the process. The project shows how excellent modern functional architecture can be achieved with large timber structures. Further, it has triggered a more thorough understanding of the environmental challenges we are facing.
All in all, the experience of the building is very positive and a visit is highly recommended.

Holzbauentwicklung

Klebetechnik

Brandverhalten

Ertüchtigung

Holz-Beton-Verbund: Klebeverfahren und Pilotprojekt mit Granulatsplitt-verklebung

Volker Schmid
Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland

Melf Sutter
Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland

Holz-Beton-Verbund: Klebeverfahren und erstes Pilotprojekt mit Granulat-splittverklebung

1. Materialsparende HBV-Decken

Holz-Beton Verbunddecken sind heute Stand der Technik. Sie werden gerne in Büro-, Wohn- oder Mixed-Use-Gebäuden mit Spannweiten bis 8,10m oder auch mehr angewandt. Die üblichen Stahlbetonplattendicken in HBV-Decken von 10-12 cm ergeben Deckenmassen und -steifigkeiten, mit denen die bemessungsrelevanten Verformungs-, Schwingungs- und Schallschutznachweise gut einzuhalten sind. HBV-Systeme erlauben deshalb geringere Bauhöhen als BSP- oder Holzbalkendecken (vgl. Abbildung 1). Gleichzeit schaffen HBV-Rippendecken zwischen den Rippen Platz für die Haustechnik und benötigen insgesamt deutlich weniger Holz als die sehr materialintensiven BSP-Decken.

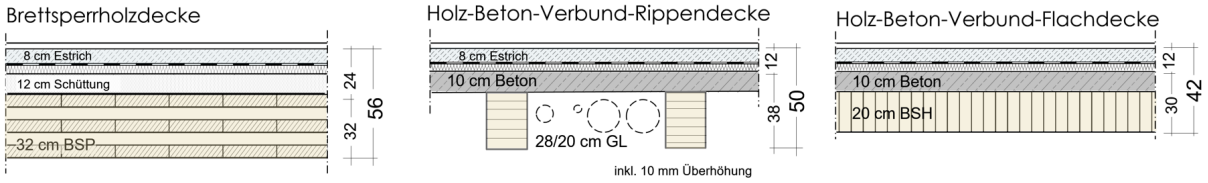


Abbildung 1: Beispiele mit Grobabmessungen für 8,10 m weit spannende Holz- und HBV-Decken

Trotzdem haben HBV-Decken noch Verbesserungspotential in der Herstellung, der Technologie und den Kosten, mit dem sich Holzbauer und Forscher oft gemeinsam auseinandersetzen. Nach Ansicht der Verfasser ist die Weiterentwicklung der Klebetechnik dafür besonders interessant, da sie eine quasi-starre und damit hocheffiziente Verbindung ergibt, die vergleichsweise schnell und preiswert herstellbar ist. Im Folgenden werden deshalb Entwicklungen im Bereich des geklebten Verbunds zwischen Beton und Holz vorgestellt sowie das erste realisierte Pilotprojekt, das an der TU-Berlin zusammen mit der Firma Lignotrend erforscht und dann 2020 in der Schweiz umgesetzt wurde.

2. Geklebte Holz-Beton Verbunddecken

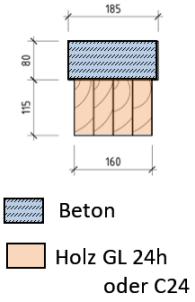
2.1. Nass-in-nass verklebte Holz-Leichtbeton Verbunddecken: Forschungen an der TU-Berlin

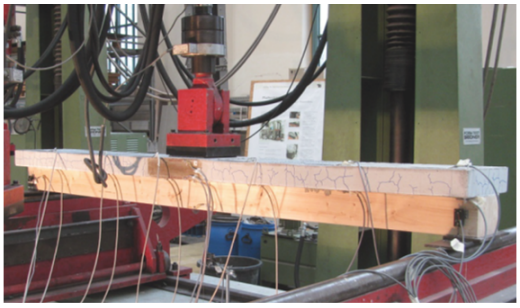
Im Zusammenhang mit dem multidisziplinären Forschungsprojekt LiveCycleTower entstand schon 2009 bei Arup Berlin und der TU-Berlin die Überlegung, das Transportgewicht der HBV-Fertigteile durch den Einsatz von Leichtbeton zu reduzieren. Somit könnten mehr FT-Elemente pro LKW transportiert werden. Schnell stellte sich heraus, dass für die Verbindung der Leichtbetonplatte mit den Holzträgern die üblichen Schrauben oder Kerven wenig effizient sind. Insbesondere Schrauben werden frühzeitig aus dem Leichtbeton herausgezogen, da die porösen Leichtbetonzuschläge unter den Schraubenköpfen schon bei geringen Lasten zerbröseln. Die Schubkraftübertragung zwischen Holz und Beton muss deshalb für Leichtbeton möglichst gleichmäßig und ohne Beanspruchungsspitzen erfolgen. Als Lösung wurde deshalb eine Nass-in Nass-Verklebung vorgeschlagen, bei der der Frischbeton direkt auf die noch feuchte, unerhärtete Klebstoffschicht aufgegossen wird.

Die HBV-Decken des LCT-Projekts wurden zwar in der Folge mit Normalbetonen und Kerven ausgeführt, trotzdem führten die Überlegungen an der TU Berlin zu einem Forschungs-Projekt zur Nass-in-Nass Verklebung von Holz-Leichtbeton Verbundträgern (HLBV). Entscheidend war die Entwicklung eines geeigneter Leichtbetons LC 30/33 der Wichte γ = 18 kN/m³ mit dem Ziel einer möglichst hohen Zugfestigkeit. Grund ist, dass die Schubtragfähigkeit von unbewehrtem Beton direkt von seiner Zugfestigkeit abhängt

und nur indirekt von seiner Druckfestigkeit. Zusätzliche Längs- und/oder Querdruckbeanspruchungen erhöhen die Schubtragfähigkeit des Betons schnell auf das Doppelte oder Dreifache, während sie durch Längs- oder Querzug deutlich reduziert wird.

Die Tragfähigkeiten des nass-in-nass verklebten HLBV wurden zunächst im kleinen Maßstab mit Slip-Block Tests und anschließend mit 2,3 m kurzen Biegebalken untersucht, um ein Schubversagen in der Verbundfuge zu provozieren (Abbildung 2). Anschließend wurden praxisgerechte, 5,7 m spannende HBV-Träger getestet. Wie erwartet versagten diese Träger ausschließlich auf Biegezug im Holz, lange bevor die Schubtragfähigkeit in der Fuge erreicht wurde. Im Kleinversuch trat der Bruch fugennah im Beton auf. Die erreichte Schubtragfähigkeit der 2K-Epoxid-Verklebung überstieg deutlich die Werte üblicher Verbindungsmittel. Sie ist in Abbildung 2 für Leicht- und Normalbetone, genähert als über die Schubfläche verschmierte, äquivalente mittlere Schubspannung τ_{mean} [N/mm²] dargestellt.





[1] Slip-Block Test

[2] kurzer Biegeschub Test , l = 2,30 m

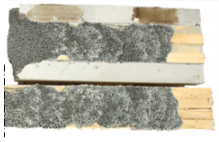
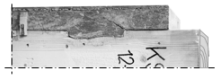
Klebeverbund			Kerven	Schrauben
Nass-in-Nass-Verkleb. Normalbeton C 25/30	Granulatsplittverkl. C 20/25 bis C50/60	Nass-in-Nass-Verkleb. Leichtbeton LC 30/33	Normalbeton	4 Schraubenpaare Normalbeton
$\tau_{mean} = 6{,}1^{1)} - 7{,}0^{1)} \frac{N}{mm^2}$	$\tau_{mean} = 5{,}3^{2)} - 7{,}9^{1)} \frac{N}{mm^2}$	$\tau_{mean} = 2{,}6^{2)} - 5{,}4^{1)} \frac{N}{mm^2}$	$\tau_{mean} = 1{,}3–1{,}9 \frac{N}{mm^2}$	$\tau_{mean} = 0{,}7–1{,}5 \frac{N}{mm^2}$
				

Abbildung 2: Schubtragfähigkeiten aus Slip-Block [1] – und Biegeschub [2] – Versuchen an verklebtem HBV. Vergleich der Ergebnisse mit Normalbeton, Granulatsplittverklebung und Leichtbeton mit den Ergebnissen für Kerven und Schrauben. Tragfähigkeiten ausgedrückt als äquivalente Schub-spannungen [N/mm²] im Fugenbereich

Zu beachten ist, dass die im Holzbau üblichen Schub- oder Scherversuche je nach Versuchsaufbau prinzipiell unterschiedlich hohe Schubtragfähigkeiten liefern, mit den höchsten Werten für kleinformatige Scherversuche an kleinen Würfeln. Die hier durchgeführten Schubversuche mit ca. 40 cm langen Slip-Block-Tests lieferten höhere Schubtragfähigkeiten als die kurzen Balkenschubversuche. Grund ist der tragfähigkeitssteigernde Querdruck in der Fuge der Slip-Block-Tests, der dort zusätzlich zum Schub und Längsdruck im Holz und Beton auftritt. Zudem war im Versagensablauf des kurzen HLBV-Biegebalkens nicht auszumachen, ob der Schubbruch vor dem Biegezugversagen des Holzbalkens auftrat oder umgekehrt. Damit würde die Schubtragfähigkeit tatsächlich etwas höher liegen als im Biegeschubversuch bestimmt.

2.2. Nass-in-Nass geklebte HBV-Decken mit Normalbeton

Die weiteren an der TU-Berlin durchgeführten Forschungsprojekte zu verschiedenen Klebevarianten für HBV-Decken wurden mit Normalbeton durchgeführt. Normalbetone der

Güte C20/25 bis C40/50 erscheinen den Verfassern für die Verklebung von Brettschichtholzbalken oder Brettsperrholzplatten am sinnvollsten. Diese Betone sind überall erhältlich und preiswert. Zusätzliche Anforderungen an Decken bezüglich Brandschutz, Schallschutz und die Schwingungsbegrenzung erfordern eher dickere Plattenstärken von ca. 10-12 cm und eine große Masse, die solche Betonplatten aus Normalbeton umsonst liefern.

Forschungen der TU Berlin zur Nass-in-Nass Verklebung zusammen mit Cordes Holzbau [6] bestätigten die Erkenntnis, dass das Versagen bei 1 mm bis 2 mm dicken, gefüllten 2K-Epoxidverklebungen entweder im Holz oder Beton auftritt. Slip Block Tests (Abb. 2) prüfen dann nur die Schubfestigkeit des Holzes oder des Betons. Die hohe Tragfähigkeit der Verklebung erlaubt es, das Epoxidharz in schmalen Streifen aufzutragen (Abbildung 3l). An den Enden muss aber immer vollflächig verklebt werden, um ein frühes Fugenversagen schon während des Abbindens des Betons innerhalb der ersten drei Tage zu verhindern. Grund dafür ist vermutlich das ausgeprägte Frühschwinden des Betons, das auch als Setzen oder Bluten bezeichnet wird und dessen Größe nicht durch die Schwindberechnungen nach EC2 abgedeckt wird. Zu diesem Thema besteht noch Forschungsbedarf.

Die Biegetests mit praxisgerechten Spannweiten von bis zu 8 m versagten immer auf Biegezug im Holz. Beim Nachbruchverhalten zeigte sich öfters ein Ablösen der Betonplatte vom Holzträger infolge der dann hohen Querzugkräfte (Abbildung 3r).

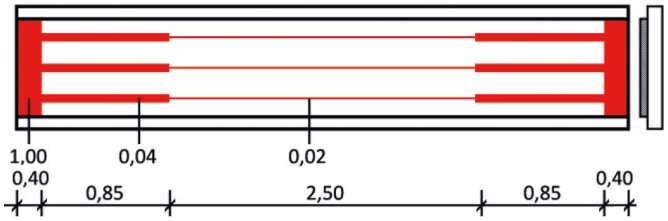


Abbildung 3: links: Klebstoffauftrag im Versuch mit einer BSP-Platte
rechts: Biegezugversagen im Holz, danach Ablösung der Betonplatte

2.3. Bisherige Forschungsaktivitäten zu geklebten HBV-Decken

Zu geklebten HBV-Decken wurde zwar nicht viel, aber schon seit langem erfolgreich geforscht. Im Prinzip sind dabei zwei Klebeverfahren zu unterscheiden.

Erstens die oben beschriebene Nass-in-Nass Klebetechnologie, für die in fast allen Fällen zweikomponentige Epoxid-Kleber eingesetzt werden. Übliche 1K oder 2K-PU-Kleber neigen infolge der unvermeidbar hohen Betonfeuchte zum Aufschäumen. Veröffentlicht wurde zu nass-in-nass verklebten HBV-Decken schon in den 70er Jahren von Pincus in den USA [1], Negrao in Portugal 2004 [2] und vor allem von Brunner in der Schweiz bis 2007 [3] und ab 2010 aus Berlin am Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen des Verfassers [4]-[6].

Die zweite Möglichkeit besteht in der nachträglichen Verklebung von Betonfertigteilen mit Holzträgern. Dazu sind prinzipiell verschiedene Klebstoffe vorstellbar. Üblich sind Epoxi- oder PU-basierte Klebstoffe, mit einem Vorteil für gefüllte 2K-Klebstoffe, da diese in der Regel für die notwendigen größeren Fugendicken höhere Festigkeiten erreichen. Diesbezüglich sind die Forschungen von Seim in Kassel mit aufgeklebten Fertigteilplatten aus ultrahochfestem Beton zu erwähnen [7][8], auch zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Holzforschung in Braunschweig [9]. Hackspiel von der Holzforschung Austria berichtet in [10] von HBV-Decken, die zusätzlich mit einer elastischen Zwischenschicht verklebt werden. Die Zwischenschicht soll die im Hochbau entwurfsrelevanten Schallschutzeigenschaften der Decken verbessern.

Ein Nachteil der bisherigen geklebten HBV-Bauweise sind die hohen Anforderungen an die Umgebungsbedingungen während des Verklebens, wie z.B. Einhaltung des erlaubten Temperaturbereichs, die Schmutzfreiheit und die vergleichsweise kurze Aushärtezeit der Klebstoffe. Für die Praxis bietet sich deshalb eine Verklebung im Werk an. Andererseits ist im Holzbau das Verkleben und das Bauen mit großen, vorgefertigten Bauteilen üblich und daher qualitätssicher zu bewerkstelligen.

3. Forschung der TU-Berlin und Lignotrend zur neuen Granulatsplittverklebung von HBV-Decken

3.1. Neues Konzept zum Klebeverbund zwischen Holz und Beton

Eine neue Variante des geklebten Holz-Beton Verbunds wurde von der TU-Berlin zusammen mit der Firma Lignotrend entwickelt und in einem von der AiF geförderten ZIM-Forschungsprojekt erforscht (Abb. 4 und 5). Bei dieser sogenannten Granulatsplittverklebung wird zunächst grober Splitt auf die Lignotrend-Deckenfertigteile geklebt und bis zur vollständigen Aushärtung gewartet. Auf die so vorbereiteten Holzelemente wird in einem zweiten Schritt der Frischbeton aufgebracht. Der Frischbeton verzahnt sich dabei mit dem aus der Klebeschicht herausstehenden Splitt und garantiert einen schubstarren, sehr tragfähigen Verbund. Der prinzipielle Aufbau der Verbundfuge ist in Abbildung 4 dargestellt.
Wird ein Klebstoff mit hoher Tragfähigkeit und ein geeigneter Splitt gewählt, tritt das Versagen oberhalb der Klebefuge im Beton ein, sofern ein niederfester Beton verwendet wird. Bei höherer Betonfestigkeit ab ca. C35 oder C40 kann das Schubversagen im Holz erwartet

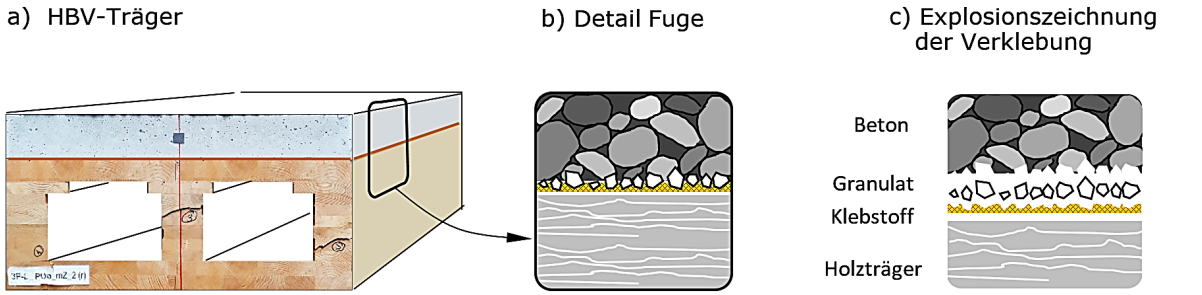


Abbildung 4: Prinzipskizze der Granulatsplittverklebung

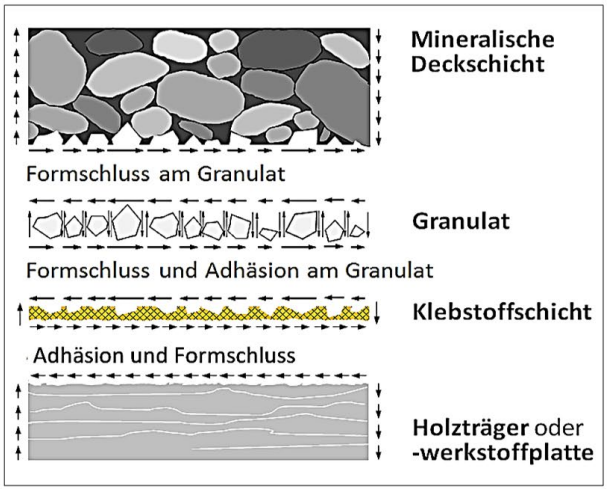


Abbildung 5: a) Tragprinzip Granulatsplittverklebung

b) Holzelemente vor und nach dem Aufbringen des Granulatsplitts. © Lignotrend

werden (vgl. Abb. 6). Ob ein Versagen in der Klebefuge selbst auftritt und wenn ja, bei welcher Schubspannung, hängt vor allem von der Tragfähigkeit des verwendeten Klebstoffs ab. Abhängig von der Ausführung der Verklebung und der Beton- und Holzqualität ist auch ein kombiniertes Versagen im Holz, Beton und der Fuge zu beobachten.

Der besondere Vorteil der Granulatsplittverklebung besteht für den Holzbauer darin, dass er die Verklebung des Splitts witterungsgeschützt und unter sauberen Bedingungen im eigenen Betrieb durchführen kann (Abb. 5b). Dann hat er die Wahl, ebenfalls im Werk die Betonplatte aufzugießen und damit ein vorkonfektioniertes HBV-Fertigteil auf die Baustelle zu liefern, das dort schnell und vergleichsweise witterungsunabhängig eingebaut werden kann. Andererseits hat er die Möglichkeit, nur das leichte, besplittete Holzelement preiswert auf die Baustelle zu transportieren und dann vor Ort zu betonieren. Das besplittete Decken-Halbfertigteil ist im Gegensatz zu üblichen Holzträgern oder Brettsperrholzplatten durch die dichte Kleberschicht vor Wasser geschützt und damit sehr robust.

3.2. Forschungsergebnisse zur Granulatsplittverklebung

Aus den vier am Verbundsystem beteiligten Werkstoffen Beton, Granulat, Klebstoff und Holz – und damit das Tragverhalten bestimmenden Parametern – ergibt sich eine hohe Anzahl an möglichen Kombinationen. Aus diesem Grund wurden zunächst zahlreiche Vorversuche an kleinformatigen Probekörpern durchgeführt um eine zuverlässige Verbundtechnologie zu entwickeln (vgl. Abbildung 6).

Slip-Block-Tests
Als Klebstoffe kamen ein 2K-Epoxidharz, ein 2K-Polyurethan (PU) und mehreren 1K-PU-Klebesysteme zur Anwendung. Dabei wurde im Wesentlichen die Klebstoffmenge variiert aber auch Parameter wie Umgebungs- und Auftragsfeuchte oder unterschiedliche Auftragsdesigns. Beim Granulat lag der Fokus auf den Sieblinien 2/5 und 5/8 mm, während erste Versuche mit Korngrößen bis 16mm nicht weiterverfolgt wurden. Dabei wurden gebrochener Granitsplitt, Flusskies und der Edelsplitt «Alpine Moräne» getestet. Während die Holzqualität, mit Fichte in C24 oder GL24, nicht variiert wurde, wurde das bauprakti-sche Spektrum des Normalbetons in unterschiedlichen Varianten getestet.

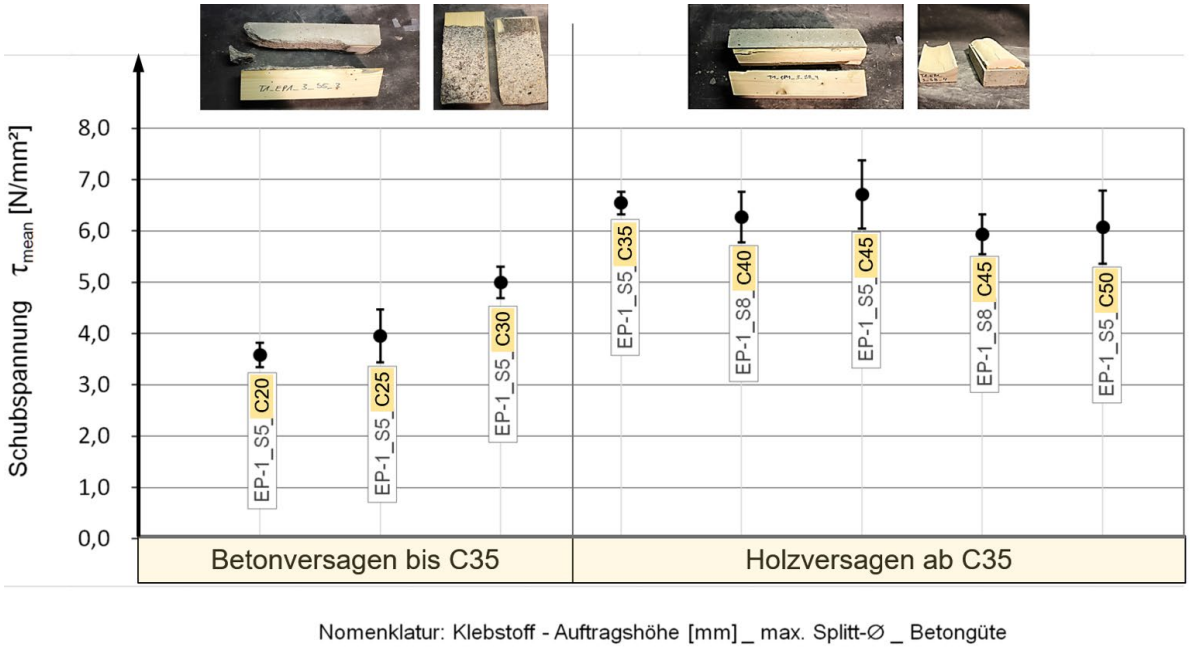


Abbildung 6: Beispiel Schubfestigkeit bei Slip-Block-Versuchen: 1 mm 2K-Epoxidharz, maximaler Granulatdurchmesser 5 und 8 mm, Betongüten zwischen C20/25 und C50/60

Die mit 2K-Epoxidharz verbundenen Probekörper versagten im Slip Block Test durchweg spröde außerhalb der Klebefuge im Beton oder im Holzquerschnitt. Im Bereich der Lastein- oder ausleitung kam es lokal zu Ablösungen zwischen Harz und Granulat. Es wurden über die Verbundfläche gemittelte Bruchschubspannungen von maximal τ_{mean} = 7,9 N/mm² erreicht (Mittelwert einer Serie mit 5 Proben, vgl. Abbildung 6). Erst ab Bruchspannungen von ca. 6 N/mm² bis 7 N/mm² trat fast ausschließlich Schubversagen im Holz auf. Alle Serien hatten nur geringe Streuungen von i.d.R. unter 10%. Die höchsten Festigkeiten lieferten Klebstoffdicken von 3 mm, mit nur geringfügig kleineren Werten für 1 mm. Die Splitt-Sieblinien 2/5 und 5/8 erreichten nahezu identische Tragfähigkeiten. Wegen der guten Verfügbarkeit am Werk sowie der besseren Baustellentauglichkeit wurden die weiteren Untersuchungen mit einem gebrochenen Edelsplitt der Sieblinie 2-5 mm durchgeführt.

Abbildung 6 zeigt am Beispiel der Versuchsserie mit unterschiedlichen Betongüten und einer Verklebung mit 2K-Epoxidharz, dass bei 2K-Epoxi-Verklebungen nicht die Klebefuge selbst, sondern die Verbundpartner Holz und Beton die Schubtragfähigkeit limitieren. Bis zu einer Festigkeit von C35/45 kam es ausschließlich zum Versagen im Beton. Bei den höheren Betonfestigkeiten dominierte das Schubversagen im Holz. Die mit 1K-Polyurethan

erstellten Probekörper versagten hingegen i.d.R. innerhalb der Klebstoffschicht und verhielten sich dabei duktil. Je nach Klebstofftyp und –auftragsmenge wurden mittlere Bruchschubspannungen τ_{mean} zwischen 0,8 und 5,6 N/mm² ermittelt.

Biegeschubtests an kurzen Balken

Um den positiven Einfluss des Querdrucks auf die Holz- und Betonfestigkeit und damit die Fugentragfähigkeit auszuschließen, wurden Versuche an kurzen Balken durchgeführt, analog zu den Untersuchungen beim Leichtbeton. Die 1,9 m langen Balken wurden mittig durch eine Einzellast beansprucht, so dass sich rechnerisch ein konstanter Schubkraftverlauf über die Trägerlänge ergibt. Mit realitätsnahen Querschnittsabmessungen für Holz und Beton wurde die Verbundfuge bewusst mit geringerer Breite ausgeführt um ein Fugenversagen zu provozieren (s. Abbildung 7). Es wurden Varianten mit 2K-Epoxidharz und 1K-Polyurethan bei einer Splittgröße von 2-5mm untersucht.

Alle Serien erreichten Schubfestigkeiten in der Fuge von ca. 5,3 N/mm². Damit liegen diese ca. 20% unter den Ergebnissen der Slip-Block-Versuche mit Epoxidharz, was sich durch den nicht vorhandenen Querdruck erklären lässt. Während bei den Epoxidharz Systemen der Bruch außerhalb der Fuge im Beton oder Holz stattfand, versagten die PU Balken - wie im Slip-Block-Test – vor allem in der Klebefuge und erreichten die gleiche Schubtragfähigkeit wie im Slip-Block-Test. Die Kohäsionsfestigkeit innerhalb des PU-Klebstoffs scheint hier offensichtlich weitestgehend unabhängig vom Querdruck zu sein.

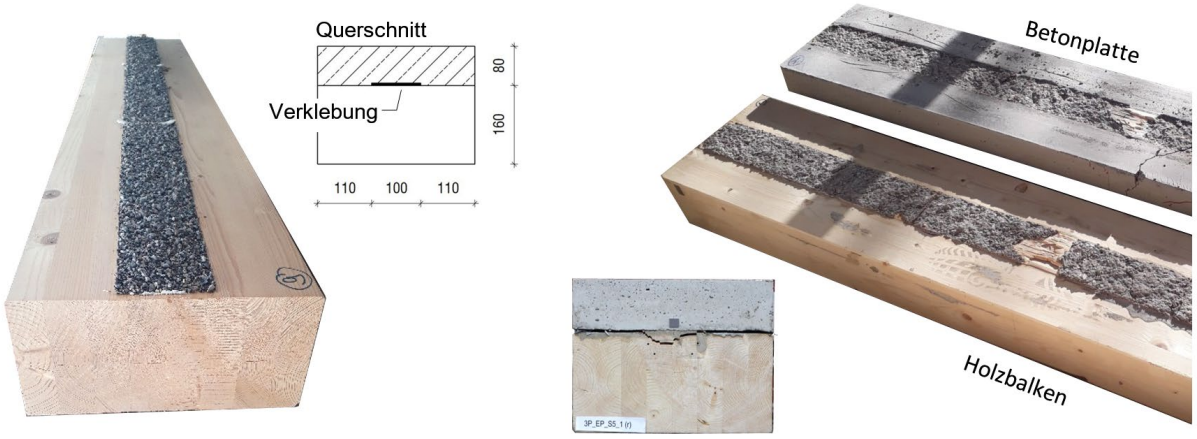


Abbildung 7: Kurze Biegeschubträger mit schmaler Fuge: Links: Vor dem Betonieren.
Rechts: Nach den Versuchen mit Beton- und Holzversagen. Das Bild zeigt vorwiegend Betonversagen

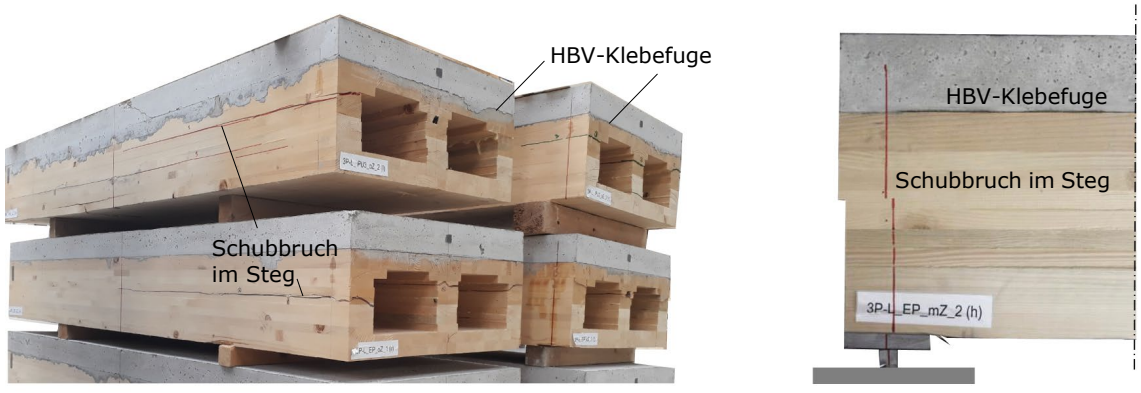


Abbildung 8: Kurze, gedrungenen Lignotrend-HBV-Träger nach den Drei-Punkt Biegeschubversuchen zum Test der Schubtragfähigkeit: Immer Schubversagen im Holz der Stege

Zur Untersuchung der Schubfestigkeit der neuen Granulatsplittverklebung in Verbindung mit den vorfabrizierten Hohlkastelementen der Fa. Lignotrend wurden zusätzlich Dreipunkt-Biegeschubversuche an kurzen Balken mit den Abmessungen L x B x H = 190 x 62,5 x 31,3 cm mit einer Betonplattendicke von 8 cm durchgeführt (Abbildung 8). Die Balken versagten alle ausschließlich auf Schub im Bereich der schmalen Holzstege bei rechnerischen Schubspannungen im Holzsteg von ca. 3,2 N/mm². Die sehr viel breitere

Holz-Beton-Verbundfuge blieb bei allen Versuchen unversehrt. Offensichtlich ist in dem vorliegenden HBV-System die Verbundfuge selbst nicht bemessungsrelevant.

4. Pilotprojekt mit Granulatsplitt verklebten HBV-Decken

4.1. Planung des Pilotprojekts und weiterführende Tests

In der Schweizer Gemeinde Sissach, im Umland von Basel gelegen, wurde ein zweistöckige Neubau eines kommunalen Doppelkindergartens in Holzbauwese geplant und realisiert (s. Abbildung 10 oben). Verantwortlicher Totalunternehmer war die Beer Holzhaus AG im Team mit Kast Kaeppeli Architekten und dem Ingenieurbüro Pirmin Jung. Der Holzbau wurde von der Beer Holzbau AG aus Ostermundigen umgesetzt.

Die ursprüngliche Planung sah für die 7,30 m spannende HBV-Decke einen Querschnitt mit 14 cm Beton auf 16 cm Massivholz vor, exklusive der zusätzlichen 5,5 cm Akustikbekleidung und eine Kervenverbindung. Als Alternative wurde zunächst ein Lignotrend Element von 24,9 cm Höhe (inkl. dem Akustikpanel 3,2 cm), ebenfalls 14 cm Aufbeton und eine Verbindung durch Verschraubung geplant. Das neue Verbundsystem mit Granulatsplittverklebung konnte als Sondervorschlag des Ausführenden eingebracht werden. Damit ergab sich ein Querschnitt aus 10 cm Aufbeton und einem 28,9 cm hohen (inkl. Akustikpanel 3,2cm) Lignotrend Hohlkastenelement (Abbildung 9 mitte).

Für diese erstmalige praktische Anwendung des neuartigen Klebeverbundsystems wurde der folgende, sehr konservative Bemessungsansatz gewählt: Das Lignotrend Hohlkastenelement wurde so dimensioniert, dass es allein alle Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt. Damit wird die Standsicherheit auch ohne den Klebeverbund gewährleistet und der Beton in dieser Betrachtung lediglich als Last aufgefasst.
Für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise, also die Anfangs- und Endverformungen sowie das Schwingungsverhalten, wurde die 10 cm starke Betonschicht als starr mit dem Holz verbunden betrachtet und damit der Verbundquerschnitt angesetzt. Das Holzelement alleine hätte diese Nachweise nicht erfüllt. So ergaben sich mit dem etwas überdimensionierten Querschnitt rechnerisch Durchbiegungen von l/1000 im Anfangszustand und l/550 unter Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden.

Der Schwingungsnachweis war mit einer rechnerischen Eigenfrequenz von 7,2 Hz, zusammen mit dem Steifigkeits- und Beschleunigungskriterium erfüllt. Nachträgliche Messungen am Bauwerk bestätigten die errechneten Verformungen. Die vor Ort gemessene Eigenfrequenz lieferte hingegen mit 10,9 Hz deutliche bessere Werte, obwohl dem, in der Berechnung nicht berücksichtigten, Akustikpanel i.d.R. nur 1-2 Hz Verbesserung zuzuschreiben sind. Somit wäre sogar das strenge 8 Hz Kriterium erfüllt.

Die volle Leistungsfähigkeit des Systems kann ausgeschöpft werden, wenn auch für die Standsicherheit ein starrer Klebeverbund angesetzt wird. Dann genügt eine Gesamthöhe des Verbundquerschnitts von 32,2 cm (inkl. 8 cm Beton und 3,2 cm Akustikpanel, s. Abbildung 9 rechts). Dieser reduzierte Querschnitt wurde für zusätzliche Tests gefertigt und im Versuchsstand der TU Berlin erfolgreich getestet (Abbildung 10 unten). Die Versuche bestätigten, dass die Querschnittshöhe gegenüber der konservativen Ausführung im Pilotprojekt um 6 cm reduziert werden könnte. Der Vollständigkeit halber zeigt Abbildung 9 links zusätzlich einen reinen Holzquerschnitt, der die Nachweise für diese Decke erfüllen würde.

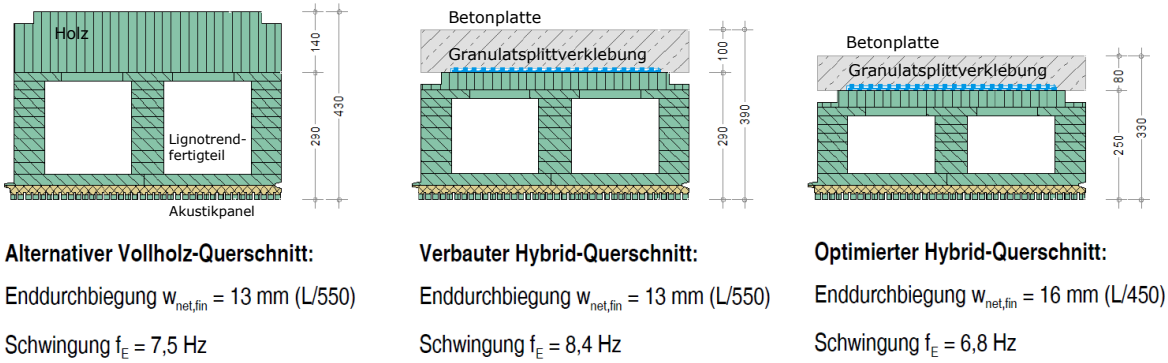


Abbildung 9: Querschnittsvarianten mit Lignotrend-FT: links: reiner Holzquerschnitt; mitte: ausgeführter HBV-Querschnitt mit Granulatsplittverklebung; rechts: optimierter Querschnitt mit Verklebung

4.2. Ausführung

Alle Hohlkastenelemente wurden inkl. einer vollflächigen Splittbestreuung werkseitig vorgefertigt und zur Baustelle geliefert (Abbildung 5b+10). Nach dem Verlegen der Holzdeckenelemente wurde die Bewehrung sowie die Betonschicht aus Transportbeton bauseits hergestellt. Zur Produktionskontrolle und Qualitätssicherung wurden zusätzlich kurze Biegebalken erstellt, die den gleichen Fertigungsweg, inkl. der Betonage auf der Baustelle, durchliefen und später hinsichtlich der Fugenfestigkeit werksintern geprüft wurden.

Für die Montage konnten die ursprünglichen Vorgaben der Tragwerksplaner von Pirmin Jung, wie die Zwischenstützung, die Überhöhung und die Bewehrung der Betonplatte, ohne Änderungen übernommen werden. Auch an dem, in der Betonschicht geplanten, Leitungsverzug der Haustechnik konnte ebenfalls ohne Änderung festgehalten werden. Bei der Montage der Deckenelemente wurde eine temporäre Zwischenstützung an den Drittelspunkten eingerichtet. Diese diente zur Herstellung einer Überhöhung von 10 mm zur Vorwegnahme der Verformung durch Eigengewicht und nahm die Lasten aus dem Frischbeton bis zum Aushärten des Betons auf.

Nach dem Verlegen der Holzelemente wurden die Stöße mit Koppelbrettern verbunden und mit werkseitig vorbereiteten Folien wasserdicht verklebt. Die Deckenfläche war damit kurz nach dem Verlegen ohne weitere Maßnahmen vor der Witterung geschützt. Der Betonbauer fand somit nach dem «besenreinen» Säubern mit einem üblichen Baustellensauger eine ebene, feste, besplittete Fläche vor, die den sonstigen mineralischen Umgebungen im Betonbau ähnelte. Beim Verlegen des Stahls und dem Betonieren konnten die üblichen Routinen aus dem Betonbau ohne Einschränkung genutzt werden. Insbesondere war keine besondere Rücksichtnahme auf Verschraubungen oder Kerven notwendig, die sonst beim Betonieren Einschränkungen der Laufwege bedeuten, bzw. Gefahr laufen, beschädigt oder krummgetreten zu werden. Der Bauablauf der HBV-Decken verlief schnell und problemlos. Weitere Projekte sind bereits in Planung.

Abbildung 10: oben: Doppelkindergarten Sissach, li: Ansicht re: Holzlage der HBV-Decke ©Beer Holzbau AG
unten links: Träger im Biegeversuch unten rechts: Träger mit Granulatsplitt vor dem Betonieren

5. Zusammenfassung

Der kurze Überblick über die Forschungen zum geklebten Verbund zwischen Beton und Holz bestätigt die Leistungsfähigkeit dieser Verbindungstechnologie in Kurz- und einigen Langzeituntersuchungen. Als neue Verbindungsvariante wird hier ausführlich die Granulatsplitt-Verklebung vorgestellt, die von der Firma Lignotrend zusammen mit der TU-Berlin entwickelt und erforscht wurde. Sie hat den Vorteil, dass damit der Verbund zwischen Beton und Holz sowohl im Werk als auch auf der Baustelle qualitätssicher ausgeführt werden kann. Der Versagensmechanismus wird vom entwerfenden Ingenieur durch die Wahl der Beton- und Holzgüte, sowie der Klebstoffqualität definiert. So tritt z.B. im Schubtest mit 2K-Epoxid-Verklebungen von Holz C24 oder GL24 mit Betonklassen bis C35/45 durchweg Betonversagen auf. Andererseits versagen HBV-Konstruktionen mit üblichen Spannweiten, geeignetem Klebstoff, Verklebung über die Balkenbreite und sorgfältiger Ausführung in der Praxis immer auf Biegezug im Holz bevor die Schubtragfähigkeit in der Verbundfuge erreicht ist.

Die Forschungspartner TU-Berlin und Lignotrend danken dem Bundesministerium für Wirtschaft für die Unterstützung der Forschung im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM). Außerdem gilt der Dank dem Totalübernehmer Beer Holzhaus AG, dem Tragwerksplaner Pirmin Jung und dem ausführenden Holzbauunternehmen Beer Holzbau AG für die reibungslose und erfolgreiche Umsetzung des Pilotprojekts in der Schweiz.

6. Literatur

[1] Pincus, G.: Behaviour of Wood-Concrete Composite Beams. Journal of the Structural Division, Proceedings American Society of Civil Engineers, (1970), S. 2009–2019

[2] Negrao, J. H., Oliveira, F. M., Oliveira, C. L.: Investigation on Timber-Concrete Glued Composites. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, (2006)

[3] Brunner, M., Romer, M., Schnüriger, M.: Timber-concrete-composite with an adhesive connector (wet on wet process). Materials and Structures 40 (2007), S 119-126

[4] Zauft, D.: Untersuchungen an geklebten Verbundkonstruktionen aus Holz und Leichtbeton. Dissertation. Heftreihe des Instituts für Bauingenieurwesen TU-Berlin, Shaker Verlag (2014),

[5] Zauft, D.; Schmid, V.; Polak, M. A.; Bonded Timber-concrete composite floors with lightweight concrete; World Conference on Timber Engineering; TU Wien, (2016)

[6] Arendt, S.; Sutter, M.; Breidenbach, M.; Schlag, R.; Schmid, V.: Neue Forschungsergebnisse zu Nass-in-Nass geklebten Holz-Beton-Verbunddecken. Bautechnik 99 (2022), Heft 10

[7] Frohnmüller, J.; Seim, W.: Geklebter Holz-Beton-Verbund. Stand des Wissens und der Forschung. Bauen mit Holz, Jg.123, Nr. 3, (2021), S.30-35

[8] Frohnmüller, J.; Fischer, J.; Seim, W.: Full-scale testing of adhesively bonded timber-concrete composite beams. Materials and Structures 54, (2021), S. 1–21.

[9] Mérono, M. et al.: Innovative Heißklebung von tragenden Holz-Beton-Verbundelementen. Adhäsion Kleben & Dichten (2019), Volume 63, S. 30–34

[10] Hackspiel, C.: Verklebung als Verbund für Holz-Beton-Deckensysteme. 1. Holzbau Kongress Berlin (DHK) 2020, Forum Holzbau (2020), S. 31 - 39

Holz-Beton Verbund mit verklebten Fertigteilen – konsequenter Trockenbau

Werner Seim
Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau
Universität Kassel, Deutschland

Jens Frohnmüller
Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau
Universität Kassel, Deutschland

Holz-Beton Verbund mit verklebten Fertigteilen – konsequenter Trockenbau

1. Einführung

1.1. Die Entwicklung der Holz-Beton Verbundbauweise

Erste Ansätze zur Holz-Beton Verbundbauweise stammen aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. In den Krisenzeiten nach und zwischen den Kriegen waren Stahl und teilweise auch Zement knapp und teuer, und man versuchte, diese Werkstoffe zu ersetzen oder zumindest ihren Anteil an Decken- und Dachkonstruktionen zu verringern. Die Bauteilversuche von Seiler (siehe Abbildung 1) zeigen beispielhaft einen kreativen Ansatz, um den Verbund zwischen Holz und Beton herzustellen. Mit dem Ende der krisenhaften Zeiten verabschiedete man sich dann auch meist sehr schnell wieder von den materialsparenden Konstruktionen, da die Arbeitskosten gegenüber den Materialkosten bestimmend für ökonomische Bauweisen wurden.

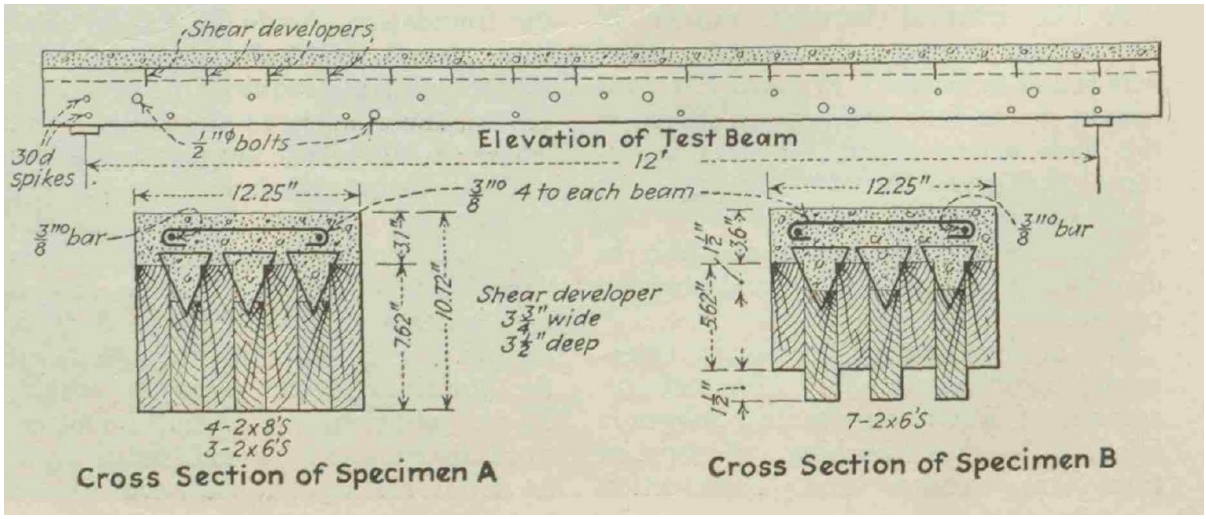


Abbildung 1: Bauteilversuche von Seiler 1934 aus [1]

Eine umfassende Darstellung zu patentierten Konstruktionen im deutschsprachigen Raum sowie zur weiterführenden Forschung findet sich bei Rautenstrauch [2]. Den internationalen Stand der Forschung am Ende des 20. Jh. hat Ceccotti [3] übersichtlich zusammengestellt. Über viele Jahre war die Holz-Beton Verbunddecke allerdings eher ein Nischenprodukt. Das änderte sich mit der Entwicklung des mehrgeschossigen Holzbaus. Dort werden die konstruktiven Anforderungen an die Geschossdecken zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten vor allem durch den Schallschutz, die Feuerwiderstandsdauer und das Schwingungsverhalten definiert - drei Felder, auf denen die klassische Stahlbetonbauweise Maßstäbe setzt, vor allem auch hinsichtlich der Kosten. Abbildung 2 zeigt anschaulich, wie ineffizient die «klassische» Holzbalkendecke im Vergleich zur Stahlbetondecke und zur Holz-Beton Verbunddecke ist, wenn man den Anteil der Masse, der sich am Lastabtrag beteiligt als Maß der Effizienz heranzieht.
Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte der vergangenen Jahre haben sich damit befasst, wie der Verbund zwischen Holz und Beton möglichst einfach und effizient hergestellt werden kann und welche Methoden und Nachweise für eine sichere Bemessung von HBV-Konstruktionen hinsichtlich der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auch unter Berücksichtigung des zeitabhängigen Verhaltens geeignet sind. Schänzlin [4] hat den Stand des Wissens übersichtlich zusammengestellt und seit 2021 liegt mit der CEN/TS 19103 der Entwurf eines technischen Regelwerks vor [5].

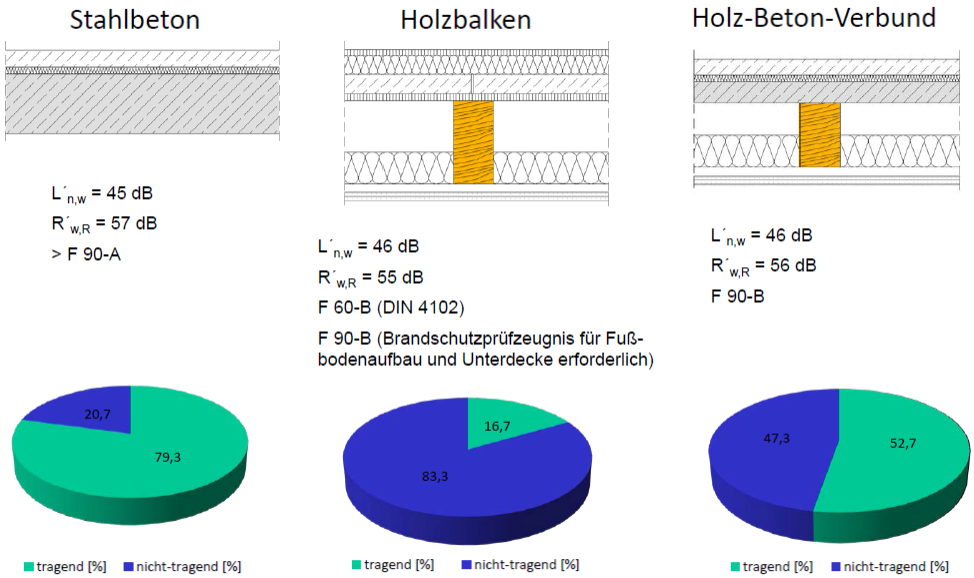


Abbildung 2: Konstruktionsvarianten für Geschossdecken im Vergleich

1.2. Die Motivation für das Kleben

Obwohl die HBV-Bauweise als Endprodukt große Vorteile aufweist und erheblich zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Holzbaus im mehrgeschossigen Bauen beiträgt, gibt es doch einige Nachteile, die immer wieder zu Akzeptanzproblemen führen. Hier spielt insbesondere die Störung des Bauablaufs eine entscheidende Rolle: Die Montage des Holzbaus als klassischer Trockenbau mit weitgehend gebrauchsfertigen Oberflächen (Deckenuntersicht, Stützen, Wände) wird durch das Betongewerk erheblich ausgebremst: Bewehrung muss verlegt werden, Fugen müssen abgedichtet und Oberflächen geschützt werden, der Beton muss aushärten. Das alles braucht Zeit und verzögert den Baufortschritt.
Vor diesem Hintergrund ist es erstaunlich, dass es vergleichsweise wenig Ansätze gab diese Nachteile durch die Verwendung von Stahlbetonfertigteilen zu eliminieren. Neben einem patentierten Verfahren mit in die Stahlbetonfertigteile eingelegten Kunststoffhülsen für die nachträgliche Verschraubung [6] bietet sich hier der geklebte Verbund an.

Die wichtigsten Vorteile des geklebten Verbunds sind:

- Optimales mechanisches Zusammenwirken durch starren Verbund,
- zügiger Bauablauf,
- Geringer Feuchteeintrag in den Rohbau durch a) die Verwendung von Stahlbetonfertigteilen statt Ortbeton
- einfache Vorbereitung der Bauteile,
- kein Anpressdruck erforderlich bei Verwendung von Epoxidharzen,
- nach einem Tag Aushärtung tragfähig, nach sieben Tagen voll belastbar,
- flexible Herstellung auf der Baustelle oder im Werk,
- teilweise Vorwegnahme des Schwindens des Betons vor dem Verbund,
- vergleichsweise einfaches Trennen der Bauteile (Rückbau und Wiederverwendung).

2. Forschung für den geklebten HBV

Ein guter Überblick zur Entwicklungsgeschichte des geklebten Holz-Beton Verbunds findet sich bei Frohnmüller & Seim [7]. An dieser Stelle soll nochmals über die wichtigsten Meilensteine berichtet werden und es werden Zusammenhänge zwischen den Anforderungen aus der Praxis und den wissenschaftlichen Arbeiten aufgezeigt.

2.1. Die Anfänge

Über einen ersten Ansatz zum geklebten Verbund von Holz und Beton berichtet Pincus schon in den 1979er Jahren (siehe [10]). Allerdings verläuft diese Initiative im Sande. Vielleicht auch deswegen, weil bei den dort vorgestellten Bauteilen keine zwei biegesteifen Komponenten vorgesehen sind, sondern eine vergleichsweise dünne Platte einer höherfesten tropischen Holzart mit dem Beton verklebt wird. Mehr oder weniger gleichzeitig

berichten dann 2008 Schäfers & Seim [8] und Toutlemonde & Ben Mekki [9] über Versuche zum geklebten Verbund von Holz und ultra-hochfestem Beton (UHPC).
Die Arbeiten in Kassel bauen dabei auf Erfahrungen beim Kleben auf Stahlbetonoberflächen auf. Vor diesem Hintergrund werden überwiegend Epoxidharzklebstoffe verwendet, die über eine bauaufsichtliche Zulassung zum Kleben auf Beton verfügen. Hinsichtlich der Vorgehensweise wird eine Systematik entwickelt, welche für alle weiteren Arbeiten wegweisend ist. Diese beruht auf den drei Skalen:

- Kleinkörper (42 x 42 mm) zur Bewertung der grundsätzlichen Eignung von Oberflächen und Klebstoff,
- Verbundkörper (ca. 300 x 50 x 45 mm) zur Bewertung der Verbundfestigkeit und der Versagensart,
- Bauteile (Breite ca. 1,20 m, Spannweiten zwischen 4,50 und 8,00 m) zur Bewertung der Vorgehensweise bei der Herstellung und bei der Qualitätssicherung, sowie zur Validierung der Bemessungsansätze.

Abbildung 3: Erste Bauteilversuche mit verklebten Bauteilen aus Holz und ultra-hochfestem Beton (UHPC) von Schäfers [10]

Eine wichtige Erfahrung mit den ersten Versuchen von Schäfers [10] war allerdings auch, dass die Verwendung von vergleichsweise dünnen Platten aus UHPC hinsichtlich der konstruktiven Anforderungen an Deckenkonstruktionen wenig Vorteile bringt. Bei den Folgeprojekten erfolgte deshalb Schritt für Schritt ein Übergang zum hochfesten und zum normalfesten Beton.

2.2. Feuchte und Dauerlast

Aufbauen auf die ersten vielversprechenden Ergebnisse, wurde an der Universität Kassel von Eisenhut & Seim [11] das Langzeitverhalten von geklebten HBV Bauteilen mit Stahlbetonfertigteilen aus HPC im Rahmen des Forschungsclusters BestKleb untersucht. Auch in Nutzungsklasse 2 und über einen Zeitraum von über zwei Jahren konnte bei unter Dauerlast ausgelagerten Bauteilen die Beständigkeit der Klebefuge gegenüber Einflüssen aus Temperatur und Feuchtigkeit nachgewiesen werden. Auch kleinformatige Verbundproben aus geklebtem HBV (l = 300 mm) zeigten unter konstanter mechanischer Dauerbelastung und Wechselklima in einer Klimakammer keinen Festigkeitsverlust.
Mit dem entwickelten Berechnungsmodell auf Grundlage der Finiten Elemente konnte die Bauteilfeuchtigkeit sowie die Kriechverformung mit einer hohen Genauigkeit prognostiziert werden.
Parallel zu den umfangreichen experimentellen Untersuchungen wurden von Eisenhut [12] numerische Berechnungen durchgeführt, bei denen die zeitabhängigen Verformungen durch Feuchteänderungen mit dem Relaxationsverhalten überlagert wurden. Dabei wurden die am Bauteil aufgezeichneten Verläufe der Luftfeuchtigkeit und Temperatur als Einwirkung direkt berücksichtigt. Der Vergleich zwischen gemessener und berechneter Durchbiegung zeigt, dass das Rechenmodell zu Beginn die Verformungen überschätzt,

dass über die Zeit dann aber eine gute Übereinstimmung zwischen der gemessenen und der prognostizierten Durchbiegung erreicht wird.

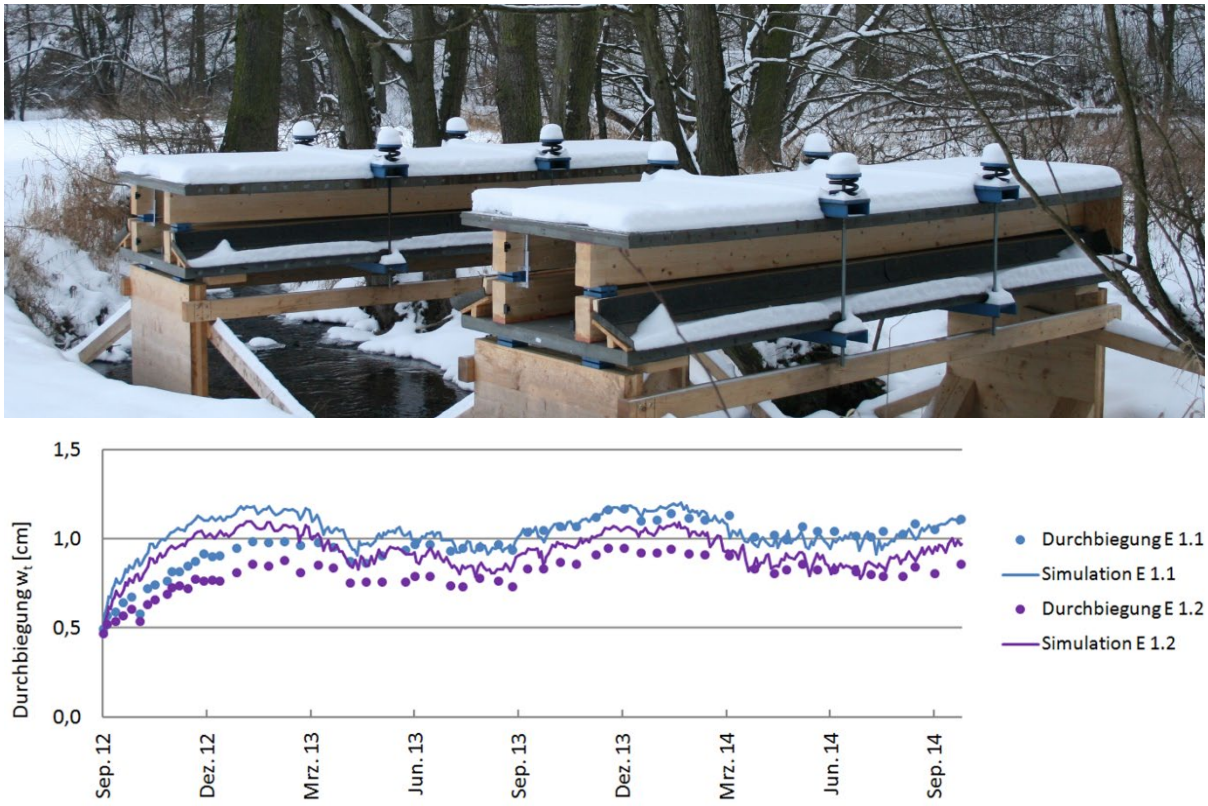


Abbildung 4: Ausgelagerte Bauteile von Eisenhut [12] mit prognostizierten und gemessenen Durchbiegungen (der konstruktive Schutz des Hirnholzes wurde für die Fotografie entfernt)

Mit der Rollschubbeanspruchung infolge zeitabhängiger Phänomene bei flächig verklebten Bauteilen befassten sich Ginz & Seim [13]. Mit umfassenden Simulationen konnte gezeigt werden, dass bei baupraktischen Randbedingungen aus Schwind- und Quellverformungen in Querrichtung die Rollschubbeanspruchung unterhalb der anzusetzenden Widerstände bleibt.

2.3. Betonoberfläche, Klebstoffauswahl und -applikation

Weitere Entwicklungsschritte wurden durch Hinweise und Anforderungen aus der Baupraxis initiiert. Zum einen zeigte sich, dass neben dem klassischen Plattenbalken, mit einer vergleichsweise einfach herzustellenden und zu kontrollierenden Längsverklebung eine erhebliche Nachfrage an flächig verklebten Bauteilen besteht. Dies betrifft sowohl Deckenkonstruktionen im Hochbau mit Brettsperrholz bzw. mit Brettstapel oder liegenden Brettschichtholzelementen als auch den Brückenbau, wo sich die Kombination einer Stahlbetonplatte mit einem blockverklebten Holzbauteil in zahlreichen Anwendungen bewährt hat.
Aufgrund negativer Erfahrungen bei der Applikation von vergleichsweise niedrigviskosen (fließfähigen) Klebstoffen erfolgte der Übergang zur Verwendung hochviskoser (wenig fließfähiger) Polymermörtel auf Epoxidharzbasis. Parallel dazu wurden unterschiedliche streifenförmige Auftragsverfahren untersucht, um die Grundlagen für eine sichere Applikation und eine wirtschaftliche Verwendung des Klebstoffs zu schaffen. Der Nachweis der sicheren Anwendbarkeit wurde durch vollmaßstäbliche Bauteilversuche (siehe Abbildung 5) erbracht. Die Ergebnisse dazu wurden von Frohnmüller et al. [14] dokumentiert.

a b

Abbildung 5: (a) Bauteilversuch mit flächigen Bauteilen (b) Versuchsaufbau für Scherversuche und FE-Modell zur Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Oberflächen

Die Vorbereitung der Betonoberflächen erfolgt bisher standardmäßig durch Sandstrahlen, dies in Anlehnung an die Regelungen, die sich für die nachträgliche Verstärkung von Stahlbetontragwerken bewährt haben. Allerdings wurde der zusätzliche Arbeitsgang in der Vergangenheit immer wieder in Frage gestellt.
Aus diesem Grund wurden mit Scherversuchen systematische Untersuchungen zum Einfluss der Betonoberfläche auf die Verbundfestigkeit durchgeführt. Diese zeigten, dass die Festigkeiten mit und ohne Sandstrahlen in einer vergleichbaren Größenordnung liegen können. Allerdings hat die Oberfläche der Schalung einen erkennbaren Einfluss. Darüber hinaus besteht beim Verkleben ohne vorheriges Sandstrahlen die Gefahr, dass Verunreinigungen z.Bsp. durch Schalöl, welche die Adhäsionswirkung herabsetzen können, möglicherweise nicht erkannt werden.
Wenn ein geeigneter und dauerhafter Klebstoff in Verbindung mit der passenden Oberflächengestaltung und Applikationstechnik gewählt wird, kann ein Kohäsionsversagen des Klebstoff und ein Adhäsionsversagen der Grenzflächen von Klebstoff und Substraten ausgeschlossen werden. Das Versagen findet dann als Verbundversagen im Holz oder im Beton statt.

3. Nachweise GZT und GZG

3.1. Spannungsberechnung bei geklebten Verbundbauteilen

Da Holz und Beton durch die Verklebung starr miteinander verbunden sind können die Spannungen auf analytische Weise mit den Grundlagen der technischen Mechanik berechnet werden. In einem ersten Schritt wird hierzu die Lage der Spannungsnullinie z_0 berechnet.

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{i} E_i \cdot A_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^{i} E_i \cdot A_i} \quad (1)$$

Die Abstände a_i zwischen dem Gesamtschwerpunkt und den Schwerpunkten der Teilquerschnitte ergeben sich aus den in Abbildung 6 dargestellten geometrischen Zusammenhängen.

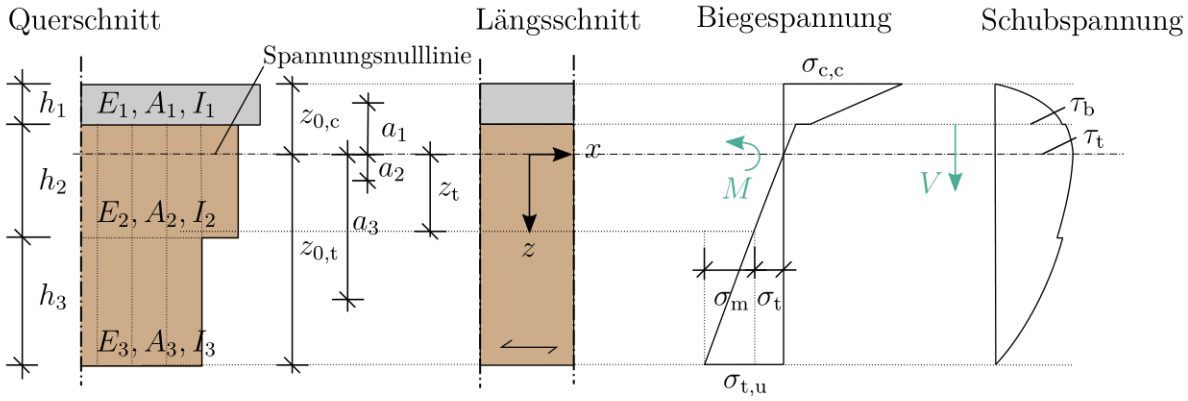


Abbildung 6: Geklebtes Verbundbauteil – Beispielhafte Geometrien und Spannungsverläufe für ein Querschnitt mit drei Teilquerschnitten

Für den Verbundquerschnitt wird eine wirksame Biegesteifigkeit $(EI)_{cal}$ berechnet und dabei die unterschiedlichen E-Moduli der Teilquerschnitte unter Anwendung des Satzes von Steiner berücksichtigt.

$$(EI)_{cal} = \sum_{i=1}^{i} E_i \cdot I_i + E_i \cdot A_i \cdot a_i^2 \tag{2}$$

Mit Kenntnis der wirksamen Biegesteifigkeit können die Biegespannungen an jedem Punkt des des Verbundquerschnitts berechnet werden, indem das Gesamtmoment M_{Ed} in Abhängigkeit der Steifigkeit der Teilquerschnitte aufgeteilt wird. Die maximalen Spannungswerte am oberen und unteren Rand des Verbundbauteils können ermittelt werden, indem die Abstände $z_{0,c}$ und $z_{0,t}$ für z in Gleichung (3) eingesetzt werden.

$$\sigma_i = M \cdot z \cdot \frac{E_i}{(EI)_{cal}} \tag{3}$$

Zur Berechnung der Schubspannung in der Verbundfuge ist es erforderlich, das statische Moment S_b zu ermitteln. Dieses lässt sich in der Regel am einfachsten mit Bezug zum Querschnittsteil 1 berechnen.

$$S_{b,1} = b_1 \cdot h_1 \cdot a_1 \tag{4}$$

Der maximale Schubfluss $T_{b,max}$ ergibt sich wenn die maximale Querkraft in die Gleichungen eingesetzt wird.

$$T_b = T_{b,max} = V_{max} \cdot \frac{E_1 \cdot S_{b,1}}{(EI)_{cal}} \tag{5}$$

Wenn der Klebeverbund in Spannrichtung kontinuierlich angeordnet ist (z.B. durch die Ausführung von Längsstreifen), dann kann die Schubspannung in der Verbundfuge τ_b berechnet werden indem der Schubfluss T_b durch die Verbundbreite b_b dividiert wird.

$$\tau_b = \tau_{b,max} = \frac{T_{b,max}}{b_b} \tag{6}$$

Bei einer diskontinuierlichen Anordnung des Klebeverbunds, wie Sie im Falle von Querstreifen vorhanden ist, muss die verringerte Verbundfläche beachtet werden. Je nach dem Schnittkraftverlauf der Querkraft und Anordnung und Geometrie der Verbundflächen, kann eine vom Trägerende abweichende Stelle maßgebend sein. Die maximale Schubspannung in der Verbundfuge ergibt sich daher als der größte Wert aus den für jeden Klebstoffstreifen n berechneten Verbundschubspannungen $\tau_{b,n}$.

$$\tau_b = \tau_{b,max} = \max(\tau_{b,1}, \tau_{b,2}, ..., \tau_{b,n}) \tag{7}$$

Zur Berechnung von $\tau_{b,n}$ wird der Schubfluss entsprechend der Lasteinzugsflächen der Klebestreifen ausgeteilt.

3.2. Nachweise GZT

Zeitpunkt t = 0

Im GZT müssen zum Zeitpunkt t = 0 die Nachweise für ein Biegezugversagen im Holz, ein Druckversagen im Beton, ein Schubversagen im Holz und ein Verbundversagen in der Klebefuge geführt werden. Theoretisch können weitere Versagensmechanismen maßgebend werden wie ein Querdruckversagen des Holzes oder ein Schulterschubversagen des Betons. Da diese Versagensmechanismen in Versuchen zum geklebten HBV jedoch noch nicht beobachtet werden konnten, sind Sie im Folgenden nicht im Detail aufgeführt. Hilfreich ist an dieser Stelle der Verweis auf die Richtlinie CEN/TS 19103 [5], in der alle Nachweise für HBV Tragelemente aufgeführt sind. Zu beachten ist, dass die CEN/TS 19103 noch nicht bauaufsichtlich eingeführt ist.
Beim Biegezugnachweis ist zu beachten, dass der Teilquerschnitt des Holzes durch eine Kombination aus Zug- und Biegespannungen beansprucht wird. Der Maximalwert der Zugspannung am unteren Querschnittsrand des Holzes muss damit in eine reine Zugspannungskomponente und eine reine Biegespannungskomponente aufgeteilt werden.

$$\left(\frac{\sigma_{\mathrm{t}}}{f_{\mathrm{t,d}}}\right)+\left(\frac{\sigma_{\mathrm{m}}}{f_{\mathrm{m,d}}}\right)\leq 1 \tag{8}$$

Ein Druckversagen des Betons kann unter Annahme eines linear elastischen Materialverhaltens des Betons erfolgen, da die Bruchdehnung des Holzes im Vergleich zum Bewehrungsstahl relativ gering ist. Die Ausbildung eines Parabel-Recheck Diagramms wie es im Betonbau angenommen wird, ist daher nicht möglich.

$$\frac{\sigma_{\mathrm{cc}}}{f_{\mathrm{c,d}}}\leq 1 \tag{9}$$

Der Schubnachweis im Holz wird in Anlehnung an die Regelungen des Eurocode 5 geführt.

$$\frac{\tau_{\mathrm{t}}}{f_{\mathrm{v,d}}}\leq 1 \tag{10}$$

Wenn die Zugspannungen σ_{ct} am unteren Betonrand die mittlere Zugfestigkeit f_{ctm} überschreiten, dann reißt der Beton auf und die gerissene Zugzone trägt nicht mehr zur Biegesteifigkeit des Verbundquerschnitts bei. Verbundspannungen können jedoch weiter übertragen werden.

$$\frac{\sigma_{\mathrm{ct}}}{f_{\mathrm{ctm}}}\leq 1 \tag{11}$$

Rechnerisch kann die gerissene Zugzone berücksichtigt werden, indem eine um die gerissene Zugzonenhöhe h_{cr} reduzierte Betonhöhe $h_{1,ef}$ bei der Berechnung von $(EI)_{ef}$ angesetzt wird. Der Berechnungsablauf sollte wiederholt werden bis Gleichung (11) erfüllt ist.
Für den Nachweis des Klebeverbunds, bzw. der Verbundfuge von Holz und Beton sind bisher keine allgemein gültigen Regelungen vorhanden. Wenn hochfeste Betone verwendet werden, wurde der Nachweis bisher auf ein Versagen im Holz zurückgeführt und die Schubfestigkeit des Holzes f_v angesetzt.
Frohnmüller und Seim [15] stellen einen Ansatz zur Bestimmung der Verbundfestigkeit f_b in Abhängigkeit von der Oberflächenzugfestigkeit $f_{ct,surf}$ vor. Zur Ermittlung des Bemessungswerts der Verbundfestigkeit $f_{b,d}$ müssen die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M beider Werkstoffe, sowie die Faktoren k_{mod} und k_{cr} und für den Beton der Faktor a_{ct} beachtet werden.

$$f_{\mathrm{b,d}}=\min(f_{\mathrm{v,d}};2\cdot f_{\mathrm{ct,surf,d}}) \tag{12}$$

In Anlehnung an die Untersuchungen an auf Beton aufgeklebte Stahl- und CFK-Lamellen werden Beiwerte definiert, mit denen Effekte aus einem mehrachsigen Spannungszustand (Beiwert k_{b1}) und zeitabhängige Effekte (Beiwert k_{b2}) auf die Verbundfestigkeit berücksichtigt werden können. Diese Beiwerte sind derzeit Gegenstand weiterer Untersuchungen.

$$\frac{\tau_{\mathrm{b}}}{k_{\mathrm{b1}} \cdot k_{\mathrm{b2}} \cdot f_{\mathrm{b,d}}} \leq 1 \qquad (13)$$

Nachweis t =∞
Durch das unterschiedliche, zeitliche Verhalten hinsichtlich Kriechen und Schwinden von Holz und Beton muss die Tragfähigkeit zum Zeitpunkt t = ∞ und ggfs. auch zu einem Zeitpunkt im Bereich zwischen 3 bis 7 Jahren nachgewiesen werden. Die Nachweise werden geführt, indem die Steifigkeiten von Bauteil und Verbindungsmittel abgemindert werden. Das Schwinden des Betons kann durch indirekt durch das Aufbringen einer Ersatzlast oder in FE-Programmen als Temperaturlastfall berücksichtigt werden.

3.3. Nachweise GZG

Bei den Nachweisen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind insbesondere die Nachweise von Verformungen und Schwingungen von Relevanz. Diese orientieren sich an den Regelungen des Eurocode 5. Der Nachweis der Schwingungen kann erfolgen, indem die Grenzwerte für Frequenz- und Steifigkeit eingehalten sind.

4. Hinweise zur Ausführung und zur Qualitätssicherung

4.1. Ausgangssituation

Die HBV-Decke mit geklebtem Verbund zwischen Holz und sandgestrahlten Stahlbetonfertigteilen wurde in einem Deckenbereich des Neubaus einer Schule in Kassel umgesetzt. Bei der restlichen Decke wurde der Verbund mittels Kerven und Ortbeton ausgeführt. Bauherr war die Stadt Kassel, hinsichtlich der Tragwerksplanung wurde das Projekt von dem Büro EFG Beratende Ingenieure in Kassel begleitet. Das statische System im Bereich der Pilotanwendung ist ein Einfeldträger mit einer Spannweite von 7,68 m. Der Bereich der Pilotanwendung und die Abmessungen des Deckenquerschnitts sind in Abbildung 7 dargestellt.
Als Klebstoff kam ein Polymermörtel auf 2EP-Basis zum Einsatz, der im Rahmen eines ZIM-Projekts an der Universität Kassel mit den Projektpartnern speziell für diese Anwendung entwickelt worden war. Der Polymermörtel weist eine mittlere Zylinderdruckfestigkeit $f_{\mathrm{adh,c,mean}}$ im Bereich von 140 N/mm², eine Biegezugfestigkeit $f_{\mathrm{adh,t,mean}}$ von 28,7 N/mm² und eine Haftfestigkeit auf einer sandgestrahlen Stahlplatte von 13,8 N/mm² auf. Die Klebstoffstreifen wurden quer zur Spannrichtung angeordnet und zum Auflager hin entsprechend dem Querkraftverlauf in engeren Abständen angeordnet (siehe Abbildung 7, rechts).

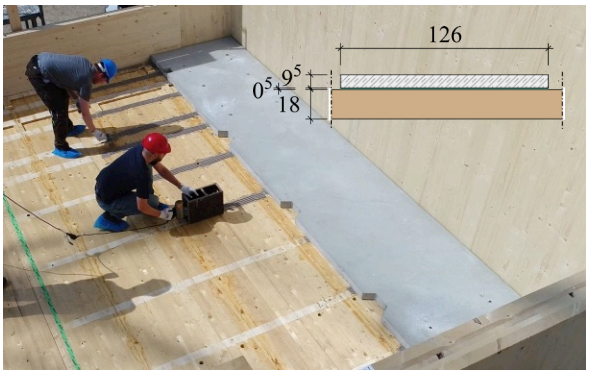


Abbildung 7: Pilotanwendung der geklebten HBV-Bauweise in einem Schul-Neubau in Kassel

Für das Holz kamen im gesamten Deckenbereich liegende Brettschichtholzquerschnitte GL28c, für die Stahlbetonfertigteile die Festigkeitsklasse C40/50 mit einer sandgestrahlten Plattenunterseite zum Einsatz. Die Würfeldruckfestigkeit $f_{\mathrm{cm,cube}}$ konnte auf Grundlage von Prüfzeugnissen des Betonfertigteilwerks aus der internen Qualitätsüberwachung zu 58,8 N/mm² bestimmt werden. Die mittlere Oberflächenzugfestigkeit $f_{\mathrm{ctm,surf}}$ des Betons wurde nach DIN EN 1542 [16] zu 3,0 N/mm² bestimmt.

Um eine erfolgreiche Verklebung sicherzustellen wurde der Ablauf der Arbeiten detailliert geplant und es wurde ein baubegleitendes Qualitätssicherungskonzept umgesetzt. Ziel der Qualitätssicherung ist es folgende, potenzielle Fehlerquellen auszuschließen:

- Unzureichende Adhäsionsausbildung, bzw. Haftversagen zwischen Klebstoff und Fügeteil (durch unzureichende Oberflächenvorbereitung, zu hohe oder zu niedrige Temperatur, Luftfeuchte oder andere klimatische Verhältnisse),
- Unzureichende Tragfähigkeit des Klebstoffs durch ein fehlerhaftes Mischungsverhältnis oder gestörte Aushärtung,
- Unzureichende Tragfähigkeit der Beton- oder Holzoberflächen,
- Verschmutzung der Klebeflächen.

4.2. Vorbereitung der Arbeiten

Vor Beginn der Verklebung wurden Anforderungen an die Bauteile selbst und an die Witterungs- und Umgebungsbedingungen in den ersten 24 h der Aushärtung des Klebstoffs auf der Baustelle festgelegt und überprüft (siehe Tabelle 1). Die Anforderungen wurden in Anlehnung an die DIN EN 14080 [17] und Teil 3 der Richtlinie des DAfStb zur Verklebung von Betonbauteilen [18] definiert.

Tabelle 1: Anforderungen an die Ausführung: Witterungs- und Umgebungsbedingungen auf der Baustelle und Eigenschaften der Bauteile Holz und Beton

Kategorie	Kriterium	Sollwert
Witterungsb.	Außentemperatur	> 8 °C
	Relative Luftfeuchtigkeit	< 75 %
Beton	Baufeuchte	< 4 %
	Oberflächentemperatur	immer 3° über dem Taupunkt
	Festigkeitsklasse (Lieferschein)	C30/37
	Oberflächenzugfestigkeit $f_{ctm,surf}$	> 2,0 N/mm²
Holz	Holzfeuchte	< 16 %
	Sauberkeit der Oberfläche	Staubfrei und frei von losen Teilen, fettfrei
	Hobeln oder Schleifen der Oberfläche	24 Stunden vor Beginn der Verklebung
	Festigkeitsklasse (Lieferschein)	GL28c
Toleranzen	Ebenheit	< 5,0 mm (auf 2000 mm)
	Spalt zwischen Holz und Beton	< 7,0 mm

Aus Erfahrung ist die Oberflächenzugfestigkeit des Betons ein wesentlicher Faktor für den Erfolg der Verklebung. Daher wurde diese Kenngröße vor Beginn der Arbeiten überprüft. Für das Pilotprojekt wurde ein Grenzwert von 2,0 N/mm² gefordert.

4.3. Ablauf der Arbeiten

Der Ablauf der Arbeiten erfolgte derart, dass die Holzelemente mit dem Kran eingehoben und gegen Verschieben fixiert wurden. Sobald die umliegenden Wände gestellt waren, wurden die Holzoberflächen mit einem Richtmaß auf Ebenheit. Dann wurden die Betonfertigteile probeweise eingehoben und die Unebenheiten zwischen Holz und Beton mit einem Messkeil überprüft. Der gemessene Spalt lag bei maximal 2,0 mm etwa in der Mitte der Spannweite. Aus den Grenzabweichung für die Ebenheit («Bautoleranzen») der Schalungsseite des Beton nach DIN EN 13747 [19] und des Holzes nach DIN 18203-3 [20] lässt sich ein maximal zulässiger Spalt zwischen Holz und Beton von 7,0 mm ableiten. Das Klebstoffsystem wurde so ausgelegt, dass diese Maßtoleranzen ausgeglichen werden können.

In einem nächsten Schritt wurde die Lage der späteren Klebestreifen angezeichnet und anschließend mit einer Hobeltiefe von etwa 1 mm frisch gehobelt. Nachdem die Klebeflächen gehobelt waren, wurde bei den Arbeiten sorgfältig darauf geachtet, dass kein Schmutz, Staub oder Fettreste auf die Klebeflächen gelangten. Dies wurde durch das Tragen von Einweg-Handschuhen und Einweg-Überziehern für die Schuhe erreicht. Nach der Reinigung mit Staubsauger wurde der Klebstoff angemischt und bereichweise für jeweils ein Betonfertigteil aufgetragen. Die Verarbeitungszeit des Klebstoffs wurde dabei durch eine Zeitmessung kontrolliert. Anschließend wurden die Betonplatte aufgelegt und mit 12 Montageschrauben je Betonfertigteil durch eingebaute Hülsen im Fertigteil auf dem Holzteil fixiert.
Begleitend zu den Verklebungsarbeiten wurden vor Ort von jeder Klebstoffcharge ausgewählte Prüfkörper hergestellt, siehe (Tabelle 2).

Tabelle 2: Qualitätssicherung - Prüfungen während der Verklebung

Kategorie	**Kriterium**	**Sollwert**
Klebstoff	Biegezugfestigkeit	2 je Charge
	Haftzugfestigkeit auf sandgestrahlter Stahlplatte	3 je Charge
Verbund zum Beton	Oberflächenzugfestigkeit der Betonoberfläche unter Baustellenbedingungen mit Polymermörtel	3 je Charge

Die Anzahl der hergestellten Probekörper der Biegezugprismen orientiert sich an der Bauaufsichtlichen Zulassung Z-10.7-282 [21]. Je Klebstoffcharge sollten mindestens zwei Probekörper nach DIN EN 12350-1 [22] hergestellt und nach 7 Tagen Aushärtung nach DIN EN 12390-5 [23] geprüft werden. Da alle Gebinde im Produktionswerk in einer Charge hergestellt wurden, wären aufgrund der verhältnismäßig kleinen Fläche und der daraus resultierenden geringen Klebstoffmenge theoretisch zwei Probekörper ausreichend gewesen. Um eine aussagekräftige Probenzahl zu erhalten, wurde im vorliegenden Fall entschieden, je angemischtem Gebinde Proben zu entnehmen. Bei den Haftzugversuchen auf einer sandgestrahlten Stahlplatte wurde analog verfahren und es wurden drei Proben pro Mischung hergestellt. Auf einer separaten Betonplatte wurde die Oberflächenzugfestigkeit des Betons ebenfalls erneut überprüft, um zu überprüfen, ob der Klebstoff einen ausreichenden Verbund zum Beton ausbildet. Die Oberflächenzugfestigkeit lag mit 3,4 N/mm² über dem zuvor bei der Kontrolle ermittelten Wert von 3,0 N/mm².

5. Zusammenfassung und Dank

Der Zeitraum zwischen den ersten Tastversuchen zum geklebten Holz-Beton-Verbund und der baupraktischen Umsetzung beträgt ca. 15 Jahre. In dieser Zeit wurden umfassende Erfahrungen gesammelt in einer intensiven und fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Die Arbeiten wären nicht möglich gewesen, ohne die im Folgenden aufgeführten finanziellen Förderungen:

– IGF Forschungsvorhaben Nr. 17274 N «Neuartige geklebte hybride Bauteile aus Holz und Beton – Untersuchungen zur Verbundfestigkeit bei thermisch-hygrischer Beanspruchung der Klebefuge», CLUSTER «BestKleb» (Beständigkeit von Klebungen verstehen und berechnen). Abgeschlossen 2015
– ZIM Forschungsvorhaben Nr. KF2512006KI4 «Entwicklung eines Verfahrens zur Vorfertigung einspuriger Schwerlastbrücken aus geklebtem Holz-Beton-Verbund mit bis zu 16 m Länge» (Kooperationsprojekt mit Schaffitzel Holzbau GmbH & Co. KG). Abgeschlossen 2017
– IGF Forschungsvorhaben Nr. 19417 N «Wirtschaftliche Herstellung hochwertiger Holz-Beton-Verbundelemente unter Anwendung einer innovativen Schnellklebtechnik und Einsatz von Laubholz - SpeedTeCC». Abgeschlossen 2020
– ZIM Forschungsvorhaben Nr. ZF4147005EB9 «Entwicklung einer Schnellbaumethode für HBV-Decken mittels Verklebung vorgefertigter Betonelemente» (Kooperationsprojekt mit BEWO – Betonwerk Oberessendorf GmbH & Co. KG). Abgeschlossen 2022

Die Autoren bedanken sich bei den fördernden Stellen, den im Literaturverzeichnis benannten Kollegen und nicht zuletzt bei den Vertretern, der in den Projekten bzw. den zugehörigen projektbegleitenden Ausschüssen vertretenen Unternehmen für ihre Beiträge.

6. Literaturverzeichnis

[1] Seiler, J.F.; New type of composite beam, Wood Preserving News Vol XI, 19

[2] Rautenstrauch, K.; Entwicklung der Holz-Beton-Verbundbauweise. In: Holz-Beton-Verbund, Hrsg. König Holschemacher Dehn, F., Bauwerk-Verlag 2004.

[3] Ceccotti, A; Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. In: STEP 2 Holzbauwerke nach Eurocode 2, Hrsg. Informationsdienst Holz, 1995.

[4] Schänzlin, J; Eurocode 5: 2022 – Zur Bemessung von Holz-Beton-Verbunddecken. Karlsruher Tage 2018-Holzbau: Forschung für die Praxis, Karlsruhe, 2018.

[5] CEN/TS 19193:2021; Eurocode 5: Design of Timber Structures – Structural design of timber-concrete composite structures – Common rules and rules for buildings, 2021.

[6] ETA-13/0029; Würth FT-Verbinder.

[7] Frohnmüller, J; Seim, W.; Geklebter Holz-Beton-Verbund – Stand des Wissens und der Forschung. Bauen mit Holz, 2021

[8] Schäfers, M., Seim, W.; Development of adhesive bonded Timber-UHPC Composites– Experimental and theoretical investigations. *WCTE, Miyazaki, Japan*. 2008.

[9] Toutlemonde, F., Ben Mekki, O.; Experimental study of a new bridge structure: A 10 m-span composite UHPFRC-carbon fibres-timber bridge. 8th International symposium on utilization of high-strength and high-performance concrete. 2008.

[10] Schäfers, M.; Entwicklung von hybriden Bauteilen aus Holz und hochfesten bzw. ultrahochfesten Betonen. Experimentelle und theoretische Untersuchungen. Dissertation, Universität Kassel, 2010.

[11] Eisenhut, L., Seim, W.; Langzeitverhalten geklebter Bauteile aus Holz und hochfestem Beton bei natürlichem Klima. Bautechnik, 2016.

[12] Eisenhut, L.; Geklebter Verbund aus Holz und hochfestem Beton-Untersuchungen zum Langzeitverhalten. Dissertation, Universität Kassel, 2015.

[13] Ginz, A, Seim, W; Moisture induced internal stress within adhesive-bonded timber-concrete composites, WCTE 2018, Seoul.

[14] Frohnmüller, J., Fischer, J., Seim, W.; Full-scale testing of adhesively bonded timber-concrete composite beams. Materials and Structures, 2021.

[15] Frohnmüller, J; Seim, W.; Geklebter Holz-Beton-Verbund auf schalglatten Betonoberflächen. Doktorandenkolloqium Stuttgart. 2020

[16] DIN EN 1542; Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch; Deutsche Fassung EN 1542:1999

[17] DIN EN 14080; Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14080:2013

[18] DafStb-Richtlinie Verstärken von Betonbauteilen mit geklebter Bewehrung: Ausführung; Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin, März 2012

[19] DIN EN 13747; Betonfertigteile – Deckenplatten mit Ortbetonergänzung; Deutsche Fassung EN 13747:2005+A2:2010

[20] DIN 18203-3; Toleranzen im Hochbau – Teil 3: Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen, 2008-08

[21] Z-10.7-282; Polymerverguss zur Verstärkung von Holzbauteilen, Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, DIBt Berlin; 2021

[22] DIN EN 12350-1; Prüfung von Frischbeton – Teil 1: Probenahme und Prüfgerät; Deutsche Fassung EN 12350:2019

[23] DIN EN 12390-5; Prüfung von Festbeton – Teil 5: Biegezugfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12390-5:2019

Geklebte Verbindungen für weitgespannte Decken- und Dachtragwerke

Dr. Jan Wenker
Brüninghoff Group
Heiden, Deutschland

Geklebte Verbindungen für weitgespannte Decken- und Dachtragwerke

Das vorliegende Referat gliedert sich in drei Teile, die die aktuellen Aktivitäten der Brüninghoff Group im Bereich geklebter, weitgespannter Tragwerke zusammenfassend vorstellen. Geklebte Kastenelemente aus Furnierschichtholz werden bei der Brüninghoff Holz GmbH & Co. KG im Tagesgeschäft hergestellt. Darüber hinaus befasst sich die Abteilung Nachhaltigkeit & Innovation der Brüninghoff Group im Rahmen von Verbund-Forschungsvorhaben zur Produktentwicklung einerseits mit geklebten Holz-Beton-Verbundkonstruktionen und andererseits mit geklebten Knotenpunkten für aufgelöste Dachtragwerke in der Gestalt von Fachwerkträgern.

1. Geklebte weitgespannte Kastenelemente

Geklebte Kastenelemente bieten eine sehr ressourceneffiziente Möglichkeit, größere Dimensionen im Decken- und Dachbereich zu überspannen. Diese werden bei der Brüninghoff Holz GmbH & Co. KG entsprechend der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung AbZ Z-9.1-100 gefertigt (Bescheinigung C1 in Verbindung mit DIN 1052-10:2012). Dabei kommt Fichten-Furnierschichtholz «Kerto» des Herstellers Metsä Wood zum Einsatz.

1.1. Produzierte Geometrie

Hauptsächlich produziert werden zusammengesetzte Flächentragwerke mit Rippen (beidseitig geschlossen, Kastenelemente) entsprechend Anlage 3 der AbZ Z-9.1-100 für die Anwendung im Deckenbereich. Dabei bestehen die Rippen aus Kerto LVL S-beam und die Beplankung aus Kerto LVL Q-panel. Je nach Anwendungsfall können diese Elemente bis zu einer Länge von 16 m, einer Breite von 4 m und einer Höhe von 0,9 m hergestellt werden. Die geklebten Kastenelemente liefert die Brüninghoff Holz GmbH & Co. KG als Fertigungsdienstleister für den freien Markt, aber auch für Bauprojekte aus der Brüninghoff Group. Abbildung 1 zeigt fertig produzierte Kastenelemente bei der Verladung auf Wechselbrücken für den Transport.

Abbildung 1: Kastenelemente mit 14 m Länge (Bildquelle: Brüninghoff Group)

1.2. Produktionsprozess

Die Verklebung erfolgt mittels Melamin-Harnstoff-Formaldehyd Klebstoff (MUF). Der verwendete Klebstoff Dynea Prefere 4546 mit Härter Prefere 5022 ist in dieser Kombination im Untermischverfahren mit fugenfüllenden Eigenschaften für Fugen bis 1,5 mm zugelassen. Dies bietet die notwendige Sicherheit, sollten trotz sorgfältigster Vorbereitung der Fügeteile nicht vollständig ideale Fugen entstehen. Die Auftragsmenge ist dabei so bestimmt worden, dass zur ersten visuellen Überprüfung des Verklebungsprozesses an allen Stellen Klebstoff austritt. Der notwendige Pressdruck wird durch Teilgewindeschrauben aufgebracht (Schraubenpressklebung). Hier kommen selbstbohrende Teilgewindeschrauben Würth ASSY®PLUS 4 CSMP in den Längen 6x100 mm beziehungsweise 6x140 mm zum Einsatz, je nach Stärke der Beplankung. Selbstverständlich, aber nicht oft genug zu erwähnen ist, dass der gewindefreie Teil der TG-Schraube länger sein muss als die Dicke der Beplankung um sicherzustellen, dass in der aufzuklebenden Platte kein Schraubengewinde vorhanden ist. Nur so kann Pressdruck aufgebracht werden.
Der Verklebungsprozess selbst findet auf Tischen in einer separaten Produktionshalle statt, die auch im Winter auf 20° C und 55 % relative Luftfeuchte eingestellt ist. Momentan findet der Prozess weitgehend in Handarbeit statt, allerdings sind Schritte zur Automatisierung geplant. Die nachfolgenden Bilder zeigen den Klebstoffauftrag auf die Rippen sowie die Verschraubung der Beplankung mit den Rippen.

Abbildung 2: Kastenelemente – Klebstoffauftrag und Verschraubung (Bildquelle: Brüninghoff Group)

Klebstoff und Härter werden in der Leimküche im Verhältnis 100:10 Gewichtsteile gemischt und dann bauteilbezogen in Einweg-Kunststoffbeutel gefüllt. So kann die Klebstoffflotte optimal abgewogen und transportiert werden. Beutel mit ausgehärteten Klebstoffresten sind problemlos zu entsorgen. Die Einwegbeutel verursachen zwar Abfall, allerdings entfallen durch diese Methode die Reinigung von Auftragsgeräten und somit eine erhebliche Menge verunreinigten Waschwassers. Vor Ort wird eine Ecke des Beutels aufgeschnitten und die portionierte Menge kann so sehr genau entsprechend der Vorgabe von 700 g/m² auf die Rippen aufgebracht werden. Die Verschraubung erfolgt mittels Magazinschraubern, welche eine gute Ergonomie und Geschwindigkeit des Produktionsprozesses sicherstellen. Der Schraubenabstand wird mit Hilfe einer markierten Schnur eingehalten. Dieses Verfahren hat sich als sehr zielführend, prozesssicher und effizient erwiesen.

1.3. Qualitätssicherung

Entsprechend den Vorgaben der DIN 1052-10 und der AbZ Z-9.1-100 wird eine werkseigene Produktionskontrolle durchgeführt, welche ergänzt wird durch regelmäßige Fremdüberwachung der MPA Stuttgart. Neben fortlaufender und automatisierter Protokollierung des Klimas in Lager- und Produktionsräumen, regelmäßiger Kontrolle der Klebstoffauftragsmenge und Dokumentation im Leimbuch sowie Kontrolle der Klebstofffugendicke mittels Auflichtmikroskop, wird auch die Festigkeit der Verklebung regelmäßig überprüft. Für die Kastenelemente aus Furnierschichtholz werden Scherprüfungen gemäß DIN EN 14080 und Aufstechprüfungen nach Kochwechselbehandlung gemäß DIN EN 14374 durchgeführt.

Dazu ist ein entsprechendes hauseigenes Prüflabor eingerichtet, in dem sämtliche Prüfungen und Dokumentationen rechnergestützt erfolgen. Nachfolgende Abbildung 3 zeigt Teile des Qualitätssicherungsprozesses.

Abbildung 3: Qualitätssicherung – Messung der Klebstofffugendicke, Aufstechprüfung nach Kochwechselbehandlung, Ermittlung der Scherfestigkeit (Bildquelle: Brüninghoff Group)

Die Werkseigene Produktionskontrolle in Verbindung mit der Fremdüberwachung stellt sicher, dass die hohen Anforderungen an den tragenden Holzleimbau erfüllt werden.

2. Forschung an geklebten Holz-Beton-Verbunddecken

Vor dem Hintergrund von einerseits Steigerung der Leistungsfähigkeit des Bauteils und andererseits Effizienz bei der Herstellung von Holz-Beton Verbunddecken bietet die Verklebung von Holz und Beton vielversprechendes Potential. Als Hersteller von Holz-Beton-Verbunddecken ist die Brüninghoff Group daher stets bestrebt, diese Bauweise ständig weiter zu optimieren. In Zusammenarbeit mit u. a. der Technischen Universität Berlin wurden daher Versuche zur Verklebung von HBV-Rippendecken durchgeführt. In diesem Referat wird auf die Groß-Prüfkörper und Durchführung der 4-Punkt Biegeversuche mit 8,1 m Spannweite eingegangen. Über die vorangegangenen kleinmaßstäblichen Scher- und Schub-Biege-Versuche lässt sich im demnächst veröffentlichten Abschlussbericht des Vorhabens lesen (Breidenbach et al., 2022).
Eine Spannweite von 8,1 m wurde gewählt, da diese Spannweite im Hochbau häufig Anwendung findet und hier die Klebetechnik gegenüber anderen Verbindungsmitteln deutliche Vorteile mit sich bringt. Die Dimensionen der Balken wurden durch eine Tragwerksbemessung für übliche Nutzlasten in Wohn- und Bürobauten auf 24 x 28 cm² festgelegt. Die Dicke der Betonplatte wurde für Trockenverklebungen auf 12 cm festgelegt und für Nass-in-Nass Verklebungen auf 10 cm. Im Verbundbauteil ist eine Betonplatte von 10 cm statisch ausreichend, auch für die Erfüllung von Anforderungen an Schallschutz und Schwingungen. Vor dem Fügen ist eine 10 cm dicke Betonplatte mit einer Spannweite von 8,10 m allerdings nur sehr schwer zu handhaben, sodass für die Trockenverklebung eine 12 cm dicke Betonplatte verwendet wurde.

2.1. Prüfkörperherstellung

Die Verklebung von HBV kann auf zwei Weisen durchgeführt werden. Einerseits kann der Beton direkt auf den frisch aufgetragenen Klebstoff eingebracht werden – sogenannte Nass-in-Nass Verklebung – und andererseits können vorgefertigte Betonfertigteile im Nachgang auf das Holz geklebt werden. In vorangegangenen Kleinversuchen wurden beide Varianten mit verschiedenen Klebstoffen durchgeführt und geprüft, ebenso der Einfluss verschiedener Betonoberflächen und Trennmittel. In den in diesem Referat vorgestellten Großversuchen wurde die Verklebung von geschliffenen Fertigteilen mit zwei verschiedenen Klebstoffen untersucht, sowie die Nass-in-Nass-Verklebung mit einem der beiden Klebstoffe.

Die Produktion der Betonfertigteile sowie der Abbund der Brettschichtholzträger erfolgten bei Brüninghoff in Heiden. Die Verklebung von Beton und Holz fanden sowohl bei Brüninghoff als auch an der TU Berlin statt. Die Prüfkörperherstellung ist veranschaulicht in den Abbildungen 4 und 5.

Abbildung 4: Auftrag des Klebstoffs für die Trockenverklebung und Vertiefung im Balken für den flächigen Auftrag des Klebstoffs für die Nass-in-Nass Verklebung (Bildquelle: TU Berlin)

Abbildung 5: Trockenverklebung (Fertigteil-Verklebung) und Nass-in-Nass Verklebung (Betonage auf Klebstoff) (Bildquelle: TU Berlin)

Die Trockenverklebung erforderte ein Vorbereiten der Betonplatte (Schleifen), den Auftrag des Klebstoffes mittels 8 mm Zahnspachtel und das Einsetzen von Abstandshaltern zur Einhaltung einer Mindestdicke der Klebstofffuge. Anschließend wurde die Betonplatte aufgelegt und überschüssiger Klebstoff entfernt.
Bei der Nass-in-Nass Verklebung erfolge zunächst der Klebstoffauftrag in die 2 mm Vertiefung beziehungsweise Tasche des Holzbalkens, sodann das Einlegen der Bewehrung und das Einfüllen des Betons. Bei der Betonage war darauf zu achten, dass der einlaufende Beton den Klebstoff nicht schwallartig verdrängt. Schließlich wurde vorsichtig verdichtet, ohne die frische Klebstoffschicht zu beschädigen.

2.2. Versuchsdurchführung

Die Biegeversuche dienten neben der Erprobung der Klebetechnologie im Bauteilmaßstab (Prüfkörperherstellung unter Praxisbedingungen) der Ermittlung der Bauteilsteifigkeit und der Erforschung des Trag- und Bruchverhaltens unter realen Beanspruchungen. Sie wurden als 4-Punkt-Biegeversuche in Anlehnung an DIN EN 408 (DIN, 2012) durchgeführt.

Abbildung 6: Geklebter HBF-Prüfkörper mit 8,1 m Länge in der Prüfmaschine für den 4-Punkt-Biegeversuch (Bildquelle: TU Berlin)

Die Biegeversuche im Bauteilmaßstab wurden in der Großversuchshalle der TU Berlin durchgeführt (Abbildung 6).

2.3. Ergebnisse und Diskussion

Die Klebung von Holz-Beton-Verbundbauteilen, hier HBV-Decken, wurde innerhalb des Projekts erfolgreich durchgeführt. Die Bauteile versagten stets durch ein Überschreiten der Biegezugfestigkeit des Holzes (Abbildung 7). Ein Versagen der Fuge konnte in keinem Fall beobachtet werden. Die vorangegangen Kleinversuche zeigen deutlich, dass die Beschaffenheit der Betonoberfläche einen entscheidenden Einfluss auf das Versagensbild der Verbindung hat. Mit geschliffenen Betonfertigteilen sowie mit Betonfertigteilen, welche mit Trennmittel geschalt und nicht weiter vorbereitet wurden, konnten positive Ergebnisse in Scherversuchen erzielt werden. Ohne Trennmittel geschalte Bauteile versagten zu großen Teilen adhäsiv oder zeigten zumindest einen hohen Anteil adhäsiver Bruchflächen. Durch vorheriges Anschleifen des Betons wurden auch große Bauteile erfolgreich geklebt. Die Verklebung von mit Trennmitteln geschalten Betonfertigteilen wurde aufgrund derzeit unzureichender Kenntnisse über den Einfluss des Trennmittels auf die Dauerhaftigkeit der Klebung in den Bauteilversuchen nicht untersucht.

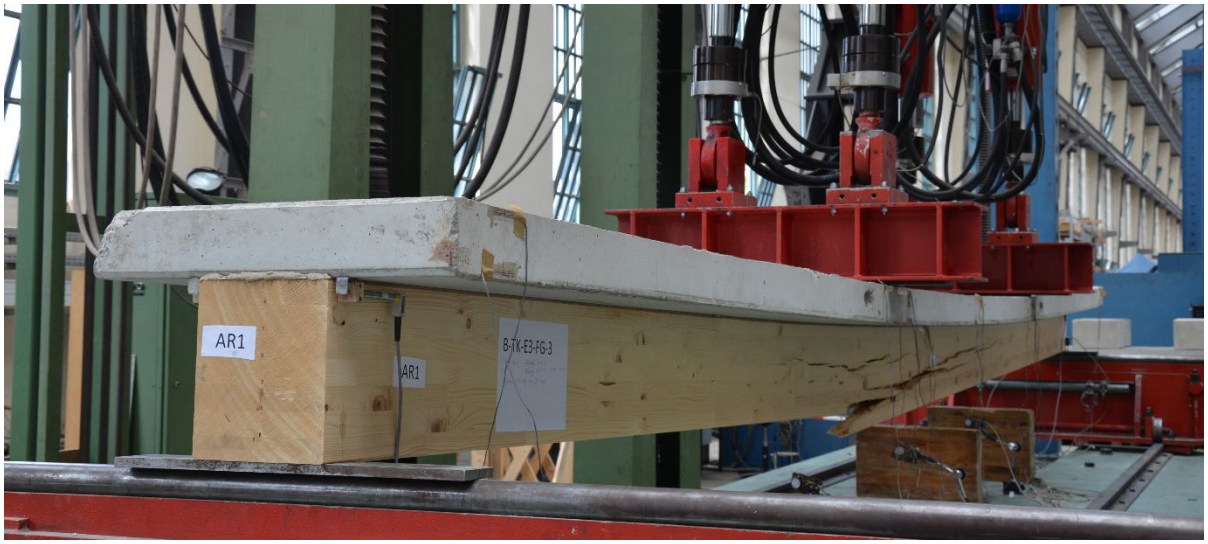


Abbildung 7: Prüfkörper nach Bruchversagen im BSH-Träger (Bildquelle: TU Berlin)

Ebenso wichtig wie die Oberflächenbeschaffenheit ist die Wahl des passenden Klebstoffs. Eine gewisse Steifigkeit des Klebstoffs ist wichtig, damit dieser nicht vom Balken abläuft oder sogar komplett aus der Fuge gedrückt wird, beziehungsweise bei der Nass-in-Nass Verklebung nicht vom Beton verschoben wird. Gleichzeitig muss der Klebstoff weich genug sein und das Holz gut benetzen, um einen schnellen, lückenlosen Auftrag zu gewährleisten. Ein grundsätzlich geeigneter aber im Hinblick auf die Verarbeitungseigenschaften ungünstiger Klebstoff birgt die Gefahren, dass einerseits durch schwierigen Auftrag die offene Zeit des Klebstoffs überschritten wird und andererseits die geplante Klebstoffmenge nicht aufgebracht werden kann. In beiden Fällen leidet die Qualität der Verklebung. Mit einer modifizierten Variante des etablierten Reaktionsharzbetons Compono (Bennert) und mit speziell für das Projekt angefertigtem Klebstoff (Rampf) konnten gleichermaßen erfolgreich Bauteile geklebt werden. Bei beiden Produkten handelt es sich um mineralisch gefüllte, zweikomponentige Epoxidharze. Die Verarbeitungseigenschaften des auf Compono basierten Klebstoffs sollten trotz genereller Eignung für die Klebung von Fertigteilen noch optimiert werden, da der Klebstoff relativ zähflüssig ist und daher mehr Zeit beim Auftrag benötigt wird. Während die Konsistenz des speziellen Klebstoffs von Rampf für die Verklebung von Fertigteilen als sehr gut eingestuft wurde, konnte bei der Nass-in-Nass-Klebung ein Verschieben des Klebstoffs beobachtet werden, sodass für diese Anwendung eine etwas steifere Mischung günstiger wäre.

In Hinblick auf die Herstellungsmethode - Trockenverklebung oder Nass-in-Nass Verklebung – erwiesen sich beide Methoden als grundsätzlich geeignet. Die Trockenverklebung ist jedoch aufgrund der Vorbereitung der Fuge, der vorherigen Herstellung des Betonfertigteils und der zusätzlichen Hebeprozesse mit einem deutlichen Mehraufwand verbunden. Zusätzlich erschweren Bauteiltoleranzen das Herstellen einer vollflächigen Klebung. Diese Aspekte entfallen bei einer Nass-in-Nass Verklebung gänzlich. Diese erfordert jedoch eine größere Vorsicht bei der Betonage und einen gut abgestimmten Herstellungsprozess, da nicht nur die Verarbeitungsdauer des Klebstoffs, sondern auch die des Betons einzuhalten ist.

Es bleibt zu prüfen, ob durch stark wechselnde klimatische Verhältnisse in Holz-Beton-Verbundbauteilen Schäden durch Zwangsspannungen hervorgerufen werden können, die einen unzuträglichen Einfluss auf die Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit der Bauteile haben. Weiterhin ist das Verhalten bei Brandbeanspruchung zu untersuchen. Eine wichtige Voraussetzung für die praktische Anwendbarkeit ist, dass das Brandverhalten des Klebstoffs den Brandschutzanforderungen am Einsatzort entspricht.

Aufgrund der unverzichtbaren Forderung nach gesteigerter Nachhaltigkeit im Bauwesen rückt das Ende des Lebenszyklus immer weiter in den Fokus. Eine Wiederverwendung geklebter Verbundbauteile ist denkbar, solange sich die Planung an den aktuell üblichen Rastermaßen orientiert. Eine Trennung der Bauteile ist nicht ohne Restrückstände möglich. Die Erfahrung aus diesen Forschungsarbeiten hat gezeigt, dass die Trennung von

Holz und Beton am besten möglich ist, wenn eine Querzugkraft auf die Fuge wirkt. Dies führt zu einem Bruch des Betons oder Holzes knapp oberhalb der Fuge, stellenweise auch an der Grenzfläche zwischen Klebstoff und Beton. An einem der Fügeteile verbleibt dann der Klebstoff sowie restliche Anhaftungen des jeweils anderen Werkstoffs. Tritt ein Versagen des Betons ein, kann das das Holz knapp unterhalb der Klebschicht aufgetrennt werden, sodass die die Bauteile weitestgehend sortenrein vorliegen und daher mit leichten Verlusten wiederverwendet werden können. Wie praktikabel diese Art der Trennung ist und in welcher Form sich das verbleibende Holz wiederverwenden lässt, ist Gegenstand für zukünftige Untersuchungen.

2.4. Danksagung

Die im zweiten Kapitel dieses Referats vorgestellten Forschungsarbeiten wurden vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Förderprogramms Zukunft Bau gefördert. Die Projektnummer ist 10.08.18.7-18.01.
Die Arbeiten wurden zusammen mit der Technischen Universität Berlin; Institut für Bauingenieurwesen; Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen, der Arup Deutschland GmbH und der berlinovo Immobilien GmbH durchgeführt.

2.5. Weiterführende Literatur

[1] Breidenbach, M., Behring, S., Schmid, V., Wenker, J., Hein, C., Dwan, A. Meyer, F. Karbe, K.: Integrale Holz-Beton-Decken mit geklebtem Verbund.
Projektnummer 10.08.18.7-18.01. BBSR-Online-Publikation 2022, Bonn.
Demnächst online verfügbar unter https://www.zukunftbau.de/projekte/forschungsfoerderung/1008187-1801

[2] Breidenbach, M.: Kerven in Holz-Beton-Verbund-Systemen mit nachträglichem Polymerbetonverguss: Experimentelle und theoretische Grundlagen. Masterarbeit, TU Berlin, 2019.

[3] DIN EN 408:2012-10: Holzbauwerke – Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz - Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften.
Deutsches Institut für Normung, Oktober 2012

[4] Arendt, S., Sutter, M., Breidenbach, M., Schlag, R., Schmid, V.: Neue Forschungsergebnisse zu Nass-in Nass geklebten Holz-Beton-Verbunddecken.
Bautechnik 99 (2022), Heft 10

3. Geklebte Knotenpunkte von weitgespannten Fachwerkträgern

Hölzerne Dach-Tragstrukturen für weitgespannte Bauwerke bestehen derzeit in der Regel entweder aus massiven Bauteilen aus hochkant stehendem Brettschichtholz oder aus aufgelösten beziehungsweise zusammengesetzten Tragstrukturen aus Brettschichtholz, Furnierschichtholz und/oder Konstruktionsvollholz. Massive Träger weisen einen sehr hohen Materialeinsatz auf. Solche Konstruktionen sind in keiner Weise ressourcen- und materialeffizient. Dennoch finden massive Brettschichtholzkonstruktionen im Bereich des Ingenieurholzbaus am häufigsten Anwendung in der Baupraxis. Die Brüninghoff Group, das Labor für Holzbau der Hochschule RheinMain und die Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (Otto Graf Institut), Abteilung Holzkonstruktionen, haben daher gemeinsam eine hybride Leichtbaulösung auf Holzbasis für weitgespannte Hallentragwerke entwickelt.

3.1. Trägerdesign

Das Design des Trägers wurde unter Berücksichtigung der folgenden konstruktiven Anforderungen entwickelt:

- Spannweite 20 m bis 35 m (größere Spannweiten konzeptionell möglich)
- Trägerhöhe möglichst niedrig, Satteldachträger dabei auf Gesamthöhe optimiert
- Feuerwiderstandsklasse R 30
- Standard-Installationen bis ca. 80 cm Rohrdurchmesser müssen einfach durch das Bauteil geführt werden können
- Option für biegesteife Kopplung von Trägerabschnitten über Baustellenstoß

Dem im Folgenden vorgestellten Trägerdesign (Abbildung 8) ging eine umfangreiche Variantenuntersuchung voraus. Aufgrund des hohen Zeitaufwands zur Einbringung einer Vielzahl von mechanischen Verbindungsmitteln, z. B. Stabdübel beziehungsweise eingeklebte Stahlteile, wurde eine direktverklebte Variante mit zweiteiligen Gurten aus Laubholz favorisiert. Für diese wurden detaillierte Berechnungen erstellt, die als Grundlage für weitere Versuche dienten.

Abbildung 8: Ansicht des geklebten Fachwerkträgers mit 30 m Spannweite (Bildquelle: Brüninghoff Group)

Eine besondere Rahmenbedingung im Vergleich zu herkömmlichen Fachwerkträgern ist die Verklebung von einerseits Brettschichtholz aus Fichte und andererseits Buche-Furnierschichtholz unter einem Winkel von 63,5°. Dabei wurde angenommen, dass sich die höhere Rollschubfestigkeit des Buche-FSH positiv auf die Tragfähigkeit der Verklebung auswirkt.

3.2. Verklebungsversuche im Bauteilmaßstab

Nach vorangegangenen orientierenden Scherversuchen im Labormaßstab wurden die Klebefugen im Maßstab 1:1 untersucht. Um den Aufwand, der mit der Prüfung eines 30 m langen und ca. 2,2 m hohen Trägers verbunden wäre, zu reduzieren, wurde ein Versuchsaufbau in Anlehnung an die Veröffentlichung von Meyer und Blaß (2018) herangezogen. Nach Meyer und Blaß (2018) weisen Fachwerkknoten aufgrund der kombinierten Einleitung von Zug- und Druckkräften ein komplexes Tragverhalten auf, welches durch Versuche an vollständigen Fachwerkträgern verifiziert werden kann. Jedoch ist der material- und versuchstechnische Aufwand hierbei sehr hoch. Mit der vorgestellten Prüfmethode ist es möglich, das Trag- und Verformungsverhalten von Fachwerkträgern praxisnah zu ermitteln, ohne einen kompletten Fachwerkträger prüfen zu müssen. Der Material- und Prüfaufwand reduziert sich dadurch signifikant. Den Versuchsaufbau in Anlehnung an Meyer und Blaß (2018) zeigt Abbildung 9.

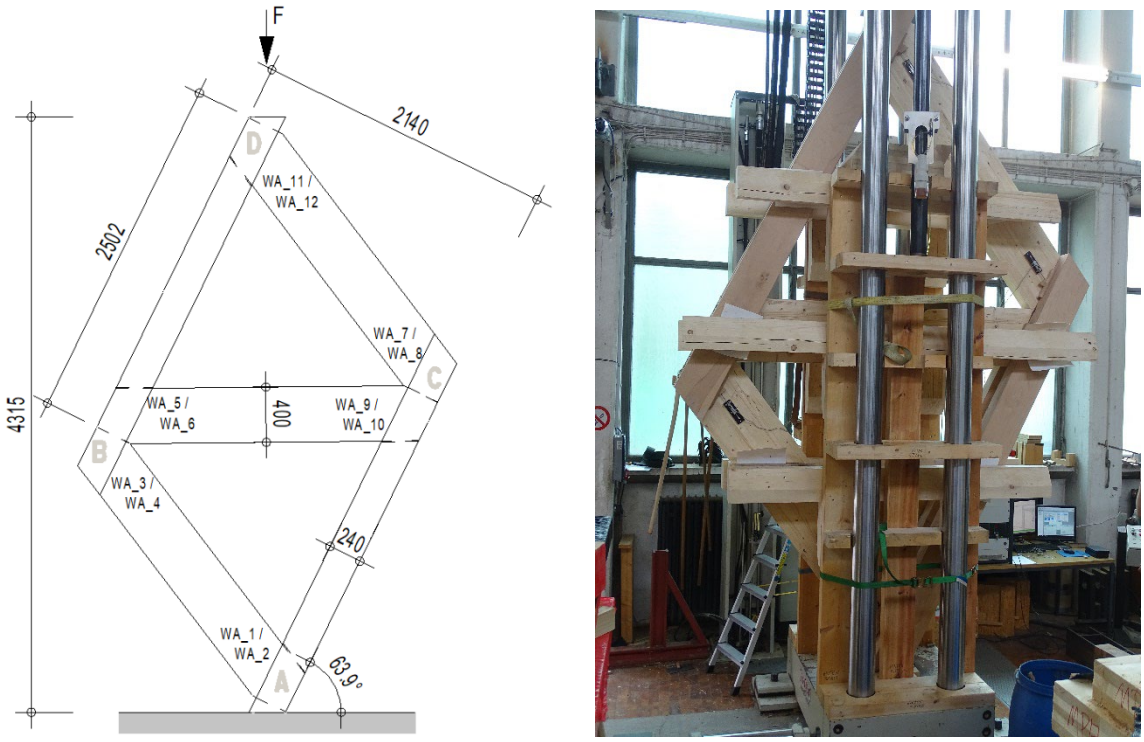


Abbildung 9: Prüfaufbau in Anlehnung an Meyer und Blaß (2018) (Bildquelle: MPA Stuttgart)

3.3. Ergebnisse und Diskussion

Die Druckprüfungen wurden in Wegsteuerung mit einer Prüfgeschwindigkeit von 1,5 mm/min durchgeführt. Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurde, neben der Last und der vertikalen Lastpunkt-/ Kolbenverschiebung, an jedem Knoten die Relativverschiebung der Klebeverbindung mit zwei ohmschen Wegaufnehmern (einer je Klebefuge) gemessen. Die Anordnung der Wegaufnehmer ist beispielhaft in Abbildung 9 gezeigt.
Das globale Last-Verschiebungsverhalten in vertikaler Richtung war bis zum Bruch nahezu linear. Die Bruchlasten der vier Prüfkörper lagen minimal bei 311 kN und maximal bei 381 kN. Der Mittelwert (± Standardabweichung) betrug 350 ± 29 kN, und der Variationskoeffizient V = 8,3 %. Das Versagen trat bei allen Prüfkörpern in einem der beiden mittleren Knoten (Knoten B und C), vorrangig in einer Klebefläche der mittleren, horizontal angeordneten Diagonale auf. Bei einigen Prüfkörpern versagte zusätzlich eine mit der äußeren Diagonale verbundenen Klebefuge.
Die aus den Versuchen im Labormaßstab zuvor gewonnenen positiven Erkenntnisse konnten durch die Versuche im Bauteilmaßstab nur teilweise bestätigt werden. Aufgrund von in den Klebefugen der Fachwerkknoten auftretenden lokalen Spannungsspitzen ist für Prüfkörper im Bauteilmaßstab und zu einem späteren Zeitpunkt für den gesamten Träger eine Angabe der mittleren Scherfestigkeit bezogen auf die Klebefläche nicht sinnvoll. Daher können die Ergebnisse aus den Bauteilversuchen in Anlehnung an die Methode von Meyer und Blaß (2018) nicht mit den ermittelten Scherfestigkeiten der Versuche im Labormaßstab verglichen werden. Hinzu kommt ein wirkendes Moment im Bauteil, das durch das nicht ideale Fachwerk erzeugt wird – die Schwerelinien der Diagonalen schneiden sich nicht im Kreuzungspunkt des Fachwerkknotens. Aus diesen Gründen kann von der Scherfestigkeit der Prüfkörper im Labormaßstab nicht unmittelbar auf die Tragfähigkeit des neu entwickelten geklebten Fachwerkknotens geschlossen werden.
Mit dem entwickelten Träger wurde im Rahmen eines Verbund-Forschungsvorhabens (Diehl et al., 2021) ein material- und ressourceneffizienterer Ansatz für den Bau von weitgespannten Hallentragwerken untersucht. Im Vergleich zu herkömmlichen Fachwerkträgern wurden breitere Querschnitte für die Diagonalen gewählt, welche mit Gurten aus Buche-FSH tragend verklebt wurden. Die Klebeverbindungen zwischen den Gurten aus Buche-FSH und den Diagonalen aus Fichte-BSH hielten in Versuchen hohen Belastungen stand. Dennoch konnten die durch umfangreiche Berechnungen ermittelten statischen Anforderungen für den Einsatz des Trägers in Bauwerken nicht vollständig erfüllt werden. Ursächlich für das Versagen der Klebeverbindungen sind Spannungsspitzen in den verklebten Bereichen.
Obwohl der entwickelte Träger die Anforderungen eines Einsatzes in Bauwerken aufgrund der Überschreitungen der rechnerisch ermittelten Bemessung noch nicht umfassend erfüllt, können Teilergebnisse des gemeinsamen Forschungsvorhabens in Kombination mit zusätzlicher Optimierung weiterverwendet werden. Die entwickelte Geometrie, die in Abbildung 10 zu sehen ist, soll nun durch weitere Optimierung zum technischen Erfolg geführt werden. Als Abschluss des gemeinsamen Forschungsprojektes wurde ein 16 m langer Demonstrator mit zwei Trägerhälften zu je 8 m hergestellt. Dieser dient als proof-of-concept der praktischen Herstellung des entwickelten Trägers und des zugehörigen Kopplungsstoßes sowie für Bewitterungstests, um eine mehrwöchige Bauphase zu simulieren (Abbildung 10).

Abbildung 10: Demonstrator des entwickelten Trägers mit 16 m Länge (Bildquelle: Brüninghoff)

3.4. Danksagung

Die im dritten Kapitel dieses Referats vorgestellten Forschungsarbeiten wurden aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Das Förderkennzeichen ist 22007818.
Die Arbeiten wurden zusammen mit der Hochschule RheinMain, Labor für Holzbau, durchgeführt, Förderkennzeichen 22023017. Ausgewählte Großversuche wurden an der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (Otto Graf Institut), Abteilung Holzkonstruktionen, durchgeführt.

3.5. Weiterführende Literatur

[1] Diehl, F., Wenker, J. L., Bletz-Mühldorfer, O., Bathon, L., Schuff, M., Sieverdingbeck, K., Schneermann, J.: Hybrid-Leichtbauträger für weitgespannte Hallentragwerke. Schlussbericht, FNR Verbundforschungsvorhaben Förderkennzeichen 22023017/22007818, 2021

[2] Meyer, N.; Blaß, H. J.: Eine neue Prüfmethode für Fachwerkknoten aus Holz. Bautechnik, 95: 793-800, 2018, https://doi.org/10.1002/bate.201800061

[3] Sieverdingbeck, K.: Kopplungsstöße von aufgelösten Trägern. Bachelorthesis, Fachhochschule Aachen, Fachbereich Bauingenieurwesen, 2019

[4] Stimpfle, L.; Tapia, C.; Wenker, J.L.; Aicher, S.: Experimental and numerical investigations on glued joints for wide-span timber trusses. Otto-Graf-Journal Vol. 20, 2021

4. Über Brüninghoff

Die Brüninghoff Group umfasst sechs Gesellschaften aus den Bereichen Bauen, Produzieren und Services. Für unsere Kund*innen entwickeln und planen wir Bauprojekte. Selbstverständlich realisieren wir diese auch als Generalunter- bzw. -übernehmer. Wir schaffen Energielösungen und kümmern uns um Gebäudebestände. Zu unseren Kernkompetenzen zählt zudem die Realisierung und Verarbeitung vorgefertigter Bauelemente aus Beton, Stahl, Aluminium – und vor allem Holz – in Kombinationen.
Fast 700 Mitarbeiter*innen tragen mit ihrem Know-how dazu bei, dass wir europaweit zu den Vorreiter*innen der Baubranche zählen. Projekte wie das H7 und das HAUT sind erst der Anfang. Denn mithilfe integraler Planungsprozesse und einer eigenen Produktentwicklung engagieren wir uns für nachhaltige und ressourceneffiziente Bauteil- und Gebäudelösungen. In unseren eigenen Werken setzen wir auf eine klimaverträgliche Produktion und auf innovative Lösungen im Sinne der Kreislaufwirtschaft.
Die Brüninghoff Group ist in fast allen Branchen tätig. Wir realisieren zahlreiche Gebäudetypen – von Industriehallen über Verwaltungsgebäude und mehrgeschossige Wohnbauten bis hin zu Reitanlagen. Dabei beraten und begleiten wir Investor*innen, Projektentwickler*innen, Architekt*innen, Ingenieur*innen, aber auch Bauherr*innen wie zum Beispiel Geschäftsführer*innen mittelständischer Unternehmen sowie von Konzernen.

Die neue europäische Holzbau-Brand-Bemessungsnorm EC5-1-2 – was ist neu und besser

Geklebte Holzbauteile im Brandfall – BSH, BSP, I-Träger

Prof. Dr. Andrea Frangi
ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion
Zürich, Schweiz

Prof. Dr. Alar Just
TalTech, School of Engineering
Tallinn, Estonia

Dr. Norman Werther
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Technische Universität München
München, Deutschland

Die neue europäische Holzbau-Brand-Bemessungsnorm EC5-1-2 – was ist neu und besser

1. Einführung

Der Eurocode 5 (EC 5) bzw. die Bemessungsnormen EN 1995 – «Bemessung und Konstruktion von Holzbauten» wurden 2004 in Europa eingeführt. Ziel war es, die unterschiedlichen oder gar fehlenden Richtlinien für die Bemessung von Holzbauten in den Mitgliedsstaaten des Europäischen Normungskomitees (CEN) durch ein gemeinsames technisches Regelwerk mit vergleichbarem Sicherheitskonzept zu ersetzen und so damit beizutragen Barrieren innerhalb Europas weiter abzubauen.
Um die Anwendbarkeit über den Lauf der Zeit zu gewährleisten und damit die stetigen technischen Entwicklungen und Erkenntnisgewinne abzubilden, erteilte die Europäische Kommission 2012 das Mandat zur Überarbeitung und damit zur Erarbeitung für eine zweite Generation dieser Normenreihe. Neben der Aktualisierung der technischen Inhalte sollte im Prozess der Überarbeitung vor allem der «ease of use», also die Praxistauglichkeit und die Anwenderfreundlichkeit als eines der wesentlichen Kernziele für die zweite Generation der Normenreihe verfolgt werden. Ab dem Jahr 2026 werden so nach umfassender Überarbeitung der gesamten Eurocode 5 Reihe neue Versionen erhältlich sein.
Gemeinsam mit den Bemessungsregeln zum Nachweis der Standsicherheit von Holzbaukonstruktionen unter Normaltemperatur (EN 1995-1-1) entstehen mit der EN 1995-1-2 neue begleitende Regeln zum Nachweis von Holzbaukonstruktionen für den Brandfall. Die Erarbeitung der neuen EN 1995-1-2 wurde im Auftrag des Europäischen Normungskomitees (CEN) von einem Projektteam (PT) durchgeführt, das aus den folgenden Personen besteht: Andrea Frangi (ETH Zürich), Jouni Hakkarainen (Eurofins Expert Services, Helsinki), Alar Just (TalTech University, Tallinn), Joachim Schmid (ETH Zürich & IGNIS Fire-Design-Consulting, Zürich), Norman Werther (TU München). Grundlage dieser Überarbeitung bilden die in den letzten Jahren auf nationaler und internationaler Ebenen entstandenen Forschungsberichte, prüftechnische Erkenntnisse und zugehörige Veröffentlichungen, die den aktuellen Stand der Technik in Bezug auf das brandschutztechnische Verhalten und die Brandschutzbemessung von Holzbauwerken abbilden. Hierzu zählen unter anderem die European Technical Guideline «Fire Safety in Timber Buildings» [3] oder die Berichte die aus der COST Action FP1404 « Fire Safe Use of Bio-Based Building Products» resultieren [4-6].

2. Struktur der neuen EN 1995-1-2

Tabelle 1 gibt einen Überblick zum Aufbau des Normenentwurfes und einen Vergleich zur aktuell gültigen EN 1995-1-2:2004. Im Vergleich der aktuellen EN 1995-1-2 [1] und dem vorliegenden Normenentwurf [2] wird deutlich, dass im neuen Dokument der Fokus darauf liegt die ganzheitliche brandschutztechnische Bemessung von Holzbaukonstruktionen durch die Regelungen des Hauptteils abzudecken, ohne dabei wie in EN 1995-1-2:2004 den Regelungen des Anhangs zu bedürfen.
Gleichwohl führte eine Abstimmung mit der «Horizontal Fire Group» dazu, dass nun zwischen den materialspezifischen Eurocodes (EN 199x-1-2) in der Brandschutzbemessung eine gleiche harmonisierte Struktur im Aufbau vorliegt, was der Anwenderfreundlichkeit beiträgt. Hierbei wurde das bereits in anderen Eurocodes bekannte Prinzip einer dreistufigen Möglichkeit von Nachweisebenen mit unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit auch für den Holzbau vollständig etabliert. Somit werden zukünftig

- tabellierte Nachweise (Kapitel 6),
- vereinfachte Bemessungsmodelle (Kapitel 7) und
- Grundlagen für erweiterte numerische Bemessungsmodelle (Kapitel 8)

parallel und gleichwertig zur Verfügung gestellt.

Neben den bereits in der aktuellen EN 1995-1-2 bekannten Prinzipien zu vereinfachten (Hand)-Bemessungsmodellen und den Grundlagen für numerische Simulationsmodelle, wird mit dem Kapitel 6 in der neuen EN 1995-1-2 erstmals durch die Listung nachgewiesener Konstruktionsaufbauten oder vordefinierter Kennwerte (wie zur Schutzwirkung (t_{prot}) von Bekleidungen oder für die vom Aufbau des Querschnitts abhängige Kompensationsschicht ($d_{0,ef}$) bei Brettsperrholz) dem Anwender eine sehr einfache und effiziente Möglichkeit zum Nachweis des Feuerwiderstandes gegeben. In Deutschland oder der Schweiz sind solche Ansätze bisher aus den tabellierten Nachweisen der DIN 4102-4 oder den Lignum Dokumentationen bekannt. Trotz des gestiegenen Umfangs an Regelungen und der Erweiterung des Anwendungsbereiches soll durch die so angepasste Struktur weiterhin eine einfache Anwendung ermöglicht werden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Inhalte und Aufbau zwischen der aktuellen EN 1995-1-2 und der Überarbeitung

EN 1995-1-2:2004 [1]	**EN 1995-1-2:2025 Entwurf [2]**
1 Allgemeines	1 Allgemeines
-	2 Normative Verweise
-	3 Begriffe, Definitionen, Symbole
2 Grundlagen der Bemessung	4 Grundlagen der Bemessung
3 Materialeigenschaften	5 Materialeigenschaften
4 Bemessungsverfahren für mechanische Beanspruchbarkeit	6 Tabellierte Nachweise
5 Bemessungsverfahren für Wand- und Deckenkonstruktionen	7 Vereinfachte Bemessungsverfahren
-	8 Numerische Bemessungsverfahren
6 Verbindungen	9 Verbindungen
7 Konstruktive Ausführung	10 Konstruktive Ausführung und Detailierung
Anhang A: Parametrische Brandbeanspruchung	Anhang A: Naturbrandbemessung von Holzkonstruktionen
Anhang B: Allgemeine Berechnungsverfahren	Anhang B: Beurteilung des Verhaltens der Klebefuge bei Brandeinwirkung
Anhang C: Tragende Deckenbalken und Wandstiele in vollgedämmten Konstruktionen	Anhang C: Bestimmung der Abbrandrate von Holz und Holzwerkstoffen
Anhang D: Abbrand von Bauteilen in Wand- und Deckenkonstruktionen mit ungedämmten Hohlräumen	Anhang D: Bestimmung der Schutzwirkung für Gefachdämmstoffe
Anhang E: Berechnung der raumabschließenden Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen	Anhang E: Externe Brandeinwirkung durch Brände in Holzbauten
Anhang F: Anleitung für Benutzer dieses Teils des Eurocodes	Anhang F: Bestimmung der Abfallzeiten von Bandschutzmaterialien
-	Anhang G: Bestimmung der Brandschutzwirkung von Schichten für die brandabschnittsbildende Funktion
-	Anhang I: Bemessungsmodell für Holz-Stegträger
-	Anhang M: Materialkennwerte
-	Anhang T: Bestimmung der Temperatur in Holzbauteilen

3. Inhalt der neuen EN 1995-1-2

Mit der Überarbeitung der EN 1995-1-2 werden die produkttechnologischen Entwicklungen der letzten 20 Jahre nun auch in der Brandschutzbemessung im Holzbau aufgegriffen. Gleichzeitig wird dabei den aktuellen nationalstaatlichen Brandschutzanforderungen innerhalb Europas und ingenieurtechnischen Bedürfnissen im Hinblick auf das mehrgeschossige Bauen mit Holz bis und über die Hochhausgrenze hinaus Rechnung getragen. So werden die Bemessungsverfahren für Verbindungen als auch für den Raumabschluss von Holzbauelementen, die bisher auf 60 Minuten ausgelegt sind, zukünftig auf eine Anwendung für bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand angepasst und erweitert. Zudem werden auf Basis zahlreicher Forschungsaktivitäten der letzten Jahre weiterführende Ansätze zur Naturbrandbemessung von Holzbauteilen bereitgestellt [6] - [8]. In diesem Gesamtkontext wurden Bemessungsregeln für Brettsperrholz, Holz-Beton-Verbundelemente und Holz-Stegträger berücksichtigt, aber auch inzwischen praxisrelevante Holzarten (wie z.B. Esche), Dämmstoffe (wie z.B. biogene Dämmstoffe) und Bekleidungen (wie z.B. Gipsfaserplatten) mit in die Bemessungskonzepte aufgenommen.
Eine wesentliche Konkretisierung und Differenzierung erfolgt mit der zweiten Generation der EN 1995-1-2 bezüglich des Modells zur Beschreibung des Abbrandverhaltens. Der Grund hierfür ist einerseits die Notwendigkeit auch den Einfluss von Verklebungen auf das Abbrandverhalten erfassen zu können und andererseits anwendungsbezogen den Einfluss innerer und äußerer Parameter auf das Abbrandverhalten situationsspezifisch abzubilden. Hierzu werden verklebte Holzprodukte unterschieden, deren «bond line integrity maintained» und Produkte deren «bond line integrity» innerhalb der Brandeinwirkung als «not maintained», jeweils für anfänglich geschützte sowie ungeschützte Bauteile. Falls es zu einem Versagen der Klebefuge kommt und damit ein Versagen der «bond line integrity» eintritt, kann es zu einem Abfallen der verkohlenden und den Restquerschnitt schützenden Kohleschicht kommen. Zur Bewertung dieses Leistungsmerkmals der Verklebung wurde im Anhang B des EN 1995-1-2 Normentwurfs ein entsprechendes Bewertungsverfahren zur Einstufung des Verhaltens aufgenommen. Innerhalb der Brandeinwirkung werden so fünf verschiedene Phasen des Abbrandes (Phase 0 – Phase 4) unterschieden, vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2.

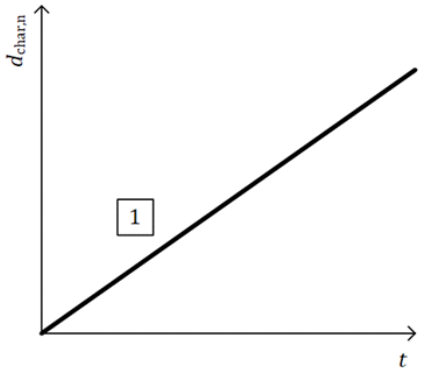


Abbildung 1: Phasen des Abbrandes für anfänglich ungeschützte Seiten von Holzbauteilen, wenn die Klebefuge keinen Einfluss auf das Abbrandverhalten hat

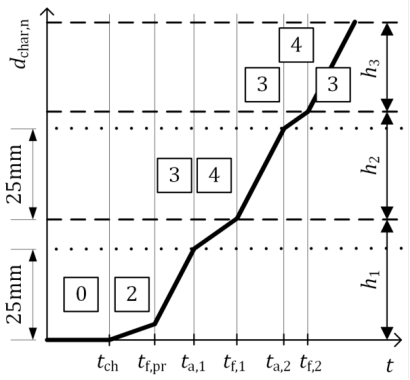


Abbildung 2: Phasen des Abbrandes für anfänglich geschützte Seiten von Holzbauteilen, wenn die Klebefuge einen Einfluss auf das Abbrandverhalten hat

0	Encapsulated phase (Phase 0)
1	Normal charring phase (Phase 1)
2	Protected charring phase (Phase 2)
3	Post-protected charring phase (Phase 3)
4	Consolidated charring phase (Phase 4)
t_{ch}	Start time of charring
$t_{f,pr}$	Failure time of the fire protection system
h	Lamella thickness

Die Abbrandrate jeder Phase ergibt sich dabei unter der systematischen Berücksichtigung der spezifischen Rand- und Einbaubedingungen. So kann für das jeweils vorliegende Szenario über zugehörige Modifikationsfaktoren dem Einfluss von Fugen, der Faserorientierung, der Mehrseitigkeit der Brandeinwirkung, der Schutzwirkung von Bekleidungen oder auch z.B. der Vorerwärmung Rechnung getragen werden, vgl. Gleichung (1).

$$\beta_n = \prod k_i \cdot \beta_0 \quad (1)$$

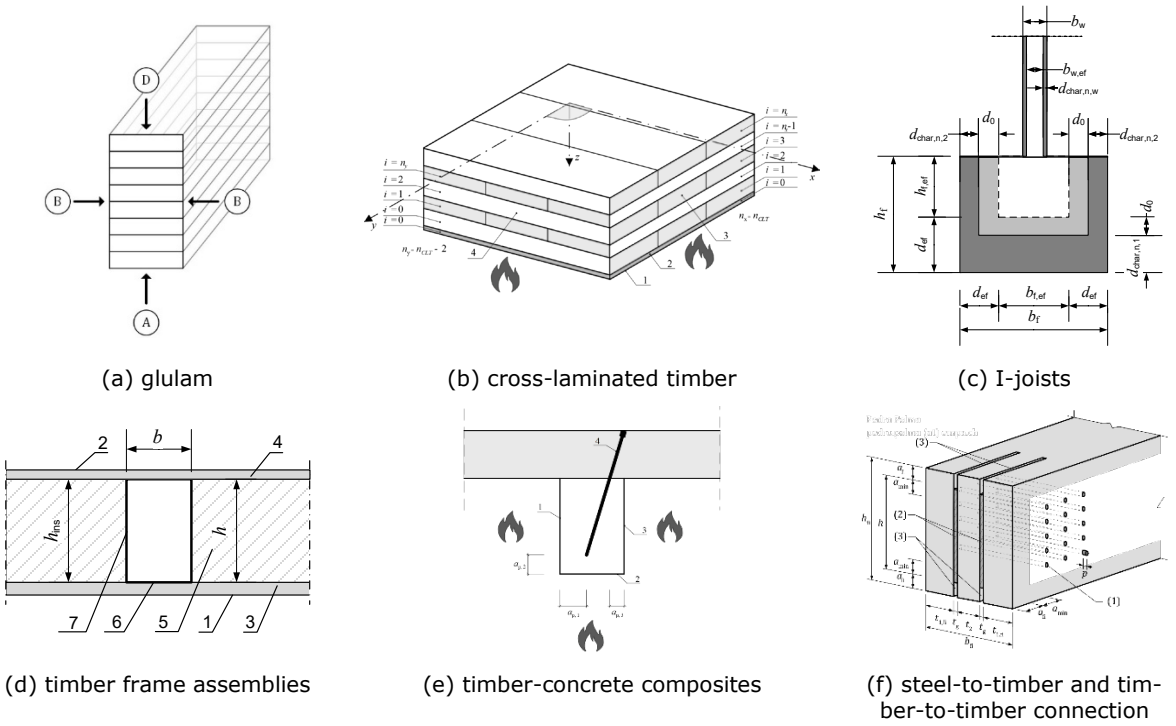
β_n Bemessungswert der ideellen Abbrandrate innerhalb einer Phase [mm/min]

β_0 Basiswert der eindimensionalen Abbrandrate bei Normbrandbeanspruchung [mm/min]

$\prod k_i$ Produkt der zu berücksichtigenden Modifikationsfaktoren [−]

Da bezüglich der Anwendung der Abbrandrate in der aktuellen Norm auch Fehlinterpretationen auftraten, werden nun in der zweiten Generation der EN 1995-1-2 die Abbrandphasen und die Modifikationsfaktoren dem Anwender erstmals ganzheitlich in Kapitel 5 gegeben. Hieraus wird auch ersichtlich, dass für anfänglich geschützte sowie auch für Produkte, bei denen ein Abfallen von verkohlten Brettlagen infolge des thermischen Versagens der Klebefuge auftritt, stufenförmige Phasen des Abbrandes auftreten, vgl. Abbildung 2.
Für anfänglich geschützte Bauteile erlaubt die zukünftige zweite Generation der EN 1995-1-2 nun auch normativ die Berücksichtigung der erhöhten Schutzfunktion bezüglich des Abfallens von Bekleidungen ($t_{f,pr}$) für Gipskartonplatten Typ A, F und Gipsfaserplatten im Hinblick auf einen daraus resultierenden reduzierten Abbrand in der «protected charring pase» (Phase 2). Im Vergleich zum heutigen Ansatz, der normativ nur die Schutzwirkung für den Beginn des Abbrandes (t_{ch}) für einige Bekleidungsmaterialien liefert, wird so eine deutliche Optimierung der Bemessung möglich. Ein zugehöriges Bestimmungsverfahren für beide Schutzfunktionen (t_{ch}) und ($t_{f,pr}$) liefert die EN 13381-7 [9].
Eine wesentliche Änderung in der Nachweisstruktur der neuen EN 1995-1-2 ist die Streichung des Verfahrens der «Methode mit reduzierten Eigenschaften» und die damit verbundene Erweiterung der Bemessungsregeln für die «Methode mit reduziertem Querschnitt» (künftig umbenannt in «Methode mit effektivem Querschnitt»). Hierdurch wird für alle Holzbauteile einheitlich und vergleichbar mit den bisherigen Regelungen durch die Ermittlung des ideellen (effektiven) Restquerschnittes in Verbindung mit angepassten Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften und einer reduzierten Einwirkung im Brandfall eine Bemessung in Anlehnung an die Regelungen bei Normaltemperatur ermöglicht.
Eine Anpassung im Hinblick auf die Bestimmung des ideellen (effektiven) Restquerschnitts erfuhr auch der Parameter d_0 (Tiefe der Schicht, bei der die Festigkeit und Steifigkeit zu Null angenommen wird, Kompensationsschicht), da hierbei bisher den unterschiedlichen beanspruchungsspezifischen thermischen Entfestigungen für Druck und Zug sowie dem Einfluss der Dauer der Brandbeanspruchung nicht vollständig Rechnung getragen wurde. Resultierend daraus enthält die zweite Generation der EN 1995-1-2 angepasste beanspruchungsabhängige d_0 Werte.
Die bisherigen Anhänge C (Tragende Deckenbalken und Wandstiele in vollgedämmten Konstruktionen) und D (Abbrand von Bauteilen in Wand- und Deckenkonstruktionen mit ungedämmten Hohlräumen) wurden umfassend überarbeitet und in den Hauptteil der EN 1995-1-2 integriert. Das neue Bemessungsmodell für Holztafelkonstruktionen mit gefüllten Gefachhohlräumen basiert nun auf der Methode mit effektivem Querschnitt und ermöglicht die Berücksichtigung der Schutzfunktion verschiedener Dämmstoffe (Mineralwolle, Zellulose, Holzfasern, usw.) auf den Abbrand der Holzrippen. Dieses Leistungsmerkmal der Dämmstoffe «Protection Level, PL» kann über den Anhang D des Normenentwurfs bestimmt werden. Innerhalb der Tragfähigkeitsbemessung für Wandstiele oder Deckenbalken werden in der Bestimmung des ideellen (effektiven) Restquerschnitts zugehörige d_0 Werte abhängig vom Protection Level des Dämmstoffs bereitgestellt.
Als normativer Anhang I wird ein Bemessungsmodell für die Feuerwiderstandsberechnung von I-Trägern in Wand- und Deckenkonstruktionen vorgeschlagen. Das neue Modell folgt der Philosophie der effektiven Querschnittsmethode [12]. Die Lasten werden zwischen den Flanschen aufgeteilt. Der Verlust an Festigkeit und Steifigkeit, der bei Holz bei erhöhten Temperaturen auftritt, wird durch die Kompensationsschicht für den brandbeanspruchten Flansch berücksichtigt. Für die Wandstützen wird ein Knicknachweis vorgeschlagen, der

die Steifigkeit des Stegs bei erhöhten Temperaturen berücksichtigt. Für das Deckenmodell wird die Wirkung des Klebstoffs durch die Anwendung verschiedener Kompensationsschichten für die Zugflansche berücksichtigt.



(a) glulam (b) cross-laminated timber (c) I-joists

(d) timber frame assemblies (e) timber-concrete composites (f) steel-to-timber and timber-to-timber connection

Abbildung 3: Unterschiedliche Bauteile und Verbindungen, die mit der neuen EN 1995-1-2 im Brandfall bemessen werden können

4. Anhang B der neuen EN 1995-1-2

Zur Bewertung des Leistungsmerkmals der Verklebung im Brandfall wurden im Anhang B zwei Prüfverfahren eingeführt, mit denen die Flächenverklebung von Holzschichten bzw. die Keilzinkungen in den Flanschen von Stegträgern untersucht werden können.
Für die Flächenverklebung ist es bekannt, dass das Ablösen von verkohlenden Schichtteilen zu einer erhöhten Abbrandrate führt, vgl. Abbildung 2. Dieses Phänomen kann mit der Temperaturmessung zwischen den Schichten experimentell untersucht werden. Die Erfahrung mit Temperaturmessungen hat jedoch gezeigt, dass die Evaluation der Flächenverklebung über die Temperatur nur mit korrekt installierten Thermodrähten durchführbar ist, wobei die korrekte Installation der Thermodrähte häufig sehr aufwendig oder nicht möglich ist [10]. Zudem ist es in der Vergangenheit häufig zu Fehlinterpretationen bei der Auswertung von Temperaturmessungen gekommen. Aus diesem Grund wurde für den Anhang B der Massenverlust der Prüfelemente infolge des Brandes als einfache und alternative Möglichkeit vorgestellt, um das Verhalten der Flächenverklebung im Brandfall zu beschreiben [11]. Diese Methode wurde im Rahmen des Forschungsprojektes GLIF (Glue Line Integrity in Fire) weiter untersucht und geprüft. Aufgrund der beobachteten grossen Streuung der Ergebnisse in den verschiedenen Brandofen, wurde entschieden, die gemessene Abbrandrate als Kriterium zu wählen.

Ein maximaler Grenzwert für die gemessene mittlere Abbrandrate von 0.70 mm/min, bis zu welcher Abbrandrate kein Ablösen in Betracht gezogen werden muss, für Klebstoffe, die mit einem bestimmten Schichtaufbau geprüft werden, wurde festgelegt. Die genaue Bestimmung dieser mittleren Abbrandrate sowie die Mindestanzahl von erforderlichen Messpunkten muss dabei berücksichtigt werden.
Für die Beurteilung von Keilzinkungen in den Flanschen von Stegträgern im Brandfall wurde hingegen im Anhang B eine Versuchsart mit kleinen Prüfkörpern eingeführt, die bei konstanter hoher Temperatur beansprucht werden. Die Prüfmethode wurde im Rahmen des Forschungsprojektes FIRENWOOD entwickelt und mit Brandversuchen kalibriert. Aufgrund der Versuchsresultate werden die Keilzinkungen in drei Leistungsklassen eingeteilt, die in der Bemessung für den Brandfall berücksichtigt werden.

5. FIRENWOOD

FIRENWOOD war ein Projekt zur Entwicklung von Brandbemessungsmodellen für Holzkonstruktionen (I-Träger, CLT, Brettschichtholz, eingeklebte Gewindestangen) und zur Entwicklung einer Methode für die Bewertung des Leistungsmerkmals der Verklebung im Brandfall. Hauptforschungspartner waren RISE, MPA Stuttgart, TalTech, TU München und ETH Zürich.
Proben mit 11 verschiedenen Klebstoffen aus unterschiedlichen Klebstofffamilien (PRF, MF, MUF, PUR, EPI) wurden aus Fichtenholz hergestellt. Das Holz stammte von den industriellen Partnern des Projekts, Moelven und Splitkon. Die Eigenschaften des Holzes wurden so homogen wie möglich gehalten, so dass die Ergebnisse hauptsächlich vom Verhalten der Klebstoffe abhängen. Die Prüfkörper wurden hauptsächlich von dem Industriepartner Masonite Beams hergestellt. Brandversuche in mittlerem und größerem Maßstab sowie Naturbrandversuche wurden in Trondheim durchgeführt. Kleinmaßstäbliche Versuche bei hohen Temperaturen wurden in Stuttgart durchgeführt. Eingeklebte Gewinedestangen wurden in München getestet.
Brandversuche bestätigten, dass für Brettsperrholz und Brettschichtholz je nach verwendetem Klebstoff unterschiedliche Phasen des Abbrandes (Abbildungen 1 und 2) anzunehmen sind [13]. Basierend auf belasteten Brandversuchen mit den I-Trägern wurde die Methode mit effektivem Querschnitt für die I-Träger unter Berücksichtigung der Wirkung von Klebstoffen in den Keilzinkenverbindungen aktualisiert [14].
Ergebnisse von FIRENWOOD waren 1) das gemeinsame Verständnis und die Übereinstimmung über das Brandverhalten von verklebten Holzbauteilen und Verbindungen; 2) verbesserte Brandbemessungsmodelle für verklebte Holzbauteile und Verbindungen (I-Träger, Brettschichtholz, Brettsperrholz, eingeklebte Gewindestangen) unter Berücksichtigung des Klebstoffverhaltens; 3) einfache Bewertungsmethoden für Klebstoffe entsprechend ihrem Brandverhalten [15].

Abbildung 4: Brandversuche mit Brettschichtholz

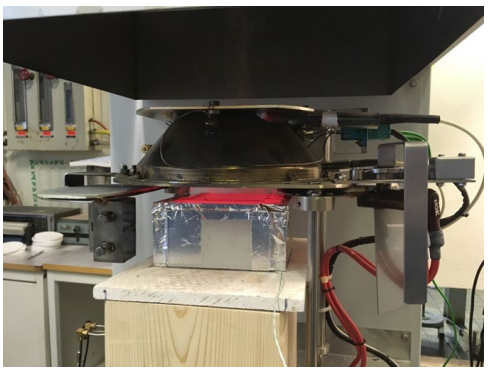


Abbildung 5: Small scale tests with cone heater

6. Ausblick

Auch wenn der Abschluss der Arbeit zur EN 1995-1-2 mit den Jahren 2025 noch weit entfernt scheint und zugehörige nationale Anwendungsdokumente wohl erst im Jahr 2027 zur Verfügung stehen werden, so sind die wesentlichen Änderungen bereits bekannt. Ersichtlich ist dabei, dass die zweite Generation der EN 1995-1-2 die Lücken der aktuellen EN 1995-1-2 schließt und vor allem neue Anwendungsbereiche ermöglicht und damit eine sichere und wirtschaftliche Bemessung von Holzbauwerken im Brandfall ermöglichen wird.
Klar wahrzunehmen ist ebenso, dass durch die notwendige Berücksichtigung neuer Produkte und die Erweiterung bekannter Bemessungsansätze der Umfang der Norm anwächst. Trotz dessen liegt ein zentraler Fokus darauf durch Neustrukturierung, Homogenisierungen und vereinfachte Regelungen die Anwenderfreundlichkeit beizubehalten und sogar zu erhöhen. Dennoch wird ähnlich wie bei der Umstellung auf die erste Generation der EN 1995-1-2 ein zusätzlicher Lern- und Ausbildungsprozess notwendig sein, deren Start bereits vor der finalen Erscheinung einsetzen wird.

7. Literatur

[1] EN 1995-1-2: 2004 Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: Structural fire design.

[2] EN 1995-1-2: 2025 Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: Structural fire design, Final draft for Formal Enquiry, August 5, 2022.

[3] Östman B. et al.: Fire safety in timber buildings Technical Guideline for Europe. SP Technical research Institute of Sweden, Wood Technology. SP Report 2010:19. Stockholm, Sweden.

[4] Just A., Schmid J. (eds): Improved fire design models for Timber Frame Assemblies – Guidance document, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018.

[5] Klippel, M, Just, A (eds): Guidance on Fire design of CLT including best practice, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018.

[6] Brandon, D., Kagiya K., Hakkarainen, T.: Performance based design for mass timber structures in fire – a design example, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018.

[7] Werther, N.: «Einflussgrößen auf das Abbrandverhalten von Holzbauteilen und deren Berücksichtigung in empirischen und numerischen Beurteilungsverfahren», Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Ingenieurfakultät Bau Geo Umwelt, Technische Universität München, 11/2016.

[8] Schmid J.: Structural Timber In Compartment Fires – The Timber Charring and Heat Storage Model, Open Eng. 2021; 11:435–452.

[9] EN 13381-7:2019, Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 7: Applied protection to timber members, CEN, Brüssel.

[10] Fahrni, R., Schmid, J., Klippel, M., Frangi, A.: Correct temperature measurements in fire exposed wood, World Conference on Timber Engineering WCTE, Seoul, Republic of Korea, 2018.

[11] Klippel, M., Schmid, J., Fahrni, R., Kleinhenz, M., Frangi A.: Vorschlag einer Standardprüfmethode für Brettsperrholz im Brandfall,
Bautechnik, 2019; 96(11): 824–831.

[12] Mäger, K N., Just, A., Persson, T., Wikner A. Fire Design of I-joists in Wall Assemblies. 2020. 53rd Meeting of the International Network on Timber Engineering Research (INTER 2020), Online.

[13] Just, A., Aicher, S., Nurk, J L., Henning, M. Influence of temperature resistance of bond lines on charring of glulam beams. 2022. 55th Meeting of the International Network on Timber Engineering Research (INTER 2022), Bad Aibling, Germany.

[14] Nurk, J L., Just, A., Sterley, M. Small-scale experimental investigations with engineered wood in fire. 2022. Proceedings of 3rd Forum Wood Building Baltic. Riga, Latvia 2022.

[15] Mäger, K N., Just, A., Sterley, M., Olofsson, R. Influence of adhesives on fire resistance of wooden i-joists. 2021. Proceedings of World Conference on Timber Engineering 2021 (WCTE 2021).

Das Sonnensegel Dortmund: Sanierung der weltgrößten Holz-Hyparschale

Wilhelm Risse
Holzbau Wilhelm Risse GmbH
Meschede, Deutschland

Jürgen Hezel
MPA Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Das Sonnensegel Dortmund: Sanierung der weltgrößten Holz-Hyparschale

1. Einleitung

Im Dortmunder Westfalenpark wurde im Jahr 1969 anlässlich der Bundesgartenschau Eurofloor im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. ein frei tragendes Holzhängedach errichtet. Das Sonnensegel wurde von dem Architekten Günther Behnisch, der als einer der bedeutendsten deutschen Architekten der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts gilt, als Demonstrationsbauwerk für den modernen Ingenieurholzbau der damaligen Zeit entworfen und war ursprünglich als temporäres Bauwerk konzipiert. Die vorgespannte Holzrippenschale überdeckt eine Fläche von rund 1000 m² und gilt als herausragendes Experimentalbauwerk seiner Zeit. Die wesentliche Beteiligung von Julius Natterer und Günther Scholz zur endgültigen Formfindung des vorgespannten Holzflächentragwerks würdigt der Bauherr, die Arbeitsgemeinschaft Holz, in der Urheberbenennung: «Entwurf Büro Behnisch & Partner, Statik Ingenieurbüro Scholz, München, statische Prüfung Prof. Kupfer und konstruktive Beratung Julius Natterer.»

Abbildung 1: Das Sonnensegel im Westfalenpark Dortmund bei der Eröffnung 1969
(Bild: Informationsdienst Holz / TU München)

Nach dem Ende der Bundesgartenschau wurde das Sonnensegel als überdachte Veranstaltungsfläche für Konzert- und Tanzevents im Westfalenpark genutzt. Schon nach wenigen Jahren traten an dem Bauwerk Schäden an der Dachabdichtung auf. Die verwendeten Kunststoffbahnen erwiesen sich entgegen der ursprünglich angenommenen Robustheit als wenig dauerhaft, wodurch erste Reparaturarbeiten notwendig wurden und infolge dessen die Dachabdichtung mittels Bitumenbahnen erfolgte. Nach 40 Jahren Nutzungsdauer waren Bauschäden in erheblichem Umfang vorhanden, die zu ersten gravierenden Ertüchtigungsmaßnahmen führten. So wurden im Jahr 2009 die Stützen und Spannseile der Hochpunkte mit einem Stahlkorsett verstärkt, da die Tragsicherheit aufgrund feststellbarer Fäulnisschäden an den drei exponierten BSH-Holzstützen gefährdet war.

Im Lauf der Zeit mehrten sich die Schäden und führten zur Beeinträchtigung der Standsicherheit, so dass die Stadt Dortmund 2012 das Sonnensegel sperrte und der Bereich um das Sonnensegel nicht mehr betreten werden konnte. Erste Gutachten stellten die Umsetzbarkeit einer Sanierung aufgrund der Komplexität der Tragstruktur in Frage.
Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie [1] der Wüstenrot Stiftung wurde 2017 mit einem interdisziplinären Team (Ingenieure, Architekten, Materialprüfungsanstalt, Denkmalpflege) ein umfassendes Sanierungskonzept erarbeitet und in Dortmund vorgestellt. Auf Basis dieser Machbarkeitsstudie wurden die rund 2 Jahre andauernden Sanierungsarbeiten am Sonnensegel von 2019 bis 2021 durchgeführt. Die Kosten der Instandsetzung wurden je zur Hälfte von der Stadt Dortmund und der Wüstenrot Stiftung getragen.

2. Konstruktion

Das weitgespannte hyperbolische Paraboloid überdeckt im Grundriss eine Fläche von rund 60 m Diagonalspannweite (jeweils zwischen den Tiefpunkten und zwischen den Hochpunkten). Die Schalenkonstruktion wird durch gekrümmte frei gespannte Randträger begrenzt.

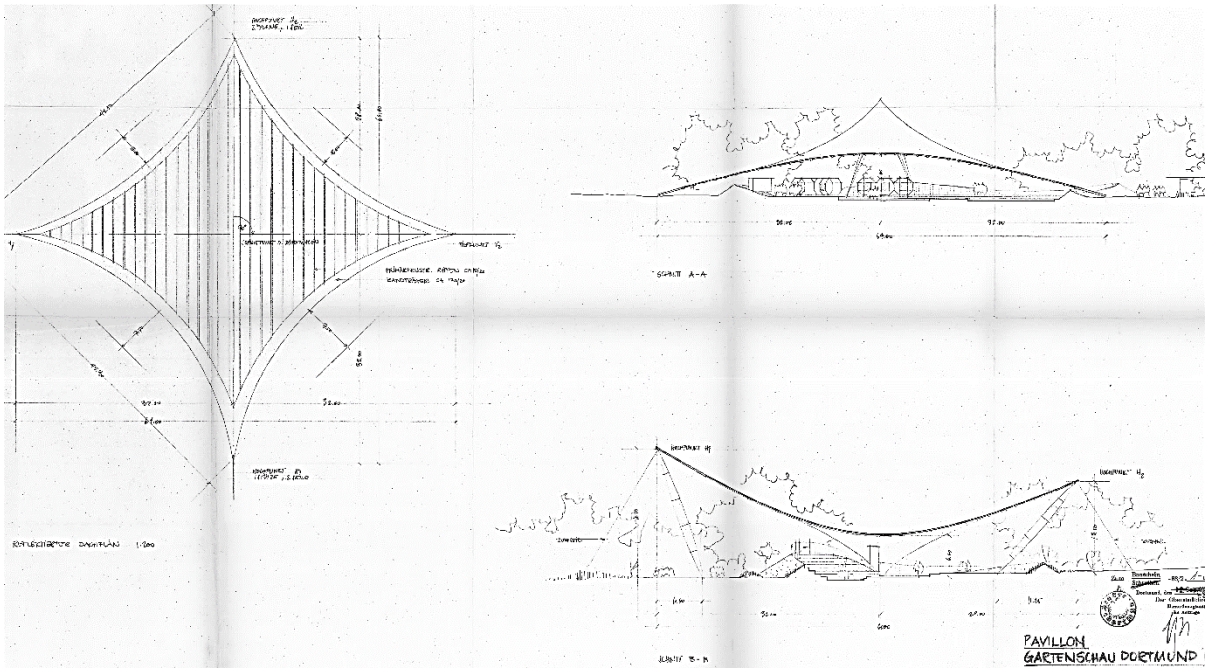


Abbildung 2: Dachplan und Schnitte, Ingenieurbüro Dr.-Ing. G. Scholz, München (Plan vom 07.08.1968)

Die Stützenhöhen betragen am südlichen Hochpunkt H1 18,5 m und am nördlichen Hochpunkt H2 13,5 m.

Die Holzkonstruktion besteht im Wesentlichen aus den nachfolgend stichpunktartig benannten Bauteilen:

- Vier Randträger: Brettschichtholz(BSH)-Doppelquerschnitte 2 x (18 cm x 140 cm), aufgebaut aus jeweils 3 cm dicken Lamellen (Fichte), verklebt mit Phenol-Resorzin-Harz-Klebstoff. Die übereinander liegend eingebauten BSH-Querschnitte sind mittels stabförmiger Verbindungsmittel (Bolzen und Stabdübel ∅ 30 mm) miteinander verbunden. Die gekrümmten Randträger spannen jeweils von einem Tiefpunkt zu einem Hochpunkt.
- 32 Nebenträger: BSH-Träger mit Querschnitt 20 cm x 24 cm, aufgebaut aus 3 cm dicken Lamellen (Fichte), verklebt mit Phenol-Resorzin-Harz-Klebstoff. Die Spannrichtung der Nebenträger ist parallel zur Achse H1 – H2 orientiert, der Achsabstand zwischen den einzelnen Nebenträgern beträgt 1,5 m. Die Anschlüsse der Nebenträger an die Randträger erfolgt mit Stahlformteilen mittels stabförmiger Verbindungsmittel.

- Dreilagige Holzschale aus Fichtelamellen: Die untere Lage spannt parallel zur Tiefpunkt-Tiefpunkt-Achse, wobei die 26 mm dicken Lamellen mittels Längsstößen (Keilzinkenstoß) zug- und druckfest zu jeweils einer über die gesamte Länge durchgehenden Lamelle verbunden sind. Die Lamellen sind jeweils auf den Nebenträgern und auf den Randbindern vernagelt.
- Die mittlere Lage besteht aus 18 mm dicken Lamellen, die gegenüber der unteren Lage um 45° gedreht angeordnet sind.
- Die obere Lage besteht aus 18 mm dicken Lamellen, die gegenüber der mittleren Lage um 90° gedreht angeordnet sind.
- Die Lamellen der mittleren und der oberen Lage sind in Längsrichtung stumpf gestoßen und mit der jeweiligen unteren Lage vernagelt.
- BSH-Stützen an den Hochpunkten H1 (eine Stütze) und H2 (zwei Stützen), abgespannt mit Stahl-Spannseilen.
- An den Tiefpunkten sind die Randträger an (Beton-)Sockelfundamenten verankert.
- Die Dachabdichtung ist mit einer mehrlagigen Bitumenschweißbahn ausgeführt (ursprünglich war die Dachabdichtung mit einer hellen Folie ausgeführt, siehe Abbildung 1)

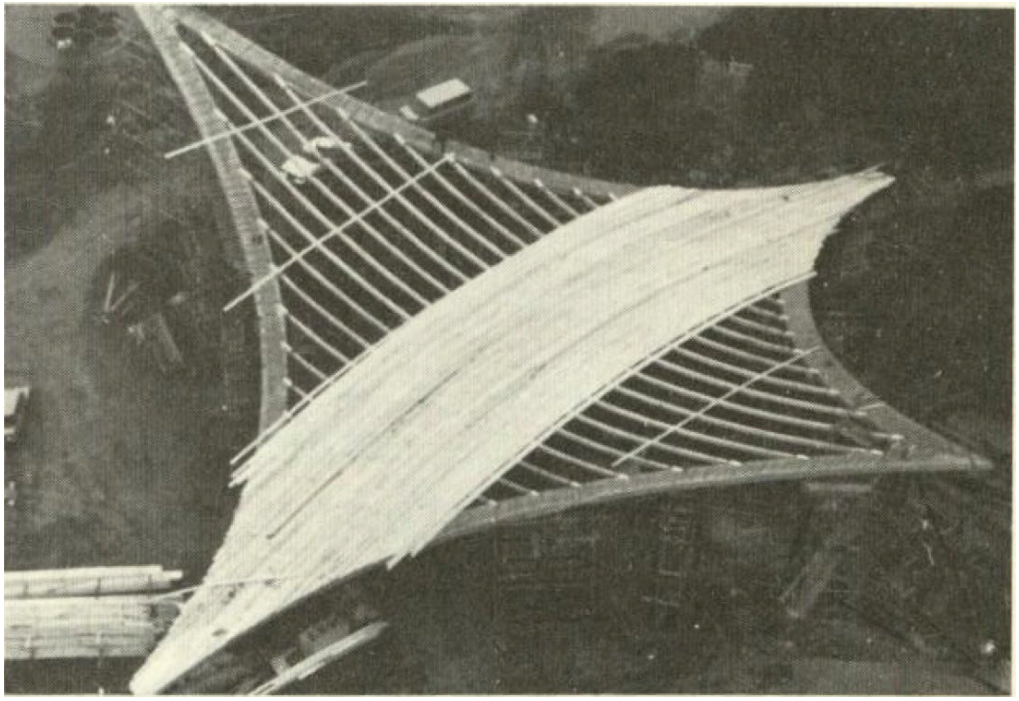


Abbildung 3: Blick auf das Sonnensegel während der Montage der unteren Lamellenlage der 3-lagigen Schalung (Bild: Informationsdienst Holz / TU München)

Die auftretenden Lasten des Flächentragwerks werden an den Tiefpunkten unmittelbar durch Stahlbetonfundamente in den Baugrund abgetragen. An den Hochpunkten werden die Lasten mittels Stahlanschlussteile über Stützen und Spannseile abgetragen. An dem höheren Hochpunkt bildet eine Holzstütze mit zwei Spannseilen die Stützkonstruktion, an dem niedrigeren Hochpunkt bilden zwei Holzstützen und ein Spannseil die Stützkonstruktion. Die Stahlbetonfundamente unterhalb der Tief- und Hochpunkte sind jeweils über Stahlbetonriegel im Erdreich miteinander verbunden, um die hohen horizontalen Lasten abzutragen.

3. Schadensbegutachtung

Im Auftrag der Wüstenrot Stiftung wurde durch die MPA Universität Stuttgart, im Rahmen der Machbarkeitsstudie, eine Schadensbegutachtung der Holzkonstruktion durchgeführt und eine Kartierung der Schäden vorgenommen. Die handnahe Begutachtung erfolgte im September 2016 an exemplarisch ausgewählten und zugänglichen Bereichen des Tragwerks.

3.1. Schadensbild an den Randträgern

An den Randträgern wurden in umfänglichen Bereichen die Oberflächen an den Trägerunterseiten inspiziert und Rissaufnahmen durchgeführt. Insgesamt konnte mit Hinblick auf Standzeit und Umgebungsbedingungen hierbei eine geringe Rissausprägung festgestellt werden. Die bauliche Ausführung der Tiefpunkte T1 und T2 lässt den benötigten Abstand der Holzkonstruktion zum Erdreich vermissen. Außerdem verhindert die vorhandene Situation der extrem eingewachsenen Tiefpunkte und der nahezu vollständigen Überdeckung des Tiefpunktes T1 mit Kiefernnadeln und Laub eine funktionierende Entwässerung an den Fußpunkten. Diese Situation führt zu einem hohen Schädigungsrisiko der Holzbauteile. Feuchtebedingte Fäulnisschäden waren äußerlich, ohne Öffnen der Bitumenbahnen nicht erkennbar. Aufgrund der mangelhaften Umstände waren aber Schädigungen nicht auszuschließen.

Abbildung 4: eingewachsener Tiefpunktbereich

3.2. Schadensbild an den Nebenträgern

An den symmetrisch angeordneten Nebenträgern, die mit Stahlanschlussteilen zwischen die Randträger eingehängt sind, war im Bereich der Stabdübelverbindung eine unterschiedlich ausgeprägte Rissbildung festzustellen. Die Befunde reichten von rissfreien Anschlussbereichen über geringfügig gerissene bis zu klaffenden Rissen über zwei oder mehr Stabdübel.
Die in eher geringem Umfang sanierungsbedürftigen Fugenrisse hatten Risstiefen von 90 mm und darüber hinaus. Auch über mehrere Meter lange Risse waren festzustellen. Wie bei den Rissen im Bereich der Stabdübelverbindungen war aber auch hier kein einheitliches Muster zu erkennen. Die Rissausprägung variierte bei den begutachteten Bereichen von rissfrei bis deutlich ausgeprägt.

Abbildung 5: Ansicht eines Nebenträger-Randträger- Anschlusses

3.3. Schadensbild an der dreilagigen Holzschale

Zur handnahen Untersuchung der dreilagigen Holzschalenkonstruktion war es erforderlich, bereichsweise die Bitumendachbahn aufzuschneiden und entsprechende Bereiche zur Inspektion freizulegen. Die Auswahl der Untersuchungsbereiche erfolgte zum einen mit Bezug auf Verfärbungen auf der Unterseite zum anderen aber auch zufällig, um zu überprüfen, ob die vermutete Schadenfreiheit auch tatsächlich vorliegt.
Bei der Begutachtung wurde ein deutlich unterschiedliches Schadensausmaß festgestellt. In drei Bereichen reichte die fortgeschrittenen Fäulnisschädigung über die drei Lagen

Schalung bis 40 mm tief in den Neben- bzw. Randträger. Im Bereich des Hochpunktes H1 waren Fäulnisschäden an der Unterseite der Schalung und an den Seitenflächen des Randträgers vorhanden.

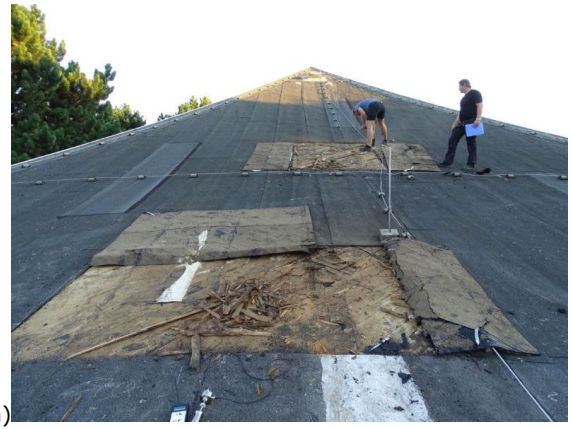
a)  b)

Abbildung 6: a) Geöffnete Inspektionsflächen, b) Schadensbereich über drei Lamellenlagen und Nebenträger

Weiterhin wurde bei der Begutachtung festgestellt, dass Teilflächen der Schalung bereits bei zurückliegenden Reparaturarbeiten über alle drei Lagen ausgetauscht waren. Lediglich an zwei der sechs Inspektionsflächen waren keine Auffälligkeiten erkennbar.

3.4. Schadensbild an den Hochpunktstützen

Abbildung 7:geschädigte Brettschichtholzstütze mit Stahlkorsett

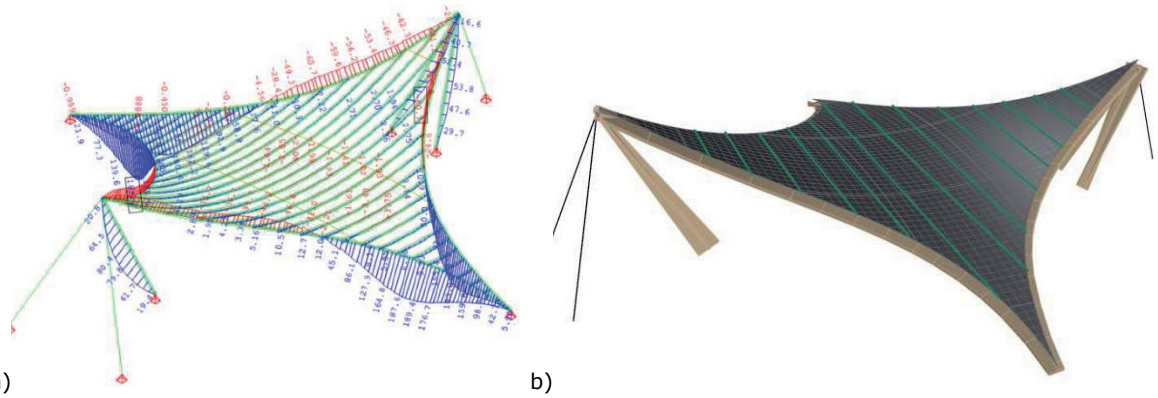
Die jeweils aus drei BSH-Bauteilen kreuzförmig zusammengesetzten Stützen waren aufgrund der exponierten (Schräg-)Stellung quasi ohne Bewitterungsschutz. Die Fäulnisschädigungen an den drei Brettschichtholzstützen waren nach rund 40 Jahren Standzeit so weit fortgeschritten, dass eine vollständige Erneuerung unumgänglich erscheint.
Die Standsicherheit der Stützenkonstruktion wurde im Jahre 2009 durch ein provisorisch angebrachtes Stahlkorsett für eine Übergangszeit von zunächst 3 Jahren gesichert. Ebenso waren die korrosionsgeschädigten Spannseile jeweils mittels einer zusätzlichen Seilabspannung ertüchtigt worden.

4. Instandsetzungsplanung

4.1. Sanierungskonzept

Das Ingenieurbüro Knippers Helbig entwickelte im Rahmen der Machbarkeitsstudie [1] ein Sanierungskonzept. Ziel war es, die intakten Bereiche der Bauteile des Sonnensegels weitgehend zu erhalten und die Standsicherheit durch den Austausch der Holzstützen und Spannseile sowie mit partieller Erneuerung bzw. Sanierung der geschädigten Bereiche wiederherzustellen.
Nach umfangreichen Untersuchungen des zeitgeschichtlichen und bauhistorischen Materials wurde ein digitales Modell erstellt, mit dem die Beanspruchung der einzelnen Bauteile sowie die verschiedenen Belastungssituationen genau analysiert werden können. Die Vorspannung der Spannseile wurde programmintern so gewählt, dass auch bei Windsog-Belastung der Schale eine resultierende Zugspannung in den Spannseilen erhalten bleibt.
Auf Basis des erzeugten 3D-Modells wurde ein innovatives Instandsetzungskonzept entwickelt. Hierzu wurde ein redundanter Ansatz mit Erzeugung zusätzlicher Tragreserven

erarbeitet. Im Fokus stand dabei die dreilagige Holzschale, deren durchgängige Zugkraftübertragung der unteren Lamellenlage an mehreren fäulnisgeschädigten Bereichen beeinträchtigt war.
Es entstand die Idee, die Holzrippenschale mit Carbonlamellen zu ertüchtigen und so auf eine aufwändige vollflächig kraftschlüssige Sanierung der gesamten geschädigten Schalungsbretter verzichten zu können. Eine auf der Schalenoberseite aufliegende Schar von Carbonlamellen, die lediglich an den Enden mit den Randträgern zugfest verbunden werden müsste, würde eine Substitution der Zugkraftübertragung ermöglichen. Somit würde es ausreichen die fäulnisgeschädigten Bereiche der Schalung lokal begrenzt auszutauschen und hierbei auf die Ausführung zugfester Verbindungen zu verzichten.

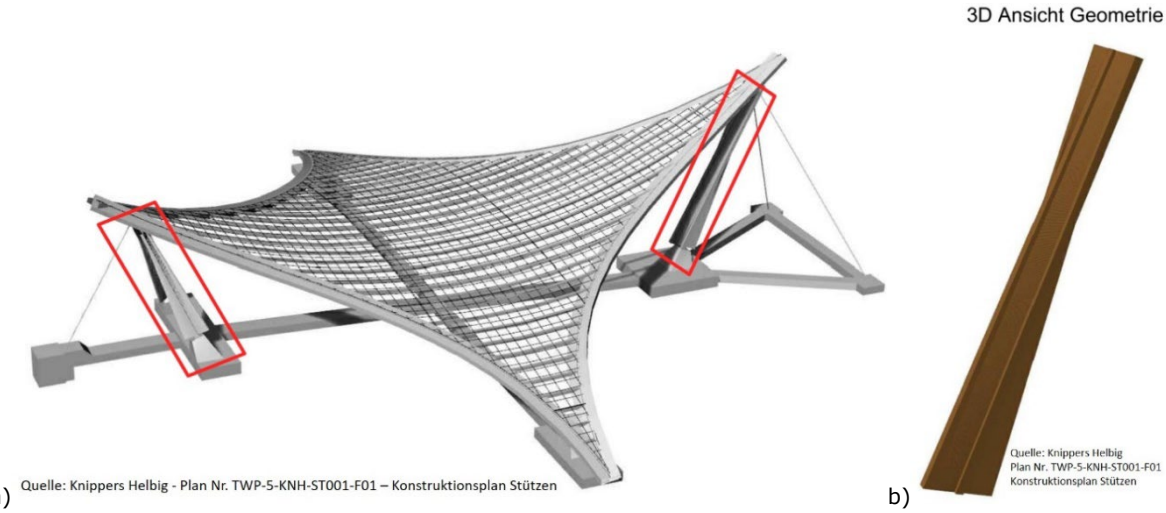


a) b)

Abbildung 8: Digitales Rechenmodell des Sonnensegels, a) 3D-Modellierung der Biegemomentbelastung b) Tragkonstruktion mit Kohlefaserstäben (grün) verstärkt (Bilder: Knippers Helbig)

Die Erneuerung der kreuzförmigen Holzstützen soll aus Dauerhaftigkeitsaspekten mit Accoya [2] erfolgen. Hierzu werden die Stützen in Geometrie und Abmessungen exakt mit dem Bestand übereinstimmend als blockverklebte Accoya-BSH-Stützen hergestellt (siehe Abbildung 9).

Das Sanierungskonzept sieht für die Randbinder und Nebenträger neben der Rissverpressung relevanter Risse, mit einem für diesen Anwendungsfall zugelassenen 2K Epoxidharzklebstoff [3], an den fäulnisgeschädigten Trägerbereichen lokale Querschnitts-ergänzungen vor, um an allen Querschnittsbereichen der einzelnen Bauteile wieder eine vollständig intakte Materialstruktur zu erhalten. Nach ausfräsen schadhafter Bereiche an den betroffenen Trägerbereichen werden in die geschwächten Querschnitte Lamellen mittels Schraubenpressklebung eingeklebt und zur Ursprungsabmessung ergänzt. Der Übergang der eingeklebten Lamellen zu den intakten Querschnittsbereichen erfolgt stets im Steigungsverhältnis 1:10 im sogenannten Schäftungsverfahren, womit die Zugkraftübertragung an den Reparaturstellen gewährleistet ist.



a) b)

Abbildung 9: 3D-Ansichten a) Anordnung der Stützen (rot) und b) schematische Ansicht der Stützengeometrie des kreuzförmigen Querschnitts mit gegenläufiger variabler Querschnittsabmessung

Die Durchführung der Sanierungsarbeiten mittels Kleben tragender Holzbauteile im Bestand, erfordert einen möglichst spannungsfreien Zustand der Bauteile. Ferner ist zum Tausch der Stützen und Spannseile eine temporäre Abstützung der Hochpunkte notwendig. Daher ist über einen erheblichen Zeitraum der Sanierungsarbeiten eine vollständige Entlastung der vorgespannten Holzschale erforderlich. Hierzu werden die Randbinder auf ein Traggerüst abgelassen und liegen in engem Abstand auf einzeln hydraulisch steuerbaren Druckstempeln auf.

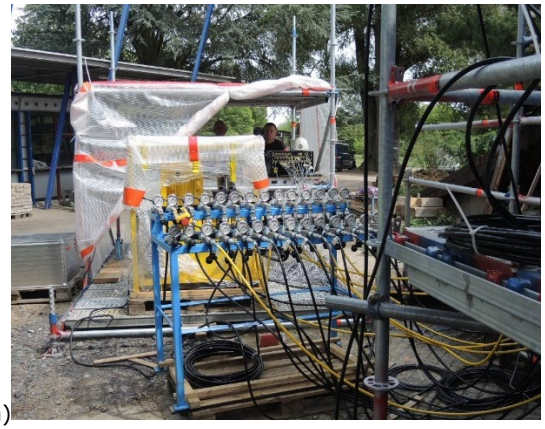
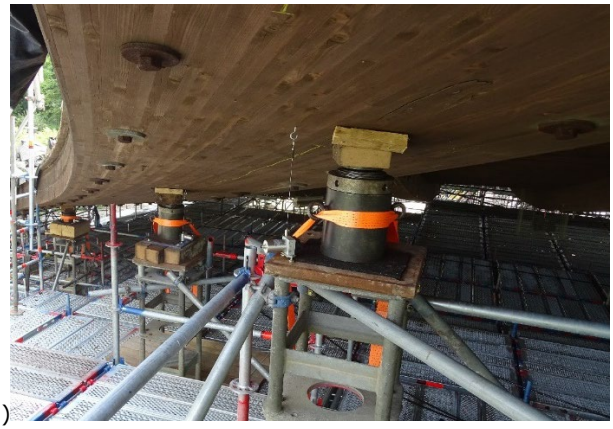
a)  b) 

Abbildung 10: Einzeln steuerbare hydraulische Druckstempel unter den Randbindern ermöglichen ein kontrolliertes Ablassen der Konstruktion in einen spannungsfreien Zustand zur Erneuerung der Holzschalung

An die Ausführungsrandbedingungen zum Kleben tragender Holzbauteile sind hohe Anforderungen hinsichtlich des zulässigen Holzfeuchtebereichs (< 18%) und vor allem hinsichtlich der einzuhaltenden Temperatur während der Klebstoffaushärtung (17 °C – 35 °C) gestellt. Zur Einhaltung der genannten Parameter ist im Sanierungskonzept eine Einhausung des kompletten Sonnensegels mit einem Notdach sowie abhängig von der umgebenden Temperatur auch eine örtliche Bauheizung vorgesehen.
Das Sanierungskonzept weißt auch nachdrücklich darauf hin, dass der Bewuchs um das Sonnensegel großräumig zurückgeschnitten und an den Fußpunktbereichen eine funktionierende Entwässerungssituation geschaffen werden muss.

4.2. Zustimmung im Einzelfall

Sowohl für die Ausführung der Carbonlamellenverstärkung, wie auch für die blockverklebten Bauteile aus Accoya BSH ist eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.
Im Lauf der durchgeführten umfangreichen theoretischen und praktischen Untersuchungen zur Ausführung der Anschlussdetails der Carbonlamellen an die Randträger, wurde im Projektfortgang schließlich von der Umsetzung der Carbonfaser-Ertüchtigung Abstand genommen.
Um eine baurechtliche Verwendbarkeit für die blockverklebten Accoya Stützen zu erhalten, wurden an der MPA Universität Stuttgart die erforderlichen Materialuntersuchungen an einem nach Plänen von Knippers Helbig hergestellten vollmaßstäblichen 4 m langen Prüfkörperabschnitt (bei einer Querschnittsbreite der Kreuzstütze von 250 cm), durchgeführt und ausgewertet. Der ausführende Herstellbetrieb hat nachweislich große Erfahrung bei der Herstellung geregelter geklebter tragender Holzbauteile und auch in der Verklebung von Accoya BSH.
Im wesentlichen wurden Blockscherprüfungen an Proben aus der Verklebung der Blockfugen sowie aus der Flächenverklebung des maßstäblich verklebten Trägerabschnittes durchgeführt. Zur Berücksichtigung der Nutzungsklasse 3 Bedingungen der Stützen im Einbauzustand wurden die Scherprüfungen nach unterschiedlichen Klimalagerungen (Trocken- und Kochwechsellagerung) durchgeführt. Ferner wurden Auszugversuche an Gewindestangen die in Hirnholzflächen eingeklebt waren durchgeführt.
Sämtliche Proben mit Blockfugen sowie mit Flächenverklebungen des untersuchten Verbundbauteils aus Accoya-Brettschichtholz wiesen in Bezug auf die herangezogenen Anforderungswerte (als Anhaltswert wurden die DIN EN 14080 [4] aufgeführten Anforderungen für Nadelholz herangezogen) ausreichende Scherfestigkeiten und die für die jeweiligen Scherfestigkeiten geforderten Mindest-Faserbruchanteile auf.

Die erreichte mittlere Blockfugen-Scherfestigkeit der Prüfserie 1 (Blockfuge, unbehandelt) lag mit 10,8 N/mm² und einem mittleren Faserbruchanteil von 77 % auf einem vergleichbar hohen Niveau wie die BSH-Flächenverklebungs-Scherprüfserie 4 (Flächenverklebung, unbehandelt) mit 11,2 N/mm² bei 100 % Faserbruchanteil.
Die mittleren Scherfestigkeiten der Prüfserien 2 (Kochwechsellagerung, nass geprüft) und 3 (Kochwechsellagerung, wieder trocken geprüft) erreichten mit 82 % bzw. 75 % des Trocken-Blockscherfestigkeitsniveaus ausreichend hohe mittlere Scherfestigkeiten von 8,9 N/mm² bzw. 8,1 N/mm².
Für die Klebfugenfestigkeit von in Accoya-BSH faserparallel eingeklebten Stahlstäben gibt es keine normativen Anforderungen oder vergleichbare Regelungen, daher wurde als Anhaltswert die Anforderung gemäß nationalem Anhang zu dem EC 5-1-1, d.h. gemäß DIN EN 1995-1-1/NA [5] an die Klebfugenfestigkeiten von Klebefugen zwischen Stahlstäben und Nadelholz-BSH-Bohrlochwandungen herangezogen.
Bei den Prüfkörpern Nr. 1 -3 mit Einklebelängen von 250 mm übertrafen alle erprüften Klebfugenspannungen (Kleinstwert: Prüfkörper Nr. 1 f_(k1,u,1) = 4,74 N/mm²) den charakteristischen Anforderungs-Festigkeitswert von 4,0 N/mm².
Bei den Prüfkörpern Nr. 4 -6 mit Einklebelängen von 500 mm übertrafen alle erprüften Klebfugenspannungen (Kleinstwert: Prüfkörper Nr. 5 f_(k1,u,5) = 5,82 N/mm²) den charakteristischen Anforderungs-Festigkeitswert von 2,75 N/mm² deutlich.
Auf Basis der erprüften Werte wurde seitens des Bauordnungsamtes der Stadt Dortmund im August 2019 die Zustimmung im Einzelfall für die Verwendung von BSH-Stützen aus chemisch modifiziertem Holz (Accoya) erteilt.

5. Sanierung der Holzkonstruktion

Zur Durchführung der Sanierungsarbeiten an den geschädigten Holzbauteilen wurde die Zimmerei Wilhelm Risse GmbH beauftragt, die über die zur Sanierung von geklebten tragenden Holzbauteilen erforderliche Leimgenehmigung D [6] verfügt.
Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurden nach vollflächigem Rückbau der Bitumenabdeckung weitere Schäden in bis dato nicht freigelegten Bereichen ersichtlich. Vor allem im Bereich der Tiefpunkte waren die Fäulnisschäden an den Randbindern extrem fortgeschritten. Zur Instandsetzung war eine Querschnittserneuerung in wesentlich größerem Umfang als zunächst erwartet notwendig. An dem Hochpunkt H1 zeigte sich im Bereich des Stützenanschlusses ebenfalls eine großflächige Fäulnisstelle an dem westlichen Randträger der schließlich auch durch eine Querschnitts-Teilerneuerung instandgesetzt wurde.
Die Verbindung der neu anzufertigenden Querschnittsteilbereiche (Prothesen) mit den Randträgerquerschnitten, die zuvor bis zum vollflächigen anstehen intakter Materialstruktur ausgefräst wurden, erfolgte mittels Klebe-Schäftungsverbindungen. Eine zunächst angedachte Verbindungsvariante mit mechanischen Verbindungsmitteln wurde als nicht ausführbar erachtet. Die großflächigen Schäftungsverbindungen an den Randträgerquerschnitten (18 cm x 140 cm) erforderte ein außerordentlich präzises ausfräsen und herstellen einer planen, im Steigungsverhältnis 1:10 geneigten Schäftungsfläche im Bestand. Die anzuklebenden Reparaturstücke wurden auf Basis individuell angefertigter Schablonen jeweils passgenau im Werk hergestellt.
Der Schädigungsumfang an der dreilagigen Holzschalung erwies sich beim sukzessiven Rückbau erheblich größer als bei der Begutachtung festgestellt werden konnte, so dass final eine komplette Erneuerung der drei Lamellenlagen der Holzschale erfolgte. Die zugbeanspruchten Längsstöße der einzelnen Lamellen der unteren Lage wurden abweichend vom Originalzustand nicht als Keilzinkenverbindungen auf der Baustelle hergestellt, sondern mechanisch mit Lochblechen verbunden. Bei der mittleren und oberen Lamellenlage wurden die Längsstöße stumpf gestoßen ohne Längsverbindung ausgeführt.
Die Rissverpressung an den Nebenträgern und an den Randträgern erfolgte unmittelbar nach Sanierungsbeginn im Sommer 2019, wodurch hierfür keine Einhausung zur Einhaltung der klimatischen Randbedingungen notwendig wurde.
Im weiteren Sanierungsverlauf wurde über ein zwischen den Hochpunkten, über die Sattelfläche gespanntes Drahtseil, ein entsprechend der Grundrissform konfektioniertes Planendach über das Sonnensegel gezogen. Die Arbeiten an der Holzschalung konnten

somit witterungsunabhängig durchgeführt werden. Die nachfolgenden Bilder veranschaulichen die wesentlichen Schritte der Sanierungsarbeiten an den geschädigten Holzbauteilen.

Abbildung 11: Untersicht des Sonnensegels mit Flächengerüst zur Rissverpressung an Nebenträgern

Abbildung 12: Ansicht der Schädigung am Tiefpunkt T1 und nach Entfernen der schadhaften Bereiche

Abbildung 13: Ansicht des Tiefpunktes T1 mit angepassten Prothesen und final bereits mit Holzschalung

Abbildung 14: Ansicht des Hochpunktes H1 mit großflächiger Fäulnisschädigung

Abbildung 15: Ansicht der im Werk vorgefertigten Prothese, die mittels Schäftung angeklebt wurde

Abbildung 16: Ansicht der vollständig eingebauten, mit der unteren Querschnittshälfte des Randträgers verbolzten Prothese am Hochpunkt H1

Abbildung 17: Ansicht der Erneuerung der dreilagigen Holzschalung mit zugfester Längsstoßausbildung an den Lamellen der unteren Lage.

Abbildung 18: Ansicht der erneuerten Stützenkonstruktionen (Stützen und Spannseile erneuert, Stahlanschlussteile renoviert) am Hochpunkt H2 mit 2 Stützen und einem Spannseil und am Hochpunkt H1 mit einer Stütze und zwei Spanseilen nach Abschluss der Sanierungsarbeiten (Bilder: Landes / Wüstenrot Stiftung)

Abbildung 19: Das Sonnensegel nach Abschluss der Sanierungsarbeiten im Herbst 2021
(Bild: Landes/Wüstenrot Stiftung)

Nach Abschluss der rund 2 Jahre andauernden Sanierungsarbeiten sind alle nachträglichen Ertüchtigungen früherer Jahre, die zusätzlichen Seilabspannungen und das Stahlkorsett zurückgebaut. Die ursprüngliche Eleganz der Konstruktion ist wiederhergestellt und durch den Rückschnitt des engen Pflanzenbewuchses ist das Bauwerk für die Besucher des Westfalenparks auch wieder erlebbar.

6. Literatur

[1] Wüstenrot Stiftung (2017): Sonnensegel Westfalenpark Dortmund – Machbarkeitsstudie für die Erhaltung der Holzhängeschale

[2] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Z-9.1-865: Accoya Schnittholz, Antragsteller: Rhodia Acetow GmbH, Business Unit Accoya, Engesserstr. 8, 79108 Freiburg – Geltungsdauer vom 15. Januar 2019 bis 21. Februar 2022

[3] Z-9.1-750 WEVO-Spezialharz EP 20 VP 1 mit WEVO-Härter B 20/1 zur Instandsetzung von tragenden Holzbauteilen. Geltungsdauer 23. Januar 2020 bis 23. Januar 2025. Antragssteller: WEVO-Chemie GmbH, Ostfildern-Kemnat

[4] DIN EN 14080:2013, Holzbauwerke – Brettschichtholz und Balkenschichtholz – Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14080:2013

[5] DIN EN 1995-1-1/NA:2013, Nationaler Anhang, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

[6] DIN 1052-10:2012, Herstellung und Ausführung von Holzbauwerken – Teil 10: Ergänzende Bedingungen

Rebuilding Notre-Dame de Paris: a technical and scientifical challenge

Jonathan Truillet
Deputy director of operations
Etablissement public in charge of the restoration of Notre-Dame de Paris
Paris, France

Rebuilding Notre-Dame de Paris: a technical and scientifical challenge

3 years after the night of the fire, the cathedral is completly secure.

- The main operation to secure the cathedral was the dismantling of the burnt scaffolding which was realised at the end of 2021.
- Then, craftmens cleared the vaults by removal of the most important remains of the roof. Theses remains are seen as archeologicals items.

Now, the cathedral is ready for its restoration and we are at a key turning point of the project. For 3 years, architects, historians and archeologues have tried to define the best way to conduct this project. What make this particular project so special is that it brings us to think about how can we restore, in the 21th century, a gothic master piece, installed in the center of one of the bigest and of the most famous city in the world?

1. Restore a gothic masterpiece requieres a deep respect of the history

Restoring a gothic masterpiece like Notre Dame requests a deep respect of the history. The project aims to restore the spire and the roof of the central part of the building as it was designed by Viollet le duc. We will use dry wood and lead to realize this structure It's a real challenge because:

- Viollet le Duc designed a very complex structure which has to resist at a stormy weather
- But the spire is also an artistic item with a lot of copper and lead sculptures

The project aims also to restore the gothic roof in wood and lead. We will avoid rebuilding wood frames realised after the medieval période because we are looking to simplify the design of the part of the cathedral.

2. A restoration based on knowledge and current scientific research

This kind of restoration has to be linked with some scientific studies. A national scientific action «Notre-Dame», coordinated by the CNRS and the Ministry of Culture was launched in 2019. This national scientific action considers:

- recovering the knowledge about the architectural elements and materials before the fire;
- extracting and saving the scientific information contained in the preserved materials;
- coupling modelling systems for geometric, structural and acoustic studies;

It comprises 175 research staff from 50 research units organised around 9 working groups: This work is a way to improve our knowledge of the cathedral but also to get a better restoration project.

3. Protecting the workers and the environment: two concerns at the heart of the project

We have to realize this project including contemporary concerns, and especially all environmentals issues because the fire filled the cathedral with a lot of toxic lead dust. We need to have a better system against the fire events. That why, the cathedral will be a little different than before the fire. Architects decide to install a new fire wall system between to wooden structure in the nave and in the choir. This will help to slow down the fire. They also decided to install in the roof a hight pressure water drop sending system. This new installation will help to stop the fire. We have also to take care of the cathedral environment by decreasing the level of lead dust in runoff waters of the new roof. With the help of scientists who are surveying this phenomenom, we are preparing a runoff water filtration system which will be installed few months after the end of the project.

Dunston Staiths, Gateshead: Repair of one of Europe’s largest wooden structures

Charles Blackett-Ord
Blackett-Ord Conservation Engineering
Cumbria, United Kingdom

Dunston Staiths, Gateshead: Repair of one of Europe's largest wooden structures

1. Introduction

The River Tyne in the north-east of England has been a major discharge port for coal from the Northumberland and Durham coalfields for centuries. Wharfs, known locally as Staiths, were constructed near the mouths of navigable rivers as a means of discharging coal from railway wagons into ships, and the Dunston Staiths was the largest timber structure in Europe at the end of the nineteenth century. Its repair history has been reasonably well documented and so it provides a good case study of timber deterioration. The structure is now owned by the Tyne & Wear Building Preservation Trust (TWBPT), and they have carried out some repairs, which will also be described in this presentation.

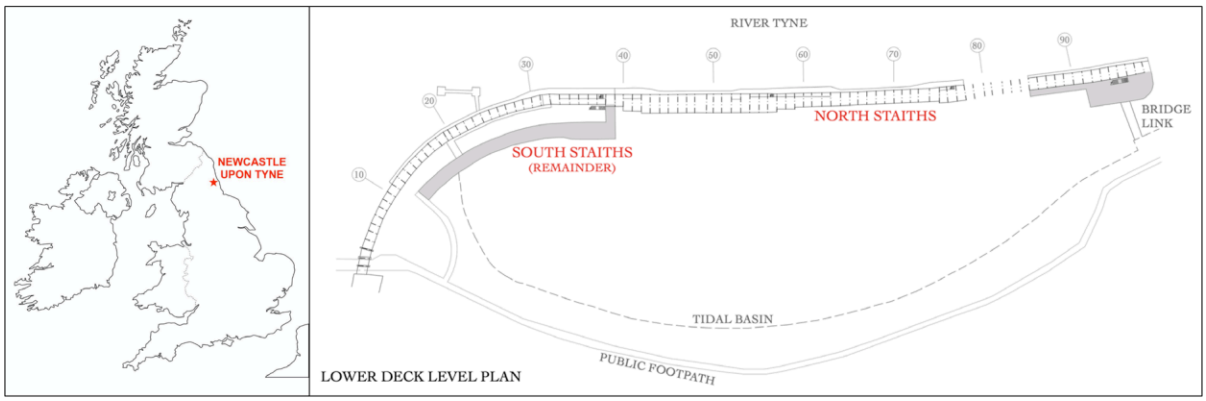


Figure 1: Site / Location Plan

By the early 17th century more than 200,000 tons of coal were being shipped from the River Tyne every year and it is estimated that by 1700 two thirds of the total output of British coal pits was produced at collieries close to the banks of the River Tyne. At that time it was usual to transport the coal downriver in open boats, called keels, into the holds of seagoing vessels. However, towards the end of the 18th century some mine owners wished to avoid the double handling that this entailed, and they began to construct timber staiths, which were linked to their pits at first by horse drawn wagonways and later by steam railways. These staiths allowed coal to be carried from pit to ship without any need to use boats. The massive increase in coal production in the 19th century led to the building of ever larger staiths.

Figure 2: Dunston Staiths – c1938 (Credit TWBPT)

Construction of the Dunston North Staiths by the North Eastern Railway was completed in 1893 on the south side of the River Tyne just upstream from Newcastle. There was berthing for three ships on the riverside. In 1903 increased demand required three more berths to be constructed, which involved building the South Staiths, duplicating the first Staiths, and excavating a large tidal basin between the Staiths and the riverbank, which allowed for several more ships to anchor while waiting to load. The structure was directly connected to the railway

system so that coal could be delivered to sidings on top of the Staiths from where large discharge gantries were used to load the ships.

Figure 3: Dunston Staiths Today

Output from the Dunston Staiths continued to increase and the peak in 1938 was around four million tonnes each year. However as the mines were worked out this dropped to two million tonnes by 1943, and by the early 1970's to less than half a million tonnes.
The North Staiths were extensively repaired in the 1970's, and the South Staiths partially dismantled to reduce maintenance costs, but the National Coal Board who owned the Staiths decided to close the site altogether in 1980. And by 1984 the structure was totally derelict. In 1985 one of the conveyor gantries collapsed and the structure suffered badly from arson attacks and neglect. Feasibility studies and structural appraisals were undertaken throughout the 1980's with a view to dismantling parts of the structure and re-using the reclaimed timber to repair the remainder, and this culminated in a major repair scheme which was completed for the Gateshead National Garden Festival in 1990, but since then lack of maintenance and more arson attacks have allowed further decay to take hold. The Tyne and Wear Building Preservation Trust took over ownership and in 2012 a significant repair programme costing about 600 000 Euros was undertaken with funding from English Heritage and the Heritage Lottery Fund, and a further small programme of repairs (150 000 Euros) was planned for 2018, but failed to get the funding. In 2019 another fire caused damage to another section oft he deck so a temporary bridge built of scaffolding was erected across the gap.
In 2022 a Feasibility Study proposed a new use for the eastern part of the Staiths as a community hub, cafe and Garden Centre, re-imagining part of the National Garden Festival of 1990.

2. Description

Dunston Staiths has statutory protection as a Scheduled Monument and is Grade II Listed. The Gateshead Garden Festival left the structure in sound structural condition and safe for public access. The work at that time included the demolition of most of the South Staiths, including withdrawing all the associated piles, and providing a low level access deck on the part that was retained. Steel and timber access stairs were provided in two locations to give access to the top of the North Staiths from the low level deck of the remaining parts of the South Staiths. An access bridge was provided to a low level decked area of the east end, across the mouth of the basin. It is the North Staiths that have been the subject of the recent repair programme.

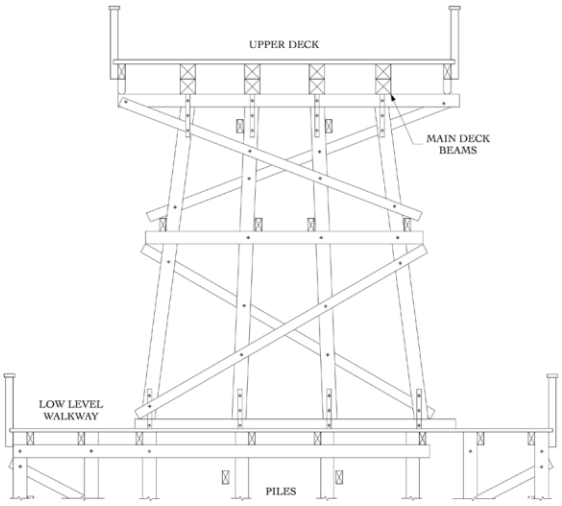


Figure 4: Typical Support Frame

The Staiths comprise a simple structural framework of 98 trestle frames on timber piles at 5.3 metre centres, supporting a timber deck spanning between the frames, with a width varying between 8 and 12 metres. There are additional intermediate frames to carry six steel discharge gantries and hoppers.

The deck is inclined upwards from the land end at a gradient of 1 in 90, to allow for the return of discharged railway trucks by gravity, and the height of the furthest end above the water is about 12 metres. There is cross bracing in both directions, the longitudinal bracing taking in three frames, which results in some lengths of timber up to 18 metres, although some are in two parts spliced together. The main frames are composed of four or more vertical or inclined posts 305mm x 305mm in section on 325mm x 325mm timber piles. The main cross heads at deck level and the main longitudinal sections are two layers of 305mm x 305mm timber, and the secondary edge beams, bracings etc. are 305mm x 150mm or 225mm x 150mm. The deck was originally 305mm x 75mm thick planks, nailed to the longitudinal beams. The piles are greenheart or pitch pine and the original superstructure Baltic pine and Pitch pine, but repairs were generally carried out in Douglas Fir, pressure creosoted.

Structurally the design is well thought out in that there is a cross beam on top of the piles, which is the base beam of the trestle, and the deck cross head sits on top of the trestle, so all the loads on the trestle are in compression only, apart from the cross bracing which is bolted on to the side of the frame. The frames were apparently fabricated in the horizontal position and lifted in to place to fit into slots on the pile cross head. All timbers are held together with wrought iron straps and bolts.

3. Repair History

The whole structure has continually suffered from arson attacks and rotting timber.

In 1983 the following options for the future of the Staiths were considered:

1. Do minimum to keep the structure safe.
2. Remove the entire upper structure to reduce the maintenance obligation using retrieved materials to offset the cost of demolition and execute repairs to the South Staiths.
3. Remove east half of the upper North Staiths.
4. Repair the whole structure using new materials.
5. Extract areas of piles from the derelict South Staiths and convert and utilise the timber to repair the remainder of the structure.

So in the 1980’s the last of these was carried out.

The central part of the South Staiths was removed, including the piles, leaving the two ends which were decked out at low level. Two flights of access stairs were provided up to the top deck and all the remaining structure was repaired. The percentage of single cross-heads that had failed was 30%, and 60% of the outside cantilevered deck bearers had failed. The deck was renewed entirely, and the repairs were completed in 1988 at a cost of around £1.2m. (1.5m Euros). So we have these works as a datum for measuring subsequent decay.

Figure 5: Garden Festival Staircase

Figure 6: Fire Damage (2003)

After the Garden Festival the structure was closed off and maintenance stopped.
In 2003 a large section was damaged by fire, and ten frames were completely destroyed only leaving the exposed pile heads. This meant that there was no access along the structure from one end to the other.
In 2012 after the structure had been taken over by the Building Preservation Trust further surveys were undertaken and funding for a repair programme was made available.

4. 2012 – 2015 Repair Programme

It was accepted at an early stage that it would be impossible to fund repairs to the whole structure, so of the 98 frames only frames 1 – 8 which are land based, and frames 32 – 39 which are near to the stairway put in for the Garden Festival, would be repaired at this time. The areas selected for repair were those that had been damaged by fire and timber decay and included the lower parts of the frame posts at the land end, and the main deck beams and frame cross heads of frames 32 – 39.

Figure 7: Land Based Frames

Figure 8: Fence Post Decay

Both were regarded as a trial for more extensive repair at some future date.
What added to the cost was the need for dismantling parts of the deck and upper structure in order to get at the frames below. The cost of this was reduced by not fully replacing all the deck boards, while allowing enough decking for access along the structure. In the event the absence of decking has allowed visitors a better understanding of the construction, which can now be seen from above as well as below.
An additional item was the complete renewal of the fencing along the areas that were intended to allow public access.
A major cost was the scaffolding and crash deck required to be built over the river beneath the deck.

5. Timber Species Selection

Considerable thought was given to the timber species to be used in the repairs. The original timber was Greenheart (*Chlorocardium rodiei)* for the piles, which has survived well, and no repairs were considered necessary at this time. The superstructure originally used Baltic Pine ***(****Pinus sylvestris)* or Pitch Pine ***(****Pinus caribaea****)***. The repairs in the 1970's and 1980's used Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii).*

It was very noticeable in 2014 that the decking, for instance, was in excellent condition (apart from a few isolated planks that needed replacement) whereas the lower level walk-ways, which were evidently in sound condition after the Garden Festival, had decayed to the point of collapse. It was concluded that the difference was due to the presence or not of preservative treatment. Although Douglas Fir is not now generally considered to be receptive to preservative treatment, the deck planks had a CCA (Chromated Copper Arsenic) type preservative and the main beams a creosote preservative. This appears to have been effective in the deck planks, which are 75 to 100mm thick, but not in the thicker sections, from the fence posts (100mm x 150mm) upwards, where superficial treatment has allowed internal decay to take hold. Both of these treatments are now restricted by European Directives.

The Heritage Lottery Fund required new timber to be sourced from sustainable forests, which restricted the species available. English Heritage, the government conservation department, wanted the new material to be as near the original as possible, but also to be long lasting, considering the status of the monument and the need to preserve it for as long as possible. An additional constraint has been the Maritime Management Organi-sation which controls pollution in or near a tidal water, further restricting the options for chemical treatments.

Consideration was given to using Douglas Fir for the above-water structural repairs. It would have been structurally strong enough but its durability would be in question for the sort of time frames suitable for a Scheduled Monument. Greenheart is available from a sustainable source, but Pitch Pine is not. Greenheart is difficult to work and would have been awkward for the joint configuration and drilling that would be required. Second-hand Pitch Pine was sourced, but cutting it to size was thought to be problematical because of the likelihood of embedded metalwork, so it was not considered suitable.

The thirty years since the Garden Festival has allowed extensive timber decay to take hold and this equates with the quoted design life of exposed softwoods of around 20 years. For a monument such as this it was felt that a fifty-year life would be more appropriate. The timber finally selected with assistance from TRADA (The Timber Research and Devel-opment Association) was Ekki. (Lophira alata), which is a hardwood from what was a sustainable source in West Africa, imported through Holland, however it is now on the IUCN Red List. The handrail timber selected was Opepe, which has similar strength char-acteristics to Ekki but is easier to work to the profile required. The main downside of using Ekki is its relatively high movement values with change in moisture content. This would require connecting bolts to be checked regularly and tightened as necessary.

In 2014 the deck planks were surveyed and about 100 individual planks were identified as requiring replacement (about 7%). The main defect was wet rot starting from splits and shakes in the top of the plank. However since then regular inspections have shown continued deterioration of the remaining planks, and about 50 more require replacing each year. This represents a thirty year cycle of complete replacement. Ekki was used for the replacements in 2015, but the cost has dictated that subsequent replacements are likely to be Douglas Fir, in spite of its reduced design life.

6. Inspection/Survey of Deck

A micro-drill survey of the deck structure was carried out in 2015 by BM Trada. This was chiefly required so that the deck could be analysed for its capacity to carry construction loads now, and in the future for small fire appliances. A visual inspection and calculation check had confirmed that the deck could carry the anticipated pedestrian loads that would be required for public access, in part because in 1980's the deck planks were increased in thickness from 75 to 100mm thickness for this very reason. They were generally in good

condition and could if necessary span over defective supporting beams. Also taken into account was the original design loading which was for fully laden coal waggons on two rail tracks, which was substantially more than any possible future loading.

It soon became apparent that timbers that looked sound externally could have very considerable internal decay. In some cases this resulted from the previous preservative treatment only penetrating a few millimetres, and rot setting in from exposed end grain. This was particularly evident in the balustrading fence posts and handrailing which were Douglas Fir, and which, away from end grain exposure, were perfectly sound. The rot in the main deck beams started from the top, where the 20mm gap between the deck planks allowed water to sit.

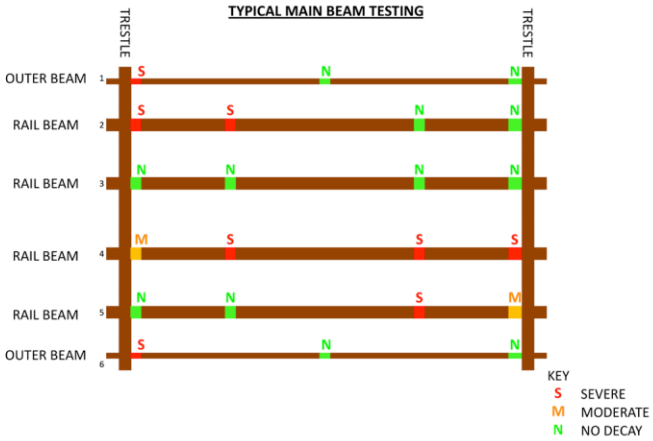


Figure 9: Main Beam Testing (Credit: BM Trada)

BM TRADA's condition survey with a micro-drill tested the main deck support beams by drilling down from deck level (there being no access below). The main deck beams comprised two 305 x 305 beams on top of each other, and an extended drill bit allowed the lower one to be tested also. They tested 206 upper deck beams in 752 locations (ends and centres), and severe decay was noted in 17% of these locations, and in 36% of the beams. The lower beams were tested in 100 locations and this revealed that there were 14 results where the upper and lower beams had severe decay in the same locations (in the centre or at the ends). In some locations there was severe decay on the lower beams where the upper beams were sound. As only one beam is required for current loading requirements a rotten lower beam was not of concern structurally as long as its ends were sound, where it provides bearing support to the upper beam.

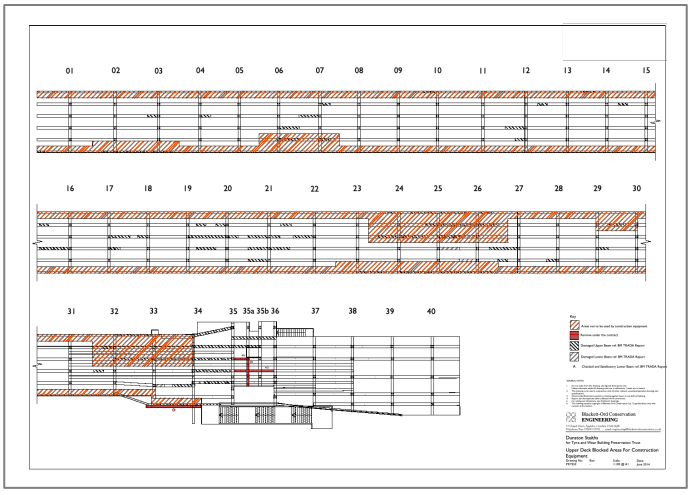


Figure 10: Upper Deck Safe Access

Following this testing it was found to be possible to fence off areas of doubtful strength so that construction traffic could be confined to the less severely decayed areas. Timber decay can be very localised, particularly at the bearing ends of beams where there may be exposed end grain, and the micro-drilling of necessity had to be selective. With timber of this size up to half a dozen drillings may be needed for complete satisfaction that there is sufficient sound timber remaining in any one location. In fact in spite of several visual inspections and the micro-drilling, one of the crosshead beam ends failed unexpectedly under its own weight during the course of the repair contract.

7. Repair Philosophy

Where timbers are being replaced thought has been given to the detailing so as not to leave exposed and end-grain or surfaces where water can sit. Where end grain has to be exposed – between the handrailing sections for instance, an air gap has been left, and where possible spaces allow water to drain rather than being trapped. All new fixings are stainless steel, which is now much more readily available than it was in the 1980's, although the galvanised fittings and bolts used for the Garden Festival works are still in good condition.

Figure 11: Lower Deck Lichen Growth

The principles of timber conservation and repair are in many ways more relevant in softwoods, as at the Staiths, than with hardwood as would be used in, for instance, medieval timber framed buildings. The latter is all to do with maintaining suitable environmental conditions so as to ensure that wet and dry rot or insect infestation will not occur. Such timber must be protected and detailed such that there are no water traps or contact surfaces where water cannot drain away. At the Staiths the most vulnerable area is where there are gaps between the deck boards, which allow water to sit on top of the support beams. Ideally these water traps should be kept clear, or alternatively filled with slips of timber.

With an exposed structure such as the Staiths, the environmental conditions cannot be controlled – it is a fully exposed structure in a marine environment – so careful detailed design and selection of the most durable species of timber is a more important consideration.

One curious observation is the variation of lichen growth on the deck planks. The colouring clearly shows the presence of the support structure beneath, showing that tiny changes in air movement can have an environmental effect on the timber.

Figure 12: Upper Deck Repairs (2015)

Where possible the deck beams were replaced as whole beams, spanning between the frames. This necessitated taking up the deck to gain access. The lower beams were not replaced as whole units, but only where needed in short lengths to support the upper beams over the trestles. The crosshead repairs did not usually need whole beam replacement and so halved joints were used between the old and the new, as was the case with the vertical posts, and these were bolted with stainless steel bolts. Diagonal bracings were repaired using scarf joints.
A significant number of repairs were required where the frame cross bracing was fixed to the frame posts, where corrosion of the bolts had split the timber. In most cases the old bolts could be removed and replaced with stainless steel, with a secondary cross bolt to close the split. Where it was not possible to remove the old bolt new ones were inserted close by. Where it was not possible to insert the secondary bolt, where access for drilling was impeded by other members, large toothed timber connectors were used under the plate washers to help hold the split together. Where corroded bolts were left in-situ there remained a risk of future corrosive expansion, and hence more splitting of the timber, but for the medium term this was prevented by the cross-bolting.

8. Handrailing

Handrailing was re-detailed so that the top rail joints are not over the posts, and the bottom rail did not sit on the deck planks as before. This not only prevented water retention, but it allowed individual planks to be replaced without removing the handrailing.

Figure 13: New Handrailing

9. Recent Developments

The Dunston Staiths are an important part of the cultural history of the area, representing an industry and way of life that has almost completely disappeared. However future use for a structure such as this is crucial as a way of maintaining public interest and generating some income. At present there are monthly open-air food markets. In 2014 Wolfgang Weileder, Professor of Contemporary Sculpture at Newcastle University, conceived a temporary sculpture comprising a large black cone standing on the eastern end of the Staiths. It was about 9 metres high and made as a hollow cone of recycled plastic planks. The public were admitted in small numbers to attend events within the cone. A short BBC Television film was made of the event.

Figure 14: The Cone

At the same time consideration was given to constructing a low level access bridge across the burnt out gap, a distance of some 40 metres - a substantial structure in itself, so that there could be public access along the full length of the structure and a landfall at both ends, but the funding has not been forthcoming.
In 2019 another fire damaged frames 31-32, luckily only the outer edge of these frames were affected. A security balustrade was installed to restrict access to unsafe areas and allow public use of the Staiths. In May 2020, a second fire in this location caused significant damage, preventing safe public access. This cut off the circular visitor route that had been established using the lower deck, the stairs from the Garden Festival and the upper decks, so we designed a temporary pedestrian bridge which was constructed from scaffolding to bridge the gap.

10. The Future

Regular inspections are essential, using micro drill and roped access, and a fifth of the structure should be inspected in this way every five years, to give a continuous record of the rate of decay.
In the United Kingdom there is virtually no public funding for this type of historic monument however much it is statutorily protected – and it is a criminal offence to damage such a structure. The problems are not only the on-going maintenance costs but the backlog to repairs. We have estimated that it would cost around 20 million euros to put the whole structure back into a sound condition, but the ongoing maintenance cost would still be substantial.

The options are for the future are:

1. **Managed decay;**
   The problem here is the management. The Port of Tyne would not be happy if pieces of the structure or, more importantly, a steel discharge gantry, fell into the river.
2. **Selective retention;**
   As with historic monuments generally we are interested in the significance of the structure, whether physical or historical, but with Staiths one of the most significant aspects of it is its size, which would be lost if only a small part was retained.
3. **Fence off the unsafe or dangerous sections;**
   This still presupposes maintenance of the safe bits and management of the rest.
   Meantime we can at least reduce the risk of fire damage, by careful observation. The river bank to the south of the site had been derelict since the Garden Festival, but recently new housing has been built overlooking the river and the Staiths, so the risks of unauthorised entry and arson are substantially reduced.
4. **An alternative use**
   A feasibility Study in 2022 by a team led by Nicholas Kirk Architects considered a partial re-use of the east end of the structure as a community hub, cafe and garden centre. This, combined with selective repairs to the main structure to allow public access along its full length, would cost around 6m Euros. This is a possible way forward, with a gradually expanding development attracting visitors to the structure, but still at a substantial cost.

11. Conclusion

The Dunston Staiths is an important historic industrial monument that is subject to continuing decay. It has been difficult to secure funding in order to repair this significant structure, and once repaired the maintenance costs will be considerable, for which an income stream will be hard to provide.

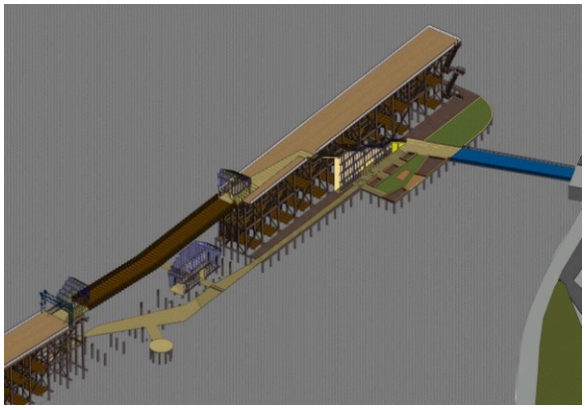


Figure 15: Concept Imagery
(Credit: Nicholas Kirk Architects)

Figure 16: Artist Interpretation
(Credit: Nicholas Kirk Architects)

It is a popular historic site, which is open to the public at week-ends, but almost regardless of any use to which the structure may be put there are a substantial costs involved in keeping it, and this is a problem that the «heritage industry» and the Government has failed to address.

12. References

[1] TRADA, 2015. *Wood Information Sheet WIS 2/3-66 Specifying timber species in marine and freshwater construction*.

[2] M. CROSSMAN and J.SIMM. 2004. *Manual on the Use of Timber in Coastal and River Engineering*. Thomas Telford and HR Wallingford.

[3] D.R. SKILL. 1989. Dunston Coal Staiths, Gateshead*, Conservation of Engineering Structures,* Thomas Telford

Freitag, 2. Dezember 2022

Block A

Exponierte Ingenieurbauwerke

Bewittertes Schalendach der Weltcup-Rennrodelbahn Oberhof – herausfordernde Freiformflächen

Kilian Busch
Züblin Timber GmbH
Aichach, Deutschland

Bewittertes Schalendach der Weltcup-Rennrodelbahn Oberhof – Herausfordernde Freiformflächen

1. Projektvorstellung

Die Rennschlittenbahn in Oberhof, einem Erholungsort im Thüringer Wald, wurde 1971 errichtet und 2004 erstmals generalsaniert. Im Zuge einer umfassenden Sanierung und Modernisierung für die anstehende Rennrodel WM 2023 erhielt die aus Stahlbeton-Segmenten zusammengesetzte Bahn neben zusätzlichen Bauwerken auch eine neue Überdachung. Diese besteht aus freigeformten Schalenelementen aus Holz und Stahl die größtenteils von Züblin Timber produziert und montiert wurden. Aufgrund des Verlaufs und der Geometrie der Bahn ist jedes Dachelement ein Unikat und damit eine Herausforderung für Planung, Fertigung und Montage.

Abbildung 1: Übersichtsfoto Rennschlittenbahn

2. Entwurfsgrundlagen

Die Rennschlittenbahn hat eine maximale Wettkampflänge von 1070 m und eine Gesamtlänge von 1354,50 m. Dabei überbrückt sie einen Höhenunterschied von etwa 96 m, hat 14 Kurven sowie eine weitere, nach der Generalsanierung 2004 hinzugefügte Kurve im Auslauf nach dem Ziel.
Die beauftragten Büros sprachen sich bereits früh für eine Ausführung der neuen Überdachungen in Holz mit weitgespannten Bereichen aus. Bauherr und Nutzer formulierten die wesentlichen Anforderungen an die Überdachung wie folgt:

- Schutz vor (Schlag-)Regen, Schnee, Wind und Sonne,
- Minimierung der Kondenswasserbildung während der Eisherstellung und in der Nutzung sowie Minimierung der Kälteabstrahlung,
- weitgehende Sichtfreiheit für die Zuschauer und die TV-Übertragung während der Wettkämpfe,
- gestalterisch ansprechende Struktur.

Weitere Randbedingungen ergaben sich daraus, dass am Standort der Rodelbahn in einer Höhe von 700 bis 800 m über NN nur eine begrenzte Zeit für die Montage auf der Baustelle zur Verfügung stand und zusätzlich in der Bauzeit auch noch Einzelwettkämpfe, praktisch im Bauzustand, zu ermöglichen waren.
Bereits bei den ersten Entwürfen zeichnete sich ab, dass es sinnvoll ist, die dynamische Form der Bahnschale in eine formgleiche Tragwerksstruktur mit Schalenwirkung zu überführen. So wie die Form der Bahnschale durch die physikalischen Gesetze der Fahrdynamik bestimmt wird, folgt nun die Form der Dachschale den Prinzipien der Statik mit zweckmäßig gewählten Randbedingungen der Stützung. Diese Überlegungen dienten als Basis für die Formfindung der einzelnen Bahnbereiche.

Dabei galt es vier verschiedene Situationen zu unterscheiden:

- a: Die Schale folgt der Kurvenform und setzt direkt auf die Gründung auf.
- b: Die Schale setzt direkt auf dem oberen Rand der Bahnschale auf.
- c: Die Schale spannt mit geringer Krümmung im Grundriss über eine größere Strecke frei zwischen zwei Kurvenbereichen vom Typ a oder b.
- d: Die Schale folgt auf einer langen, geraden Strecke der Bahn und hat nur eine beschränkte Zahl von Zwischenstützungen auf einer Seite.

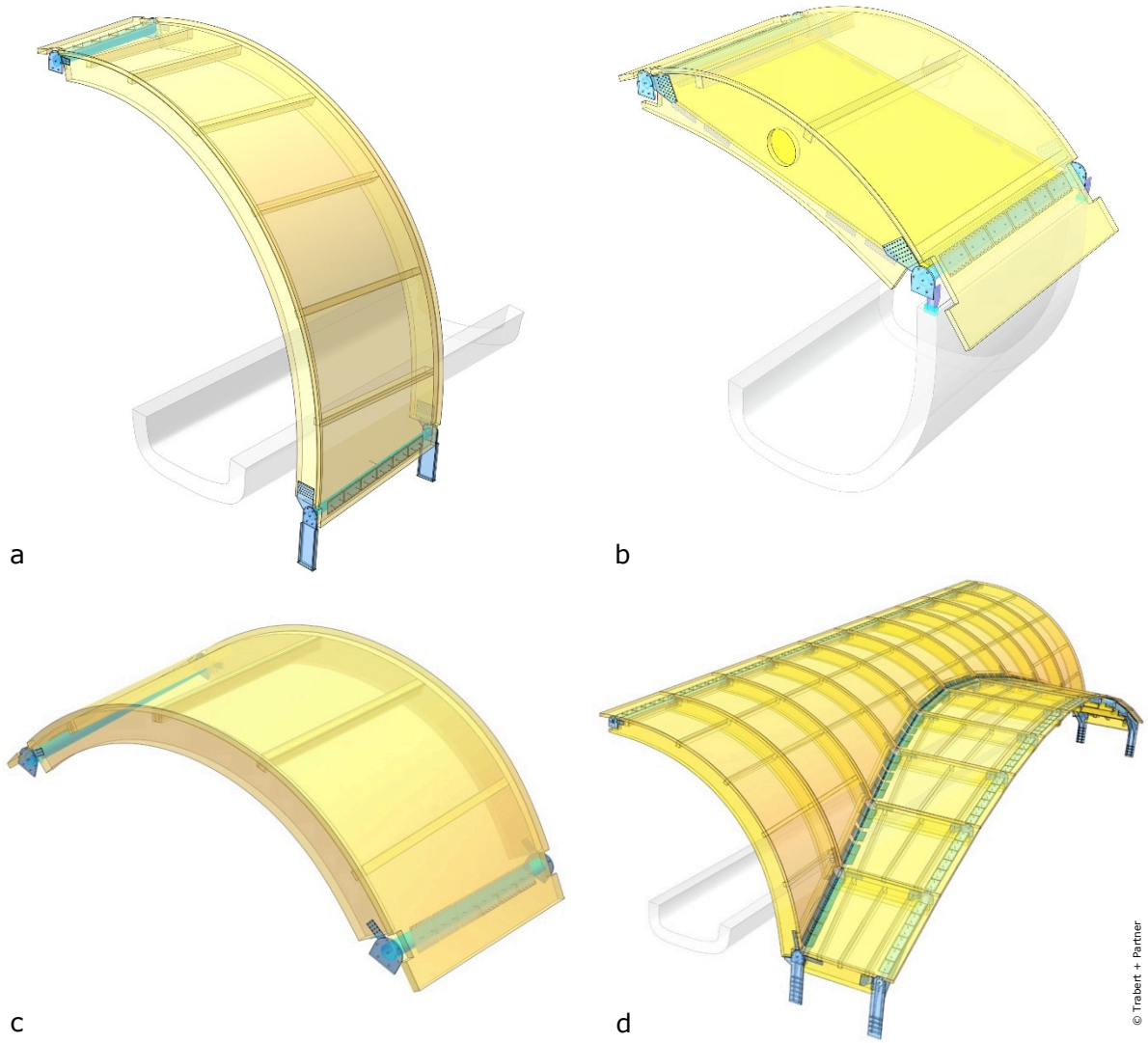


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Situationen a - d

Diese komplexen Randbedingungen machten schnell deutlich, dass sich die Schalenformen nur mit Freiformflächen beschreiben lassen. Klar war auch, dass die kurze Bauzeit bzw. die sehr kurzen Montagezeiträume einen hohen Vorfertigungsgrad der Elemente erforderlich machten, denn der Zusammenbau konnten nur innerhalb der trainings- und wettkampffreien Zeit zwischen März und September erfolgen.
Aufgrund der statischen Anforderungen und der Montagerandbedingungen entschieden sich die Tragwerksplaner – gegenüber dem ursprünglichen Wunsch nach einer reinen Holzkonstruktion – für eine hybride Konstruktion der Schalenelemente aus Stahl und Holz. Diese bestehen aus gekrümmten Rohrgurten, die mit der Holzschale und ihren Versteifungen schubsteif verbunden sind.

3. Unterschiedliches Tragverhalten gekrümmter und gerader Streckenüberdachungen

In Bereichen, wo die Schalen direkt auf der Gründung aufsetzen (Situation a), tragen die Elemente die Lasten vorrangig über Membrankräfte ab, ähnlich wie bei einem gekrümmten Rohrsegment. Entsprechend unterschiedliche Zug- und Druckkräfte ergeben sich in den verschiedenen Auflagerbereichen zur Herstellung des Gleichgewichts.
Ähnlich verhält es sich bei Situation b: Die Dachschalen müssen zusätzlich torsionssteif sein, da sie weniger Schalenfläche mit ausreichender Krümmung aufweisen. Das heißt, die Schalenelemente wirken dann wie ein Ring aus einem geschlossenen Rohr, das am äußeren Rand gestützt wird. Diese Tragwirkung ist umso größer, je größer der überdeckte Winkel des Ringsegmentes ist.

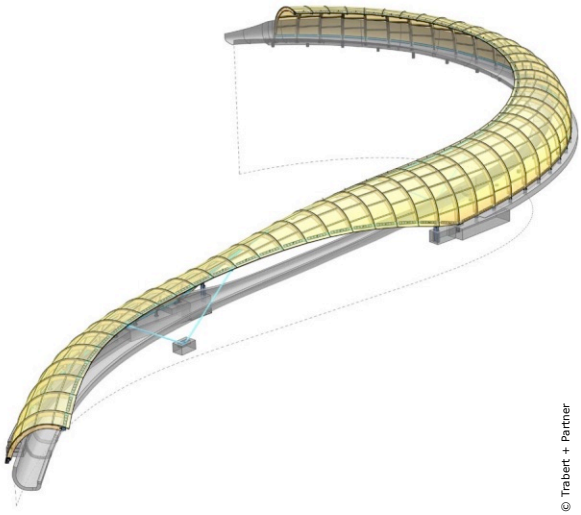


Abbildung 3: 3D-Darstellung der Bahnüberdachung im Bereich K6-K7 (Situation a und c)

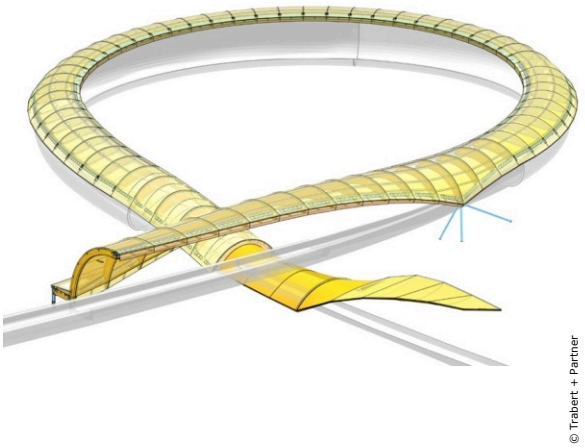


Abbildung 4: 3D-Darstellung der Bahnüberdachung im Bereich K14 – Kurvenkranz (Situation b)

Bei den Bahnbereichen der Situationen c und d dagegen entfällt die positive Wirkung der Krümmung im Grundriss. Hier kann die Tragfähigkeit nur durch die Krümmung der Schale im Aufriss erzeugt werden. In Situation c können zusätzlich die Effekte aus den Übergängen zu den benachbarten Bereichen mit Krümmung im Grundriss und teilweise auch mit direkt aufstehender Schale genutzt werden. Im Bereich der langen Gerade entfallen solche günstigen Wirkungen jedoch vollständig. Hier galt es, andere, wirksame Tragwirkungen zu «wecken».
Die Haupttragwirkung bei den Übergangselementen besteht im Abtrag der Vertikallasten über die Druckkräfte in die Rohrgurte. Die Holzschale übernimmt die Schubkräfte und gewährleistet in Kombination mit den Schottbögen eine ausreichende Sicherheit gegen lokales und globales Stabilitätsversagen.
Die Aufstandselemente (a) unterscheiden sich von den Übergangselementen (b) dadurch, dass ein größerer Teil der Lasten direkt von den Schottbögen in die Gründung eingeleitet wird. Neben den vertikalen Auflagerkräften wird mit dem Anschluss – je nach Krümmung im Grundriss – auch ein Teil der Einspannmomente aufgenommen.

Im Bereich von längeren Geradenabschnitten sorgen die Einspannungen für die Haupttragwirkungen und sind deshalb etwas kräftiger dimensioniert. Die Aufsatzelemente (b) bestehen aus der oberen gekrümmten Sperrholzschale und der unteren Schale aus einer ebenen Kerto-Q-Platte. Diese beiden Schalen bilden über die Schubkopplungen an den Rohrgurten und an die Schottbögen ein Element mit hohem Torsionswiderstand.
Die Überdachung der Geraden (d) zwischen Kurve 13 und Kurve 14 wird aus vier Segmenten, bestehend aus je zehn Einzelelementen realisiert. Die Einzelelemente sind jeweils zweiteilig mit einer biegesteifen Kopplung der beiden Teile am Druckbogen ausgeführt. Der Anschluss der Elemente an den Druck- und Zugbogen erzeugt eine Einspannung der Elemente in Querrichtung und zusammen mit der Schalenwirkung der Hauptschale wird eine hohe Gesamtsteifigkeit aufgebaut. Die Hauptschale ist hier eine Translationsschale, sodass die Sperrholzschalen nur einachsig gekrümmt sind.

Abbildung 5: Gerade zwischen K13 und K14 im Bauzustand

Die vier Segmente dieses Bahnabschnittes sind zur Minimierung der Höhen und Optimierung der Kamerasicht auf einem Kreisbogen im Aufriss angeordnet, sodass die Hauptebenen zwischen den Einzelelementen hier nicht auf vertikalen Ebenen, sondern auf Ebenen senkrecht zu den Sehnen auf dem Kreisbogen liegen.

4. Konstruktion und Lastabtragung mit Platten und Bögen

Die Vorfertigung der einzelnen Abschnitte der Bahnüberdachung erfolgte vollständig im Werk. Da die Grundgeometrien der Schalenflächen Freiformflächen sind, hat jedes Einzelelement eine andere Geometrie. Um die geometrischen Anforderungen mit vertretbarem Aufwand beherrschen zu können, legten die Ingenieure als Grundprinzip fest, alle Elementstöße und damit auch die Einzelbauteile im Stoßbereich in vertikaler Ebene anzuordnen.
Dabei bestehen alle Übergangselemente aus den beiden äußeren Rohrgurten (S235 oder S355) mit Schubkopplung an die Schale, den Bogenspanten aus Kerto-Furnierschichtholz, den Querrippen und der aufgebogenen mehrlagigen Sperrholzschale. Die Sperrholzschale ist als Translationsschale mit gerader Erzeugender und zwei gekrümmten Leitkurven im Regelfall doppelt gekrümmt. Die Verwindung dieser Schalenfläche stellt den anspruchsvollsten Teil der Vorfertigung dar.

Die Bogenspanten bzw. Schottbögen sind jeweils aus drei Einzelplatten Kerto Q 33 mm blockverklebt und komplett mit der CNC-Fräse bearbeitet. Zusammen mit den Querrippen bestimmen diese die Geometrie des Einzelelements. Die vorgefertigten Stahlrohre mit Stirnplatten und Anschlussblechen wurden über unterseitig an die Schale angeschraubte Stahlplatten schubfest mit dieser gekoppelt. Die Anpassung an die Winkeldifferenzen erfolgte über Drehung im Bereich des Lochspiels des Anschlusses an das Stahlrohr.
Mit einem Fugenuntermaß von 2 mm ließen sich auch Fertigungstoleranzen integrieren. Dies hat sich sowohl hinsichtlich des Stahlbaus als auch des Holzbaus als ausreichend erwiesen. Das geringe, aber dennoch vorhandene Quellmaß des Sperrholzes führte dazu, dass sich im Endzustand eine Druckvorspannung zwischen Sperrholzschale und Stahlgurten aufbaute, was sich statisch begünstigend auswirkt.

5. Umfangreiche Vorarbeiten fürs richtige Kleben und Fertigen

Wie bei allen Bauwerken mit Freiformflächen waren die Anforderungen an die Planung und Fertigung der Konstruktion ausgesprochen komplex. Angefangen bei der Vorplanung, damit die Elemente nach der Vorfertigung sowohl in sich als auch im Gesamten zusammenpassen, bis hin zur Fertigung der Schottbögen per Roboter, der Verklebung und dem Abbund der bis zu fünflagigen und zum Teil doppelt gekrümmten BFU-Schalen und schließlich dem Einbau der Stahlteile für die Kopplung der Elemente auf der Baustelle.
So hat man bei ZÜBLIN Timber im bayerischen Aichach, wo alle Schalenelemente vorgefertigt wurden, im frühen Projektstadium Biege- und Klebeversuche für doppelt gekrümmte Elemente mit Radien unter 2,20 m durchgeführt, um die Machbarkeit solcher Konstruktionen zu überprüfen. In enger Abstimmung mit der Materialprüfanstalt Stuttgart und nach bestandenen Tests konnte sich auf eine Schraubpressklebung mit 12 cm x 12 cm Schraubenraster geeinigt werden.

Abbildung 6: Detail Schalenverleimung

Abbildung 7: Übersicht Produktion

Die Fertigung der Schalenelemente umfasste sieben Arbeitsschritte. Der erste und wichtigste bestand darin, die Kerto-Bögen auszufräsen. Anschließend wurden die fünf Lagen BFU-Platten verklebt. Aufgrund der Verwendung von Resorzinharz konnte pro Tag jedoch nur eine Lage je Element verklebt werden. Bei vier Klebefugen dauerte dieser Arbeitsschritt vier Arbeitstage pro Element – ZÜBLIN Timber hatte damit eine sehr diffizile und zeitintensive Produktion zu bewerkstelligen. Deshalb erfolgte die Fertigung «stufenweise» auf sechs Montageplätzen. So ließ sich sicherstellen, dass alle Arbeitsschritte kontinuierlich ausgeführt werden konnten.
Nach dem Fräsen der Kerto-Bögen folgte der Zusammenbau der einzelnen Elemente. Anschließend hat man die Schalen verklebt, abgebunden und die Stahlteile eingebaut. Die Dachschalen erhielten unterseitig – also in den Sichtbereichen – noch eine Bekleidung aus Lärchenholzlamellen mit einer Sichtfuge von 2 cm zwischen den Elementen. Die Lamellen wurden an den Schottbögen bzw. an zusätzlichen Zwischenschotten befestigt und waren Bestandteil der 3D-Modellierung. Sie wurden zum Teil abweichend von der Geometrie der

Tragstruktur an den Bahnverlauf angepasst. Als Dacheindeckung dienen 1 mm dicke Schindeln aus eloxiertem Alublech auf Konterlattung und wasserdichtem Unterdach – diese 45 cm x 45 cm großen Schindeln wurden ebenfalls vorgefertigt, aber erst auf der Baustelle angepasst. Alle Elemente erhielten zudem eine Blende am Dachrand, die die Rollos für die Verschattung und den Witterungsschutz aufnehmen und abdecken.
Rundum verpackt wurden die knapp 300 Dachschalen-Elemente mit einer Einzelfläche von bis zu 18 m2 dann zur Baustelle gebracht.

6. Präzises, zwängungs- und verkantungsfreies Fügen

Die große Zahl an Unikaten des 4500 m² großen Dachtragwerks war nicht zuletzt auch eine organisatorische und logistische Herausforderung. Neben den Entwurfsanforderungen waren in den frühen Planungsphasen nicht nur die Randbedingungen der Vorfertigung zu berücksichtigen, sondern auch die Montagebedingungen vor Ort: Durch die topografischen Gegebenheiten waren die Platzverhältnisse an der Rodelbahn sehr beengt. Die Bahn selbst war für große Transportgeräte nicht befahrbar. So war das Entladen der Elemente nur an einigen wenigen erreichbaren Stellen möglich. Danach mussten sie einzeln per Radbagger zu ihrem Einbauort transportiert werden.
Die Montage erfolgte durch einen regionalen Projektpartner. Dabei wurden die Dachschalen zunächst über einen direkt an der Rodelbahn platzierten Kran an die richtige Position gehoben und so justiert, dass sie exakt montiert werden konnten. Zur Platzierung der Elemente, wurde ein spezielles Lastenverteilungsgerät eingesetzt. Der Kranbalancierer ermöglichte es, Kranlasten bis zu 5 Tonnen mit hoher Präzision und großer Effizienz an den jeweiligen Stellen abzusetzen. Über eine Fernbedienung konnten die Dachelemente exakt in die richtige Neigung gebracht und angeschlossen werden. Das war von elementarer Bedeutung, da ein Fehler bei der Justierung Konsequenzen für alle Folgeelemente gehabt hätte. Die intensive Zusammenarbeit zwischen Planungs-, Ausführungs- aber auch dem Montagebetrieb samt neuester Maschinentechnik ermöglichte erst das perfekte Ergebnis. Selbst geringe Differenzmaße zwischen Neubau und Bestand im Bereich von 30 mm bis 50 mm konnten geplant und die Übergänge auf der Baustelle problemlos ausgeführt werden.
Bevor nicht die gesamte Überdachung montiert und die vorbereiteten Köcherfundamente von den Betonbauern vergossen waren, wurden die Dachschalen-Elemente der verschiedenen Streckenabschnitte teilweise abgestützt oder abgespannt.

Abbildung 8: Blick in K14

Abbildung 9: Fertiges Bahndach

Goetheturm Frankfurt

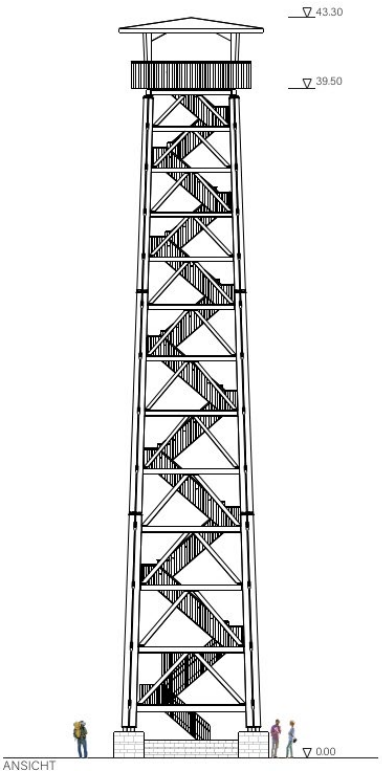
Wiederaufbau eines Wahrzeichens

Markus Rommel
Ingenieurbüro Wirth Haker
Freiburg im Breisgau, Deutschland

Tobias Döbele
Holzbau Amann
Weilheim-Bannholz, Deutschland

Goetheturm Frankfurt

Wiederaufbau eines Wahrzeichens



ANSICHT

Fertigstellung	Dezember 2020
Gesamthöhe	43.30m
Plattformhöhe	39.50m
Stufen	197 Stck.
Bauherrin	Grünflächenamt Frankfurt a.M.
Projektleitung	Amt für Bau und Immobilien
Objektplanung	IB Wirth Haker, Freiburg
Tragwerksplanung	IB Wirth Haker, Freiburg
Holzbau	Holzbau Amann, Weilheim-Bannholz

LAGEPLAN

1. Geschichte und Konstruktion

Die Geschichte des Goetheturms in Frankfurt geht bis in das Jahr 1867 zurück. Der erste Holzturm stand etwa 80m entfernt, war etwa 20m hoch und wurde 1913 wegen Baufälligkeit abgerissen werden. Das Bauwerk, welches zum Wahrzeichen der Stadt Frankfurt wurde, ist der 1931 errichtete Fachwerkturm. Bei der Errichtung war der umgebende Baumbestand nur 20m hoch, aufgrund der zu erwartenden Wuchshöhe von 35–40m wurde der Goetheturm mit 43,3m Gesamthöhe geplant, was den Aussichtsturm zu einem der höchsten Holzbauwerke Deutschlands macht.

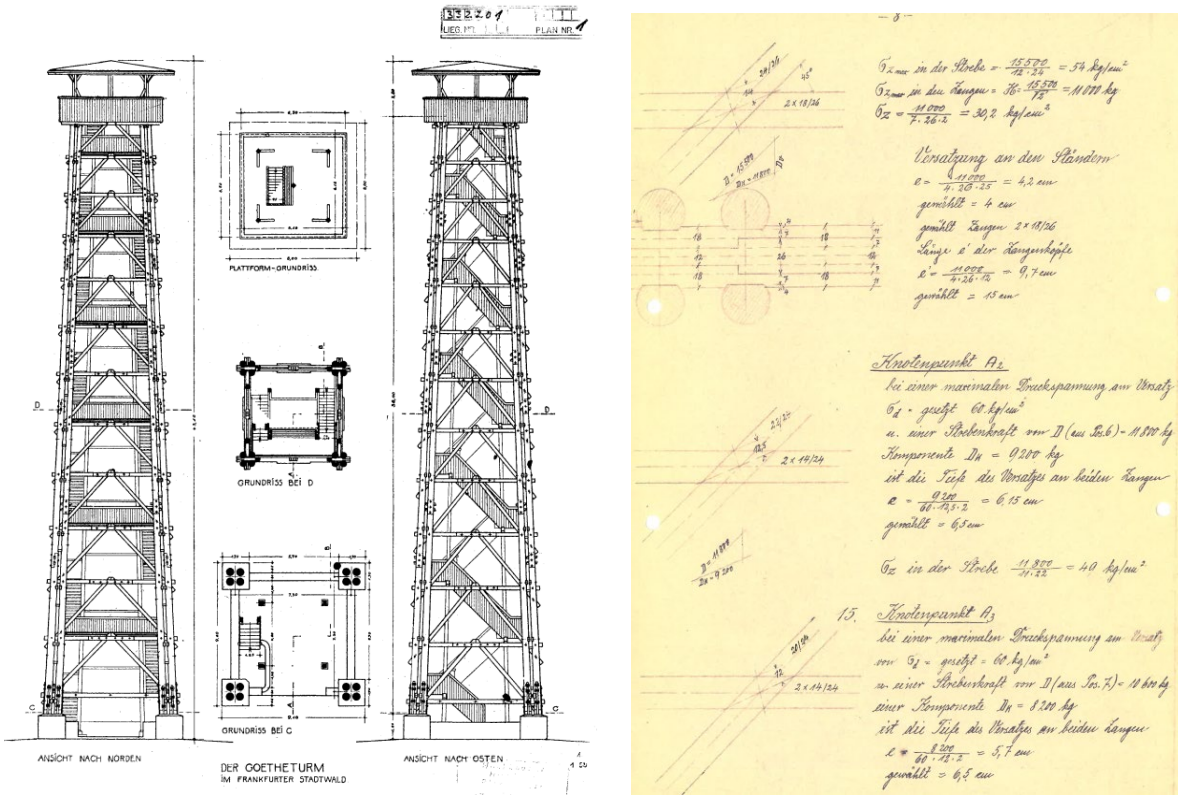


Abbildung 1: Bauzeichnung Goetheturm von 1931 und Auszug aus der Bestandsstatik

Der Goetheturm von 1931 war ein vollständig aus Holz gebauter Fachwerkturm. Charakteristisch sind die Strebenbündel in den Eckpunkten, das konische K-Fachwerk, die steile Holztreppe und die große überdachte Aussichtsplattform. Alle Hölzer wurden im Frankfurter Stadtwald eingeschlagen. Das Tragwerk bestand aus teerölimprägniertem Kiefernholz, die Treppen Podest aus Eiche.

Der Goetheturm wurde mithilfe einer anonymen Spende des jüdischen Kaufmanns Gustav Gerst errichtet, einem Ehrenbürger der Stadt Frankfurt, der wenige Jahre später boykottiert und enteignet wurde, aus Deutschland fliehen musste und in die USA emigrierte. Gustav Gerst hatte als Bedingung für die Spende formuliert, dass der Goetheturm 200 Jahre erhalten werden soll.

Im Laufe der Jahrzehnte wurde der Goetheturm mehrfach saniert (zuletzt 2010–2014, geplant von Ulrich Thümmler, Ingenieurbüro IHB). Die ungünstigen Witterungsbedingungen im Wald setzten den zimmermannsmäßigen Holz-Holzverbindungen so stark zu, dass auch die Teerölimprägnierung an ihre Grenzen kam.

Ein Brandanschlag in der Nacht am 12. Oktober 2017 setzte den gesamten Turm in Flammen, so dass dieser bis auf die Fundamente abbrannte. In einer Online-Umfrage entschieden sich 78 % der Bürgerinnen und Bürger für einen möglichst originalgetreuen Wiederaufbau des Goetheturms, der ein wichtiges Wahrzeichen Frankfurts und ein sehr beliebtes Ausflugsziel im Süden der Stadt ist.

2. Konzept Wiederaufbau

Für den Entwurfs- und Planungsprozess war eine enge Abstimmung zwischen der Bauherrin (Grünflächenamt der Stadt Frankfurt), der Projektleitung (Amt für Bau und Immobilien) und dem Ingenieurbüro Wirth Haker sowie den beteiligten Fachplanern notwendig. Gesamtkonstruktion und alle Details wurden immer wieder neu durchdacht um einerseits dem Original, andererseits den heutigen Anforderungen gerecht zu werden.

Abbildung 2: Goetheturm von 1931 und der wiederaufgebaute Goetheturm 2020

Die vierteiligen Stützen in den Ecken sind rund gedreht und konisch gedrechseltes Edelkastanien-Brettschichtholz. Horizontale und diagonale Stäbe des K-Fachwerks sind Rechteckquerschnitte. Die bei der ursprünglichen Konstruktion vorgefundene im Sinne des Holzschutzes unzureichende Verkämmung der Fachwerkstäbe mit den Stützen ist durch eine Holz-Stahl-Verbindung zeitgemäß interpretiert. Alle Holz-Holz Verbindungen wurden durch eine Stahl-Stahl/Holz Verbindung ersetzt. Damit ist die einfache Montage und die Austauschbarkeit selbst der mächtigen Rundstützen möglich.

Auf die im Original vorhandene innere Abstützung der Treppenanlage wurde verzichtet. Auch bei diesen Bauteilen wäre eine fachgerechte Umsetzung des Holzschutzes nicht machbar gewesen. Die Kanzel ist eine Konstruktion aus Edelkastanien-Brettschichtholz. Die im Original abgestrebten Hauptstützen sind durch zwei sich kreuzende Rahmentragwerke ersetzt.

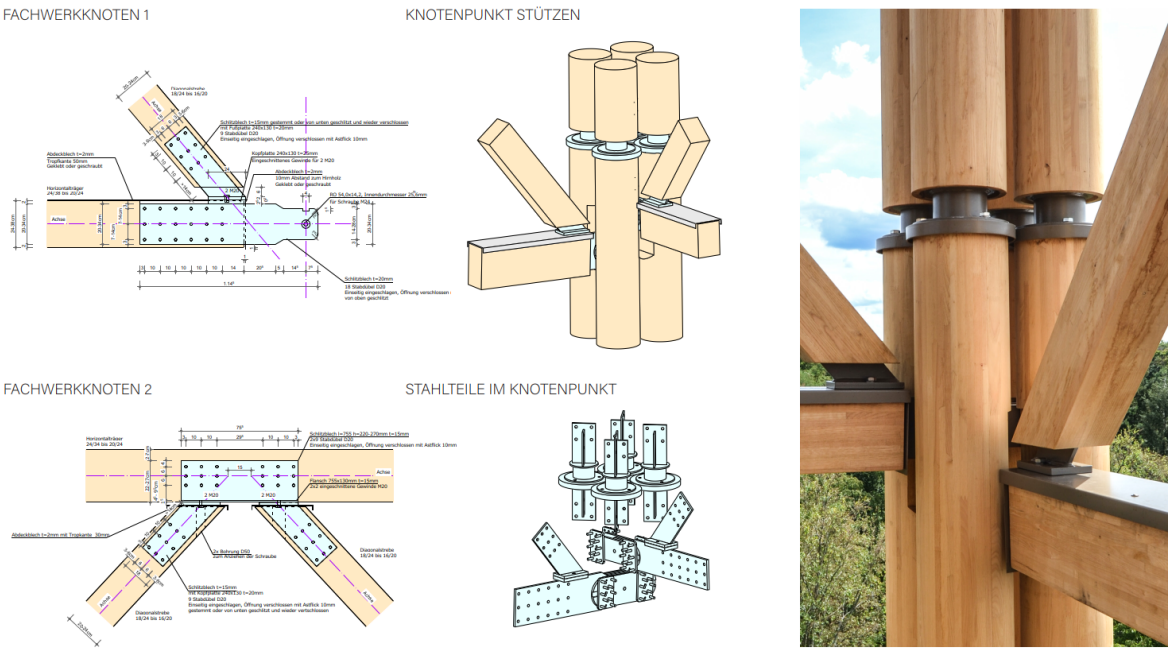


Abbildung 3: Knotenpunkte

Abbildung 4: Goetheturm nach Fertigstellung

3. Ausführung

3.1. Materialien

Für die tragende Konstruktion wurde Brettschichtholz aus Edelkastanie eingesetzt.
Diese Holzart ist der Dauerhaftigkeitsklasse 2 zuzuordnen und eignet sich daher für bewitterte Bauwerke. Allerdings liegt keine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für den Einsatz dieser Holzart für tragende Zwecke vor, so dass eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung notwendig wurde.
Weiterhin sind dem Hersteller aus Spanien produktionstechnische Grenzen hinsichtlich Breite und Höhe seiner Brettschichtholzquerschnitte gesetzt. Dies führte dazu, dass zahlreiche Bauteile aus mehreren, miteinander verklebten Brettschichtholzquerschnitten ausgeführt werden mussten. Z.B. wies der Rohquerschnitt der Stützen eine Abmessung von bis zu 40x40cm und wurde aus vier einzelnen Brettschichtholzquerschnitten blockverklebt.
Auch die Diagonalstreben und die Horizontalriegel wurden größtenteils als blockverklebte Querschnitte ausgeführte. Für die Blockverleimung in der vorliegenden Nutzungsklasse 3 war eine weitere vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich. Sämtliche Blockverklebungen wurden mit Resorzinharz ausgeführt.
Die erforderlichen Versuche für die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung wurden bei der MPA Stuttgart durchgeführt.

Abbildung 5: Blockverleimtes BSH aus Edelkastanie

Abbildung 6: Rohlinge Vollholz Eiche

Die Bohlen des Belags der Plattformen, die Geländer Verkleidung nebst Abschlussholmen sowie die Treppenstufen wurden aus heimischer Stieleiche hergestellt. Wie die Edelkastanie ist auch die Stieleiche der Dauerhaftigkeitsklasse 2 «dauerhaft» zugeordnet.

Die Stahlteile der Anschlussknoten sowie die Stahlbauteile (Treppenwangen, tragende Konstruktion der Plattformen) wurden in S235 ausgeführt. Der Korrosionsschutz wurde als «Duplex – Beschichtung» ausgeführt, d.h. Feuerverzinkung mit zusätzlicher Pulverbeschichtung.

Aufgrund des hohen Gerbsäuregehalts der eingesetzten Holzarten wurden sämtliche Verbindungsmittel in Edelstahl V2A und V4A ausgeführt.

3.2. Abbund

Das gesamte Bauwerk inkl. Ausschnitte, Bohrungen, Stahlteile sowie Verbindungsmittel wurde in 3D modelliert. Aus dem 3D Modell wurden die Befehle für den Abbund auf CNC Anlagen generiert.

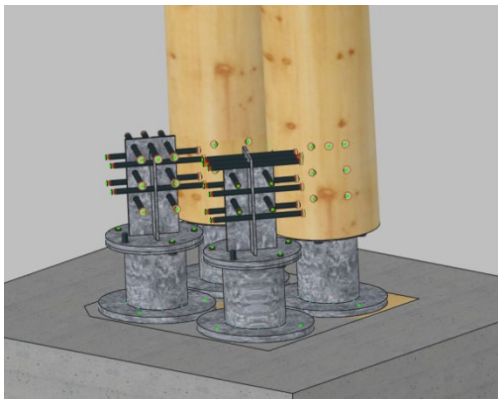
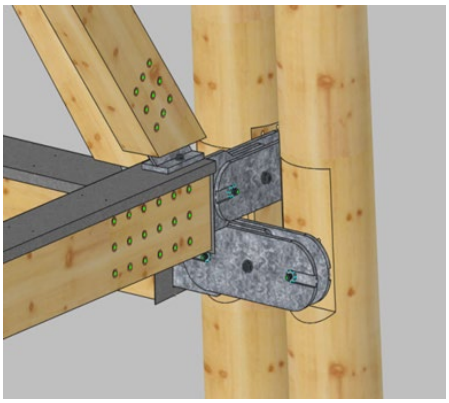



Abbildung 7 und 8: 3D Modellierung der Anschlüsse

Die blockverleimten Querschnitte der Rundstützen wurden rund abgedreht und anschließend auf der CNC Anlage abgebunden. Die Riegel und Streben wurden ebenfalls im Hause Amann auf der CNC Anlage abgebunden.

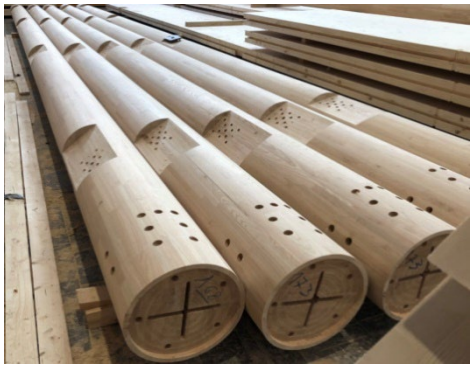



Abbildung 9 und 10: BSH Bauteile aus Edelkastanie abgebunden

Gleiches gilt für das Eichenholz für Stufen, Geländerverkleidung und Podestbelag. Die genannten Bauteile wurden, parallel zum Abbund der Edelkastanie, auf einer zweiten CNC Anlage passgenau abgelängt, gebohrt und gefräst und mit der jeweiligen Produktionsnummer versehen.

Abbildung 11 und 12: Eichenbauteile montagefertig abgebunden

3.3. Vormontage

Um die Montagezeit auf der Baustelle zu reduzieren, entschloss sich die Holzbau Amann Gmbh dazu, möglichst viele Bauteile und Baugruppen bereits im Werk vorzumontieren. Neben der mittlerweile im Holzbau allgemein üblichen Vormontage der Anschlussstahlteile, wurden auch die Eckstützenpakete, die Plattformen und die Treppen komplett montagefertig vormontiert.

Abbildung 13, 14 und 15: Vormontage im Werk

4. Montage

Anfang Juli 2021 begann die Montage auf der Baustelle.
Das erste Segment des Turms wurde direkte auf die neu erstellen Fundamente montiert. Die beiden anderen Turmsegmente sowie die Kanzel wurden auf dem Boden, neben dem eigentlichen Turm vollständig zusammengebaut. Neben den Blitzschutzleitungen an den Außenseiten der jeweiligen Segmente, wurde auch die komplette Dacheindeckung der Kanzel vor dem Versetzen der Elemente ausgeführt.

Abbildung 16: Zusammenbau der Turmsegmente

Der Zusammenbau der einzelnen Segmente wurde in knapp 15 Arbeitstagen durchgeführt. Am 28.07.2021 erfolgte die Endmontage des Turms: die einzelnen Segmente wurden mit Hilfe eines Mobilkrans versetzt und miteinander verschraubt. Am Abend desselben Tages konnte die Endmontage erfolgreich abgeschlossen werden.
Am 30.07.2021 wurde Richtfest gefeiert.

Abbildung 17: Richtspruch Goetheturm

Exponierte Türme: Erfahrungen und Weiterentwicklungen in der Umsetzung des Hardwaldturmes

Fritz Maeder
Holzing Maeder
Evilard, Schweiz

Exponierte Türme: Erfahrungen und Weiterentwicklungen in der Umsetzung des Hardwaldturmes

1. Was bisher geschah

In den vergangenen 25 bis 30 Jahren wurden viele Aussichtstürme in der Schweiz und im umliegenden Ausland in Holz gebaut. Es war so ungefähr der Startschuss um mit Holz in die Höhe zu bauen. Seit geraumer Zeit werden nun auch Wohn-, Schul- und Verwaltungsbauten mit dem Werkstoff Holz mehrgeschossig gebaut. Was die Höhe betrifft können Turmbauten ein wenig als Vorreiter für den mehrgeschossigen Holzbau betrachtet werden. Wobei die Anforderungen bei Turmbauten natürlich anders sind als beim mehrgeschossigen Holzbau. Einige der gebauten Türme sind bereits in die Jahre gekommen, mussten saniert werden oder mussten zurückgebaut werden. Alle, die sich in den letzten Jahren mit Turmbauten beschäftigt haben, mussten ihre eigenen Erfahrungen machen. Man konnte nur wenig auf gebaute Projekte zurückgreifen, die schon älter waren. In diesem Bericht werden eingangs die beiden von uns geplanten Aussichtstürme, die vor mehr als zehn Jahren gebaut wurden, kurz vorgestellt. In der Folge werden einige Herausforderungen bzw. Problemstellen beim Turmbau thematisiert. Im letzten Abschnitt wird der Hardwaldturm beschrieben. Dieser wurde im Frühling 2022 in der Gemeinde Dietlikon nahe des Flughafens Zürich Kloten gebaut. Beteiligt am Aussichtsturm sind die Gemeinden Bassersdorf, Dietlikon, Wallisellen sowie die Städte Kloten und Opfikon. Damit eine höhere Lebensdauer erreicht werden kann und der Unterhalt nicht zu kostspielig wird, griff man bei der Planung auf die Erfahrungen aus den früher gebauten Türmen zurück.

1.1. Lysserturm (Baujahr 2009)

Vier Douglasienstämme aus den umliegenden Wäldern bilden die Haupttragstruktur des Turmes. Für das übrige Tragwerk wurde Fichten-Brettschichtholz eingebaut. Die Rundholzstützen haben an den Fusspunkten einen Durchmesser von über einem Meter. An diesen vier Eckstützen und einer Brettschichtholzstütze von 40x40 cm^2, im Zentrum des Turmes angeordnet, sind die Treppenkonstruktion und die Zwischenpodeste aufgelagert. Die Aussteifung erfolgt über ein handelsübliches Zugstabsystem. Die unteren Auskreuzungen haben einen Durchmesser von 56 mm, die oberen einen Durchmesser von 42 mm. Alle Stahlteile sind verzinkt. Die tragenden Bauteile im Inneren des Turmes wurden zu einem grossen Teil aus Brettschichtholz konstruiert. Für sekundäre Bauteile wurde Vollholz eingesetzt. Um die Kosten möglichst tief zu halten, wurde für das Brettschicht- und Vollholz ausschliesslich Fichten- bzw. Tannenholz verwendet. Die Eckstützen wurden auf der Höhe des zweiten Zwischenpodests auf ca. 16 m Höhe mit einem ungefähr 580 kg schweren verschweissten Stahlteil gestossen. In diesem Stossbereich wurden die Auskreuzungen angeschlossen. Die Verbindungen zum Holz wurden mittels Schlitzbleche und Stabdübel ausgeführt. Durch die gestossenen Rundholzstützen wurden der Transport, die Anschlüsse und die Montage vereinfacht. Das Stahlteil beim Fusspunkt wiegt ca. 830 kg und wurde über eine Schlitzblech-Stabdübel-Verbindung an die Rundholzstützen befestigt. Die horizontalen Randträger wurden teilweise mit Stabdübelverbindungen und teilweise mit aufgenagelten Blechen und Gelenkbolzen angeschlossen. Massgebend für die Wahl der Verbindungsart war zum einen die Montagefreundlichkeit, zum anderen die Grösse der einzuleitenden Kräfte. Für kleinere Anschlüsse wurden Blechformteile wie Balkenschuhe eingesetzt.

Abbildung 1: Turm nach der Fertigstellung (2009) (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

Abbildung 2: Turm 13 Jahre später (2022)

1.2. Chutzenturm (Baujahr 2010)

Dieser Turm basiert auf einem quadratischen Grundriss mit vier Rundholzstämmen (Achsabstand 9.0 m) in den Aussenecken. Diese Geometrie verjüngt sich bis zur Höhe (31.40 m) der oberen Zwischenplattform auf ein Quadrat von ca. 6.30 m Kantenlänge, um sich auf Höhe der Aussichtsplattform wieder auf 7.10 m zu vergrössern. Die oberste Plattform erhält damit eine Grundfläche von knapp 50 m^2 und bietet den Besuchern ausreichend Platz. Nebst den vier Rundholz-Douglasienstützen wurde für das restliche Tragsystem Douglasien-Brettschichtholz eingesetzt.

Die entrindeten Douglasienstämme bilden die Primärelemente der Turmstruktur. Dabei ist das Tragwerk in drei Abschnitte aufgeteilt. Im Fusspunkt weisen die Stützen einen Durchmesser von ca. 90 cm auf und sind über eine Schlitzblech-Stabdübel-Verbindung mit je einem Stahlteil in Einzelfundamenten verankert. Die vier Rundholzstützen sind auf Höhe der ersten Plattform (15.80 m) gestossen und werden mittels verschweisster Stahlteile verbunden. Ebenfalls in diesen Knotenpunkten sind die Aussteifungskreuze, bestehend aus einem handelsüblichen Zugstabsystem mit Durchmessern von 52 mm im unteren Abschnitt bis 30 mm im obersten Abschnitt, mittels Schlitzblechen und Stabdübeln an die Rundholzstützen angeschlossen. Mit diesen Auskreuzungen wird der Turm ausgesteift. Der ebenfalls quadratische äussere Treppenkern mit einer Kantenlänge von 5.80 m, bestehend aus vier verleimten Brettschichthölzern (233 x 233 mm^2), ist in der Höhe im Abstand von 4.50 m bis ca. 6.0 m über Horizontalbalkenkränze mit verleimten Trägern (233 x 200 mm^2) verbunden. Diese wurden mit dem Querkraftverbinder Idefix und je einer Bauschraube an die Vierkantstützen angeschlossen. Die oberen Flächen dieser horizontalen Kränze sind dabei leicht angeschrägt, um das Abfliessen von Regenwasser zu ermöglichen. Der innere Treppenkern ergänzt die Tragstruktur für die Treppenkonstruktion.

Die horizontalen Aussteifungen in den jeweiligen Horizontalkränzen, die zwischen den einzelnen Plattformen angeordnet sind, erfolgen über gekreuzte Stahlstäbe. Die Zugstäbe durchdringen dabei die äusseren vier Treppenstützen und werden an die Rundholzstützen des Haupttragwerkes angeschlossen. Diese Massnahmen gewährleisten die Stabilität der gesamten Treppenkonstruktion. Nahezu das gleiche System kommt in den Plattformebenen zum Tragen, hier sind die Zugstäbe jedoch nicht übereinander gekreuzt, sondern sind über ein Stahlteil mit angeschweissten Muttern im Kreuzungspunkt miteinander verbunden.

Abbildung 3: Turm nach der Fertigstellung (2010) (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

Abbildung 4: Turm 12 Jahre später (2022)

2. Erfahrungen

Bei den unter Kapitel 1.1 und 1.2 vorgestellten Aussichtstürmen konnten während der letzten zwölf und dreizehn Jahre einige Erkenntnisse gewonnen werden. Über diese Erfahrungen wird in diesem Kapitel berichtet.

2.1. Gleichmässige Patina

Das Holz beider Türme hat seit der Errichtung eine gleichmässige Patina angenommen. Die Patina konnte bereits nach den ersten Jahren festgestellt werden.

2.2. Überdachung

Besonders bewährt über all die Jahre haben sich die Dächer mit den ca. ein Meter auskragenden Vordächern. Durch diese Vordächer werden die Türme vor den grössten Witterungseinflüssen geschützt. Es ist klar, dass die Dächer noch viel grössere Ausladungen haben müssten, um den Turm noch besser zu schützen. Trotzdem bedenke man, dass bei normalem Regen (vielfach ohne Wind), das Wasser nahezu vertikal abtropft. Darum kann gesagt werden, dass das Dach viel Wasser vom Turm abhält. Beim Lysser- und beim Chutzenturm hat sich gezeigt, dass das oberste Drittel durch das Vordach sehr gut vor Witterung geschützt ist und praktisch keine Witterungs- bzw. Alterungsschäden festgestellt werden konnten.

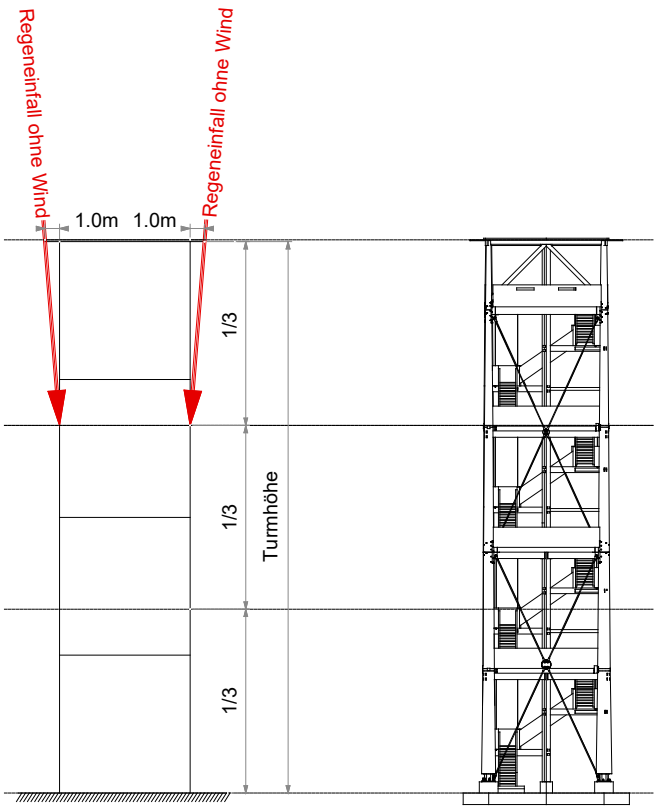


Abbildung 5: Vordach schützt die Türme im obersten Drittel sehr gut

2.3. Mikroklima

Als beide Türme gebaut wurden, waren die Bäume in unmittelbarer Nähe des Turmes abgeholzt worden. Beim Lysserturm waren die grossen Bäume durch den Orkan Lothar (1999) grossflächig weggeknickt. In der Zwischenzeit sind wieder Bäume und Sträucher gewachsen und die Türme stehen nicht mehr so frei wie am Anfang. Dies führte dazu, dass die unteren Teile der Türme viel mehr im Schatten stehen und nicht mehr so schnell austrocknen können wie am Anfang. In den oberen Bereichen gelangt durch den Wind Wasser in die Konstruktion, jedoch trocknet das Wasser dort viel schneller ab. Es gibt auch Flächen, Ecken und Fugen, wo übers Jahr nie ein Sonnenstrahl hinkommt. Dies ist für verregnete Bereiche in der Konstruktion nicht förderlich. In diesen Bereichen gibt es teilweise Algenbildung und Stellen die saniert werden mussten.

2.4. Wartungskonzept

Für beide Türme wurde je ein Wartungskonzept, wie dies auch bei Brücken gemacht wird, erstellt. Hier wurde auch festgelegt in welchen Intervallen, welche Unterhaltsarbeiten und Kontrollen durchgeführt werden müssen. Grundsätzlich werden die Türme regelmässig gereinigt. Diese Reinigung bezieht sich auch auf die direkte Umgebung der jeweiligen Standorte. Gemäss Wartungskonzepten wurden folgende Kontrollzyklen definiert:

- Reinigung — regelmässig, bei Bedarf
- Sichtkontrolle — 2 x jährlich durch Eigentümer
- Zwischeninspektion — alle 2 Jahre, jeweils zwischen den Hauptinspektionen
- Hauptinspektion — alle 6 Jahre

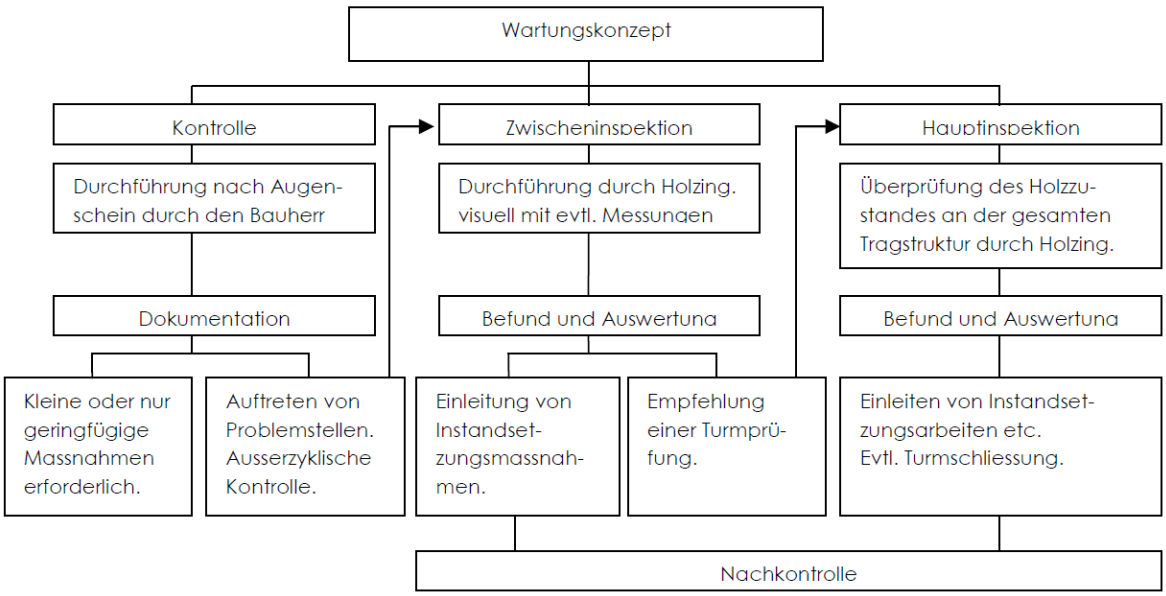


Abbildung 6: Gliederung gemäss Wartungskonzept

Die Unterscheidung dieser Gliederung betrifft die Häufigkeit, den Umfang und die Intensität der Begutachtung sowie die Qualifikation der Begutachter. Die Kontrollen durch die Eigentümer beziehen sich hauptsächlich auf visuell sichtbare Schäden. Es wird auch darauf hingewiesen, dass eine zusätzliche Kontrolle nach einem Sturm gemacht werden muss. Im Turmbuch, in welchem das Wartungskonzept abgelegt ist, wird auch genau beschrieben, unter welchen Gesichtspunkten Zwischen- und Hauptinspektionen durchgeführt werden müssen.

2.5. Festgestellte Schäden

Es gibt ein paar Problemstellen bei den Türmen, die unter dem Kapitel 2.3 bereits angesprochen wurden.
An einigen Stellen ist Wasser in die Konstruktion eingetreten. Einzelne Bauteile mussten nach ca. 10 Jahren ausgewechselt werden.
An den Rundholzstützen wurden an einigen Stellen Ausfluglöcher von Insekten entdeckt und es gediehen Flechten. Die Flechten wurden im Rahmen der Unterhaltsarbeiten entfernt. Die Flechten selbst sind nicht das Problem, jedoch kann das Holz unter den Flechten nicht mehr gut austrocknen und mit der grösseren Feuchtigkeit ist die Wahrscheinlichkeit grösser, dass es zu einem Pilzbefall kommen kann und Schäden entstehen. Beim Brettschichtholz und beim Schnittholz hat man keinen Befall erkennen können.
Einzelne horizontal eingebaute Balken wurden anfangs aus Kostengründen nicht abgedeckt. Mit der Zeit wurden bei beiden Türmen die Horizontalbalken mit Brettern, um einen besseren Witterungsschutz zu gewährleisten, abgedeckt.

Abbildung 7: Brett als Witterungsschutz bei Horizontalbauteilen (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

Beim Lysserturm wurde auf der obersten Plattform eine Tafel angebracht, damit sich die Besucher auf dieser Platte verewigen und nicht irgendwo am Turm. Diese Tafel hat sich grösstenteils bewährt. Wenn trotzdem Schmierereien an anderen Stellen vorkommen, werden sie möglichst schnell weggeschliffen, damit sie nicht zur Nachahmung animieren.

Abbildung 8/9/10: Gästetafel / Schmierereien / gesäuberte Oberfläche (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

Beim Chutzenturm, der weiter entfernt vom nächsten Dorf in einem Wald steht, sind Schmierereien nicht so häufig.

2.6. Unterhaltskosten

Die Unterhaltskosten haben sich in den ersten Jahren praktisch nur auf Reinigungsarbeiten beschränkt. Jedoch zeigt es sich, dass es realistisch ist, dass sich der normale Unterhalt jährlich auf ca. 1% der Baukosten beläuft. Mit den Jahren ist sogar mit einem grösseren Aufwand zu rechnen.

2.7. Erkenntnisse aus verschiedenen Turmbauten

Aus den Turmbauten der letzten 20 bis 30 Jahre zeigt sich, dass die Lebensdauer von Holztürmen massiv erhöht werden kann. Folgende Ansätze können sein:

- Druckimprägniertes Holz
- Schützen des gesamten Turmes durch bauwerksumfassende Hülle
- Schützen der einzelnen Bauteile durch Bekleidungen als Verschleissschichten

Im Emmental (CH) wurde 2002 ein 42 m hoher Turm mit druckimprägniertem Weisstannenholz aufgebaut. Mit der Imprägnierung ist das Holz witterungsbeständiger. Dadurch kann die Lebensdauer wesentlich erhöht werden. Jedoch ist eine Druckimprägnierung, wie sie eingesetzt wurde, aus ökologischen und gesellschaftlichen Gründen aus heutiger Sicht nicht mehr zu verantworten. Somit ist dies keine Option mehr für neue Turmbauten.
Die beste Möglichkeit, die Lebensdauer eines Turmes zu erhöhen ist, die tragende Konstruktion vor direkter Bewitterung zu schützen. Dies kann mit einer Verschleisschicht ums ganze Bauwerk oder um Einzelbauteile erreicht werden. Es ist klar, dass durch diese Mass-nahmen ein Turm optisch anders aussieht, als wenn von aussen her nur das Tragwerk sichtbar ist. Die Erstellungskosten werden durch Verkleidungen höher ausfallen. Jedoch beschränken sich die Unterhaltskosten vor allem auf die Bekleidungsmaterialien. Man muss sich bewusst sein, dass tragende Bauteile und Anschlüsse, wenn sie der Witterung dauernd ausgesetzt sind, früher oder später Schäden aufweisen werden.

3. Umsetzung der Erkenntnisse beim Hardwaldturm

Als uns der Architekt angefragt hat, bei einem Wettbewerb für einen Aussichtsturm mitzuhelfen, haben wir gesagt, dass nach unseren Erfahrungen, die wir mit Türmen gemacht haben, für uns nur noch ein Projekt in Frage komme, bei welchem die Tragkonstruktion gut vor Witterungseinflüssen geschützt ist.

3.1. Konstruktion Hardwaldturm

Der Turm misst in der Höhe 40 m. Der Entwurf basiert auf vier mehr oder weniger identischen Elementen von 10 m Höhe, welche vor Ort zusammengesetzt und mit einem Mobilkran aufeinander versetzt werden. Der Turmgrundriss basiert auf einem Parallelogramm. Der Turm stellt eine Skulptur dar. Je nach Blickrichtung zum Turm ergeben sich ganz unterschiedliche Silhouetten. Die Tragkonstruktion wird durch die Gebäudehülle vor

Witterungseinflüssen geschützt. Die Horizontalschalung (Fichte) wurde als Stülpschalung auf Zahnleisten montiert. Somit entstanden zwischen den einzelnen Brettern horizontale Schlitze. Auf jedem der vier Turmabschnitte sind jeweils zwei grosse dreiecksförmige Öffnungen vorhanden.

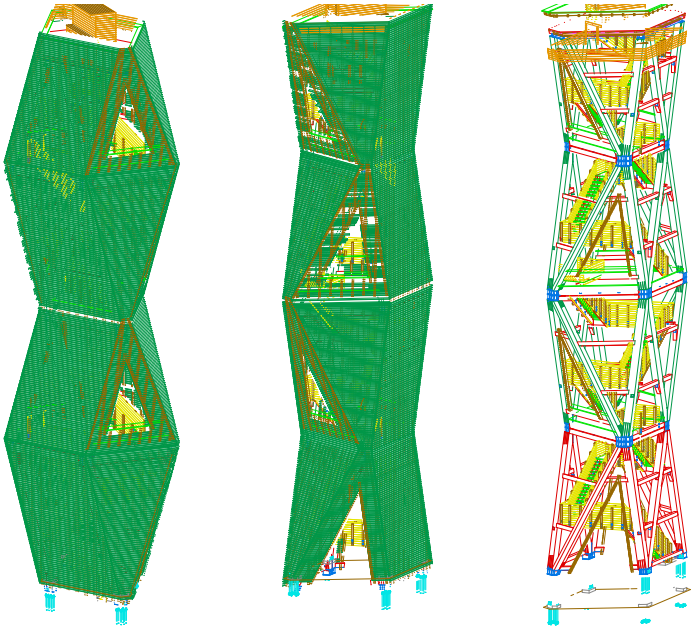
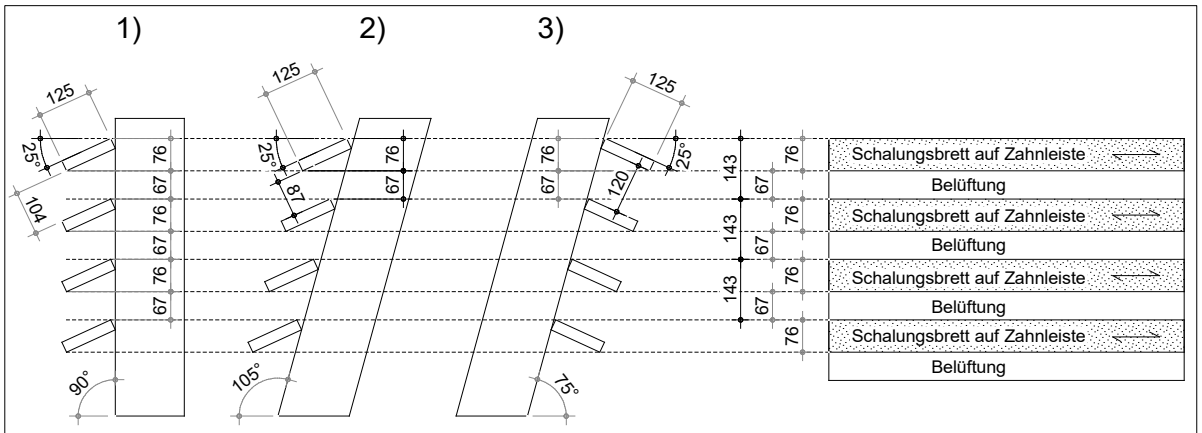


Abbildung 11: Animation in der Phase des Ausführungsprojektes

Die oberste Plattform wird wasserdicht ausgeführt, damit kein Wasser in die Konstruktion eindringen kann.
Je nach Fassadenfläche sind die Horizontalschalungsbretter nach aussen geneigt, vertikal oder nach innen geneigt (Abbildung 12). Dadurch haben die Zahnleisten unterschiedliche Geometrien. Ziel war, dass die Schlitze um den Turm herum vertikal gemessen immer 67 mm hoch sind. Aus Sicherheitsgründen darf rechtwinklig zu den Brettern gemessen die Öffnung nicht grösser als 120 mm betragen.



- Fassadenfläche ganzer Turm: 1'140 m2
- Dreiecksförmige offene Flächen: 8 x 9.8 m2 = 78.0 m2
- offene Flächen zwischen Schalungsbrettern: 498 m2
- offene Fläche inklusive dreiecksförmige Öffnungen: 576 m2

Nachweis:
576 m2 / 1'140 m2 = 0.505 ==> 50.5% (offene Fassadenfläche)

Abbildung 12: Schrägstellung der Fassadenverkleidung / Brandschutznachweis

Von der zuständigen Gebäudeversicherung wurde gefordert, dass die Fassade in Anlehnung an aussenliegende Treppenhäuser in der Summe maximal 50% geschlossen ist. Die schlitzartigen Öffnungen tragen zu einem sehr schönen Lichtspiel im inneren des Turmes bei.

Abbildung 13, 14, 15: Vormontage 3. Turmelement (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

Abbildung 16, 17, 18: Aufsetzen des obersten Turmabschnittes (Fotos: Frischknecht Holzbau AG)

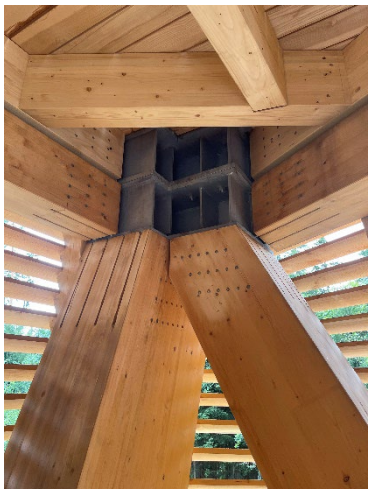


Abbildung 19, 20, 21: Impressionen vom inneren des Turmes (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

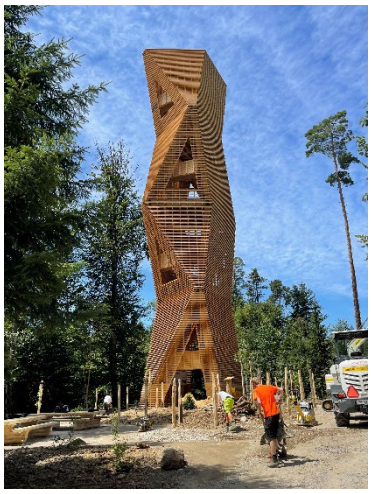


Abbildung 22, 23, 24: unterschiedliche Ansichten (Fotos: Holzing Maeder GmbH)

3.2. Schlusswort

Ein wichtiger Punkt war, dass die Bauherrschaft ihr eigenes Holz einsetzen konnte. Der Hardwaldturm wurde im Frühsommer 2022 errichtet und am 16. Juli 2022 eingeweiht. Durch die Erfahrungen aus früher gebauten Aussichtstürmen wurde die Tragkonstruktion mit einer schützenden Fassadenschalung verkleidet, damit die Lebensdauer des Turmes erhöht werden kann. Diese Verkleidung führt zu höheren Erstellungskosten. Im Gegenzug werden sich die Unterhaltskosten vor allem auf die Verschleissschichten begrenzen. Aufwändige Unterhaltsarbeiten von tragenden Bauteilen sollten somit viel weniger anfallen.

3.3. Projektdaten Hardwaldturm

Turmhöhe (Plattform)	40.0 m
Turmabschnitte in der Höhe	4 Stk à 10 m
Grösse Aussichtsplattform (netto)	43.0 m^2
Seitenlänge Parallelogramm	ca. 7.40 m
Brettschichtholz	ca. 180 m^3 (Fichte/Tanne)
Vollholz	ca. 50 m^3 (Fichte/Tanne)
Baujahr	2022
Auftraggeber	Zweckverband Forstrevier Hardwald Umgebung Wallisellen
Entwurf, Architekt	luna productions, Deitingen (CH) info@luna-productions.ch
Holzbauingenieur	Holzing Maeder GmbH, Evilard (CH) maeder@holzing-maeder.ch
Holzbauarbeiten	Frischknecht Holzbau-Team AG, Kloten (CH), info@holzbau-team.ch

Blockverleimte Radfahrerbrücken in neuen Dimensionen

Günter Guglberger
Amt der Tiroler Landesregierung
Sachgebiet Brücken- und Tunnelbau
Innsbruck, Österreich

Thomas Sigl
Ingenieurbüro Sigl
Innsbruck, Österreich

Blockverleimte Holzkonstruktionen in neuen Dimensionen

1. Allgemeines

Im Bereich der Gemeinden Zirl und Unterperfuss, beide westlich von Innsbruck, im Inntal gelegen, verläuft der «Innradweg» dem orografisch rechten, südlichen Inn-Ufer entlang. Die Marktgemeinde Zirl liegt nördlich des Inns und war bisher nur über Umwege an den Innradweg angebunden. Durch die neue Geh- und Radwegbrücke wurde eine direkte Anbindung der Marktgemeinde Zirl an den Innradweg realisiert.
Die Errichtung der Radwegbrücke begann in der Niederwasserperiode 2018/2019 und war bis zum Sommer 2019 abgeschlossen.

Abbildung 1: Ansicht der fertiggestellten Brücke © *David Schreyer*

2. Entwurf

Ziel war es einerseits, mit der ca. 100 m langen Brücke, ein schlankes und elegantes Bauwerk zu realisieren und andererseits eine robuste, langlebige aber auch wirtschaftliche Tragstruktur zu schaffen. Ein weiteres wesentliches Kriterium für den Brückenentwurf war die Forderung, des wasserbautechnischen Sachverständigen, einer pfeilerfreien Konstruktion in der Hauptabflussrinne des Inns.
Als Tragwerksentwurf wurde schließlich eine Holz-Beton-Verbundkonstruktion mit der Ausbildung eines Trapezsprengwerkes über dem Inn entwickelt. Der Brückenhaupträger wurde als blockverleimter Brettschichtholzträger aus heimischem Fichtenholz, der, in 3 Schüssen gefertigt, im Bauzustand einen Gerberträger bildet.

Abbildung 2: Orographisch linkes Randfeld mit Martinswand im Hintergrund © *David Schreyer*

Die Stoßausbildung erfolgte mittels massiver, gelenkig verbundener Stahlplatten, welche in den Enden der einzelnen Tragwerksschüsse eingefräst und durch Stabdübel kraftschlüssig eingebunden sind. Nach dem Betonieren der, schubfest mit dem Blockträger verbundenen Fahrbahnplatte wirkt das Tragwerk im Endzustand als Durchlaufträger über 3 Felder mit Feldweiten von 25,50 m in den Randfeldern und 45,00 m im Mittelfeld. Das Stützweitenverhältnis beträgt somit 1 : 1,76 : 1.

Abbildung 3: Abbildung des Gerbergelenks – Draufsicht © *Baubezirksamt Innsbruck*

3. Konstruktion

Die Höhe des Holzquerschnittes ist veränderlich und variiert zwischen 1,00 m (Randbereiche) und 1,35 m (über den Pfeilern). Die Tragwerkshöhe in Brückenmitte beträgt 1,05 m. Die Breite des Holzquerschnittes beträgt konstant 4,10 m an der Oberkante. Die Breite an der Unterkante des Holzquerschnittes ist, aufgrund der variierenden Höhe und des seitlichen Anzuges in einem Winkel von 48°, variabel.
Aufgrund dieser Neigung der Seitenflächen des Brettschichtholzträgers gewinnt die Brücke zum einen ihr äußerst schlankes Erscheinungsbild, zum anderen ist dadurch der normgemäße, konstruktive Holzschutz gewährleistet.

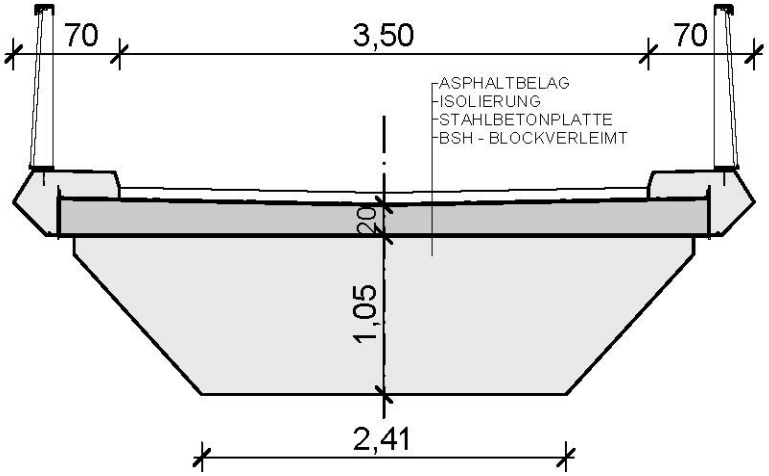


Abbildung 4: Tragwerksquerschnitt in Brückenmitte © *Ingenieurbüro Thomas Sigl*

Die Stahlbetonfahrbahnplatte ist mit einer Breite von 4,30 m ausgeführt und ragt beidseitig 10 cm über den Holzquerschnitt. Die Oberseite der Fahrbahnplatte ist von beiden Rändern aus mit einer Neigung von 2 % zur Brückenmitte geneigt. Die Plattenstärke ist dabei variabel und beträgt in Brückenmitte (Ichsenbereich) 20 cm und rd. 24 cm an den Plattenrändern.
Die schubfeste Verbindung Brettschichtholzträger / Fahrbahnplatte gewährleisten 25 cm breite und 3,5 cm tiefe, quer zur Blockträgerlängsachse gefräste Kerven und je 20 Stk. Tellerkopfschrauben DN 10 mm, mit einer Einschraubtiefe von >120 mm.
Die Fahrbahnplatte ist durch eine 2-lagige Isolierung abgedichtet. Entlang beider Ränder sind Stahlbetonrandbalken montiert, welche die 3,50 m breite, asphaltierte Fahrbahn begrenzen. Auf den Randbalken ist die, aus verzinktem Stahl gefertigte, Geländerkonstruktion aufgedübelt. Als Geländerfüllung wurde ein Seilnetz aus Edelstahl gewählt.
Die zulässige Verkehrslast der neuen Brücke entspricht den Vorgaben der ÖNORM EN/B 1991-2 für Fußgängerbrücken. Zudem wurde das Tragwerk für das Befahren mit einem 25 to-LKW mit Achslasten von 80 kN bzw. 170 kN (gemäß zurückgezogener ÖNORM B 4200:1970) ausgelegt. Damit und mit der gewählten Fahrbahnbreite ist gewährleistet, dass die Brücke im Einsatzfall und auch zu Zwecken der Brückenrevision mit den erforderlichen Fahrzeugen befahren werden kann.
Die Widerlager sind in Stahlbetonbauweise hergestellt und flach gegründet.
Die Pfeiler der Brücke sind ebenfalls in Stahlbetonbauweise ausgeführt, diese sind in den Fundamentblöcken biegesteif eingespannt und mit dem Tragwerk gelenkig (Gelenkkonstruktion in Stahlbauweise) verbunden. Die Fundamente der Pfeiler sind auf Mikropfählen gegründet. Den Schutz vor möglichen Auskolkungen gewährleisten verbleibende Spundbohlen, mit einer Einbindetiefe von 3,00 m unter den Unterwasserbeton der Pfeilergründung.
Das Tragwerk ist auf den Pfeilern gelenkig und horizontal unverschieblich gelagert. An den beiden Widerlagern sind Längsverformungen möglich. Als Fahrbahnübergangskonstruktion wurden Schleifbleche eingebaut.

Abbildung 5: Randfeld auf Hilfsunterstellung, Stützenkopf nach Tragwerksverschub © *BBA Innsbruck*

4. Montage

Eine besondere Herausforderung bei der Bauherstellung war die Montage der Brettschichtholzträger. Die Schusslänge der Randfelder beträgt 33,50 m (ca. 62 to), jenes des Mittelfeldes 30,30 m (ca. 53 to). Die Breite der Holzträger (= Transportbreite) beträgt jeweils 4,10 m. Das orografisch rechte Randfeld wurde von zwei Mobilkränen vom Uferbereich aus eingehoben. Für den Einhub des orografisch linken Rand- und des Mittelfeldes war die Errichtung eines Leitdammes von der orografisch linken Seite bis zur Flussmitte des Inns erforderlich. Beide Felder wurden von einem Mobilkran, Traglast 500 to, eingehoben. Beide Randfelder wurden im Bereich der Sprengwerkspfeiler auf einer Hilfsunterstellung mit Teflon Gleitlagern aufgesetzt. Nach dem Einhub des Mittelfeldes konnten die Randfelder in ihre endgültige Lage verschoben werden. Durch den anschließenden Einbau der Gelenkbolzen (Bolzen DN 120 mm) erfolgte die kraftschlüssige Koppelung der Tragwerksteile. Nach diesem Schritt wurde der Stützenkopf der Sprengwerkspfeiler betoniert und dadurch mit den, an den Brettschichtholzträgern schon vormontierten, Stahlbauteilen verbunden. Nach dem Aushärten der Stützenkopfbereiche erfolgte der Ausbau der Hilfsunterstellung.

Abbildung 6: Einheben des Mittelfeldes © *Baubezirksamt Innsbruck*

5. Tragwerksschwingung

Eine wesentliche Bemessungssituation war die Schwingungsanregung durch Fußgänger. Die Ergebnisse der dynamischen Berechnung zeigten Frequenzen von 1,83 Hz für die erste Eigenform. Da diese im kritischen Bereich für die Anregung durch Fußgänger liegen, wurde im Mittelträger Platz für den Einbau eines Schwingungstilgers vorgesehen. Durch die guten Dämpfungseigenschaften des Holzträgers ergaben sich rechnerisch jedoch nur Vertikalbeschleunigungen von 0,39 m/s2, induziert durch die Fußgängerbelastung. Im Endausbau bestätigte sich die sehr gute Dämpfungseigenschaft des Holzes. Dadurch konnte auf den Einbau eines Schwingungstilgers verzichtet werden.

Abbildung 7: Betonarbeiten abgeschlossen – Abbau des Hilfsgerüstes © *Baubezirksamt Innsbruck*

Abbildung 8: Martinsbrücke – Blick über den Inn nach Süden © *David Schreyer*

6. Schlussbemerkung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit dem Neubau der Geh- und Radwegbrücke Zirl ein modernes, robustes und sehr ästhetisches Tragwerk in Holzbetonverbundbauweise wirtschaftlich errichtet wurde.
Die kurze Bauzeit, der sehr hohe Vorfertigungsgrad und die Verwendung nachwachsender, heimischer Baustoffe sind die wesentlichen Vorteile dieser neuen Brückenkonstruktion.

Ausgewogene Leichtigkeit – gebogene Pylon-Blockträgerbrücke

Frank Miebach
Ingenieurbüro Miebach
Lohmar, Deutschland

Ausgewogene Leichtigkeit – gebogene Pylon-Blockträgerbrücke

Eine neue Brücke über den Fluß Agger ist das Herzstück des Radwegkonzepts der Gemeinde Engelskirchen in NRW, Deutschland. Die Konstruktion zeichnet sich durch einen baulich geschützten Brettschichtholz-Blockträger aus.

Abbildung 1: Viertelkreisförmig geschwungene Holzbrücke mit Schrägseilabspannung

1. Entwurf

Ein mehrfach gekrümmter Brettschichtholzträger aus heimischer Fichte bildet das Haupttragwerk der knapp 36 Meter langen und 2,50 Meter breiten Pylonbrücke. Sie wird von einem Stahlmast mit Schrägstäben unterstützt. Als rückverankerte Hängekonstruktion ohne Pfeiler im Flussbett ist die Brücke besonders hochwassersicher. Durch die Verkürzung der Einzelspannweiten entsteht eine geringe Bauhöhe, so dass im Hochwasserfall ausreichend Platz unter der Brücke bleibt. Dies konnte nun bei dem im Juli 2021 durch Starkregen eingetretenen Jahrhunderthochwasser mit einem historischen Höchststand der Agger glücklicherweise schadlos unter Beweis gestellt werden: Es gab noch ausreichend Platz unter dem Bauwerk, so dass Treibgut keine Beschädigungen verursachen konnten.

Abbildung 2: Brückenuntersicht mit getrepptem BSH-Träger (mittig: Vogelkasten)

2. Leitgedanke

Die Konzeption der Brücke folgt einer Philosophie, die existenziell entscheidend ist für dauerhafte Holzbrücken: Gewöhnliches Holz darf nicht bewittert eingesetzt werden. Hieraus resultieren zwei Kernaussagen:

A) tragende Bauteile dürfen nur konstruktiv geschützt eingebaut werden, und

B) im Falle von Bewitterung ist der Einsatz auf nicht tragende oder untergeordnete Holzbauteile und Bekleidungen zu beschränken, die dann eine höhere Dauerhaftigkeitsklasse aufweisen und leicht austauschbar gestaltet werden sollten.

Abbildung 3: Geländeranschluss: durch Vollgewindeschrauben erfolgt die Verbindung – sowohl druck- und zugfest

Beginnend beim Geländer entschied man sich wegen der Exposition für ein filigranes Stahlgeländer. Lediglich beim Handlauf fiel die Auswahl auf Holz in Form von acetyliertem Kiefernbrettschichtholz, Produktname Accoya. Dies ist durch die chemische Modifizierung sehr dauerhaft und dennoch gut formbar.
Der eigentliche Brückenträger besteht aus einem gebogenen Fichtenbrettschichtholz-Blockträger und ist durch den wasserdichten Belag so gestaltet, dass die Konstruktion nahezu wartungsfrei ist: Die Lebensdauer entspricht durch Vergleich mit historischen geschützten Holzbrücken mindestens der einer Stahlbrücke. Der Brückenbelag wird aus großformatigen Granitplatten gebildet und schützt das Tragwerk zuverlässig vor Witterung.

Abgespanntes Tragwerk mit Stahlzuggliedern
Die Grundidee des statischen Systems liegt in einem abgespannten Schrägseilsystem mit Stahlmast und Zugstäben aus Stahl. Dadurch werden filigrane Brückenkörper mit längeren Spannweiten möglich, da die Zugstäbe Zwischenauflagerungen erzeugen. Dieses Tragsystem ist komplett in Stahl gehalten und unterstreicht den hybriden Entwurfscharakter, der jedem Material den bestmöglichen Platz zuweist. Optisch tritt der Stahl jedoch mit seiner dunkelgrünen Farbe im naturnahen Umfeld bewusst in den Hintergrund.

3. Konstruktive Details

Konstruktive Kniffe zeichnen das Bauwerk als besonders innovativ im Holzbrückenbau aus. So erzeugt eine zweiachsig gebogene Holzkonstruktion mit nur 60 cm Bauhöhe eine harmonische Form, die den Verlauf der anbindenden Wege sowohl im Grund als auch in der Steigung aufnimmt und ohne Knick miteinander verbindet.

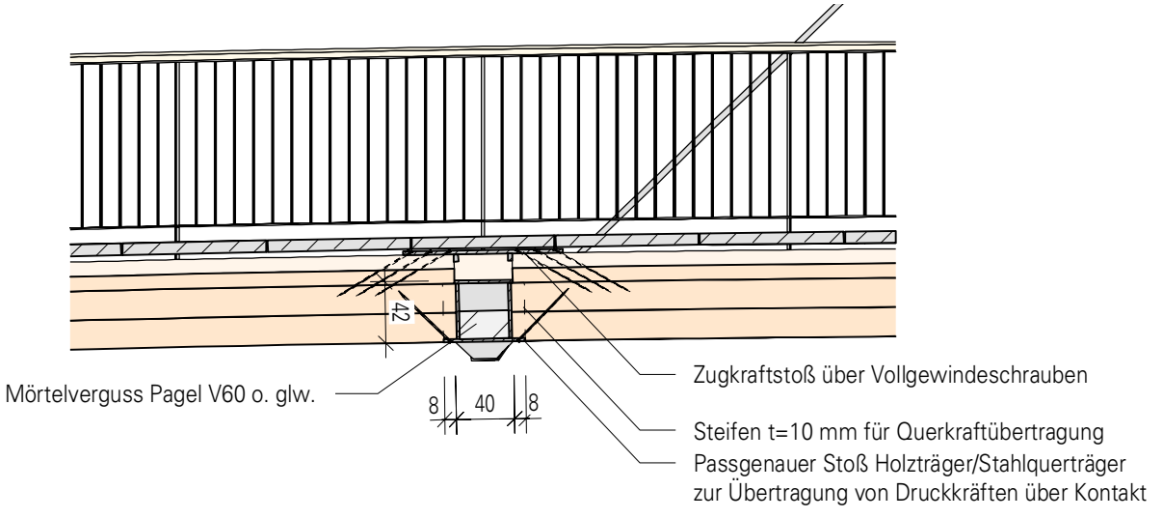


Abbildung 4: Schnitt durch Querträger

Vollgewindeschrauben verbunden. Eine Auffüllung aus Beton innerhalb der Stahlquerträger dient zugleich als Druckübertragung. Das bewirkt, dass die Brücke eine höhere Steifigkeit erhält und damit weniger anfällig für Schwingungen ist.

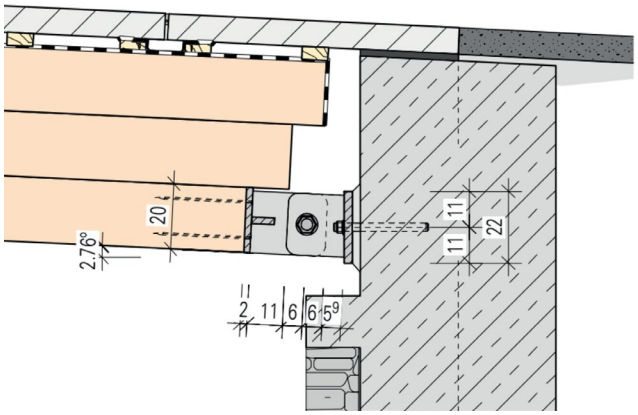


Abbildung 5: Schnitt mit Auflagerdetail: seitliche Aufhängung erleichtert Kontrolle und Wartung

Eine weitere Besonderheit: Die seitlich angehängte Lagerkonstruktion (Abb. 4) kommt komplett ohne Auflagerbank aus, mit dem Vorteil, dass so jegliche Beeinträchtigung des Holzträgers durch Schmutz oder Feuchtigkeit im oftmals wenig gepflegten Widerlagerbereich ausgeschlossen wird. Schließlich sind die Geländer über interagierende Vollgewindeschrauben angebracht, wodurch die Aufnahme von Zug- und Druckkräften einen sehr kompakten Anschluss möglich macht

Abbildung 6: Anschluss Brückenträger zum Stahlmast ermöglicht zwängungsfreie Verdrehung

Der Anschlussbereich zwischen Brückenkörper und Pylon (Abb. 5) wurde durch Stahlteile gelöst, die die Funktionalität deutlich machen: Mittels einer gut sichtbaren Elementverzahnung mit gelenkiger Bolzenverbindung liegen die Stahlteile durch Unterlagscheiben und Teflonfolie getrennt aufeinander, ermöglichen aber zwängungsfreie horizontale Trägerverdrehungen.

4. Naturnahes Materialkonzept

Der gestalterisch dominante Einsatz von Holzträgern in Kombination mit einem Granitplattenbelag versinnbildlicht die bewusste Naturnähe und Natürlichkeit der Materialität. Die unbehandelte Holzoberfläche der Tragkonstruktion ist möglich, da der robuste und wasserdichte Granitbelag einen optimalen Schutz gewährleistet. Dieser ist unterlüftet mit Holzlattungen auf dem Träger aufgelegt. Eine seitliche Auskragung und die gestufte Trägergeometrie ermöglichen so einen Schutz vor Schlagregen bis 45° Neigung.

Abbildung 7: Gut erkennbar: Edelstahlrinnen unter den Plattenstößen garantieren Querentwässerung

Dabei sind die Granitplatten so breit wie die Brückenbreite ausgeführt, und lediglich in Brückenlängsrichtung alle 1,2 m gestoßen (Abb. 7). Im Stoßbereich sind unterseitig jeweils Edelstahl-Querrinnen angeordnet, um oberseitig anfallendes Wasser seitlich abzuleiten, siehe Abb. 6. Durch eine dauerelastische Verfugung fällt dies jedoch planmäßig nicht an. Unterseitige umlaufende Tropfnuten an den Platten garantieren auch ein definiertes Abtropfen von Wasser. Somit kann diese Belagsform als sehr robust und wartungsarm eingestuft werden.

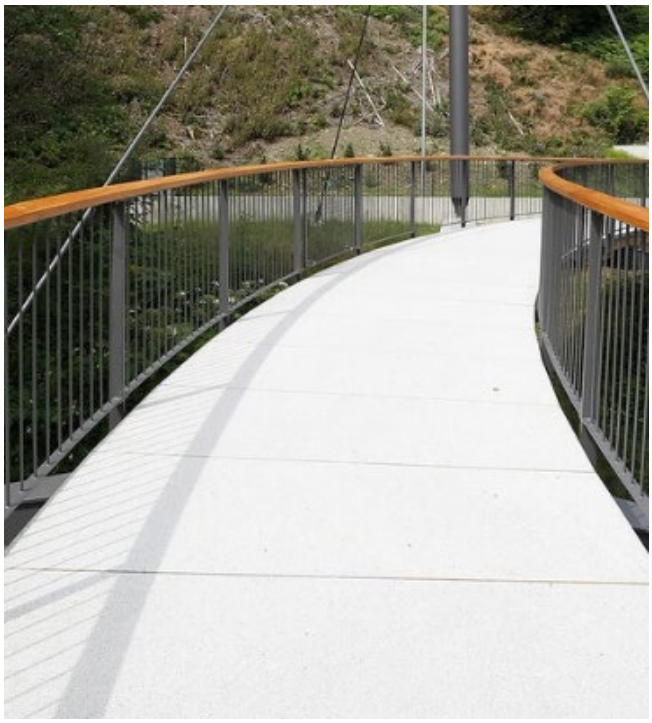


Abbildung 8: Granitbelag – großformatig über Brückenbreite

5. Steckbrief Rad- und Fußwegbrücke in Engelskirchen

Bauherr:	Gemeinde Engelskirchen	
Objekt- und Tragwerksplanung:	Ingenieurbüro Miebach	
Generalunternehmer:	Fa. Hombach, Gummersbach	
Brückenbaufirma:	Fa. Schmees & Lühn, Niederlangen	
Abmessungen:	Länge:	ca.35,55 m
	Breite:	2,50 m
	Einzelstützweiten:	11,85 m / 11,85 m / 11,85 m
	Nutzbreite:	2,50 m
Haupttragwerk:	ca. 70 m³ blockverklebtes Brettschichtholz der Festigkeitsklasse GL28h, Holzart heimischer Fichte	
Belag:	Großformatige Platten aus Granit mit 8,0 cm Stärke, Stöße mit Edelstahlrinnen unterlegt	
Geländer:	Füllstabgeländer aus Stahl mit Handlauf aus acetyliertem Holz (Accoya)	
Mast:	ca. 14,0 m hoher Stahlmast als Rundrohr mit Rundstahlabspannungen	
Querträger:	Hohlkasten aus Stahl aufgefüllt mit Beton zur Druckkraftübertragung	
Unterbauten:	Flachgründung mit aufgehenden Bauteilen aus glatt geschaltem Beton, Mastpfeiler als Fertigteil hergestellt, Widerlager mit Naturstein verblendet, Rückverankerungen über Mikropfähle	

Ausblick neue Projekte:

Blockträgerbrücke Frankenberg (DE)

Bahnhofsbrücke Zwolle (NL)

Passerelle über A1 in Paris (FR)

Wildtierbrücken unter Extrembelastungen

Lukas Rüegsegger
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG
Bern, Schweiz

Wildtierbrücke unter Extrembelastungen

1. Wildtierkorridore in der Schweiz

Mit dem Bau von Strassen, Gleisen, Infrastrukturbauten, Siedlungen sowie Industrie- und Gewerbearealen ist in der stark überbauten Schweiz die Wildtiervernetzung eingeschränkt. Die Lebensräume der Tiere sind geographisch mit unüberwindbaren Barrieren abgegrenzt, wodurch der natürliche Bewegungsdrang der Tiere unterdrückt wird.
In der Schweiz sind 305 Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung erfasst. Davon sind 14% unterbrochen und können von den Tieren nicht mehr benutzt werden. Über die Hälfte der Korridore (58%) sind beeinträchtigt und nur 28% werden als intakt eingestuft.

Im Jahr 2001 hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) das Ziel gesetzt, 51 überregionale Wildtierkorridore durch wildtierspezifische Bauwerke zu sanieren, damit sich die Tierbestände über verschiedene geographische Gebiete genetisch wieder austauschen können.
Im Gebiet Rynetel, zwischen Gränichen und Hunzenschwil und bei Neuenkirch, zwischen Sempach und Rothenburg ist der Wildtierkorridor aufgrund von Bauwerken und Siedlungsgebieten eingeschränkt und durch die Autobahnen A1 und A2 komplett unterbrochen. An beiden Standorten entstand eine Wildtierüberführung mit einer Überdeckung in Holzbauweise über die Nationalstrasse.

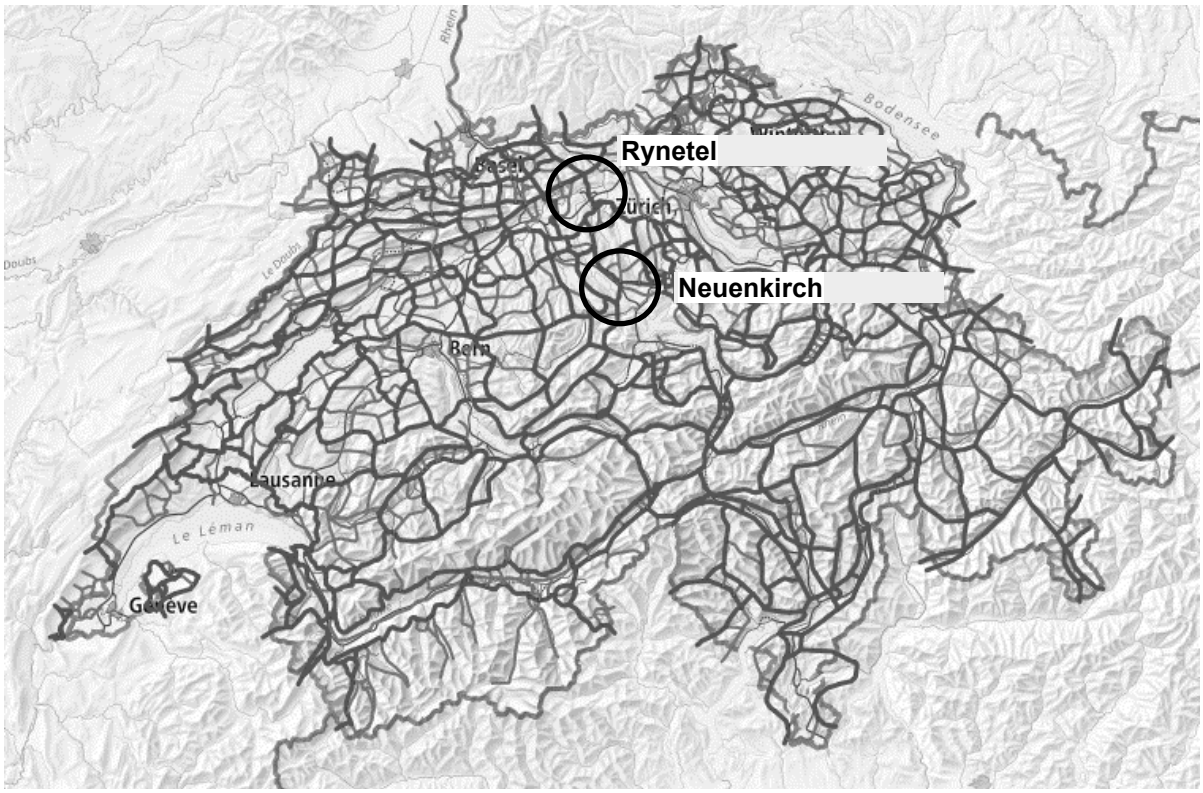


Abbildung 1: Wildtierkorridore mit überregionaler Bedeutung und Standorte der Wildtierüberführungen Rynetel und Neuenkirch. Quelle: map.geo.admin.ch

2. Die Wildtierbrücken

2.1. Überführung Rynetel

Das Überführungsbauwerk sollte sich gut in die Topografie und die Landschaft einpassen. Um die Brückenoberseite entsprechend für die Wildtiere zu gestalten, ist eine Nutzbreite von 50 Meter vorgegeben. Zudem war eine wirtschaftliche und unterhaltsarme Konstruktion gefordert mit einer langen Lebensdauer von 100 Jahren. Im Lichtraumprofil wurde ein möglicher Autobahnausbau auf 6 Fahrstreifen berücksichtigt. Als wichtige Autobahnverbindungen kann die A1 nicht komplett gesperrt werden. Der Bau musste deshalb unter Aufrechterhaltung des Verkehrs errichtet werden.

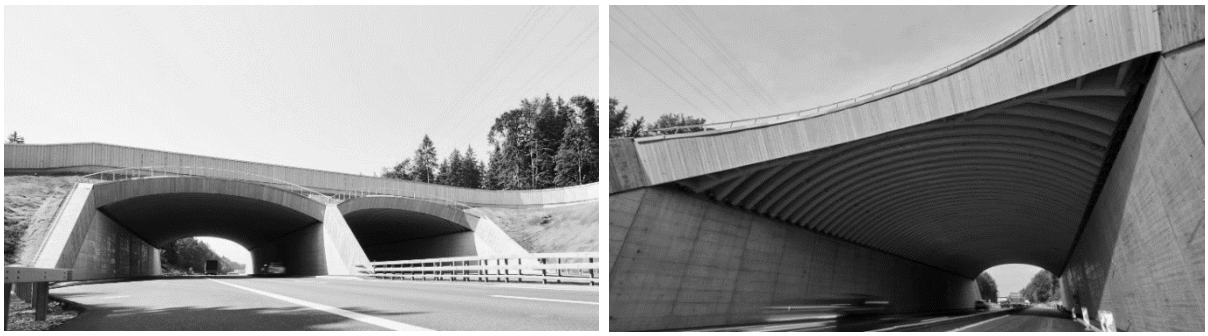


Abbildung 2: Fotos der fertiggestellten Brücke

Konstruktion
Im Querschnitt weist das Bauwerk seitlich wie in der Mitte eine Betonmauer mit 80cm Dicke auf. Überspannt werden die rund 17 Meter Spannweite je Seite mit Bogenbindern in Brettschichtholz GL28h. Die Binder weisen einen Querschnitt von 240 x 760 Millimeter auf und sind mit einem Sprungmass von 80 Zentimeter auf die Betonwände montiert. Ein Stahlgelenk verbindet die Holzbinder mit der Massivbaukonstuktion.

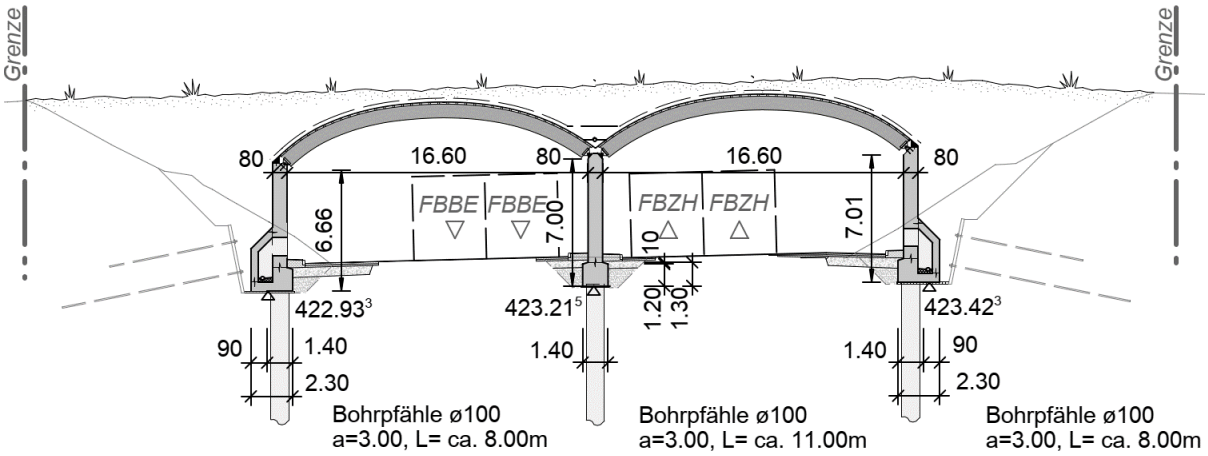


Abbildung 3: Querschnitt der Brücke

Das Sekundärtragwerk besteht aus geraden Brettschichtholzträgern mit dem Querschnitt von 100x400mm, welche liegend auf die Bogenbinder befestigt sind. Als abschliessender Untergrund für die Abdichtung dient eine Furnierschichtholzplatte, die auf die Sekundärträger befestigt ist. Ein PUR-Bitumenanstrich dient als Haftgrund für die doppelt ausgeführte und vollflächig verschweisste Polimerbitumen-Abdichtung. Der Wurzelschutz aus einer TPO-Kunststoff-Abdeckung ist dicht verschweisst und schützt so den Untergrund vor Wurzeldurchwüchsen. Als mechanischer Schutz ist die Abdichtung zusätzlich mit einer Gummischrotmatte abgedeckt. Eine Drainageschicht aus Sickerkies wird mit einem Filtervlies abgedeckt und leitet das Sickerwasser vom Scheitel zu den Seitenwänden, wo es versickert, oder in die Mitte des Doppelbogens wo das Wasser mittels Sickerleitung gesammelt und über ein Fallrohr der Strassenentwässerung zugeführt wird. Die letzte Schicht besteht aus Erdreich mit verschiedenen Substraten, welche bepflanzt wird.

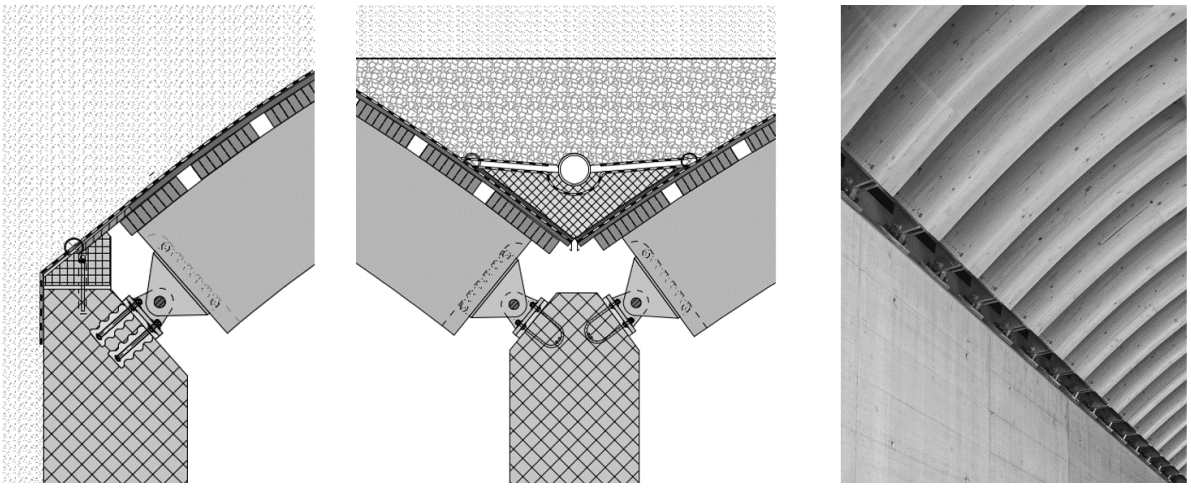


Abbildung 4: Konstruktion der Auflagerbereiche der Seitenwand (links) und der Mittelwand (rechts). Mitte: Schnitt durch Stahlgelenk

Im Scheitelbereich wird so die Konstruktion mit 70 Zentimeter, bei den Aussenmauern über 4 Meter hoch mit Erdreich und Sickerkies überdeckt.

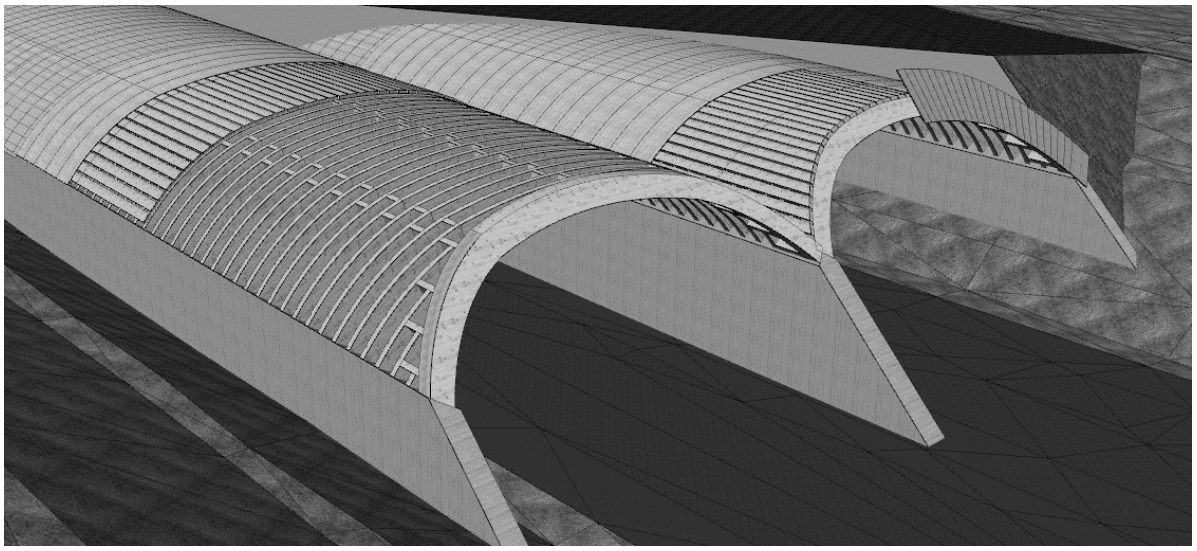


Abbildung 5: Visualisierung der Konstruktion der Konstruktionsbauteilen

Um möglichst kleine Erdauflasten auf dem Bauwerk zu generieren und damit auch die Erdbewegungen der Hinterfüllung bzw. Überdeckung auf ein Minimum zu optimieren, wurde das Tragwerk höher angeordnet als es aufgrund des Lichtraumprofils für die Strassennutzung nötig gewesen wäre. So entstand eine nahezu ebene Nutzfläche für die Wildtiere. Die beiden Portale sind geneigt ausgebildet, so dass die verschiedenen Überdeckungshöhen mit einer Böschung abgeschlossen werden können.

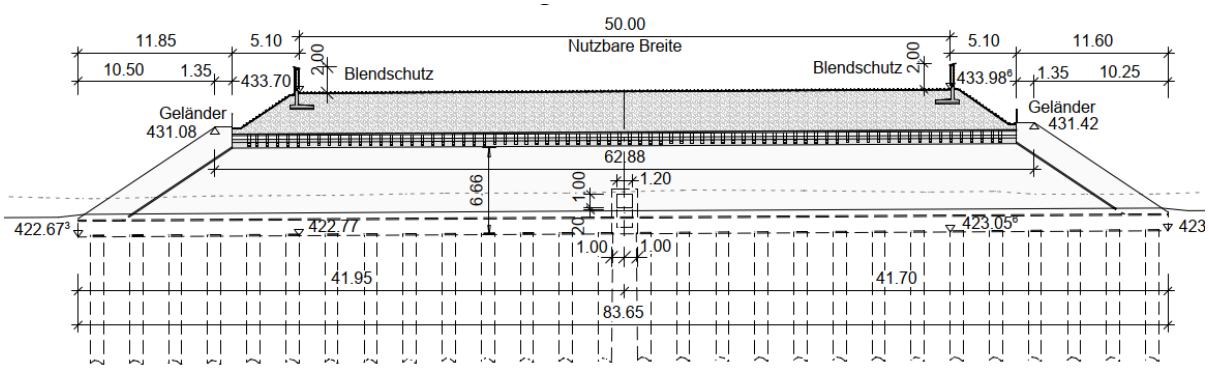


Abbildung 6: Längsschnitt der Brücke mit geneigten Portalen und den Blendschutzelementen als Abgrenzung.

Ein zwei Meter hoher Blendschutz grenzt die Brücke ab. Seitlich der Brücke wird der Blendschutz mit dem Wildschutzzaun zusammengeschlossen, so dass keine Tiere auf die Autobahn gelangen. Der Blendschutz ist ein wichtiges Element, welcher vor Scheinwerferlicht schützt, damit die Tiere möglichst ungestört die Brücke queren können.

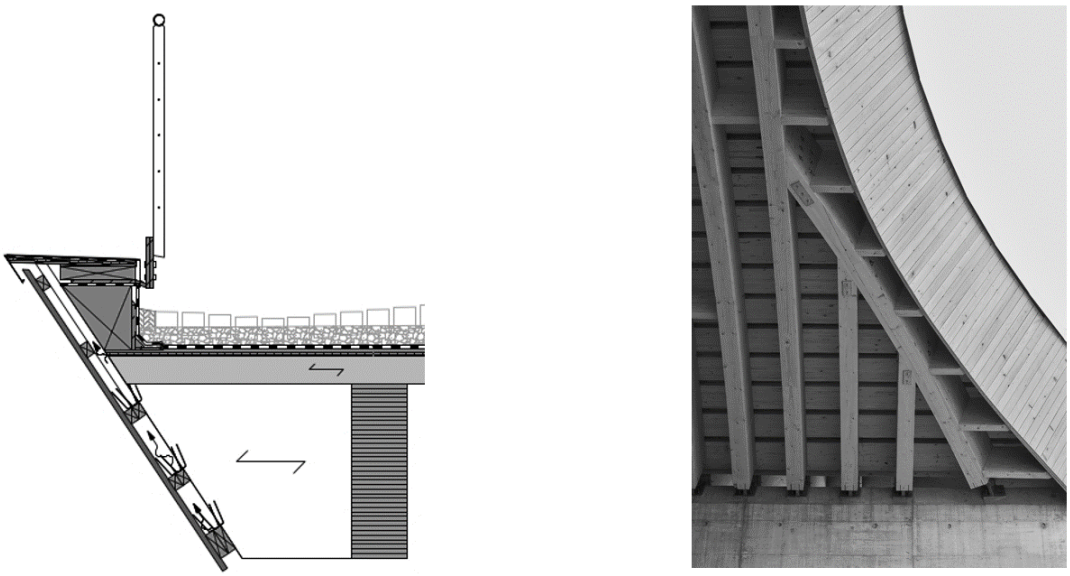


Abbildung 7: Schnitt durch Portal und Blendschutz im Bogenscheitel

Montage
Das Brückenbauwerk musste unter laufendem Autobahnbetrieb errichtet werden. Daher wurde die Holzbaukonstruktion komplett in Nachtarbeit montiert werden. Dazu konnte der Verkehr auf die Gegenfahrbahn umgeleitet werden, so dass die Arbeiten direkt von der Fahrbahn aus erfolgen konnten.
Aufgrund der aufwändigen Arbeiten an den Portalen wurden diese auf einem nahegelegenen Firmengelände als Module vormontiert und mit einem Ausnahmetransport auf die Baustelle gefahren und montiert. Die dazwischenliegenden Binder wurden einzeln aufgerichtet, das Nebentragwerk sowie die Furnierschichtplatte wurden anschliessend montiert. Als letzte Nachtarbeit wurden die Portalverkleidungen und das Portalgeländer montiert, so dass die Abdichtungsarbeiten in Tagarbeit ausgeführt werden konnten.

Abbildung 8: Montage der einzelnen Binder zwischen die Portalmodule.

2.2. Überführung Neuenkirch

In Neuenkirch baut das Bundesamt für Strassen ASTRA nach der Wildtierbrücke Rynetel bereits die zweite Wildtierbrücke mit einer Holzüberdeckung. Die Wildtierüberführung im Kanton Luzern hat eine Breite von 50 Metern und eine Länge von rund 36 Metern.
Wie beim Bauwerk in Rynetel mussten auch in Neuenkirch die Montagearbeiten in der Nacht durchgeführt werden. Während mehreren Nächten montierten Zimmerleute die 17.5 Meter langen, 1.24 Meter hohen und 8 Tonnen schweren Holzträger. Rund 2500

Kubikmeter, grösstenteils Fichtenholz aus dem Entlebuch, werden dafür verbaut. Dass das Holz in den umliegenden Wäldern geschlagen und in regionalen Betrieben weiterverarbeitet wurde, ist ein Gewinn für die hiesige Wirtschaft. Auch die Umwelt freuts. Denn: Lokales Holz ist aus ökologischer Sicht deutlich vorteilhafter als Holz aus dem Ausland.

Abbildung 9: Montage der einzelnen Binder zwischen die Portalmodule. Bilder: Astra

Konstruktion

Auch die Überführung Neuenkirch besteht aus zwei Seitenmauern und einer Mittelmauer in Ortbeton. Die Überdeckung in Holzbauweise überspannt die ca. 17 Meter als Einfeldträger mit einer Überhöhung von 10 Zentimeter. Die Träger aus Brettschichtholz GL24k weisen eine Abmessung von 720 x 1240 Millimetern auf und sind in einem Sprungmass von rund 1,15 Meter angeordnet. Die Träger sind auf Eichenschwellen und horizontalen Kontakthölzer in Eiche gelagert.

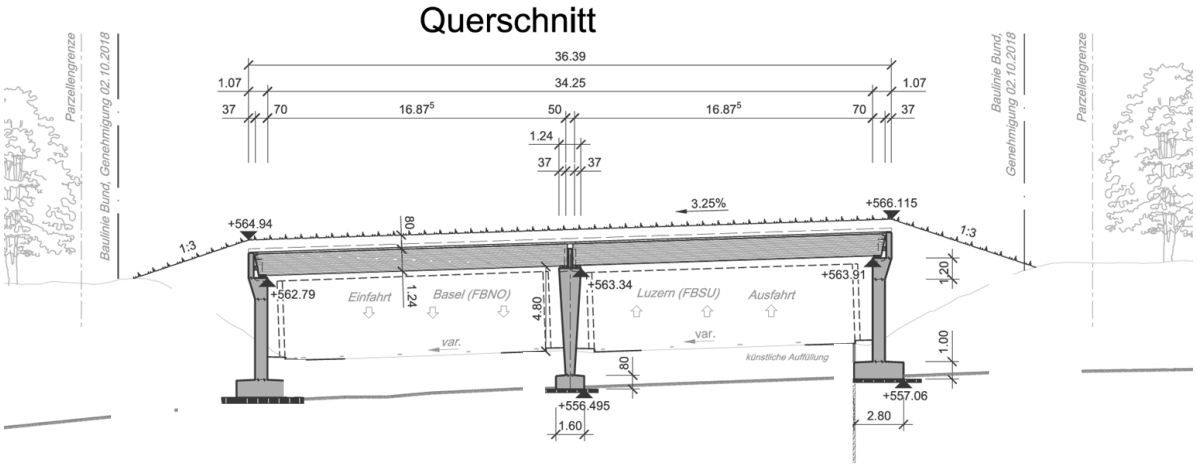


Abbildung 10: Querschnitt der Überführung Neuenkirch

Das Sekundärtragwerk besteht aus 100 Millimeter dicken CLT-Platten, welche direkt auf die Längsträger befestigt wurden und als Untergrund für die mehrlagige Abdichtung dienen. Die Abdichtung besteht aus einem Haftgrund in Form eines PUR-Bitumenanstrichs, einer selbstklebenden Polimerbitumenbahn und einer zweiten, vollflächig verschweissten Polimerbitumenbahn. Als Wurzelschutz wurde auch bei der Überführung Neuenkirch eine dicht verschweisste TPO Kunststoff-Abdeckung verwendet, welche zusätzlich mit einer Gummischrotmatte geschützt wird. Über eine rund 20 Zentimeter dicke Drainageschicht aus Sickerkies wird das Sickerwasser in Richtung der Brückenneigung seitlich abgeleitet. Eine bepflanzte Schicht aus verschiedenen Substraten dient als Nutzschicht der Überführung.

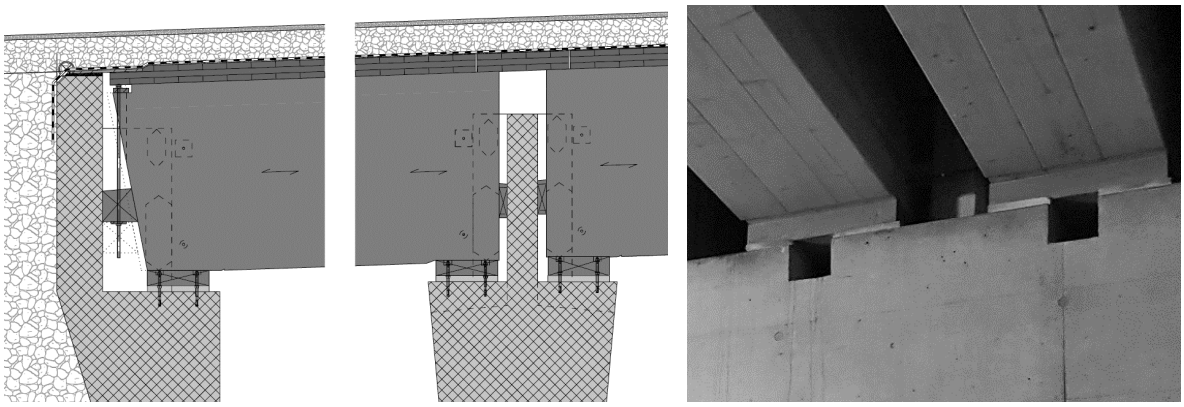


Abbildung 11: Links: Konstruktion der Auflagerbereiche mit Auflagerschwellen und Kontakthölzer in Eiche. Rechts: Foto des Auflagerbereichs

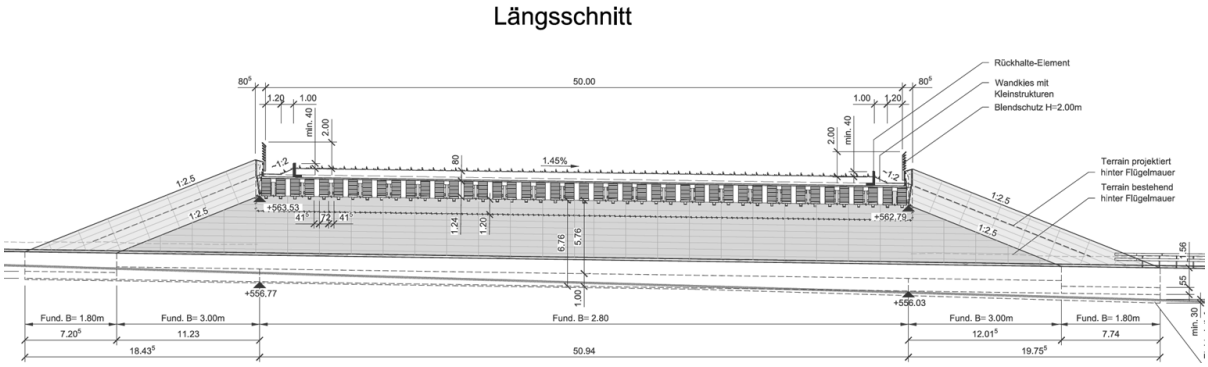


Abbildung 12: Längsschnitt Überführung Neuenkirch.

Anders als bei der Überführung Rynetel, konnten die Portale ohne Böschung ausgeführt werden. Der Blendschutz wurde direkt in die Portalgestaltung miteinbezogen und an der Brüstung montiert.

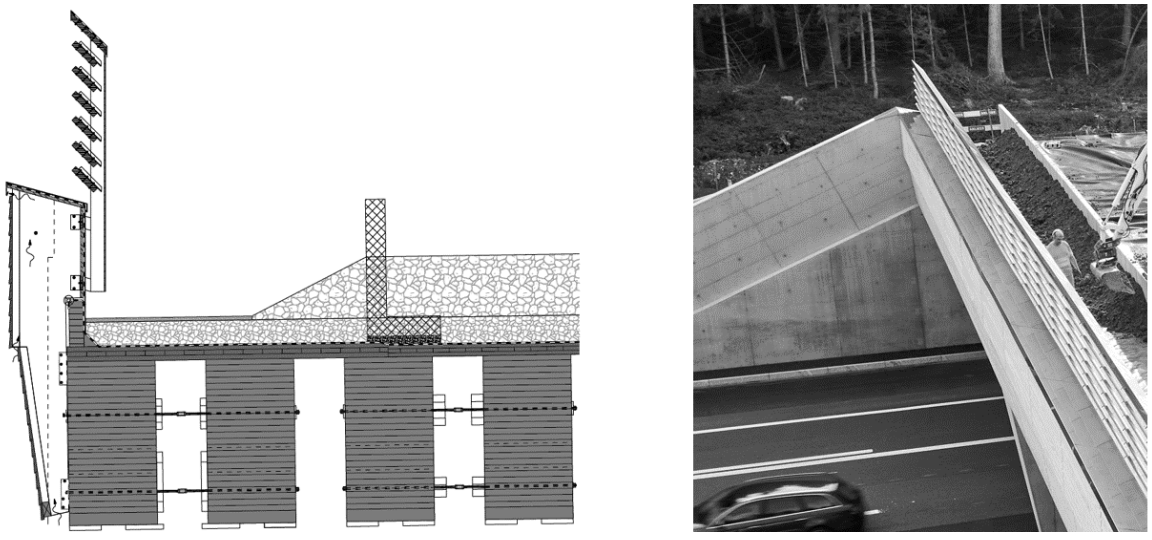


Abbildung 13: Schnitt durch Portal und Blendschutz

Montage

Zur Sicherstellung des Autobahnbetriebs wurde das Bauwerk komplett in Nachtarbeit aufgerichtet. Der Verkehr wurde dabei auf die Gegenfahrbahn umgeleitet, so dass die Autobahn unterhalb der Überführung für die Montagearbeiten genutzt werden konnte.
Die einzelnen Träger wurden auf die vorbereiteten Eichenlager montiert und befestigt. Nach Montage der CLT Platte als Sekundärtragwerk konnte das Portal in vorgefertigten Modulen am Randträger montiert werden. Zum Schluss wurde der Blendschutz am Portal befestigt.

Abbildung 14: Montage eines Trägers, Bilder: Astra

3. Belastungen / Einwirkungen

3.1. Vertikale Belastung

Die Holzkonstruktionen von Wildtierbrücken über Autobahnen müssen ungewohnte und hohe Lasten aufnehmen. Dies bedingt ausgeklügelte Lösungsansätze.

Lösung Rynetel
Bei der Überführung Rynetel entstehen aufgrund der Überdeckung mit teilweise über vier Meter hohem Erdreich hohe Erddrücke auf die Bogenkonstruktion. Der aktive und passive Erddruck belastet und stützt das Bauwerk zugleich. Die Bogenkonstruktion und die Betonwände bilden eine zusammenspielende Einheit. Seitliche Kräfte auf die Betonwände werden durch die Holz-Bogenkonstruktion gestützt und zwischen den Betonwänden kurzgeschlossen. Die Bogenbinder wiederum stützen sich horizontal wie vertikal auf die Betonwände ab. Das System wurde als zusammenhängendes, vom Erdreich gestütztes System modelliert. Dazu wurden die stützenden Eigenschaften des Erdreiches mit Federauflagern und mit berechneten Federkonstanten modelliert.
Als veränderliche Einwirkung wurde eine Ersatzlast von 13 kN/m^2 definiert, welche die Nutzlast, Schneelast und allfällige Verkehrslast von Unterhaltsfahrzeugen beinhaltet.

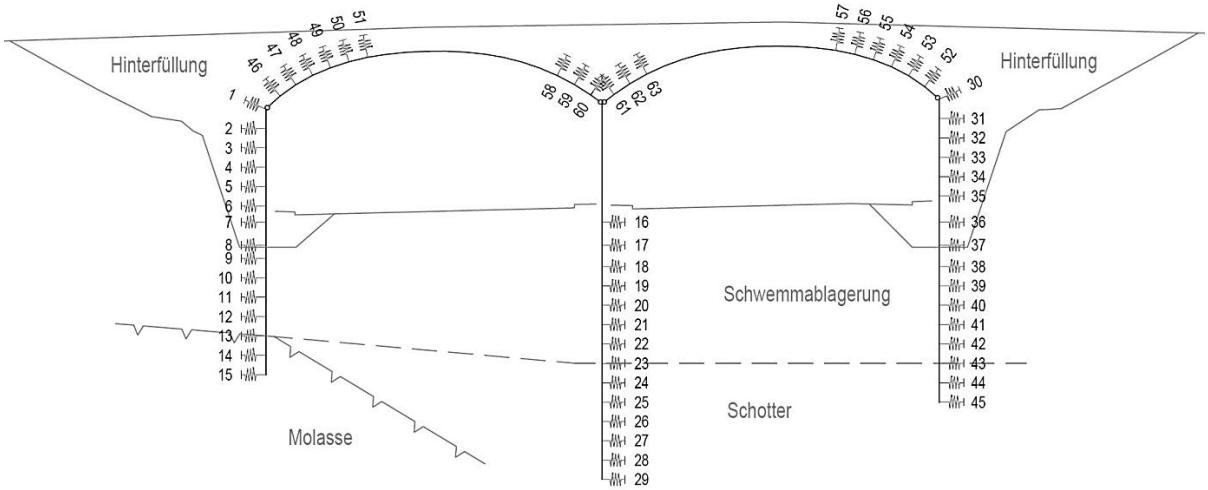


Abbildung 15: Modellierung der gesamten Brückenkonstruktion mit Auflagerfedern zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks.

Lösung Neuenkirch
Das statische System der Überführung Neuenkirch ist einfacher: Die Einfeldträger als statisch bestimmtes, lineares System erfährt durch die parallele Aufschüttung eine geringere Belastung. Eine Bettung des Holztragwerks findet nicht statt. Einzig die Seitenwände in Betonbauweise werden durch den Erddruck beansprucht. Um diese zu stabilisieren wurden die Holzträger so ausgebildet, dass sie Normalkräfte aufnehmen können und somit die gegenüberliegenden Betonwände stützend miteinander verbinden können.

3.2. Einwirkung Fahrzeuganprall

Lösung Rynetel
Da die lichte Durchfahrtshöhe zwischen Fahrbahn und Unterkannte Holzkonstruktion über sechs Meter ist, wirken keine Anprallkräfte auf die Holzkonstruktion. (ASTRA Richtlinie 12008 «Anprall von Strassenfahrzeugen auf Bauwerksteile von Kunstbauten»). Auf Niveau Fahrzeugchassis mussten die Anprallkräfte von 960 kN für seitlichen und 2`400kN für frontalen Fahrzeuganprall berücksichtigt werden. Diese Kräfte werden von den Betonwänden aufgenommen.

Lösung Neuenkirch
Die lichte Höhe der Wildtierbrücke Neuenkirch ist mit 4.8 Meter viel kleiner als bei Rynetel. Die Träger über der Fahrbahn mussten daher auf Anprall von zu hoher Ladung bemessen werden. Die Anprallkraft von 375kN übernimmt der erste Träger pro Fahrbahn über Querbiegung auf und leitet diese zu der Seiten- bzw. Mittelwand. Als zusätzliche Redundanz wurde das Sekundärtragwerk aus einer CLT-Platte so ausgebildet, dass die Tragfähigkeit über die auskragende Platte auch ohne Portalträger erfüllt ist. Die Brüstung der Brücke ist mit einer Zugstange gesichert, damit im Schadensfall nichts auf die Fahrbahn fällt.

3.3. Einwirkung Wasser und Feuchtigkeit

Feuchtigkeit ist für ein Holztragwerk eine zentrale Einwirkung, die unbedingt beachtet werden muss. Durch übermässigen Feuchteeintrag, verbunden mit einem schlechten Austrocknungsverhalten kann die Holzsubstanz bereits nach kurzer Zeit durch Fäulnis oder Insekten befallen werden. Um dies zu verhindern wurde bei der Konstruktion der Details die Regeln des konstruktiven Holzschutzes konsequent angewendet. Die Konstruktionsgrundsätze zum Feuchteschutz betrifft beide Brücken gleichermassen.

Lösung Rynetel und Neuenkirch
Bei der Detailplanung wurde darauf geachtet, dass Oberflächenwasser aus Sprühnebel der Fahrzeuge möglichst ungehindert und rasch abfliessen kann und während den Trockenperioden die Holzbauteile rasch austrockenen können. Zwischen den Betonuntergründen und den Holzbauteilen ist ein ausreichend grosser Abstand ausgebildet, so dass die Auflagerbereiche gut luftumspült sind und austrocknen können. (Siehe Abbildung 4 für Rynetel und Abbildung 11 für Neuenkirch)
Zu Gunsten eines guten Austrocknungsverhalten wurden bei Rynetel die Sekundärtragelemente mit ca. 10 Zentimeter breiten Lücken angeordnet, so dass aufgrund der Luftverwirbelungen der Fahrzeuge ein möglichst gutes Austrocknungsverhalten resultiert. (Siehe Abbildung 4)

Die Portalverkleidung besteht aus einer austauschbaren Holzverkleidung welche die darunterliegende Konstruktion vor Witterungseinflüssen und Fahrzeug-Gischt schützt. Dank der Hinterlüftung kann die Portalverkleidung und Feuchtigkeit in der Portalkonstruktion rasch austrocknen. Portalverkleidung wie auch der Portalrand sind so geneigt, dass sich kein Schnee ansammeln und auf die Fahrbahn abrutschen kann. (Siehe Abbildung 7 und Abbildung 13)

Das zentrale Bauteil zum Schutz der Holzkonstruktion vor Feuchtigkeit ist die mehrlagige Abdichtung: Auf den Holzuntergrund ist ein Bitumen-PU Voranstrich als Haftbrücke aufgebracht. Darauf sind in zwei Lagen Elastomerbitumen-Dichtungsbahnen vollflächig verlegt. Die Wurzelschutzbahn aus TPO-Kunststoffbahnen ist in den Stössen verschweisst und vollflächig über die Abdichtung gelegt. Als mechanische Schutzschicht dient eine vollflächig verlegte, 15 Millimeter dicke Gummischrotmatte. Das rasche Abfliessen von Sickerwasser gewährleistet eine 20 Zentimeter dicke Drainageschicht. Ein Filtervlies verhindert das Eindringen von Erdreich in das Drainagekies.

Um das Feuchteverhalten langfristig untersuchen zu können ist bei der Überführung Rynetel ein Feuchtemonitoring installiert. Die Messungen erfolgen im Rahmen eines BAFU finanzierten Forschungsprojekts. Untersucht wird welche Holzfeuchten in den Bauteilen vorherrschen und wie sich diese übers Jahr gesehen verändern. Dazu werden an verschiedenen Bauteilen, Expositionen, in verschiedenen Lagen und in verschiedenen Holztiefen die Holzfeuchten gemessen.

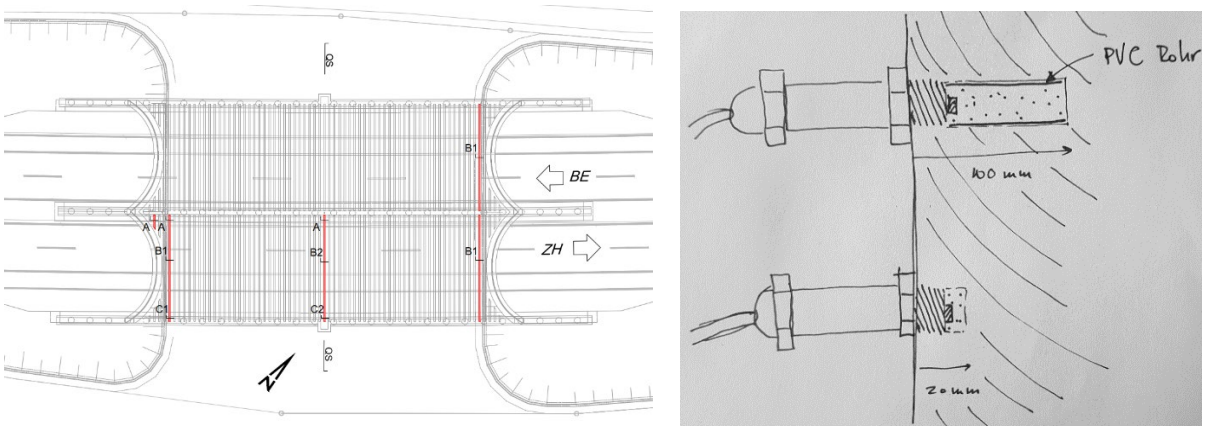


Abbildung 16: Links: Stellen der verbauten Sensoren. Rechts: Einbauskizze der Sensoren. Quellen: Forschungsprojekt «Klimabedingungen bei Wildtierüberführungen in Holzbauweise» Berner Fachhochschule AHB Biel.

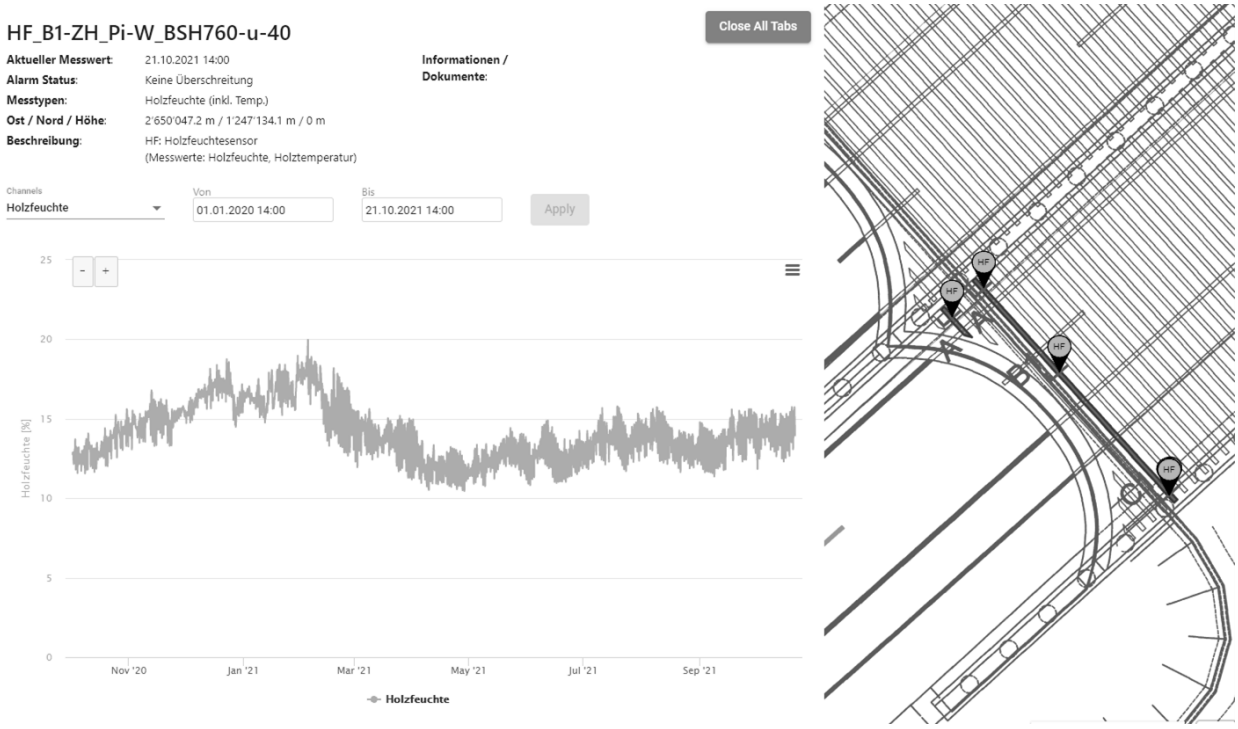


Abbildung 17: Links: Messkurve eines Portalbinders. Quelle: Forschungsprojekt «Klimabedingungen bei Wildtierüberführungen in Holzbauweise» Berner Fachhochschule AHB Biel.

3.4. Einwirkung Frosttausalz

Für eine sichere Fahrt auf Autobahnen wird bei kalten Temperaturen Frosttausalz eingesetzt. Der Einsatz von Tausalzen verstärkt die Schädigungsvorgänge, weshalb erhöhte Anforderungen an den Beton gestellt werden. Auch Stahlteile müssen besonders ausgeführt werden. Deshalb müssen den Tausalzen bei der Planung Rechnung getragen werden. Anders als Beton und Stahl, wird Holz von Tausalzen nicht angegriffen.

Lösung Rynetel
In der Planung wurde eigens für dieses Projekt eine Korrosionsschutzmatrix nach SIA 179 für alle Stahlteile erarbeitet. Die Exposition gegenüber Chloriden und Schwefeldioxiden wurde bestimmt und eine reinigende Wirkung durch Regen oder manuelle Reinigung berücksichtig. Zusammen mit der geplanten Lebensdauer und der statischen Relevanz konnte die Korrosivitätskategorie und die Korrosionsbeständigkeitsklasse festgelegt werden. Anhand dieser Klassifizierungen wurde für die einzelnen Bauteile festgelegt welche Stahlgüten und Korrosionsschutzsysteme eingesetzt werden können. Für statisch beanspruchte Bauteile wie die Lagergelenke mit langer Lebensdauer wurden zum Beispiel nicht rostende Stähle der Korrosionsbeständigkeitsklasse IV eingesetzt.

Lösung Neuenkirch
Bei der Brücke Neuenkirch wurde weitgehend auf Stahlteile verzichtet. Stattdessen wurden die Auflager und Übergänge zwischen Holzteilen und Betonteilen mittels Eichenbauteilen ausgeführt. (Siehe Abbildung 11) Einzig Verbindungsmittel wie Gewindestangen und Schrauben sowie Stahlteile des Blendschutzes wurden mit entsprechenden Stahlgüten und Korrosionsschutzsystemen benötigt.

3.5. Blendschutz für Wildtiere

Wildtiere fühlen sich durch Fernlichter von Fahrzeugen gestört. Es gilt daher, die Wildtierpassage vor den Lichtern der Fahrzeuge zu schützen. Dazu wurden bei den Brückenportalen ein Blendschutz angebracht, welcher zugleich als Abgrenzung des Strassenbereichs zum Nutzbereich der Überführung dient. Bei der Überführung Rynetel wurde der Blendschutz als eigenständiges, vom Portal zurückgesetztes Element erstellt. Zwischen Portal und Blendschutz konnte ein Unterhaltsweg angelegt werden (Abbildung 7). Bei der Überführung Neuenkirch konnte der Blendschutz elegant in die Portalgestaltung integriert werden, womit die Brückenlänge optimiert werden konnte. (Abbildung 13)

4. Projektbeteiligte

4.1. Wildtierüberführung Rynetel

Bauherrschaft:
Bundesamt für Strassen ASTRA
Filiale Zofingen

Bauherrenunterstützung:
Helbling Beratung + Bauplanung AG

Planung:
Ingenieurgemeinschaft IG WUEF:
- Bänziger Partner AG (Federführung)
- Timbatec Holzbauingenieure AG

Landschaftsarchitektur:
SKK Landschaftsarchitekten AG

Ausführung:
ARGE FERA:
- Massivbau: Aarvia Bau AG
- Holzbau: Häring AG

4.2. Wildtierüberführung Neuenkirch

Bauherrschaft:
Bundesamt für Strassen ASTRA
Filiale Zofingen

Bauherrenunterstützung:
Andreas Steiger & Partner AG

Planung:
Ingenieurgemeinschaft IG 2B:
- B+S AG
- Bänziger und Partner AG
  Subplaner Holzbau: Timbatec Holzbauingenieure AG
  Subplaner Landschaftsarchitektur: SKK Landschaftsarchitekten AG

Ausführung:
- Anliker AG
  Subunternehmer Holzbau: Husner AG

Block B

Hallen- und Stadionbauten für Sport und Freizeit

Sporthalle Waldau

Benjamin Eisele
müllerblaustein HolzBauWerke GmbH
Blaustein, Deutschland

Sporthalle Stuttgart-Waldau

1. Topographie und Raumprogramm

Abbildung 1: Der kompakte Baukörper der neuen Sporthalle Waldau schiebt sich ins Gelände. Die gestaltete Holzfassade erhält einen kontrastreichen Akzent an der Südecke der Halle, wo der Haupteingang als zurückversetzter und verglaster Bereich ins Auge fällt. Er führt in ein großzügiges Foyer, von dem aus alle Funktionen der Sporthalle auf kurzem Wege erschlossen werden. (Foto: Achim Birnbaum Architektur Fotografie)

Die im Herbst 2020 fertiggestellte Dreifachsporthalle liegt im Zentrum des Sport- und Erholungsgebiets Waldau, des zweitgrößten Sportareals in Stuttgart. Das Baugrundstück befindet sich direkt am Georgiiweg, der zentralen Ost-Westachse des Sportparks. Die Halle ist als kompakter kubischer Baukörper im Nordosten des Baufelds angeordnet und parallel zum Georgiiweg und zu den angrenzenden Sportplätzen ausgerichtet. Sie ist so in die nach Norden ansteigende Topographie integriert, dass nur ein Teil des Bauvolumens in Erscheinung tritt. Dadurch wird eine maßstabsgerechte Einfügung der großen Baumasse in die Umgebung erreicht. Die Halle ist vom Georgiiweg abgerückt, sodass sich im Süden ein angemessener Vorbereich ergibt. Die weitere Planung sieht eine Einbeziehung des Straßenraums in die Platzfläche vor. Der Freifläche im Westen der Sporthalle kommt einerseits die wichtige Aufgabe eines Bindeglieds zur benachbarten «Eiswelt» zu, andererseits dient sie als «Action-Platz» mit vielfältigen Sportmöglichkeiten.

Die Sporthalle ist sehr übersichtlich und klar strukturiert, sämtliche Hallenfunktionen sind auf einer Ebene angeordnet. Von Süden nach Norden sind vier Raumzonen erkennbar: Die erste Raumzone mit Haupteingang und Foyer, Multifunktionsraum, Indoor-Bewegungslandschaft und den zugeordneten Nebenräumen, die zweite, zentrale Raumzone mit der Dreifeldhalle und den Zuschauertribünen, die dritte Raumzone mit den Geräteräumen, den Lehrerumkleiden, dem Regieraum und dem Kraftraum und die vierte Raumzone mit den Umkleidebereichen und Technikflächen. Nördlich der Umkleiden befindet sich die Tiefgarage mit einem direkten Hallenzugang.

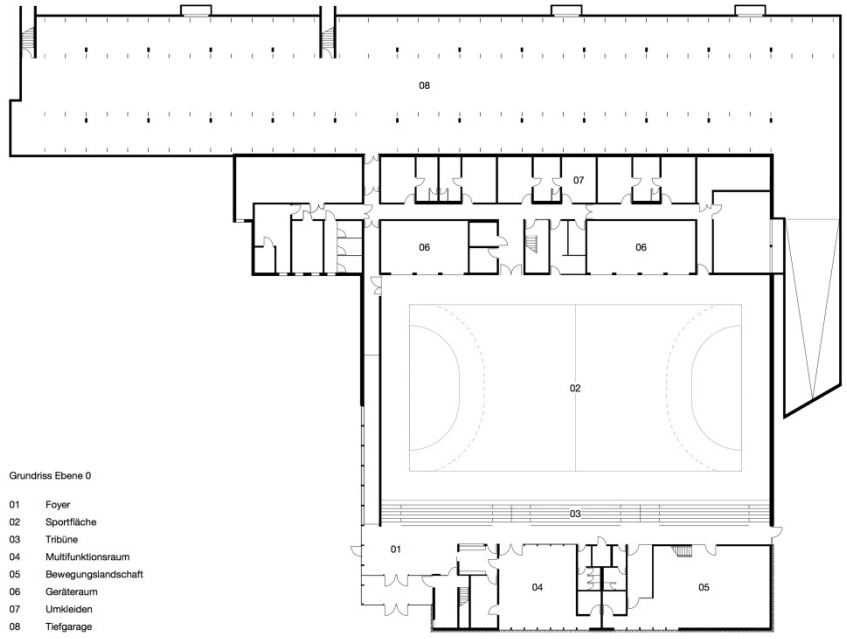


Abbildung 2: Grundriss Ebene 0 (Zeichnung: Glück + Partner GmbH)

Eine zur Halle hin offene Flurzone verbindet das Foyer mit den Zuschauerbereichen auf der einen und mit dem Multifunktionsraum und der Indoor-Bewegungslandschaft auf der anderen Seite. Als Tribüne dienen drei Sitzstufen, die auf der Hallenebene beginnen. Damit wird die gewünschte Nähe der Zuschauer zum Spielfeld gewährleistet. Die Indoor-Bewegungslandschaft ist wie der Multifunktionsraum zur Flurzone teilweise verglast, nutzt die Raumvolumina über den Nachbarräumen und staffelt sich über mehrere Ebenen. Eine sehr flach geneigte Rampe überwindet die Höhe der drei Sitzstufen. Sie führt hinunter zur Hallenebene und zu den Umkleidebereichen auf der Nordseite. Im rückwärtigen Bereich ist die Halle zweigeschossig, in der oberen Ebene befinden sich neben den Umkleiden für den Außenbereich auch Büroräume für die Sportvereine.

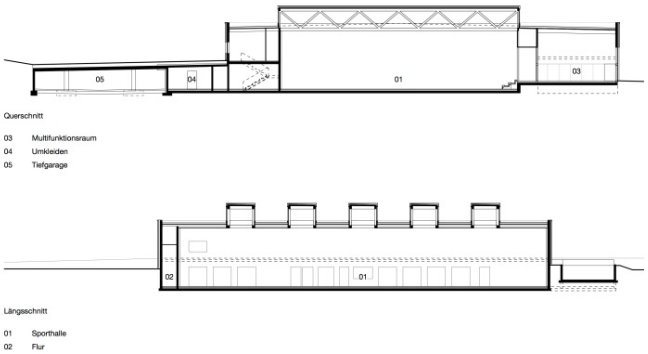


Abbildung 3: Querschnitt (oben) und Längsschnitt (unten) (Zeichnungen: Glück + Partner GmbH)

1.1. Entwurfsgestaltung

Die Form des Neubaus entwickelten die Architekten aus den unterzubringenden Funktionen, den sich daraus ergebenden statischen Anforderungen sowie aus dem Wunsch nach einer optimalen Versorgung der Halle mit Tageslicht. Herausgekommen ist ein Gebäude mit Abmessungen von 58 m Länge, 50 m Breite und 10,50 m Höhe. Der Neubau ist als Mischkonstruktion konzipiert, wobei aus Gründen der Nachhaltigkeit vor allem Holz verwendet wurde. Lediglich die erdberührten Bauteile sind aus Stahlbeton.
Die Sporthalle ist im Bereich des Hallenbaukörpers als Holzskelettbau aus Buchen-Furnierschichtholz(FSH)-Stützen sowie Brettschichtholz(BSH)-Stützen und -Trägern konzipiert. Die Außenwände sowie die Wände der Anbauten an die Sporthalle mit Büros, Umkleiden, Multifunktionsraum und Bewegungslandschaft wurden in Holzrahmenbauweise ausgeführt.

Für die kammartig geformte Konstruktion des Dachtragwerks haben die Planer ebenfalls Buchen-FSH, kurz BauBuche, gewählt – mit dem Ziel, möglichst schlanke Querschnitte und dadurch geringe statische Höhen zu erhalten. Gebildet wird es aus zehn Fachwerkträgern, die paarweise zu kastenähnlichen Raumtragwerken verbunden wurden und 30,25 m überspannen. Die Dachflächen der Halle zwischen und neben den Sheddach-Konstruktionen sowie die der Anbauten bestehen aus Balkenlagen aus Konstruktionsvollholz (KVH) bzw. Brettschicht(BS)-Holz mit OSB-Beplankung.

Abbildung 4: Sowohl für die Stützen als auch für das Dachtragwerk kam Buchen-Furnierschichtholz zum Einsatz. Die schlanken Querschnitte, die hellen Farben im Gebäudeinnern und das über die sheddachartigen Dachkonstruktionen einfallende Tageslicht sorgen für eine freundliche Atmosphäre und optimale Bedingungen beim Sport. (Foto: Achim Birnbaum Architektur Fotografie)

2. Kammartig geformtes Dachtragwerk für viel Licht

Dreifach-Sporthallen mit über 30 m Spannweite wurden bisher meist als Stahlbau ausgeführt. Durch die Verwendung von BauBuche lässt sich eine solche Konstruktion jedoch ohne weiteres in einen ebenso leistungsfähigen Ingenieurholzbau überführen, wie die Sporthalle in Waldau zeigt. Hier wurde das Hallentragwerk aus BauBuche-Stützen und –Fachwerkträgern in traditioneller Zimmermannskonstruktion ausgeführt. Fachwerkstäbe und Stützenabmessungen konnten so schlank bemessen werden, dass die Konstruktion durchaus mit der filigranen Erscheinung eines Stahlbaus vergleichbar ist. In Kombination mit klassischen Holzkonstruktionen, wie dem Holzrahmenbau, ist ein nachahmenswertes Leuchtturmprojekt entstanden und kann mit der sichtbar belassenen Holzskelettkonstruktion das Innovationspotential des Werkstoffs Hartholz im Holz- und Hallenbau deutlich machen.

Abbildung 5: Die paarweise zu rund 3,40 m breiten, kastenähnlichen Raumtragwerken verbundenen Fachwerkbinder aus Buchen-Furnierschichtholz überspannen rund 30 m.
(Foto: Achim Birnbaum Architektur Fotografie)

Fachwerkträger im Doppelpack schaffen spielend große Spannweite

Für die 2,80 m hohen Fachwerkträger wurde BauBuche der Festigkeitsklasse GL 75 verwendet. Die Konstruktion bilden 28 cm breite und 32 cm hohe Ober- und Untergurte, die mit einer parabelförmigen Überhöhung von 9 cm gefertigt wurden sowie 28 cm breite Fachwerkdiagonalen, die von außen zur Bindermitte hin mit 20 cm, 16 cm und 12 cm unterschiedlich hoch dimensioniert sind. Eingeschlitzte Bleche und Stabdübel stellen die zug- und druckfesten Verbindungen der Fachwerkknoten her. Shedsparren (b/h: 16 cm x 32 cm), ebenfalls aus Buchen-FSH, verbinden die Fachwerke an den Stirnseiten jeweils an den Ober- und Untergurten. Hier sorgen spezielle Stahlanschlussteile mit Vollgewindeschrauben für den biegesteifen Anschluss. Eine V-förmige Verstrebung steift den Rahmen hier zusätzlich aus.

Darüber hinaus erhielten die etwa 30,25 m langen und 3,40 m breiten Sheddach-Doppelfachwerke an den Seiten bis zu einer Höhe von 80 cm und obenauf über die gesamte Länge eine 10 cm dicke, weiß lasierte aufgeschraubte Brettsperrholz(BSP)-Platte. Dabei fungiert die Dachplatte als aussteifende Scheibe. Sie nimmt die in den Fachwerkträgern wirkenden Biege- und Normalkräfte auf und sichert die Querschnitte gegen Verdrehen und Verschieben. Diese in 3-m-Stücken verlegten BSP-Dachplatten wurden an den Stößen (quer zu den Obergurten) ausgefräst und über eingelegte OSB-Streifen zu Dachscheiben verbunden.

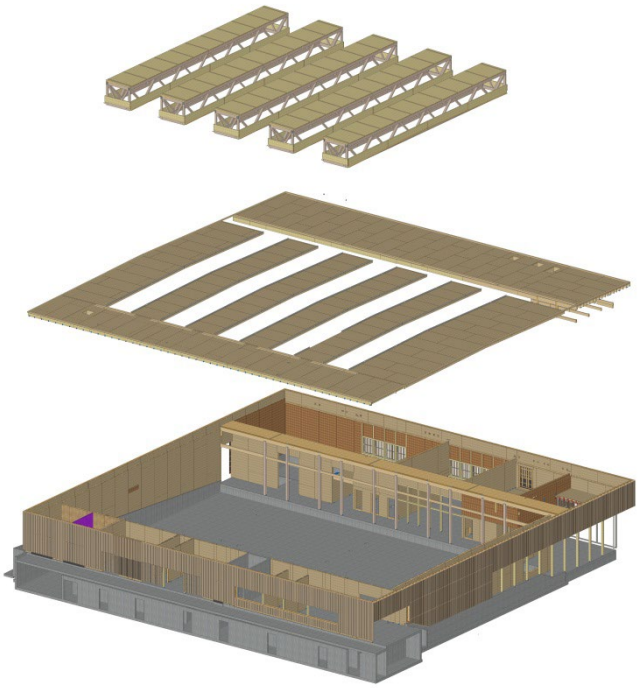


Abbildung 6 (links): Die endmontierten Raumtragwerke erhielten über die gesamte Länge seitlich und als Dach aufgeschraubte BSP-Platten. Die Aufdoppelung auf einem der Obergurte sorgt für das Quergefälle der Dachfläche zur Entwässerung. (Foto: müllerblaustein HolzBauWerke GmbH)
Abbildung 7 (rechts): Explosionszeichnung (Foto: müllerblaustein HolzBauWerke GmbH)

Einer der beiden Obergurte eines jeden Doppelfachwerks erhielt zudem über die gesamte Binderlänge eine KVH-Aufdoppelung mit quer zum Binder geneigter Oberseite. Auf den beiden Obergurten verlegt, erreicht die jeweilige Dachplatte dann das erforderliche 2%-Quergefälle zur Entwässerung. An den Stirnseiten schließt ein entsprechend zugeschnittener Holzkeil aus KVH die Lücke zwischen dem oberen BauBuche-Shedsparren und der BSP-Dachplatte. Diagonalverschraubungen sorgen hier für den biegesteifen Anschluss und spannen die drei Bauteile zusammen.

Aussteifung des Holztragwerkes ohne Stahldiagonalen

Die Balkenlagen aus KVH des Dachtragwerks spannen zum einen zwischen den Sheddach-Konstruktionen und beidseitig daneben über die Hallenenden. Sie erhielten eine Beplankung aus 30 mm dicken OSB-Platten Letztere sind an den Stößen über Deckleisten zu statisch wirksamen Scheiben verbunden. Die 6,20 m bzw. 8,25 m langen, vorgefertigte Elemente der Dachkonstruktion der Sporthallen-Schmalseiten liegen auf den Holzrahmenbau(HRB-Außenwänden) sowie auf seitlich auf den Raumfachwerken aufgebrachten Auflagerhölzern auf. Die übrigen Dachelemente überspannen die 4,15 m zwischen den Raumfachwerken und liegen als Einfeldträger ebenfalls auf den seitlich montierten Auflagerhölzern.

Für die nördlichen und südlichen Anbauzonen wurde BSH für die Balkenlagen (b/h: 12 cm x 32 cm) verwendet, die ebenfalls mit 30 mm dicken OSB-Platten beplankt und zu Dachscheiben verbunden worden sind. Hier bleibt die Balkenlage zudem sichtbar. Diese 6,40 m bzw. 10 m langen, vorgefertigten Elemente spannen von den HRB-Außenwänden zu den 3,90 m bzw. etwa 6,50 m hohen BauBuche-Stützen (b/h: 28 cm x 20 cm bzw. 28 cm) und BSH-Trägern der Skelettkonstruktion im Bereich der Sporthallen-Längsseiten. Den vom Foyer abgehenden Flurbereich wiederum überspannen 10 cm dicke flurbreite BSP-Platten von 7 m bis 14 m Länge.

Die Aussteifung des Holztragwerks gegen horizontale Lasten aus Schiefstellung und Wind wird sowohl über die Dachscheibe als auch über die Holzwandscheiben ohne Einsatz von Stahlauskreuzungen gewährleistet.

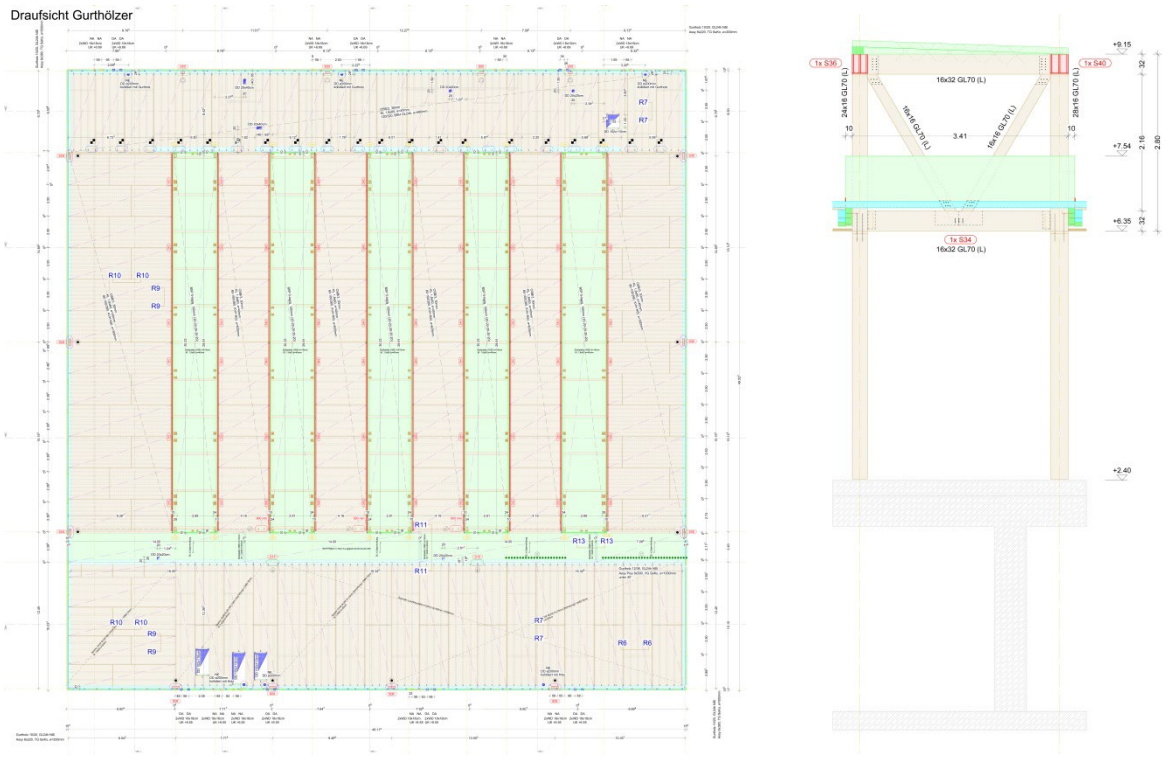


Abbildung 8 (rechts): Dachaufsicht. Die kastenähnlichen Raumfachwerke sorgen zusammen mit den auf der übrigen Dachfläche verlegten OSB-beplankten Balkenlagen für die horizontale Aussteifung. (Zeichnung: müllerblaustein HolzBauWerke GmbH)
Abbildung 9 (links): Detailzeichnung der Auflagerung der Raumtragwerke auf den BauBuche-Stützen. (Zeichnung: müllerblaustein HolzBauWerke GmbH)

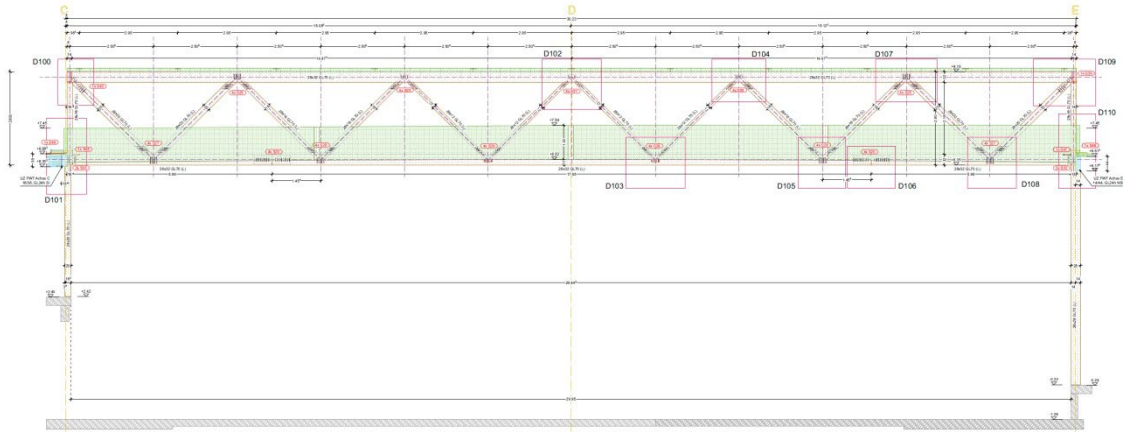


Abbildung 10: Die in sich stabilen und damit selbsttragenden Doppelfachwerke ruhen auf äußerst schlanken BauBuche-Stützen, die je nach Gebäudeseite unterschiedliche Längen aufweisen. (Zeichnung: müllerblaustein HolzBauWerke GmbH)

3. Transport und Montage

Die Realisierung des Projekts gelang mit Hilfe einer durchgängigen 3D-Planung, die sowohl einen weitreichenden Vorfertigungsgrad sowie just-in-time aufeinander getaktete Transport- und Montageprozesse ermöglichte. Dadurch fiel auch die Bauzeit vergleichsweise kurz aus.
Die Montage der Kastenträger erfolgte in den Fertigungshallen der müllerblaustein HolzBauWerke. Um die BauBuche vor Feuchtigkeit und Bewitterung zu schützen, wurden die Fachwerk-Stäbe und -Gurte nach dem Abbund mehrfach beschichtet und am Ende die vormontierten Kastenträger für Transport und Montage noch zusätzlich in Folie gepackt.

So konnten sie stückweise per Lkw zur Baustelle gebracht, per Kran beidseits auf den Wandelementen bzw. den darin integrierten BauBuche-Stützen abgesetzt und mit Abstand zueinander montiert werden.

Abbildung 11 bis 15: Die endmontierten Raumtragwerke wiegen jeweils etwa 22 Tonnen. Per Lkw als Sondertransport nach Stuttgart-Waldau gebracht, wurden sie direkt vor Ort mit einem 500 t-Spezialkran eingehoben und angeschlossen. (Fotos: müllerblaustein HolzBauWerke GmbH)

4. Rundum viel Holz

Die kastenähnlichen Raumtragwerke erhielten eine seitliche Bekleidung aus transluzenten Polycarbonatstegplatten. Diese sorgen für die blendfreie Belichtung in der Halle, die durch tageslichtabhängige und Präsenzmelder gesteuerte LED-Leuchten ergänzt wird. Dank der besonderen Dachkonstruktion konnten die Planer dem Wunsch des Amts für Sport und Bewegung nach möglichst viel Tageslicht in der Halle optimal entsprechen.
Für die Sporthalle wurde eine Holzmenge von rund 750 m³ verbaut, davon 82 m³ BauBuche. Das entspricht einer CO2-Speicherung von über 687 Tonnen. Unterm Strich ist der Neubau ein klimaneutrales Gebäude. Es wurde über das EFRE-Programm (EFRE – Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) mit 200.000 Euro vom Land Baden-Württemberg gefördert und soll als Prototyp des Sportstättenbaus «im Ländle» Schule machen.

Autoren:
Susanne Jacob-Freitag, Karlsruhe, und Marc Wilhelm Lennartz, Polch-Ruitsch

5. Bautafel

Bauzeit: April 2019 bis September 2020

Bauherr: Landeshauptstadt Stuttgart,
Amt für Sport und Bewegung,
vertreten durch das Hochbauamt,
D-70173 Stuttgart

Projektsteuerung, Projektleitung:
Landeshauptstadt Stuttgart,
Hochbauamt

Architektur, Entwurfsplanung:
Glück + Partner GmbH,
D-70197 Stuttgart

Holzbau Vorfertigung, Montage:
müllerblaustein HolzBauWerke GmbH,
D-89134 Blaustein

Tragwerksplanung:
merz kley partner GmbH,
A-6850 Dornbirn

Bauphysik: Gutbrod Bau Physik Ingenieurbüro GmbH,
D- 71706 Markgröningen

Landschaftsplanung:
Glück Landschaftsarchitektur GmbH,
D-70176 Stuttgart

HLS: S Plus Ingenieurgesellschaft mbH,
D-73230 Kirchheim unter Teck

Activity Centre at St George's College Weybridge

Johannes Lederbauer
WIEHAG GmbH
Altheim, Österreich

Activity Centre at St George's College Weybridge

1. Aufgabe und Architektur

Das St George's College gehört zum Orden der Josephiten, eine römisch-katholische Kongregation, gegründet 1817 in Belgien, deren Hauptziel die Ausbildung und die Missionarsarbeit ist.
Sie unterhalten mehrere Universitäten und Colleges in den USA und UK und missionieren vor allem in Afrika.

Abbildung 1: St George's College, Hauptgebäude

Das College existiert seit 1869 und liegt im Gelände des Woburn Parks in Weybridge, circa 15 Autominuten südlich von Heathrow Airport.
Die Geschichte und traditionelle Werte werden in der «Georgian Family» immer noch hoch gehalten. War es früher eine Internatsschule ausschließlich für Buben ist es nun jedoch eine offene Tagesschule für Mädchen und Buben.
Der wichtigste Beitrag zum Schulbudget bilden die Schulgebühren von 27.000€ pro Jahr die somit in der gleichen Liga wie beim renommierte Eton College liegen, für das WIEHAG übrigens 2020 auch eine Sport- und Schwimmhalle erbaut hat.
Die Sporthalle ist auf jedem College der wichtigste Treffpunkt zwischen Lehrer, Schüler und Eltern, weil dort klarerweise viele Veranstaltungen stattfinden.
Um dem Anspruch dieser zumindest monetär elitären Kreise gerecht zu werden, war es längst an der Zeit den alten Stahlkasten aus den 80ern zu erneuern.
Geld zieht Geld an – daher war es wichtig hier einen richtigen architektonischen Eyecatcher zu kreieren, bei dem man nicht auf den letzten Penny angewiesen ist.
Das 150 Jahre Jubiläum 2019 war die perfekte Zielvorgabe für die Eröffnung des neuen Gebäudes.
Das Activity centre sollte mehrere Funktionen beinhalten, eine Sporthalle im Ausmaß eines internationalen Hockeyfeldes da das College in diesem Bereich regelmäßig Spitzenleistungen erbringt, weiters ein Tanzstudio, ein Fitnessstudio und ein Cafe.

Die verschiedenen Bauvolumen in Verbindung mit der Topographie führte die Architekten von Scott Brownrigg zu einer Freiform-Dachfläche die sich vom höher gelegenen Leichtathletikplatz bis runter zur Ebene der alt-ehrwürdigen Hauptgebäude windet.

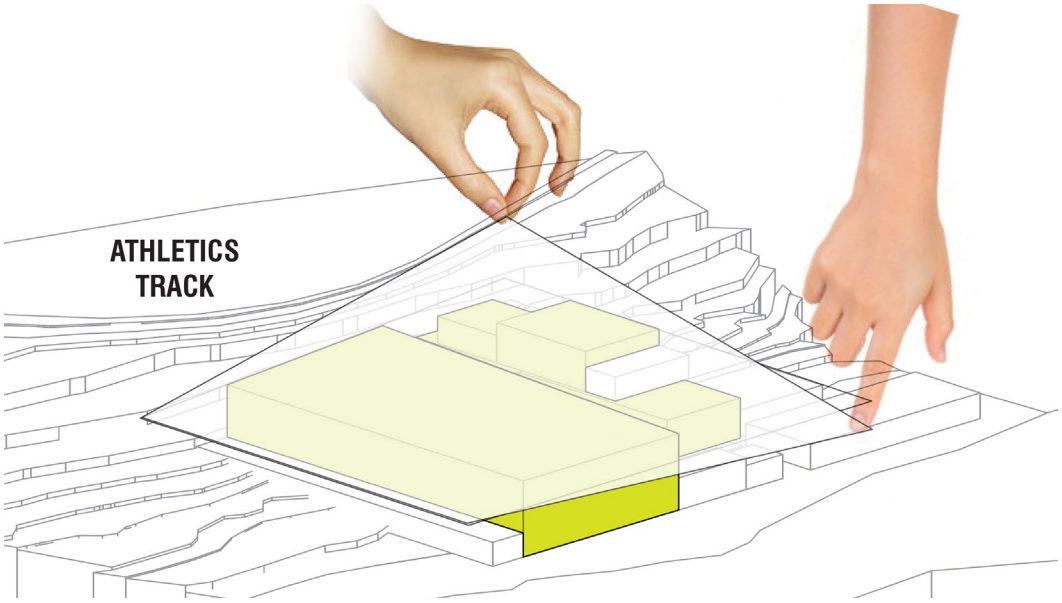


Abbildung 2: Entwicklung der Dachfläche aufgrund Topographie

2. Design und Ausführung

2.1. Gesamtstabilität

Das Holzdachtragwerk sitzt auf 42 Stahlstützen, 10 davon sind durch die Betonzwischendecken seitlich gehalten und können somit Windkräfte aufnehmen. Die restlichen Stützen sind reine Pendelstützen. In den Randachsen wurden Wandverbände zur Lastabtragung eingebaut.
Dadurch war es notwendig, dass das Dachtragwerk selbst, quasi als statische Scheibe oder horizontales Fachwerk wirkt, um die Windlasten in die Wandverbände abtragen zu können. Wir entschieden uns für ein Zusammenspiel aus Hauptträgern und den dafür idealen diagonal angeordneten Pfetten und verzichteten auf die mögliche statische Scheibe der CLT Platten.
Während der Montage mussten die Pendelstützen aus Stahl noch temporär gehalten werden.

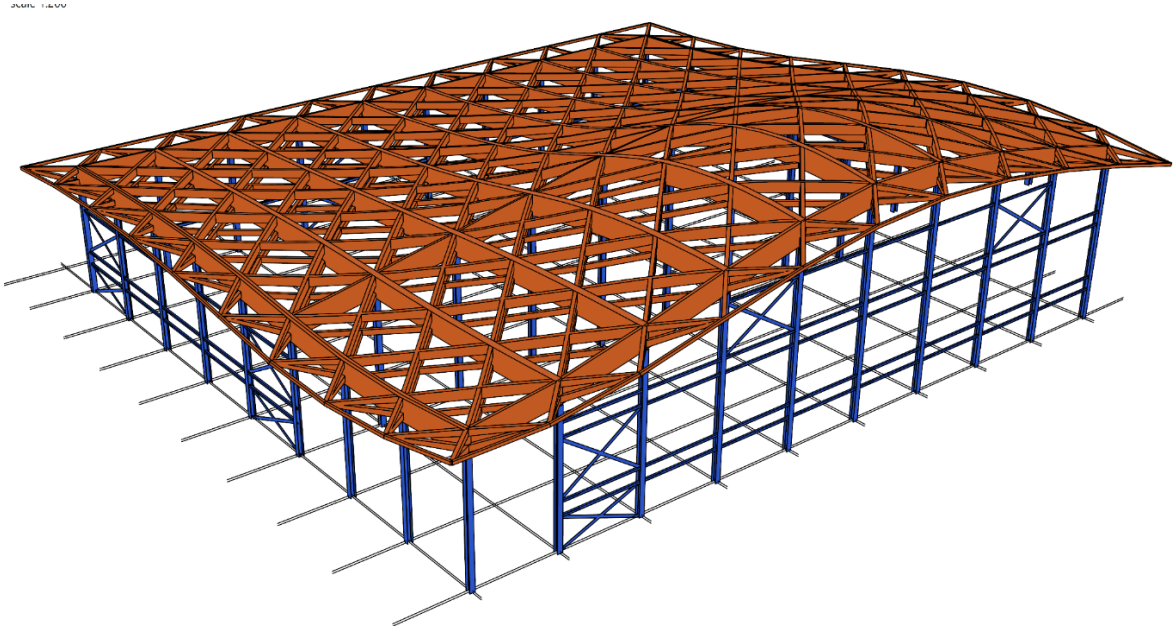


Abbildung 3: Gesamtstruktur exklusive CLT Platten

2.2. Haupttragachsen

Die Hauptträger sind alle 6m angeordnet und haben eine Spannweite von 30m und 18m. Die wirtschaftlichste Lösung mit dem kleinsten Querschnitt und geringsten Transportkosten war ein Gerberstoß bei 24m, also dort wo auch circa der Momenten-Nullpunkt eines theoretischen Durchlaufträgers von 48m liegt.
Maßgebend waren hierbei ausnahmsweise die ständigen Lasten, und das dadurch resultierende Stützmoment. Der Querschnitt beträgt durchgehend 400x1500mm. Die Träger mit dem Stützmoment wurden in Gl30c ausgeführt, die restlichen Träger in Gl28c.

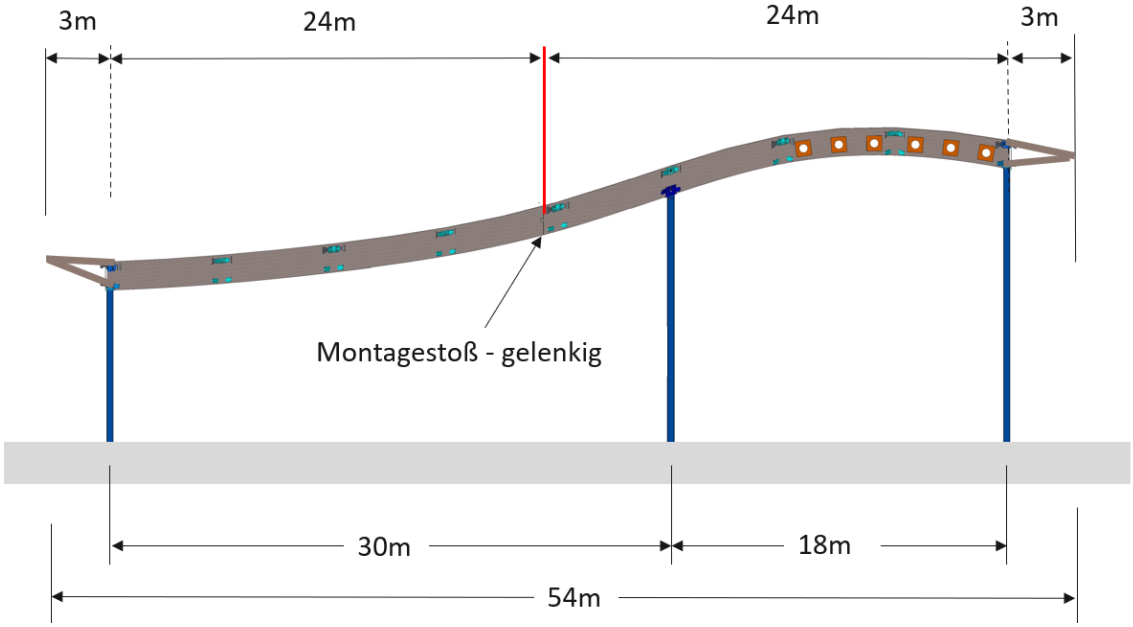


Abbildung 4: Haupttragachsen mit Montagestoß

2.3. Diagonalpfetten

Die Ausführung der Pfettenlage in doppelter und diagonaler Anordnung hat im wesentlichen architektonische Gründe.
Die obere Pfettenlage dient zur Lastabtragung des CLT Daches und zur Gesamtaussteifung während die untere Lage keine statische Aufgaben hat.
Beide Lagen wurden mit einer durchgehenden Pfette im zick-zack Verlauf und jeweils zwei kurzen eingehängten Pfetten gebildet.
Die Pfettenanschlüsse wurden montagefreundlich geplant d.h. im Werk wurde bereits ein Schlitzblech in den Pfetten vormontiert und auch auf den Hauptträgern wurden Fahnenbleche montiert. Auf der Baustelle war es somit nur mehr ein einfacher Stahl/Stahlanschluß mit sehr wenigen Bolzen.
Felicitas Mears von Scott Brownrigg hatte auch hier einen sehr pragmatischen Zugang und sah keinen Sinn in einer vollkommen verdeckten Lösung. Die Bolzen und Stabdübel waren sichtbar aber alle flächenbündig, schwer einsehbare Bereiche konnten sogar «offen» bleiben. Der Schlitz auf der sichtbaren Unterseite der Pfetten wurde mit Holzleisten geschlossen.

Abbildung 5: Diagonalpfetten

2.4. Parametrisches Design und Toleranzen

Uns war sehr schnell klar, dass bei dieser organischen Formgebung keine zwei identen Bauteile existieren und daher entschieden wir uns für einen parametrischen Designansatz. Auch die Sorge, dass das sogenannte «frozen design» des Architekten doch nochmal, aus welchen Gründen auch immer, aufgetaut werden könnte bestärkte diesen Entschluss.
Die Kunst des parametrischen Designs ist es die vorhandenen Daten dann auch intensiv und möglichst direkt für die verschiedensten Bereiche zu verwenden.
D.h. sowohl Holzbau- als auch Stahlbauproduktion werden direkt angesteuert und somit reduziert man die Toleranzen auf ein Minimum.
Es gibt in den Verbindungen auch keine Möglichkeit zur Toleranzaufnahme, man ist bei diesen komplexen Geometrien einfach dazu verdammt, exakt zu produzieren.
Zusätzliche Positionierungsbohrungen und -stifte helfen bei der akkuraten werkseitigen Montage der Stahlteile am Holzträger.

2.5. CLT Verwindung

Die ebene Dachfläche von 54x60m (3240m²) ergibt in der verwundenen Form tatsächliche 3366m² CLT Platten welche meist ein Format von ca 3x6m und eine Stärke von 80mm aufweisen.
Trotz Facettierung der Hauptträger und teilweise der Pfetten ergeben sich verschieden starke Verwindungen des Brettsperrholzes.
Gleich zu Beginn des Designs stellte sich somit die Frage, wie stark kann man die Platte theoretisch verwinden und was ist auf der Baustelle praktisch sinnvoll?
Wir untersuchten die Verwindung mittels FEM und stellten sie auch als Lastfall dar. Um jedoch ganz sicher zu gehen, machten wir auch praktische Versuche im Werk, d.h. wir schraubten die CLT Platte auf windschiefe Auflager – alles in Originalgröße also mit einer 3x6m Platte.
Beides ergab, dass eine Verwindung in den Ecken von 14cm bei 80mm Stärke und diesem Format akzeptabel ist.
Somit konnten wir mit dem Design und der Aufteilung der Platten fortfahren solange das Limit von max. 14cm nicht überschritten wurde.

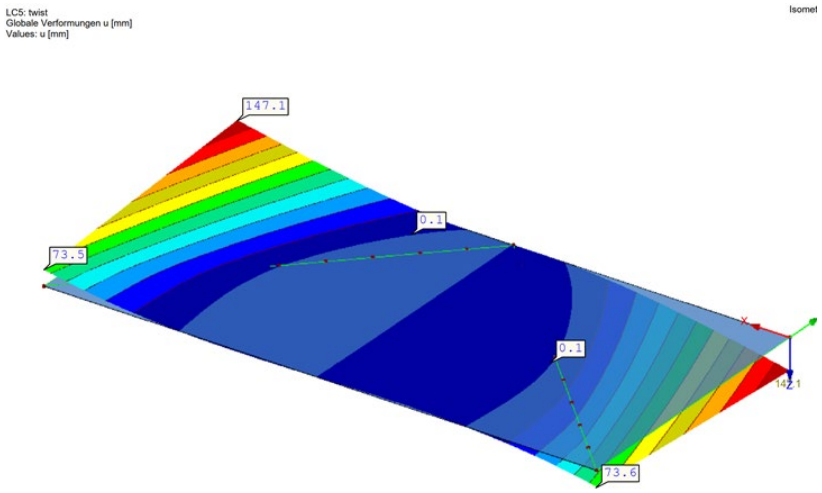


Abbildung 6: FEM Untersuchung zur Verwindung der CLT Platte

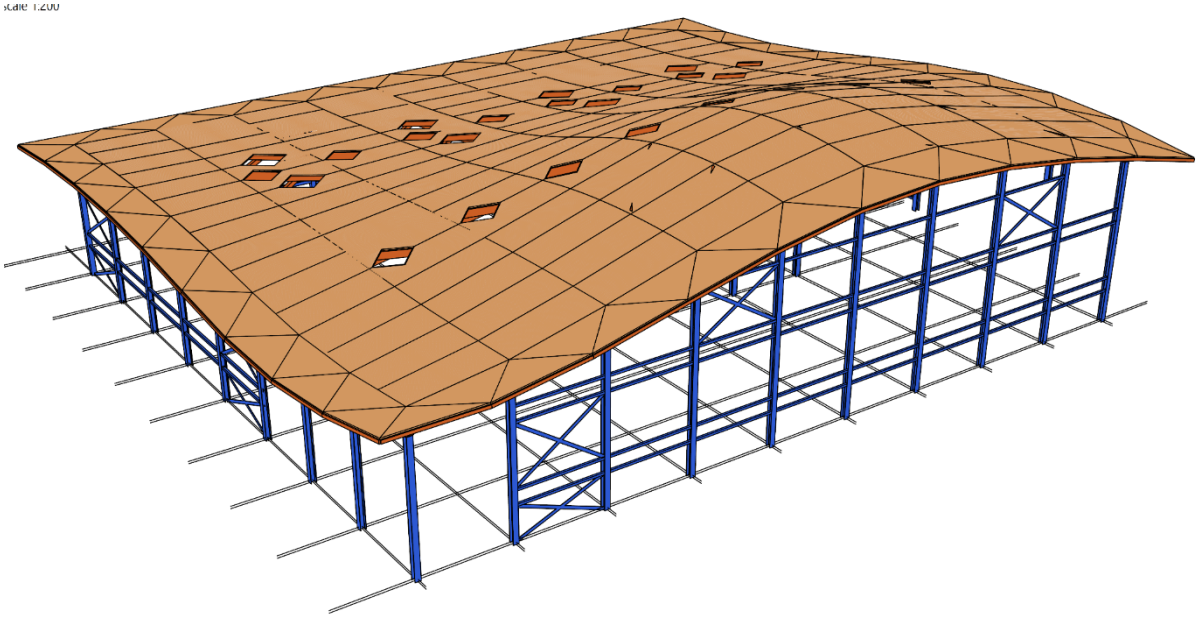


Abbildung 7: Aufteilung der CLT Dachplatten

2.6. Trägerdurchbrüche

Während man in der Sporthalle ohne Trägerdurchbrüche auskam, wurden im Bereich des Tanzstudios gleich 6 kreisrunde Durchbrüche innerhalb von 12m Trägerlänge benötigt.
Die Querzugverstärkung der 450mm Öffnungen wurde mittels 4 Stück Fichten LVL in 20mm Stärke ausgeführt.
Diese wurden jeweils flächenbündig auf den Einzelquerschnitt angebracht und im Zuge der Blockverleimung der Träger (Querschnitt 400x1500mm) mitgeleimt.
Aus optischen Gründen versuchten wir zuerst die Verstärkung nur mittels Schrauben oder innenliegender LVL Platten zu bewerkstelligen. Die hohe Konzentration an Durchbrüchen machte es aber unmöglich und die Wirkung der Verstärkungsplatten ist außenliegend immer noch am besten.
Der Kompromiss der flächenbündigen holzartgleichen LVL Platten war eine gute praktikable Lösung, vor allem auch im Hinblick auf das Gesamtbild das am Ende ohnehin von den silbernen Lüftungsröhren geprägt wird.

Abbildung 8: Durchbrüche in den Hauptträgern

2.7. Randachsen

Die Randträger haben durchgehend die gleiche Höhe wie die Hauptträger von 1,5m und sind daher mit einer Spannweite von 6m bei weitem statisch nicht ausgenutzt.
Die Hauptaufgabe der Randträger war der Raumabschluss an sich, daher waren beide von besonderem bauphysikalischem Interesse.
Die Breite der 24m langen gebogenen Giebelträger erhöhten wir auf 480mm, da diese ausschließlich die «Wand» darstellten, d.h. es gibt weder Innen noch Außen zusätzliche Dämmungen oder Folien. Die 480mm BSH ergeben einen U-Wert von 0,26 und dies wurde als ausreichend für das englische Klima befunden.
Die Anschlüsse an den Giebelträger wurden oberseitig (CLT Platten) sowie unterseitig (Alu -Profil der Glasfassade) dampfdicht ausgeführt.
Wichtig war auch der Trägerstoß selbst welcher durch einen Versatz und ausreichend Dichtstreifen so dampfdicht wie möglich erzeugt wurde.

Abbildung 9: Randachse mit 480mm breitem Giebelträger

Die beiden anderen Achsen wurden Außen mit einer Dampfsperre versehen, überdämmt und mit einer Dreischichtplatte in BSH Optik verkleidet. Jeder Randträger ist hier nur 6m lang und wurde zwischen den gebogenen Hauptträgern fixiert. Die Höhe ist wieder gleich den Hauptträgern, die Breite reduzierte man auf 200mm. Es wurde auf exakte Führung der Dampfsperre in den Anschlüssen zu den Vordachträgern geachtet.

Abbildung 10: Randachse mit lokaler Dampfsperre, integriert in die Verbindung der Vordachträger zum Randträger.

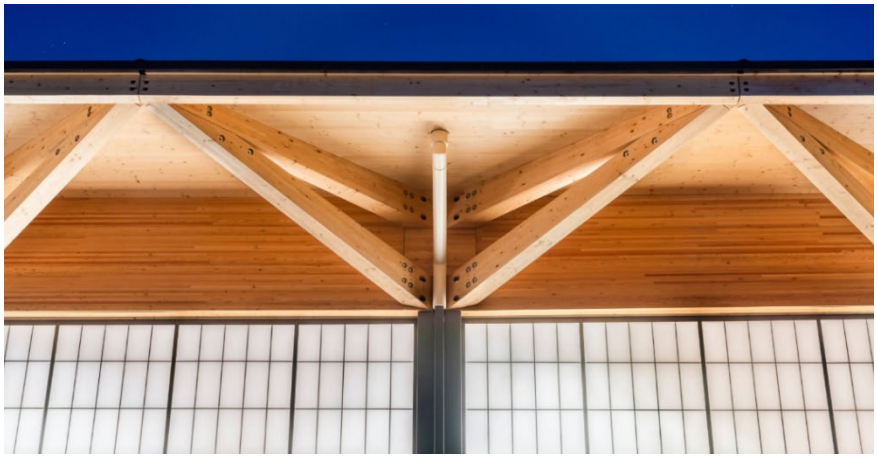


Abbildung 11: Randachse mit gedämmten und verkleidetem 200mm Träger (Dreischichtplatte in BSH Optik)

2.8. Sportboden aus Glas

Abseits des Holzbaus ist bei diesem Projekt der Sportboden aus Glas eine Besonderheit. Die 2x3m großen Glaselemente wurden auf einer Schwingbodenkonstruktion montiert. Darunter befinden sich LED Markierungslinien. Anstatt dem üblichen Linien-Wirrwarrs in Schulsporthallen wählt man hier seine Sportart mittels Touchscreen aus.
Das Zweischeiben Sicherheitsglas ist geätzt um Spiegelungen und Lichtreflexionen vorzubeugen. Als Rutschhemmung sind Keramikpunkte auf die Oberfläche aufgebrannt.
Es sind verschiedene Glas und Linienfarben möglich und auch Logos kann man mittels LED erleuchten lassen.
Sportböden aus Glas sind quasi «der letzte Schrei aus London» sind jedoch lokaler als man denkt. «ASB glasfloor» haben ihren Sitz in der Nähe des Chiemsees in Bayern.

Abbildung 12: Sportboden aus Glas

3. Resümee

Weit gespannte Dachtragwerke sind der ursprünglichste Zweck des Ingenieurholzbaus. Leider ist es im Sporthallenbau meist nur ein «Dach übern Kopf» ohne gestalterische Aufgabe und ohne finanziellen Spielraum.
Das College und die Architekten von Scott Brownrigg gingen allerdings von Beginn an einen anderen Weg.
Das freigeformte Holzdach war das wichtigste Designelement, es sollte auch von außen betrachtet der Hingucker schlechthin sein.
Diese Ambition für und Konzentration auf unser Gewerk, den Holzbau, spürte man durch den gesamten Prozess, vom Design bis zur Montage.
Das Ergebnis war immer wichtiger als ein budgetäres Korsett.
Dementsprechend war es für WIEHAG eine große Freude Teil dieses Gesamtkunstwerkes zu sein.

Abbildung 13: High five – well done,
Flic Mears (Scott Brownrigg) und Kathi Wiesner (WIEHAG) bei der Firstfeier

Abbildung 14: Außenansicht

Abbildung 15: Innenansicht der Sporthalle

Abbildung 16: Vogelperspektive

Eis- und Trainingshalle HC Davos

Thomas Strahm
neue Holzbau AG
Lungern, Schweiz

Eis- und Trainingshalle HC Davos

1. Am Bau beteiligte

Für die Realisierung anspruchsvoller Tragwerke braucht es ein Team:

Die Bauherrschaft: Der HC Davos ist ein legendärer Eishockeyclub und mit 31 Meistertiteln der Rekordmeister in der Schweiz. Bereits 1979 entstand ein sehr imposantes Holz-Hallendach. Das Eisstadion Davos gilt auch heute noch als die schönste Eishalle der Welt. Schön, dass der Club dem Holz treu blieb und die Trainingshalle von Anfang an in Holz plante.

Architektur: Die Fanzun Architekten AG ist in Graubünden zu Hause. Sie arbeitet als Generalplaner an den verschiedensten Standorten in der Schweiz und hat über 50 Jahre Erfahrung im Bauwesen.

Holzbau: Künzli Holz AG, Davos. Ein Traditionsunternehmen mit 140 Jahren Erfahrung und 180 Mitarbeitenden an 8 Standorten. Der Hauptsitz ist in Davos. Die Künzli Holz AG hat bereits das Eisstadion erstellt und umgebaut. Deshalb ist es fast logisch, dass sie nun auch die Trainingshalle erstellen durften. Sie waren die Projektleiter und haben die anspruchsvolle Konstruktion gebaut, das Team geführt und koordiniert.

Holzbauingenieur: WaltGalmarini AG, Zürich. Ein innovatives Ingenieurbüro, welches in der Lage ist, auch höchst komplexe Bauwerke zu rechnen und umzusetzen. Durch die enge Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen, wie der ETH Zürich oder der Empa Dübendorf, wurden in der Vergangenheit und werden auch aktuell neue Möglichkeiten im Holzbau erarbeitet. Die neusten Erkenntnisse werden sowohl im Hallen- wie im Brückenbau bis hin zu Holzhochhausbauten umgesetzt.

Tragwerkslieferant: Die neue Holzbau AG, Lungern (n'H) ist spezialisiert in der Herstellung von Holztragwerken im Ingenieurholzbau. Neben einem Holzleimbau, welcher Brettschichtholz aus Nadelholz und Laubholz produziert, bietet die GSA-Technologie (eingeklebte Anker) ein leistungsfähiges Verbindungsmittel. Bei der Trainingshalle Davos beschäftigten wir uns insbesondere in der Detailstatik (Anschlüsse) sowie mit der finalen Dimensionierung der Primärbauteile.

Abbildung 1: Trainingshalle HCD Foto: Fazun AG Architekten Ingenieure Berater

2. Konstruktion

Die Halle hat eine Grundfläche von 65 m x 45 m und wurde über dem bestehenden Ausseneisfeld direkt neben dem berühmten Eisstadion Davos errichtet. Das Gebäude wurde als geschlossene Halle ohne zusätzliche Infrastruktur realisiert. Sowohl Toiletten, Garderobe als auch die Eisaufbereitung werden vom Eisstadion benutzt.

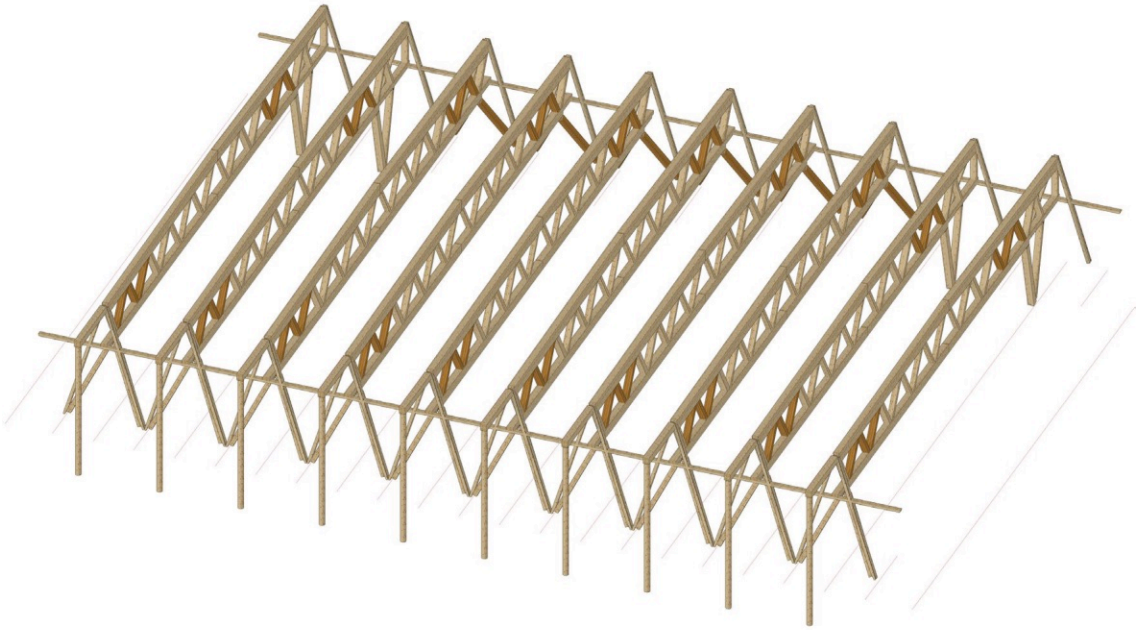


Abbildung 2: Traggerippe

Die Trainingshalle ermöglicht ein ganzjähriges Eistraining und dient auch für Spiele des Nachwuchses. Die Fassade besteht aus beplankten Polykarbonat-Elementen. Dies ermöglicht tagsüber eine Tageslichtbeleuchtung, in der Nacht leuchtet die kubische Konstruktion. Das Primärtragwerk besteht aus 10 Holz-Fachwerken, welche beidseitig auf je zwei Strebenböcken aufliegen und das Eisfeld wie auch die Tribüne über 41 m stützenfrei überspannen. Die 4.2 m hohen Fachwerke bilden gemeinsam mit den Strebenböcken ein Rahmentragwerk. Die Rahmenwirkung in die eine, die Strebenanordnung in die andere Richtung ermöglichen eine Aussteifung der Halle in Quer- und Längsrichtung. Die Rahmentragwirkung führt zudem zu einer Reduktion des Moments in Feldmitte und ist als statisch unbestimmtes System robuster als ein einfacher Balken. Jeweils zwischen den letzten zwei Fachwerkträgern sind (beheizte) Galerien eingehängt. Die eine wird fürs Off-Ice Training, die andere fürs Goalie-Training genutzt.

3. Herausforderungen

3.1. Geometrie und Einwirkungen

Für den Neubau der Trainingshalle sollten möglich viele Strukturen des bestehenden Ausseneisfeldes wiederverwendet werden. Das waren zum Beispiel die Eisplatte, die Unterkonstruktion der Tribüne, sowie die Fundationen des bestehenden Sonnenschutzsystems und damit auch dessen Achssystem. Wesentliche Abmessungen wie Gebäudehöhe und lichte Innenhöhen waren in der funktionalen Ausschreibung strikt vorgegeben. Zudem wurde viel Wert auf den architektonischen Gesamtausdruck gelegt. Gewünscht waren zudem nicht zu grosse Querschnitte.
Davos liegt auf 1540 m.ü.M. Neben der beträchtlichen Schneelast von 6.30 kN/m^2 (charakteristisches Niveau) hat die Trainingshalle einen Flachdachaufbau und eine PV-Anlage, demnach mit 2.80 kN/m^2 auch relativ grosse Auflasten. Schliesslich hat das Tragwerk im Bereich der Galerien 30 Minuten Feuerwiderstand zu gewährleisten. Diese Vorgaben machten das Bauvorhaben zu einer spannenden Herausforderung für die Ingenieure.

3.2. Eishallenklima

Das Reglement gibt die folgenden geometrischen Abmessungen vor, welche eingehalten werden müssen: Bis zur Unterkante des Dachs braucht es mindestens 7.0 m, die direkte Distanz bis zur Unterkante der Tragkonstruktion (Träger) muss mindestens 6.0 m betragen. Ein Hockeyfeld ist von den Abmessungen reglementiert und hat in Europa eine Länge von 60 m und eine Breite von 30 m, was eine Eisfläche von 1800 m^2 ergibt. Pro Eisreinigung werden ca. 800 l Wasser verwendet, ca. 80 l davon verdunsten. Pro Spiel gibt es 4 bis 5 Eisreinigungen. Die Sportler schwitzen in zwei Stunden Spielzeit ca. 2 l je Spieler. Bei 45 Spielern ergibt dies weitere 90 Liter. Ohne Zuschauer muss davon ausgegangen werden, dass pro Spiel ca. 410 l Wasser verdunstet und von der Raumluft aufgenommen wird. Zusätzlich zum Feuchteeintrag werden die dem Eis zugewandten Oberflächen aufgrund des Strahlungsaustausches einige Grad kälter als die Raumtemperatur, was die Gefahr von Kondensatbildung zusätzlich erhöht. Die Feuchteschwankungen sowie die Möglichkeit von Tauwasserbildung, sind für Holzbauten nicht ideal und müssen in der Planung berücksichtigt werden. Je kleiner das Hallenvolumen, desto weniger Luft steht für die kurzzeitige Feuchteaufnahme bereit. Dieser Umstand führte beim vorliegenden Projekt zum Einbau einer Entfeuchtungsanlage, damit es sowohl für die Sportler wie auch für das Holz nicht zu feucht ist.
Die Konstruktion wurde mit einer digitalen Bauwerksüberwachung ausgestattet. Die Resultate der Holzfeuchtemessungen zeigen, dass die künstliche Entfeuchtung in dieser Hallengrösse zwingend erforderlich ist. Bei einem Ausfall der Anlage gingen die Holzfeuchten (zumindest oberflächlich) innert kürzester Zeit in die Höhe. Die Einteilung in die Feuchteklasse 2 nach Norm SIA 265 (Holzfeuchte 12-20%) ist gerechtfertigt. Dabei werden die Tragwiderstände mit 0.8, die Steifigkeitswerte mit 0.9 abgemindert.

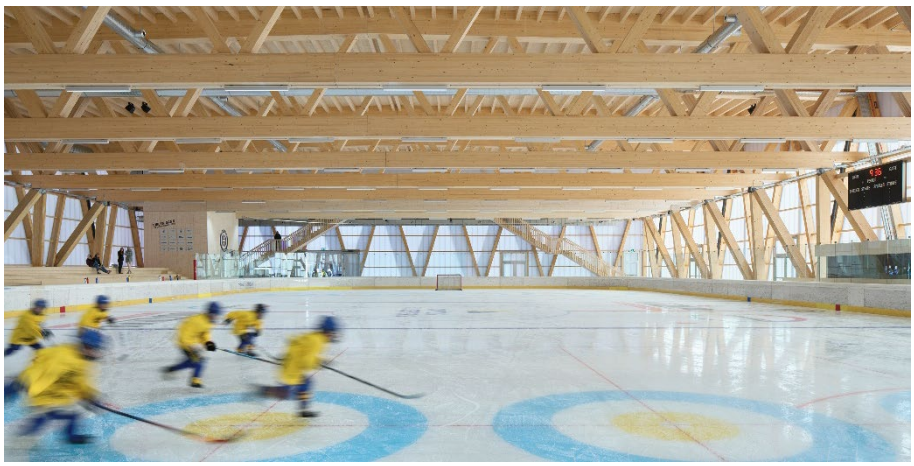


Abbildung 3: Innenansicht Foto: Fazun AG Architekten Ingenieure Berater

3.3. Schwingungen

Jeweils zwischen den ersten zwei Fachwerken sind zwei Galerien eingehängt. Die Decke der Galerien liegt auf Höhe Untergurt. Die Trainingshalle wird so am Anfang und am Ende zum Zweigeschosser. Demnach ist das Fachwerk nicht mehr nur ein «Dachträger», sondern dient auch als «Deckenunterzug». Neben der brandschutztechnischen Einstufung werden daraus auch Anforderungen an die Eigenfrequenzen der Fachwerke gestellt. Bei der zur Verfügung stehenden Höhe (Fachwerkhöhe 4.2 m) und einer Spannweite von 37.8 m war der nach Norm SIA 260 geforderte Richtwert (Turn- und Sporthallen) von $f > 8$ Hz nicht möglich. Die FE-Modellierung errechnete eine Eigenfrequenz von $f = 5.5$ Hz. Dies wurde in der Nutzungsvereinbarung als akzeptabel festgehalten. Das dynamische Verhalten wurde im Nachgang durch ein Spezialbüro untersucht, um Erfahrungen zum Schwingungsverhalten von solchen Strukturen zu gewinnen. An je drei Punkten in der Galerie sowie an einem «reinen Dachträger» wurden Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Genauigkeit der Berechnungen war sehr gut. So haben die Messungen in der

Galerie eine Eigenfrequenz von 5.47 Hz und eine Dämpfung von 1.6% ergeben. In der Praxis sind die Schwingungen für eine Person sicher spürbar, allerdings reichen die Anforderungen für die definierte Nutzung aus.

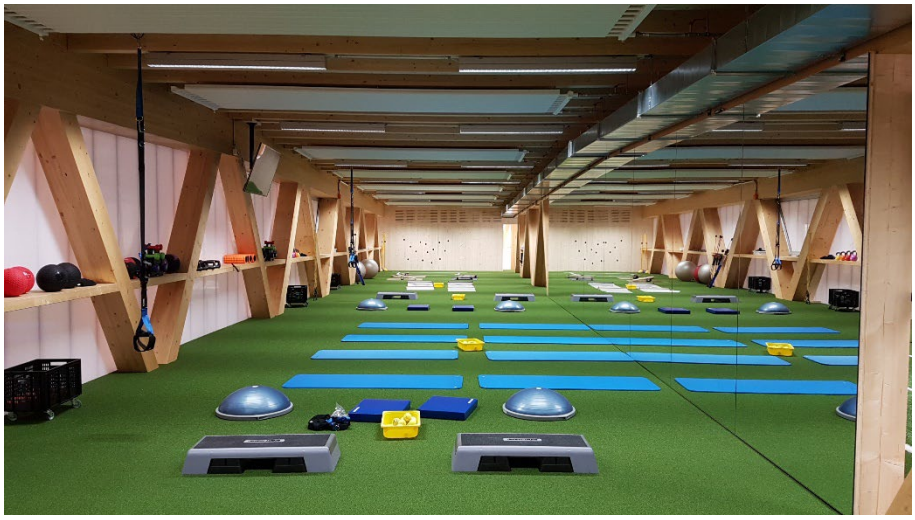


Abbildung 4: Innenansicht Galerie: Foto Künzli Holz AG

4. Fachwerke

Aus ingenieurtechnischer Sicht wohl die interessantesten Bauteile sind die 10 Holz-Fachwerke mit einer Länge von 41 m und einer mittleren Höhe von 4.2 m. In einem Stück waren diese von Lungern OW nach Davos GR (durch die halbe Schweiz) nicht zu transportieren. Die Ausbildung als Rahmen mit der Auflagerung auf den A-förmigen Innenstreben führte dazu, dass aussen in der Fassade die Zugkräfte über ein Zugband verankert werden mussten.

Abbildung 5: Fachwerktransport Foto Künzli Holz AG

4.1. Fachwerke System GSA

Die Aufgliederung des Querschnitts zu einem Fachwerk bietet sich in einer Eishalle besonders an. Da das Holz so vorwiegend auf Zug und Druck parallel zur Faser beansprucht wird, kann sowohl die Festigkeit wie auch die Steifigkeit des Materials voll ausgenützt werden. Die Querschnitte bleiben klein, die im Bauteil benötigten m^3 können reduziert werden. Auch lassen sich die Streben den jeweiligen Beanspruchungen anpassen. Mittels gezielten Einsatzes von Laubholz können Fachwerke bis zum höchsten Lastniveau optimiert werden. Hierfür wird allerdings ein leistungsfähiges Verbindungsmittel wie die GSA-Technologie (Verbindung mit eingeklebten Gewindestangen) benötigt. Um die Problematik in den Fachwerkknoten besser zu verstehen wurden im n'H-Labor fast 100 Fachwerkknoten geprüft und ausgewertet. Die Ergebnisse aus den Versuchen halfen uns, eine Bemessungssoftware für Fachwerke zu erstellen. Neben der Dimensionierung der Querschnitte

(Gurten/Steben) lassen sich automatisch die passenden Ankerbilder generieren. Als Herzstück ist das Tragmodell enthalten, welches im Fachwerkknoten den Ausgleich der Anschlusskräfte zwischen den Ankerreihen nachweist. Ausgehend von der Darstellung nach Gehri (SAH-Tagung 1996) wird die auftretende Rollschub-Beanspruchung der Tragfähigkeit des Gurtmaterials gegenübergestellt. Dabei wird der Grösseneinfluss auf die Festigkeit berücksichtigt und die wirksame Fläche anhand der tatsächlichen Geometrie ermittelt. Dieses Tragmodell lässt sich auch allgemein zur Abschätzung des Gruppeneinflusses bei Anschlüssen quer zur Faserrichtung mit mehreren eingeklebten Stangen verwenden (Blockausziehen). Der Nachweis im Fachwerkknoten wird besonders beim Zusammenspiel von verschiedenen Materialen (Gurt in BSH Fichte/Strebe in BSH Esche) massgebend. Die GSA-Software ist mit Dlubal RSTAB gekoppelt und gibt nach finaler Bemessung die Daten direkt in ein Cadwork 3D-Modell weiter. Wir können so alle Informationen der Statik ohne Verlust in die Arbeitsvorbereitung weitergeben und erheblich Zeit einsparen. Denn das generierte Modell enthält neben den Querschnitten und Ankern auch allen Bearbeitungen (Bohrungen für die GSA sowie Entlüftungslöcher).

4.2. Fachwerkstoss

Die Fachwerke sind in Feldmitte komplett gestossen. Die Stoss-Druckkräfte im Obergurt konnten relativ einfach über einen GSA-Vergussstoss gelöst werden. Dieser Montagestoss mit eingeklebten GSA-Bügeln, die auf der Baustelle durch einen Querstab mit Mörtel verbunden werden, ermöglicht auch die Aufnahme von gewissen Bautoleranzen.
Etwas schwieriger wurde es, die grossen Zugkräfte im Untergurt zu verbinden. Die Zugkräfte auf Bemessungsniveau liegen bei 3300 kN. Mit den gewünschten Holzquerschnitten reichte die Leistungsfähigkeit des GSA-Vergussstosses an diesem Punkt nicht aus. Die Verbreiterung der Träger war nicht erwünscht. Eine Erhöhung des Untergurts geht bei fixierter Gesamthöhe immer zu Lasten der statisch wirksamen Höhe. Aufgrund der dadurch wachsenden Normalkräfte erwies sich auch diese Option als Sackgasse. Gelöst wurde das Problem mit einem Vorspannkabel. Dabei werden Stahl-Litzen durch das zugbeanspruchte Teil des Tragwerks geführt (Untergurt) und gespannt. Die entstehenden Druckspannungen erhöhen dabei die Zugtragfähigkeit des Gurtes. Der Holzquerschnitt wird dadurch deutlich entlastet und kann «filigraner» ausgeführt werden. Auch muss im Stoss nicht die gesamte Kraft mit Verbindungsmitteln angeschlossen werden. (ca. ¼ der Zugkraft wird über die Vorspannung überdrückt). Zu beachten und sorgfältig zu planen ist allerdings die Vorspanneinrichtung. Die Zugänglichkeit der Vorspannpressen wie auch der zeitliche Ablauf müssen bei der Planung berücksichtigt werden. Zudem muss das Auflagerstahlteil eine Druckplatte für die Endverankerung der Stahl-Litzen haben.

Abbildung 6: Verankerung Stahl-Litzen Foto Künzli Holz AG

5. Schlussbemerkung

Obwohl schlicht und auf das Wesentliche reduziert, erfüllt die HCD Trainingshalle die definierten Anforderungen. Die hohen Lasten kombiniert mit der grossen Spannweite und den zur Verfügung stehenden Abmessungen machen diesen Bau auch aus ingenieur-holzbautechnischer Sicht interessant. Obschon komplett anders, ergänzt die Trainings-halle optisch das Eisstadion Davos optimal.
Der HCD beendet seine 100. Saison (2021/22) auf dem Platz 5, qualifiziert sich für die Champions Hockey League und den Playoff Halbfinal. Gegenüber der Saison 2020/21 ist dies sportlich eine grosse Steigerung und wir denken, dass der Erfolg auch ein wenig an der neuen Trainingshalle liegt.

Abbildung 7: Fachwerkmontage Foto Künzli Holz AG

Künzli Holz AG: www.kuenzli-davos.ch

WaltGalmarini AG: www.waltgalmarini.ch

neue Holzbau AG: www.neueholzbau.ch

GSA Technologie: www.gsa-technologie.ch

Wassersportzentrum Olympische Spiele in Paris

Anna Kulzer
schlaich bergermann partner
Stuttgart, Deutschland

Wassersportzentrum Olympische Spiele Paris

Das Wassersportzentrum für die Olympischen Spiele 2024 entsteht in direkter Nachbarschaft zum Stade de France im Pariser Vorort Saint-Denis.

Abbildung 1: Gesamtansicht des Wassersportzentrums

Die Besonderheit des Entwurfs liegt in der effizient gestalteten Form des Daches, das durch die Verwendung einer Hängedachkonstruktion aus Brettschichtholz zum einen mit einer Dachaufbauhöhe von weniger als einem Meter eine Spannweite von fast 90 m überbrückt und zum anderen das Luftvolumen der Arena und somit den Energieverbrauch des Gebäudes im Betrieb minimiert.
Nach der Fertigstellung gehört das Wassersportzentrum weltweit zu den größten in Holzbauweise ausgeführten Sportstätten und stellt gleichzeitig einen neuen Weltrekord für weitgespannte Holzkonstruktionen auf.

1. Projektbeschreibung

Das Wassersportzentrum in Saint-Denis ist die größte Sporteinrichtung, die für die Olympischen Spiele 2024 errichtet wird. Nach den Spielen soll sie für Nutzungen wie Wellness, Indoor-Fußball und Klettern erweitert werden.
Der Entwurf des Gebäudes stammt aus der Feder der Architekturbüros Venhoeven CS und Ateliers 2/3/4, in Zusammenarbeit mit den Tragwerksplanern von schlaich bergermann partner aus Paris. Gebaut wird das Projekt von den Baufirmen Bouygues Construction und der Holzbaufirma Mathis.

Abbildung 2: Innenansicht des Wassersportzentrums

Abbildung 3: 3D-Modell des Wassersportzentrums

In der Haupthalle des Gebäudes, in der sich das 50 m Schwimmbecken befindet, haben ca. 6000 Zuschauende Platz. Nach den Olympischen Spielen werden die Sitzplätze auf ca. 2500 reduziert, um Platz für andere Events und Nutzungen zu machen.

Überdacht wird das Gebäude von einer Hängedachkonstruktion aus Holz.

1.1. Architektur

Die Dachform des Wassersportzentrums orientiert sich hauptsächlich an der Geometrie der Nutzfläche, das heißt den lichten Höhen über Schwimmbecken und Tribünen. Dadurch entsteht eine konkave Geometrie, der das Tragwerk aus einer Hängekonstruktion perfekt folgt.
Zwei Hauptaugenmerke wurden beim Entwurf des Daches gelegt: Das Luftvolumen der Schwimmhalle sollte minimiert werden, um die Energiekosten gering zu halten, und das Baumaterial sollte sowohl einen geringen Materialverbrauch aufweisen als auch umweltfreundlich sein, was durch den Einsatz von Holz erreicht wurde.

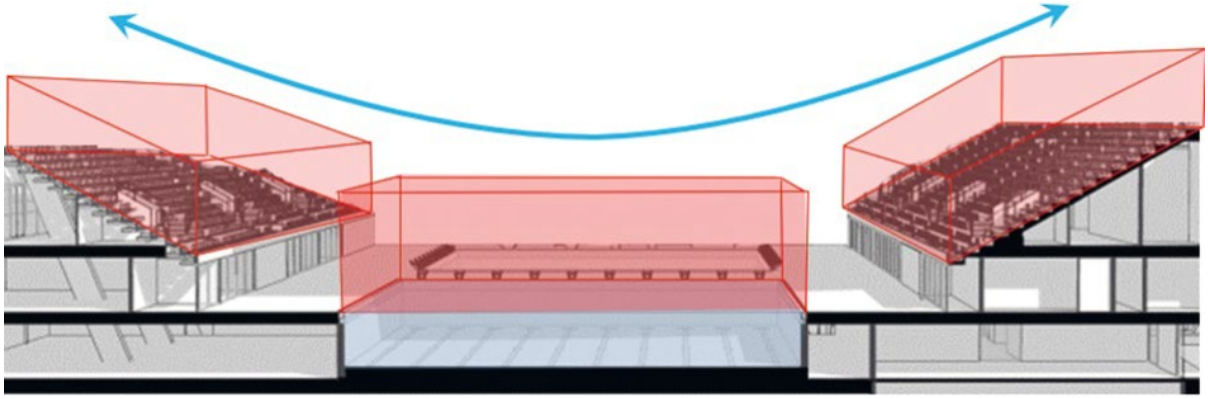


Abbildung 4: Regelquerschnitt des Wassersportzentrums mit den einzuhaltenden Lichtraumprofilen über den Sitzreihen und dem Becken

Wichtig war ebenfalls die Umnutzbarkeit des Gebäudes, das nach 2024 um einen Wellness- und Fitnessbereich, sowie eine Kletterhalle erweitert werden soll.
Die Schwimmhalle mit einer Grundfläche von fast 10.000m² bleibt aber weiterhin die Hauptnutzung.

1.2. Tragwerkskonzept

Das Dach des Wassersportzentrums besteht aus hängenden Holzträgern aus Gl24h, die alle 1,05 m angeordnet sind und einen Querschnitt von 21x52 cm besitzen. Ihre Spannweite variiert über die Gebäudelänge und beträgt maximal 89 m.
Dabei hat das Primärtragwerk (Stützen und Dachträger) ein Gewicht von ca. 90 kg/m², was im Vergleich zu einer einfachen Stahlfachwerkonstruktion (ca. 100 kg/m²) eine Reduktion des CO2-Fußabdrucks des Gebäudes um ca. 2000 t CO2eq bedeutet.
Die horizontalen Kräfte der Hängeträger werden von waagerechten Fachwerkträgern am Dachrand aufgenommen, die diese in die Zug- und Druckstützen übertragen.
Da sich die Zugstützen im Außenbereich befinden, wurde entschieden, diese als einzige Elemente des Daches (mit Ausnahme der Verbindungen) aus Stahl auszuführen.
Unter Windsog kehrt sich das statische System um, es entsteht ein Bogentragwerk, der Dachrand wird auf Druck belastet, was zum Vorzeichenwechsel der Kräfte in den Stützen führt.
Ausgesteift wird das Dach durch die obenliegende Dachschalung aus Holz und einen seitlich angeordneten Windverband. In Spannrichtung wird das Gebäude durch das Kräftepaar aus Stützen und Abspannung ausgesteift, in Gebäudelängsrichtung sorgen vertikale Windverbände für die nötige Stabilität.

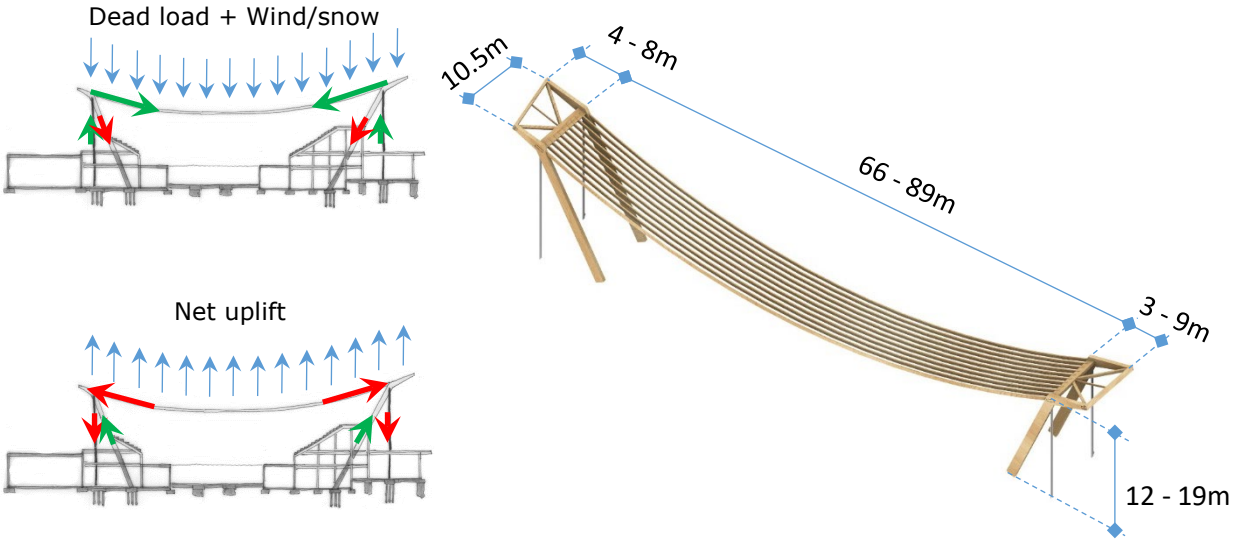


Abbildung 5: Tragwerkskonzept des Daches

Durch die nutzungsoptimierte Geometrie des Daches variieren sowohl die Stützenhöhen als auch die Ausrichtung derselben. Daher unterschieden sich zunächst alle 91 Holzlamellen sowohl in Krümmung als auch in ihrer Länge. Aus diesem Grund wurde die Dachgeometrie optimiert und die Anzahl der unterschiedlichen Holzlamellensegmente konnte um den Faktor 4 verringert werden.

2. Tragwerksuntersuchungen und -details

Für das Projekt wurde zunächst ein detailliertes Windgutachten mit Hilfe einer Windkanalstudie durchgeführt (siehe linkes Bild unten). Dabei stellte sich heraus, dass trotz der Optimierung der Windlasten zum Teil große asymmetrische Lasten und Sogkräfte berücksichtigt werden müssen.
Hängedachkonstruktionen sind besonders effiziente Tragwerke, jedoch reagieren sie sehr empfindlich auf veränderte Rahmenbedingungen und Steifigkeiten.
Beim Wassersportzentrum wurden folgende Faktoren als Einflussgebend identifiziert:

- Steifigkeit des Betonsockels (zwei- bis dreigeschossiges Gebäude),
- mögliche Auswirkungen durch die festen Stahltribünen, die zum Teil auf den Stützen des Dachs ruhen
- Fassaden, die ohne Stützen direkt am Dach aufgehängt sind und auf diese erheblichen Kräfte übertragen
- Veränderung der Steifigkeit der Materialien während ihres Lebenszyklus durch das Kriechverhalten von Beton und Holz.

Abbildung 6: Modell für den Windkanalversuch

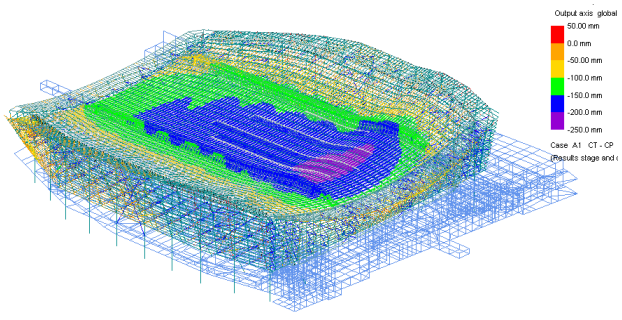


Abbildung 7: Illustration der Verformungsanalyse

Die Anschlussknoten am Dachrand wurden für eine schnelle Montage auf der Baustelle konzipiert: es wurden Stahl-Stahl-Verbindungen mittels Bolzen oder Verschraubung vorgesehen.
Dabei wurde gerade für die großen Knotenelemente die Stabdübelverbindungen zu den Holzelementen bereits in der Werkstatt hergestellt.

Abbildung 8: Fußpunkt der Zugverankerung

Abbildung 9: Knotenanschluss am Kopfpunkt der Stützen

3. Montage

Durch die Verwendung von Holz für das Dachtragwerk war der Vorfertigungsgrad sehr hoch. Dadurch konnte die Montage auf der Baustelle zügig durchgeführt werden.
Die Montagesequenz sah wie folgt aus

- Montage von Stützen/Vordach/Zugelementen am Boden, dann Einhub des Dachsegments mit einem 500-t-Mobilkran
- Errichtung der mittleren Segmente (Verstrebungen) mit provisorischen Abspannseilen
- Errichtung der Stützen von der Mitte hin zu den Seiten (Giebel)
- Montage der Holzfassaden an den geneigten Stützen
- Einhub und Montage von Gurten und Diagonalen der Fachwerkträger für das Vordach
- Montage der Holzlamellen mit zwei provisorischen Stützen in der Mitte der Dachkonstruktion
- Verbindung der Rand-Holzträger durch den Einbau des Mittelteils und schrittweise Montage der Holzbeplankung

Abbildung 10: Montage der ersten Stützen im Frühjahr 2022

Abbildung 11: Montage der ersten Segmente der Hängeträger im Sommer 2022

Abbildung 12: Baufortschritt im Oktober 2022: Einhub des letzten Hängeträgers

Nach dem oben beschriebenen Montageprinzip wirken die Kräfte in den Stützen und Zugstangen während der Bauphase und bis zum freien Spannen der Holzlamellen in umgekehrter Richtung. In diesem Zustand werden die schlanken vertikalen Zugstäbe Druckkräften ausgesetzt und müssen daher mit provisorischen Stützstreben stabilisiert werden.

The ICCU Basketball Arena at the University of Idaho

Erik Warkentin
StructureCraft
Vancouver, Kanada

The ICCU Basketball Arena at the University of Idaho

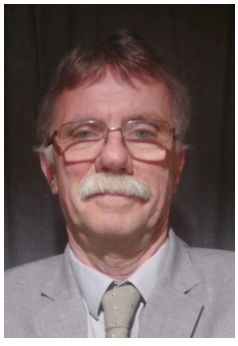
The University of Idaho basketball arena models the use of timber in long-span sports facilities in North America, with the 4,000 seat facility built to home the Vandal's varsity basketball teams and to act as a gathering place for a variety of school and community events. StructureCraft joined the consultant team at concept design as the Structural Engineer of Record for the timber superstructure, taking on responsibility for both gravity and lateral load resisting systems, including seismic design.

The roof is a doubly curved plywood diaphragm supported by hybrid timber/steel trusses, carefully proportioned for both aesthetics and structural efficiency. StructureCraft’s engineering team worked closely with the architect to develop, shape and optimize the curved roof for fabrication and constructability, enhancing the architectural vision, while meeting the numerous constraints and challenges associated with a doubly curved structure.

In the talk, Erik will show how StructureCraft used parametric modelling to optimize the glulam hybrid trusses and panelize the plywood roof diaphragm. Both manufacturing lead times and site duration were a major constraint, so simplification of the geometry and pre-fabrication were used extensively throughout, all while respecting the numerous aesthetic objectives of the architecture.

Pancho Arena, Felcsút

László Pongor
POND
Budapest, Ungarn



Pancho Arena, Felcsút

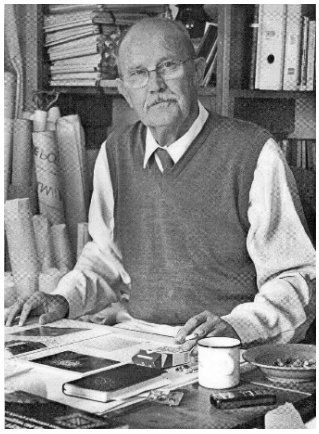
1. Allgemeine Beschreibung

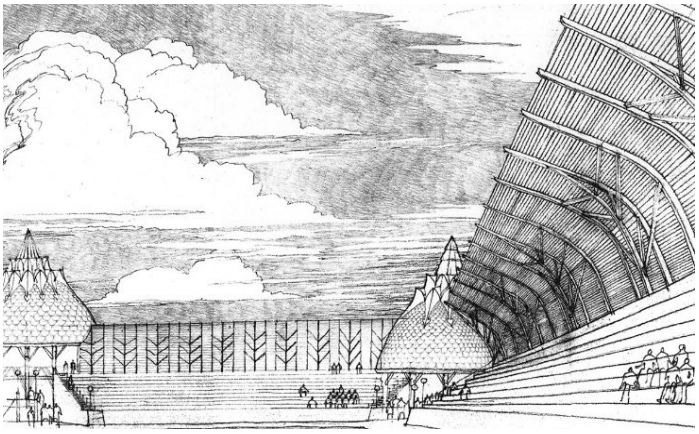
Felcsút ist eine kleine Gemeinde 40 Kilometer westlich von Budapest, der Hauptstadt Ungarns. Seit 2004 beherbergt der Ort das größte Bildungszentrum für aufstrebende junge Fußballer des Landes; eine Institution, die 2006 nach einer der größten Fußballlegenden der Geschichte, Olympiasieger, Europapokalsieger und Weltmeister Ferenc Puskás benannt wurde.
Ferenc Puskás war Kapitän der legendären «Mighty Magyars», «Goldene Mannschaft», einer Mannschaft, die vielleicht am berühmtesten dafür war, England 1953 im Wembley-Stadion mit 6:3 zu schlagen, was als «Match des Jahrhunderts» bekannt wurde. Später wanderte er nach Spanien aus und begeisterte die Fans ein weiteres Jahrzehnt lang als Spieler von Real Madrid mit seinen Fähigkeiten. Außerdem war er dreimaliger Gewinner des Pokals der europäischen Meistervereine, dem Vorläufer der Champions League, und viermaliger Torschützenkönig der spanischen Liga. Er arbeitete auf allen Kontinenten, von Australien bis Chile, von Kanada bis Saudi-Arabien oder Griechenland, und wo immer er hinkam, wurde er schnell für seinen sanften, fröhlichen und großzügigen Charakter bewundert.
Pancho, wie er von seinen Mannschaftskameraden bei Real Madrid genannt wurde, hatte ein hervorragendes Händchen für die Förderung junger Talente. Die Fußballakademie, die seinen Namen trägt, hat sich zum Ziel gesetzt, dieses edle Ziel fortzusetzen. Dieses Versprechen wurde mit dem Baubeginn im Jahr 2008 eingelöst.

Puskás Ferenc, alias «Pancho»

Die Idee einer überdachten Arena entstand nach dem erfolgreichen Bau von ca. 8 Rasen- und Kunstrasenplätzen. Das Management der Akademie beschloss, ein Fußballstadion der UEFA-Kategorie III zu bauen, das für die Ausrichtung ungarischer Ligaspiele und Juniorenturniere sowie jeglicher Art von internationalen Wettbewerben bis zur zweiten Qualifikationsrunde der Europaliga geeignet ist die Champions-League.
Im Gegensatz zu den in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts bevorzugten gigantischen Komplexen, von denen einige mehr als hunderttausend Begeisterte beherbergen konnten, gehen die aktuellen Trends zu kleineren, aber effizienteren und komplexeren Erholungseinrichtungen.
Die Anzahl der Sitzplätze mit 3.400 relativ niedrig und bieten gleichzeitig mehr Komfort als üblich. Sieben Logen im zweiten Stock des Westflügels bieten den Hauptsponsoren vollen Komfort, während den Pressekorrespondenten fünf TV- und Radiokommentat renplätze, ein Pressekonferenzraum für 50 Personen, eine Medientribüne mit 70 Sitzplätzen und mehrere ausgestattete Studios stehen zur Verfügung für hochwertige Live-Übertragungen von Sportereignissen.
Der Sponsor war fest entschlossen, das Konzept der ungarischen organischen Architektur auf den gesamten Gebäudekomplex zu übertragen. Er wollte ein auffälliges Markenzeichen mit einzigartiger Erscheinungsbild schaffen, das auch im internationalen Vergleich herausragt. So war die Verwendung spezieller und ungewöhnlicher Materialien nicht nur eine Laune, sondern eine ausdrückliche Forderung.

Die ersten Skizzen der Stadionpläne wurden von Imre Makovecz angefertigt, der als Schöpfer der organischen Architektur in Ungarn zu einem weltberühmten Architekten wurde. Nach seinem Tod im Jahr 2011 übernahm die Arbeit Tamás Dobrosi, einer der besten Jünger und Mitarbeiter von Makovecz, und führte die Planung fort.





Makovecz Imre – der Meister

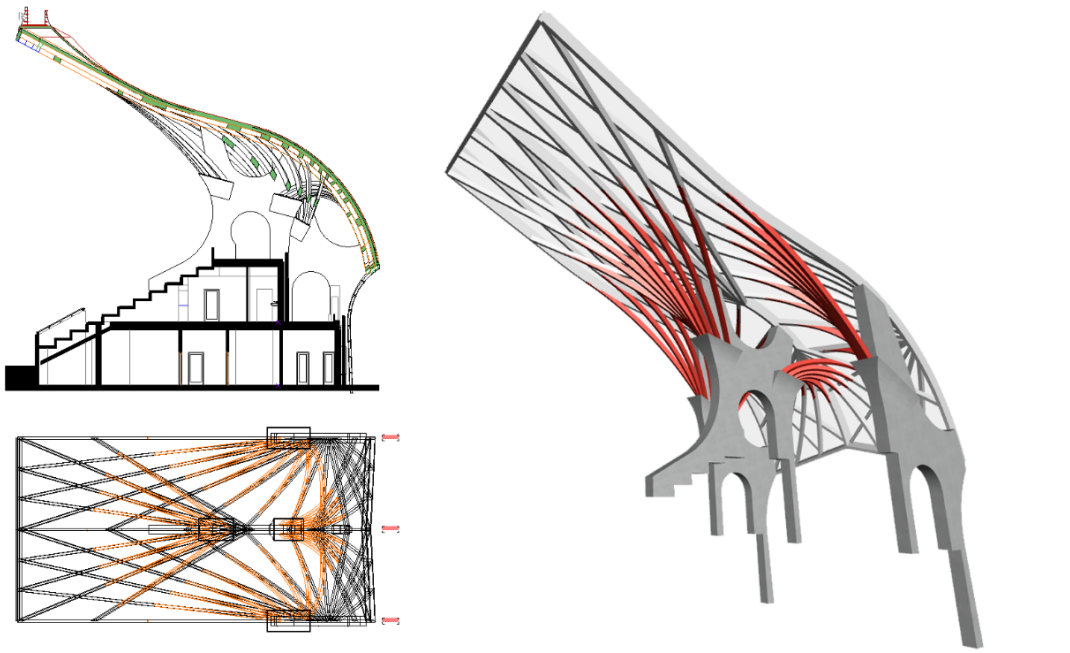
Dobrosi Tamás – der Jünger

Das von Stahlbetonpfeilern ausgehende Holzfachwerkdach spannt sich über die Tribünen wie das Blätterdach der Baumreihe über einer Lichtung. Das zugrundeliegende Konzept bestand darin, ein Bauwerk zu errichten, das aufgrund seiner eigenen inneren Logik und seines klaren statischen Systems einzigartig und außergewöhnlich ist, indem es die rationale Tendenz der zeitgenössischen ungarischen Stadionarchitektur mit komplexeren Formen und Strukturen in einem innovativen Kontext verbindet.
Das Gebäude wurde nach den Prinzipien der organischen Architektur entworfen, mit den Worten von Makovecz: «Die Aufgabe des Gebäudes ist es, den Himmel mit der Erde zu verbinden».

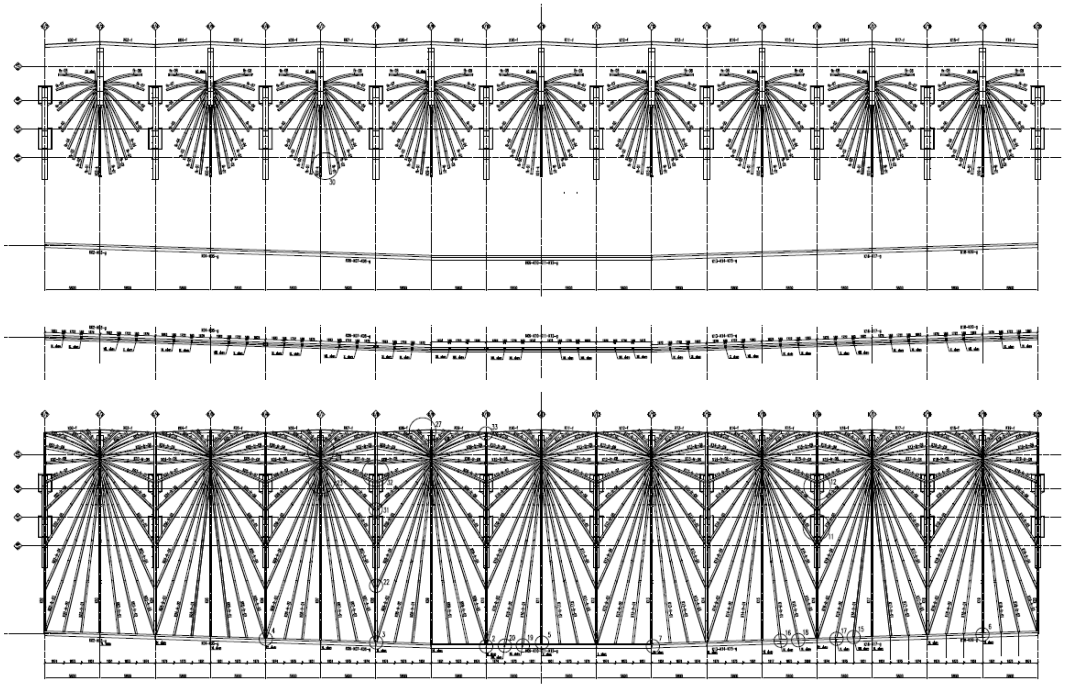
Perspektivisches Bild des Stadions

2. Entwurfskonzept der Struktur, Entwurfsprozess

Ziel war es, ein Dachtragwerk mit organischem Charakter zu entwerfen, das im Gegensatz zum konventionellen Hauptträger-Nebenträger Tragsystem das räumliche Kräftespiel auf spektakuläre Weise darstellt, festigkeitsmäßig homogen ist und bei dem die wirkenden Kräfte relativ gleichmäßig verteilt sind.
Der Entwurf der Struktur war ein mehrstufiger Prozess. Zuerst wurde ein 3D-CAD-Modell der Holzkonstruktion aufgestellt von dem Architekten. Aufgrund der exakten Konturierung nach dem geometrischen Konzept hatten fast alle gebogenen Holzbalken unterschiedliche Biegeradien, was die Herstellungskosten sehr erhöhte. Deswegen wurden in einem zweiten Schritt die Elemente mit nahezu identischen Biegeradien standardisiert, woraus das Modell neu aufgebaut und die endgültigen Elemententwürfe erstellt wurden.



3D-Modell

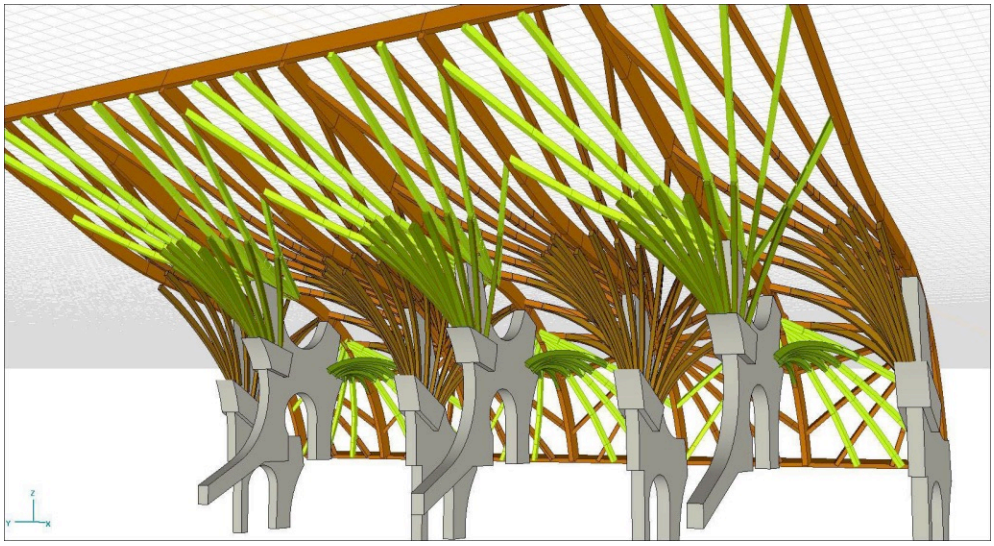


Dachstuhlplan

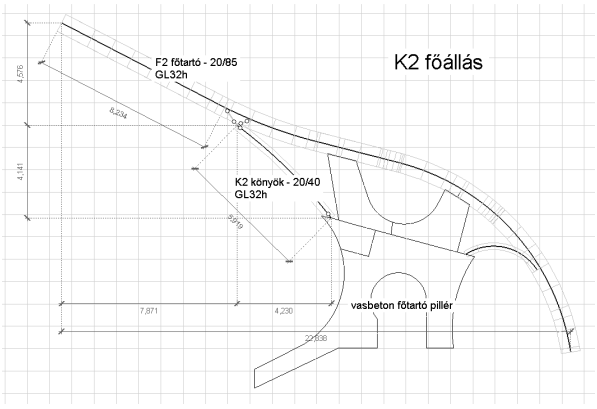
Parallel dazu wurden statische Berechnungen durchgeführt, um die Querschnitte der Balken zu bestimmen, wobei das Dach als räumliches Stabwerk modelliert wurde.

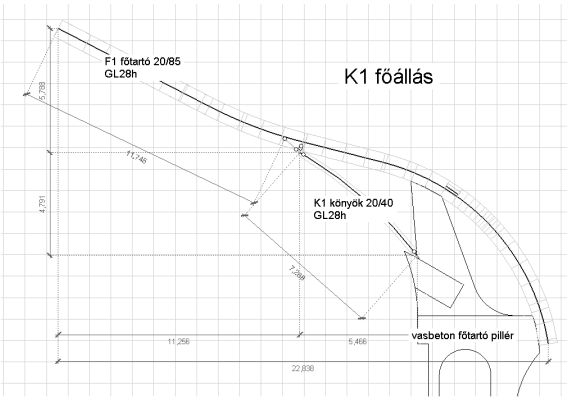
3. Statik

Aus statischer Hinsicht handelt es sich bei der Dachkonstruktion der Tribüne um einen Holzkonsole mit einer maximalen Auskragung von 13,2 m, der mit eingespannten Stahlbetonwandpfeilern verbunden ist.
Die Konstruktion hat ein zusammengesetztes räumliches Kräftespiel: die großen Hauptträger und die dazwischen gespannten harfenartigen Nebenträger nehmen gemeinsam am räumlichen Kräftespiel teil. Das statische Kraftspiel ist grundsätzlich freitragend: die Elemente im unteren Bereich (also die Schrägstäbe und die unteren Elemente der Gitterschale) sind gedruckt, und die Hauptträger und oberen Gitter-element sind Zugkräfte bzw. Biegungsmoment belastet.



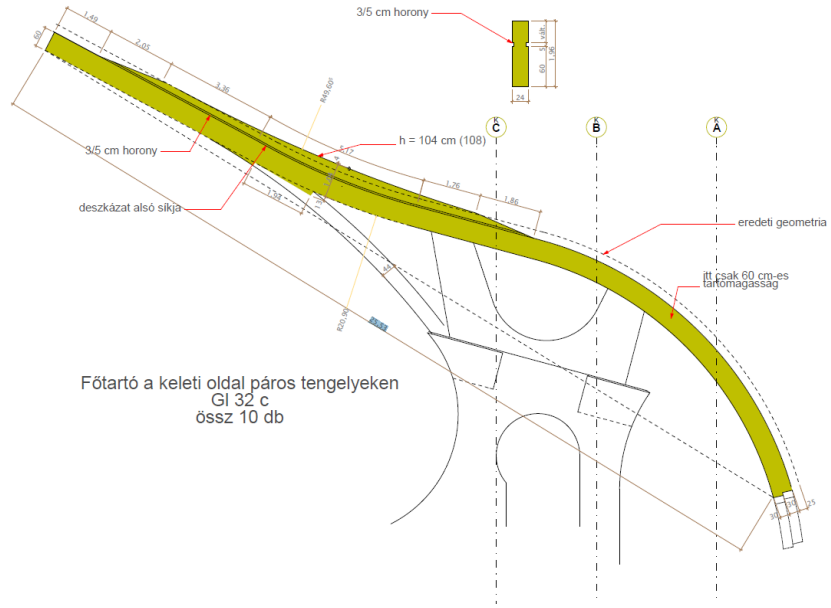
Die Stahlbetonpfeiler sind im Abstand von 6,2 m in zwei Reihen angeordnet, um die Stabilität der Unterstützung zu gewährleisten. Die erste Pfeilerreihe (K2) stützt den gedrückten Bereich der Konsole, während die zweite, hintere Pfeilerreihe (K1) verankert den gezogenen Bereich.

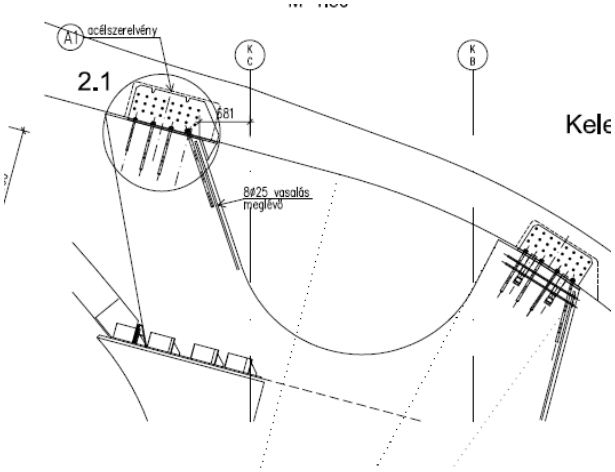


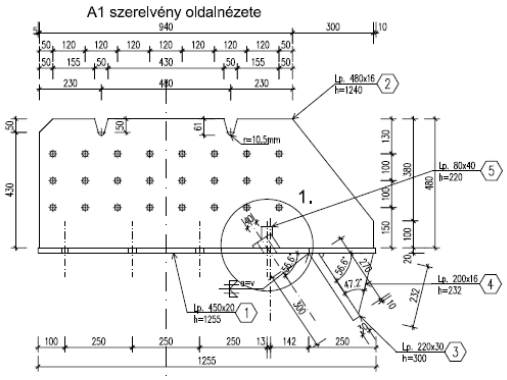


Die Hauptstützen der Dachkonstruktion sind große Leimbinder auf den Stahlbetonpfeilern, die in ihrer Ebene von einem schrägen, gebogenen Bogenträger gestützt werden, der von der Seite des Pfeilers ausgeht. Die Dachfläche besteht aus einem «Schalengitter» aus sich kreuzenden Trägern, die zwischen den Hauptträgern eingesetzt sind und deren Elemente von gedruckten schräge Trägern getragen werden, die von den Stahlbetonpfeilern ausgehen. Die horizontale Steifigkeit der Dachkonstruktion wird durch die sich radial in alle Richtungen erstreckenden Stützen aus starren Stahlbetonstützen deutlich gewährleistet.
Die Größe der Hauptträger an den primären, stärker beanspruchten Hauptpositionen beträgt 24/64 bis 104 cm, mit einem je nach Beanspruchung variierenden Querschnitt. Der

Querschnitt der Sekundärstützen beträgt 20/64 cm. Die Querschnitte der schräge Stützen betragen 24/44 cm und die der Gitter 18/30 cm.







4. Verwendung von Materialien, strukturellen Verbindungen

Die Dachkonstruktion besteht aus verleimtem Sperrholz, Qualität GL28 oder GL32. Der Großteil der Holzbinder wurde in Österreich hergestellt, ein kleiner Teil in Ungarn. Für die Dachkonstruktion wurden insgesamt ca. 2000 m^3 gebogene Brettschichtholzbinder verbaut.

Produktion der Hauptträger

Stahlbeschag

Löcher und Schlitze für die Knotenverbindungen an den Hauptträgern wurden mittels CNC-Bearbeitung vorgebohrt. Die Elemente wurden in der Fabrik nach den Fertigungszeichnungen maßgenau hergestellt.
Die Holzbalken sind mit den Stahlbetonpfeilern durch Stahlbeschläge verbunden. Die Beschläge werden mit Gewindestangen von 36 mm Durchmesser an den Stahlbetonpfeilern befestigt, nachträglich bis zu einer Tiefe von 1,5 m gebohrt und mit HILTI-Harzkleber verschraubt. Die Hauptträger werden mit den Stahlbeschläge durch Stabdübeln befestigt. Im Falle höheren Knotenkräften werden die Holzbauteile miteinender durch Stahlplatten, Stabdübel- oder Bolzenverbindungen, im Falle geringere Kräfte durch lange, dünne, diagonal eingesetzte Holzbauschrauben oder Hartholzstifte verbunden.

5. Ausführung

Für die Errichtung des Daches war ein Gerüst erforderlich. Die Strukturelemente wurden einbaufertig an die Baustelle geliefert und oberflächenbehandelt. Die Verbindungen der einzelnen Elemente wurden in ihrer endgültigen Position hergestellt.

Einrüstung des Daches

Einkranung der Elemente e

6. Pancho Arena – Bilder

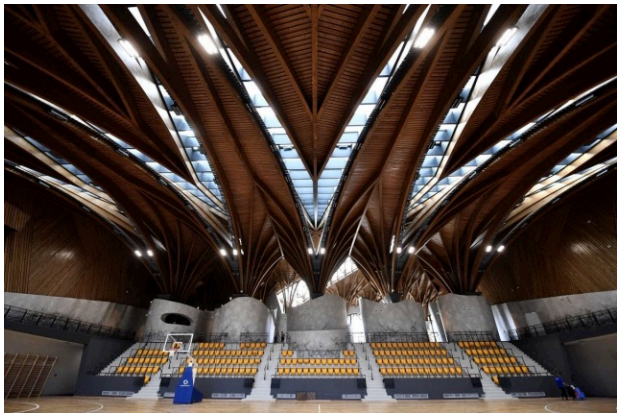
Haupteingang
Eingang für den Zuschauer

Ost-Tribune 1

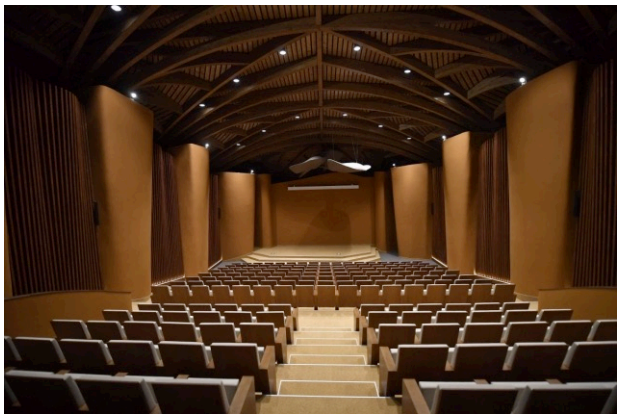
Ost-Tribune 2

7. Epilog

Seit dem Bau des Pancho Aréna wurde die Fußballakademie mit weiteren Einrichtungen ergänzt. Es wurde ein Sportzentrum mit einem 40 m breiten Holzdach, mit zwei Handballplätzen und mit einem Konferenzzentrum gebaut, auch entworfen von Dobrosi Tamás.

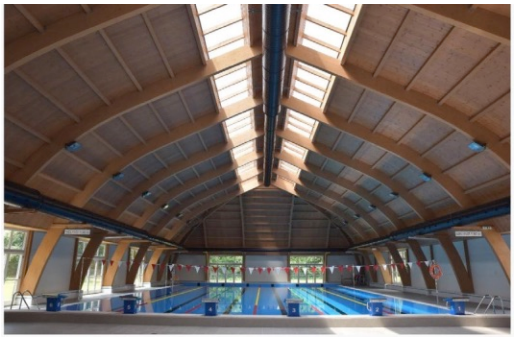


Sportzentrum mit Handballplatz in Felcsút



Konferenzzentrum, Auditorium

In Ungarn werden im Rahmen eines staatlichen Programms mehr als hundert Schulschwimmbäder und Turnhallen gebaut, vor allem in kleinen Dörfern auf dem Lande, entworfen meist von den ehemaligen Kollegen von Imre Makovecz, typischerweise mit Holzdächern.



Schwimmbad

Turnhalle

Block C

Zukunftsfähige Konzepte für den mehrgeschossigen Holzbau

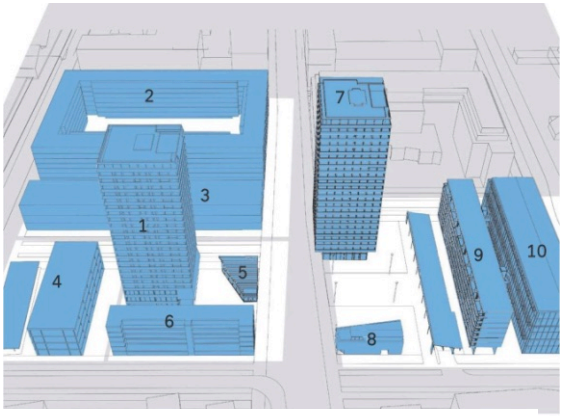
Holz-Hochhaus in Zürich-Regensdorf – Tragwerksentwurf, Variantenstudium, Robustheit

Ivan Brühwiler
B3 Kolb AG
Romanshorn, Schweiz

Holz-Hochhaus in Zürich Regensdorf – Tragwerksentwurf, Variantenstudium, Robustheit

1. Einleitung

Direkt am Bahnhof Regensdorf-Watt entsteht das neue Stadtquartier «Zwhatt» der Anlagestiftungen Turidomus, Pensimo und Adimora. Für «Vielfalt in der Architektur» sorgen namhafte Architekten. Entwickelt wurden acht Gebäude (1. Etappe), darunter zwei Hochhäuser (siehe Abbildung 1). Die Bauherrschaft möchte beim Hochhaus H1 ein Leuchtturmprojekt umsetzen, das hohe Ziele in Städtebau, Architektur, Energie, Gemeinschaft, Mobilität, Betrieb, Zusammenarbeitsmodellen, Vermarktung und Kommunikation erfüllen soll.
Das aus einem Studienauftrag siegreiche Hochhausprojekt H1 (Höhe 75 m) von Boltshauser Architekten setzt dabei auf Holz. Der Sockel nimmt überwiegend gewerbliche Funktionen auf, die Hauptnutzung ist Wohnen. Dem Projekt bescheinigte die Bauherrschaft gemäss Jurybericht unter anderem eine grosse Flexibilität in der horizontalen wie auch vertikalen Organisation der Wohneinheiten – die Wohnungen sind im Raster des Holzbaus überzeugend eingeschrieben. Zudem begeistert der Holzbau nicht nur auf konstruktiver Ebene, sondern auch aus atmosphärischer Sicht in den Wohnungen: man wohnt zwischen oder in der sichtbaren Holzstruktur.



Beispiel eines möglichen Entwicklungsszenarios mit weiteren Etappen

1 Hochhaus H1
2 Superblock
3 Strukturbau
4 Mobilitätshub
5 Corner-Shop
6 Längsbau
7 Hochhaus G
8 Pavillon
9 Querbau mit Loggia
10 Mobilitätshub

Abbildung 1: Übersicht Stadtquartier Zwhatt (linkes Bild, Pensimo Management AG) und Visualisierung Hochhaus H1 (Boltshauser Architekten AG)

1.1. Auszug Projektbeteiligte

Bauherrschaft:	Anlagestiftung Pensimo, Zürich
Architektur:	Boltshauser Architekten AG, Zürich
Landschaftsarchitektur:	Lorenz Eugster Landschaftsarchitektur + Städtebau GmbH, Zürich
Tragwerksingenieure:	INGE «Zwhatt»: B3 Kolb AG, Romanshorn & Schnetzer Puskas Ingenieure AG, Basel
Brandschutzingenieur:	B3 Kolb AG, Romanshorn

1.2. Projektstand

Die Baubewilligung liegt vor, die Submissionspakete für den Massivbau und Holzbau sind vergeben. Derzeit befindet sich das Projekt in der Ausführungsplanung, der Montagestart Holzbau ist auf Mitte 2023 terminiert.

2. Tragwerksentwurf

2.1. Einleitung

Der Tragwerksentwurf wurde im Rahmen des Studienauftrages in interdisziplinärerer Zusammenarbeit zwischen Architektur und Tragwerksingenieuren entworfen, um eine auf die Architektur und Nutzung optimierte und wirtschaftliche Konstruktion zu erzielen. Auch die weiteren Spezialgebiete wie Haustechnik und Bauphysik wurden bereits in dieser Phase beigezogen. Erfahrungsgemäss bestimmt der Entwurf die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit eines Bauwerkes, in den weiteren Planungsphasen nimmt das Optimierungspotential ab. Für ein erfolgreiches Hochhausprojekt in Holz- oder Holzhybridbauweise gilt es bei der Tragwerkskonzeption einige Themenfelder zu beachten, die gegenüber den bisherigen Gebäudetypologien im Holzbau an Bedeutung gewinnen.

2.2. Vertikale Lastabtragung

Beim Tragwerksentwurf wurde viel Wert auf ein klares, übereinanderliegendes Tragraster mit einem einfachen Holz- oder Holzhybridbausystem gelegt, welches eine optimale Trennung von Primär-, Sekundär- und Teritärsystem aufweist und Nutzungsflexibilität für eine grosse Bandbreite an unterschiedlichen Wohnungstypologien bietet.
Diese Ausgangslage führte zur Lösung einer Struktur mit regelmässigem Stützenraster und aufgelegten, vorgefertigten Deckenelementen. Unter Berücksichtigung der Transportmöglichkeiten der vorgefertigten Deckenelemente wurden unterschiedliche Stützenraster untersucht, damit den Bedürfnissen entsprechende Wohnungsgrundrisse möglich sind. Als vorteilhaft erwies sich ein Stützenraster von 3.4 x 7.8 m, wodurch sich die Unterzüge in die Deckenelemente bereits im Werk integrieren lassen und ein zweiachsig tragendes Deckensystem vorliegt. Ein einfaches Tragsystem, bestehend aus zwei Bauteilen: Stützen und Deckenelemente. Mit diesem Ansatz sind sämtliche Holzrahmenbau-Aussenwände wie auch -Innenwände ohne tragende Funktion. Der Regelgrundriss sowie der Stützenraster beziehungsweise die Einteilung der Deckenelemente ist aus Abbildung 2 ersichtlich.
In den unteren drei Geschossen über Terrain mit öffentlicher Nutzung und dem architektonischen Anspruch einer Rückversetzung sowie teilweise aussenliegender Tragstruktur liegt eine Anpassung des Tragsystems vor. Für die Lastumleitung wurden in Abhängigkeit des gewählten Rasters im oberen Bereich ebenfalls unterschiedliche Lösungsansätze gesucht. Als zielführend wurde die Abfangung mit einzelnen geschosshohen Wandscheiben in Kombination mit einem umlaufenden Brüstungsträger erachtet, um statisch sinnvolle und wirtschaftliche Tragelemente zu erhalten (keine Abfangung über Geschossdecke).
Abbildung 3 zeigt das gewählte Tragsystem sowie die Aufteilung der unterschiedlichen Gebäude- und Konstruktionsbereiche. In Abbildung 4 ist das Variantenstudium des Abfanggeschosses für unterschiedliche Stützenraster in den Wohngeschossen dargestellt.

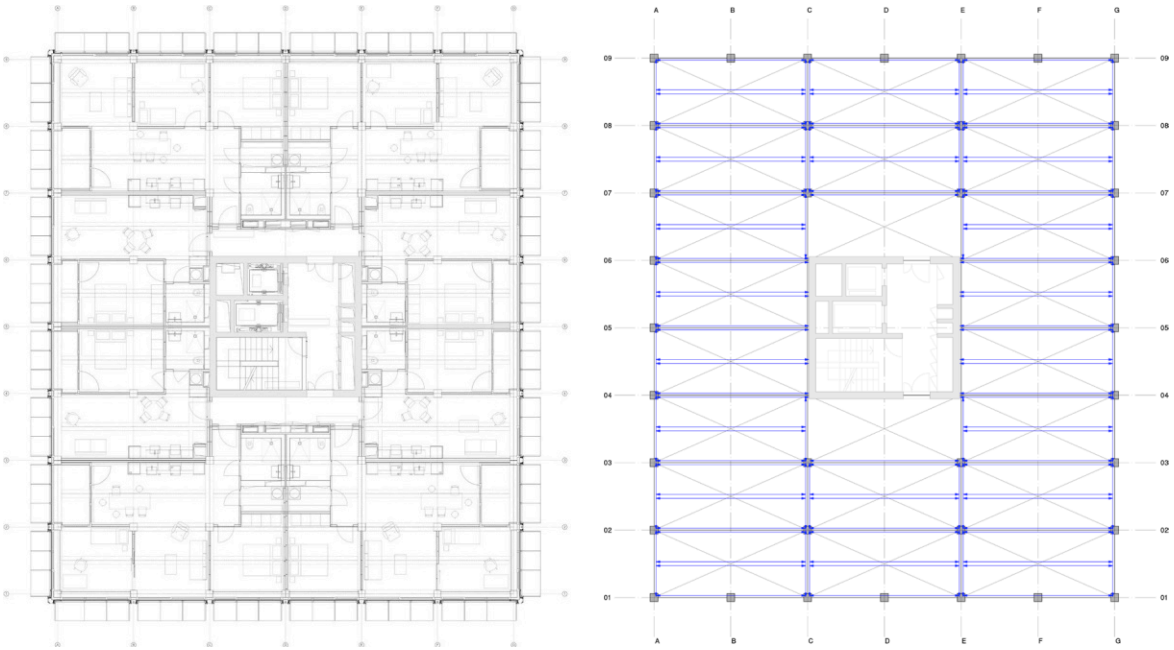


Abbildung 2: Architekturgrundriss Regelgeschoss (linkes Bild, Boltshauser Architekten AG) und Stützenraster (3.4 x 7.8 m) beziehungsweise Einteilung Deckenelemente

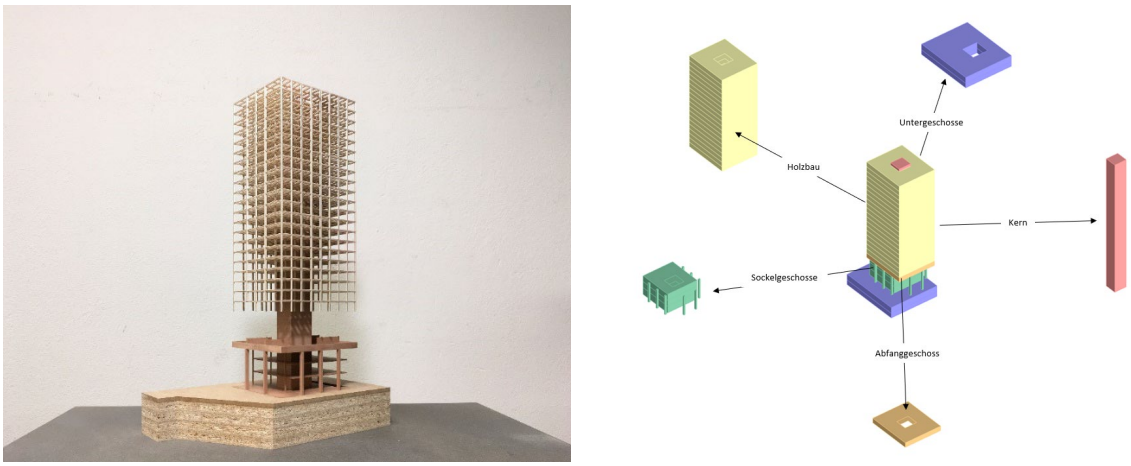


Abbildung 3: Modell Tragstruktur (linkes Bild, Boltshauser Architekten AG) und Aufteilung Gebäude- und Konstruktionsbereiche

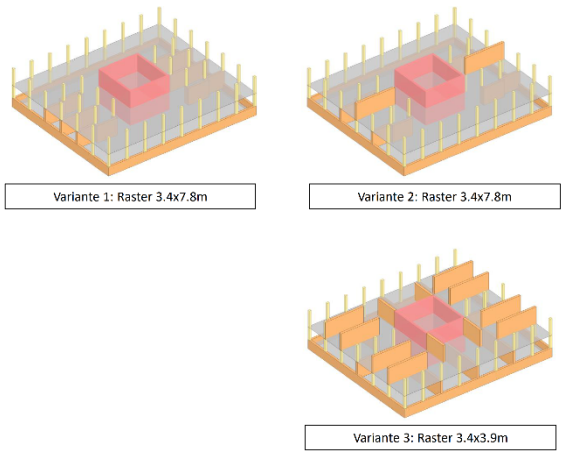


Abbildung 4: Variantenstudium Abfanggeschoss mit unterschiedlichem Stützenraster in den Wohngeschossen

In Bezug auf die Materialisierung fiel die Wahl auf eine Lösung in Holzhybridbauweise, nach dem Motto «jedes Material am richtigen Ort». Während für die Wohngeschosse mit regelmässigem Raster eine Lösung mit Holzstützen und zweiachsig tragenden Deckenelementen in vorgefertigter Holz-Beton-Verbundbauweise als bevorzugte Lösung evaluiert wurde,

erwies sich für die unteren drei Geschosse infolge geändertem Tragsystem sowie den zentrisch angeordneten Erschliessungskern eine Ausführung in Stahlbeton-Bauweise als sinnvoll.
Weitere Informationen zum gewählten Deckensystem sowie der Materialwahl sind in Kapitel 3 zu finden.

2.3. Horizontale Lastabtragung

Für die horizontale Lastabtragung wurden unterschiedliche Ansätze untersucht. Zum einen eine Aussteifung im Bereich der Gebäudehülle mittels Fachwerke, Scheiben, Rahmen sowie «tube in tube-Lösungen», andererseits die alleinige Aussteifung über den zentrisch angeordneten Kern. Als bevorzugte Lösung wurde die Variante mit dem Kern gewählt, damit in den Fassadenbereichen eine höchstmögliche Flexibilität beziehungsweise keine zusätzlichen aussteifenden Bauteile oder infolge einer Rahmenkonstruktion stärker zu dimensionierenden Bauteilen vorliegen. Dies hätte zu Einschränkungen im Bereich der kleinen Wohnungen wie auch der Loggien geführt.
Aufgrund der Schlankheit des Kerns ist zur Einhaltung der horizontalen Schwingungsanforderungen beziehungsweise der Kopfauslenkung infolge von Windeinwirkungen (Gebrauchstauglichkeit) – ohne weitere aussteifende Elemente – nur eine Ausführung in Stahlbetonbauweise sinnvoll. Alternativ wurde in den oberen Geschossen ein Materialwechsel auf Brettsperrholz geprüft. Mit dieser Lösung kann die Anforderung an die Gebrauchstauglichkeit nur mit einem zweigeschossigen Outrigger erfüllt werden (siehe Abbildung 5). Auf ein Materialwechsel wurde aufgrund der zusätzlichen Massnahmen, Kosten und der Systemdurchgängigkeit verzichtet (unterschiedliche Oberflächen, Installationen Brandschutz usw.).

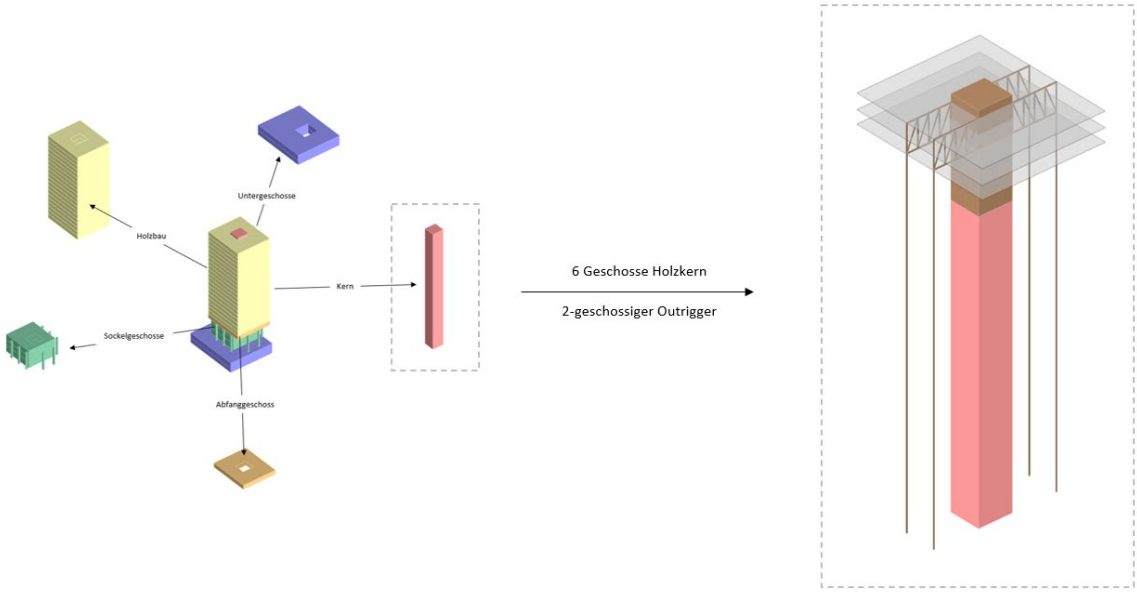


Abbildung 5: Aussteifungskern in den oberen Geschossen mit Holz und zweigeschossigem Outrigger

3. Variantenstudium

3.1. Deckensysteme

Für das definierte Tragraster wurden verschiedene Deckensysteme (Abbildung 6) mittels umfangreicher Vergleichsmatrizen untersucht und auch der konventionellen Stahlbetondecke gegenübergestellt. Die Variantenstudien und Vergleichsmatrizen sowie realisierte Hochhausprojekte zeigen, dass reine Holzlösungen bei Geschossdecken weniger bedeutend sind. Dies hängt mit den geltenden Schweizerischen VKF-Brandschutzvorschriften zusammen, die bei Standardkonzepten mit Löschanlagen sichtbare, linear tragende Holzbauteile im Hochhaus ermöglichen. Flächige Holzbauteile oder solche in baulichen Konzepten ohne Löschanlage sind dagegen als gekapselte Konstruktionen umzusetzen, was durch die Verkleidungsschichten zu unwirtschaftlichen Lösungen führt. Deshalb

setzen sich häufig Geschossdecken aus Holz-Beton-Verbundsystemen (HBV) mit linearen Rippen oder HBV-Decken mit flächigen Holzelementen durch. Bei flächigen HBV-Systemen ist der Tragwerksnachweis für den Brandfall nur mit der Überbetonschicht zu führen. Die HBV-Systeme erfüllen die Anforderungen an Brand- und Schallschutz bereits bei geringen Deckenstärken. Zudem zeichnen sie sich durch den hohen Vorfertigungsgrad sowie die kurze Montagezeit aus, und die Überbetonschicht ist als Abdichtung während der Bauphase nutzbar.

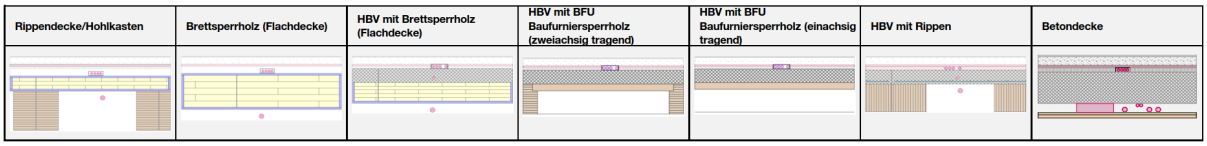


Abbildung 6: Variantenstudium Deckensysteme

Für den vorliegenden Fall erfüllt die Variante «HBV mit Rippen» die gestellten Anforderungen am besten. Damit ist die Tragstruktur im Gebäude sichtbar und spürbar sowie eine hohe Vorfertigung möglich. Abbildung 7 zeigt eine Innenvisualisierung sowie das Strukturmodell eines Deckenelements mit Stützen.

Abbildung 7: Visualisierung Innenräume (Boltshauser Architekten AG) und Strukturmodell Stützen-Decken

Zur Verifizierung und Optimierung des gewählten Systems wurde ein Versuchselement im Massstab 1:1 erstellt (siehe Abbildung 8). Nebst statischen Aspekten wurden auch schalltechnische Messungen für unterschiedliche Bodenaufbauten und Wohnungstrennwandtypen und -anschlüsse untersucht. Aus diesen Erkenntnissen resultieren für die Ausführung einige Optimierungen.

Abbildung 8: Versuch Deckenelement mit unterschiedlichen Bodenaufbauten und Wohnungstrennwandtypen beziehungsweise -anschlüssen

3.2. Anschlussknoten Decken-Stützen

Ein zentrales Element stellen die Knoten zwischen Decken und Stützen dar. In einer breiten Auslegung wurden verschiedene Varianten untersucht, sowohl bereits realisierte Lösungen wie auch neue Ansätze (siehe Abbildung 9). Analog den Decken fand mittels Vergleichsmatrizen eine Bewertung der Knoten nach verschiedenen Kriterien wie z.B. Investitionskosten, Nettoquerschnitt, Kraftdurchleitung, Lasteinleitung, Robustheit, Kosten usw. statt.

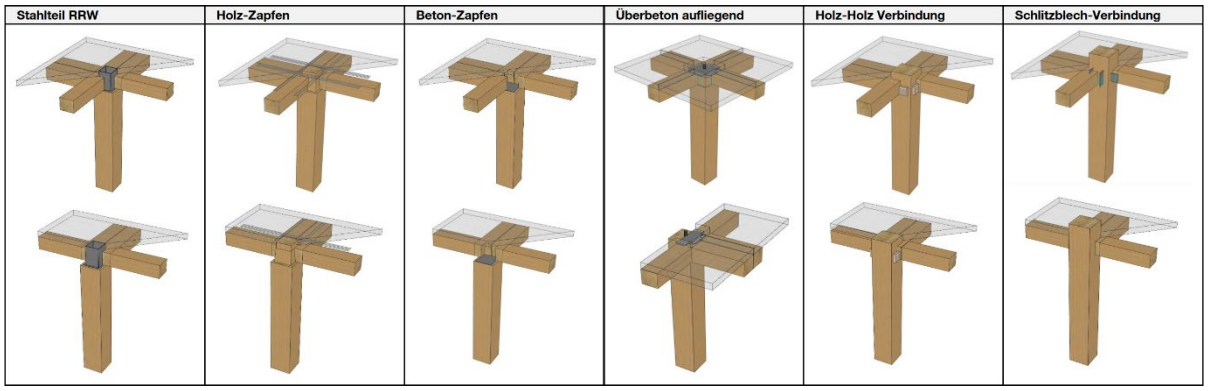


Abbildung 9: Variantenstudium Anschlussknoten Decken-Stützen

Als favorisierte Lösung zeigt sich die Variante «Überbeton aufliegend» (siehe Abbildung 10). Dieser Knotentyp charakterisiert eine allseitig kleine Ausklinkung der Stütze als Montageauflager und zur Aufnahme von Toleranzen, jedoch werden die Vertikallasten über eine einfache, flächige Stahlplatte mittels Vollgewindeschrauben aufgehängt und direkt ins Stirnholz der Stütze eingeleitet. Die Höhenjustierung der Stützen wie auch die Ausbildung der Deckenscheiben erfolgt über einen nachträglichen Verguss mit Mörtel. Diese Knotenlösung ergibt nur einen geringen Querschnittsverlust im Bereich der Geschossdecken, sodass keine Querschnittserhöhung der Stützen infolge der Lastdurchleitung erforderlich wird (gedrungener Querschnitt).

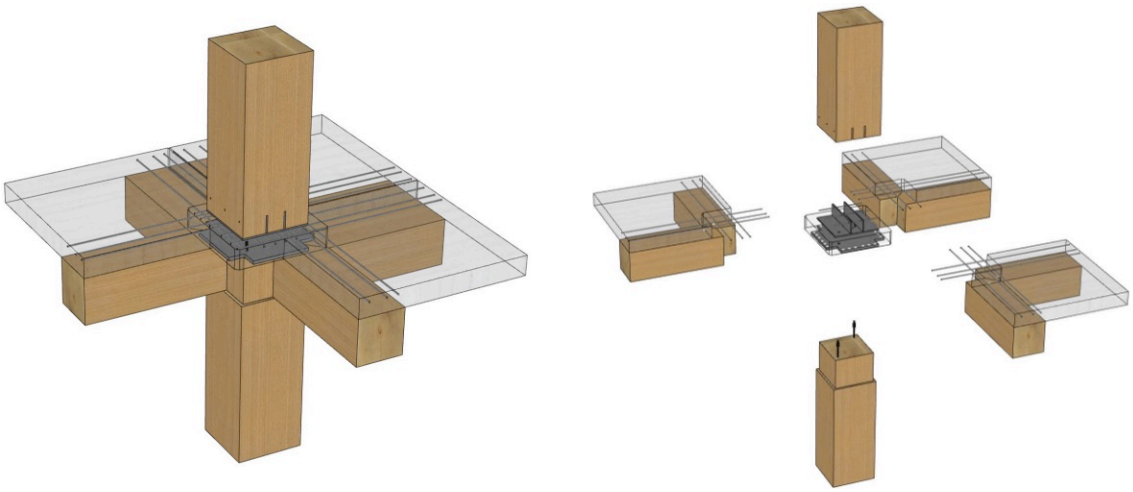


Abbildung 10: Prinzip Anschlussknoten (ohne Massnahmen Robustheit)

3.3. Materialwahl

Bezüglich Materialien besteht eine eindrückliche Auswahl von normalen bis hochfesten Holzprodukten. Es wurden verschiedene Materialien wie Fichte, BauBuche und Buchen-Stabschichtholz gegenübergestellt, auch Materialkombinationen innerhalb der Geschosse bzw. über die Gebäudehöhe. Infolge der unterschiedlichen Einwirkungen über die hohe Geschossanzahl besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Festigkeitsklassen einzusetzen, damit die Dimensionen über alle Geschosse ähnliche Abmessungen aufweisen.
Bei der definitiven Materialwahl waren insbesondere die optische Erscheinung sowie nutzungsbedingte Vorteile wie Oberflächenhaptik und vermietbare Wohnfläche die massgebenden Kriterien. Auf Grund dessen hat sich die Bauherrschaft erfreulicherweise für

eine Ausführung mit einheimischem Buchen-Stabschichtholz entschieden. Dieser Entscheid für die Verwendung von Laubholz wurde aus klimapolitischen, ingenieurtechnischen und gestalterischen Gründen sehr begrüsst. Infolge weniger Anbieter dieses Produktes erfolgten in früher Phase Vorverhandlungen für den Materialeinkauf, was in einer Absichtserklärung festgehalten wurde.

4. Robustheit

4.1. Grundlagen

Robustheit wird gemäss den Schweizerischen Tragwerksnormen des SIA definiert als «Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, Schädigungen oder ein Versagen auf Ausmasse zu begrenzen, die in einem vertretbaren Verhältnis zur Ursache stehen»[1]. Ergänzend ist in der Holzbaunorm verankert, dass «konzeptionelle Massnahmen zur Sicherstellung einer angemessenen Robustheit» erforderlich sind wie z.B. «die Wahl von auf Teilausfall unempfindlichen Tragsystemen und Bauteilen».[2]
Detailliertere Anforderungen sowie eine Objekteinstufung sind in den europäischen Normen enthalten.[3] Das vorliegende Objekt wird aufgrund der Geschossigkeit in die Versagensklasse 3, also die höchste Klasse eingestuft. Zur Begrenzung von Schadensfolgen lokalen Versagens aus unspezifizierter Ursache werden zur Steigerung der Robustheit gegen progressiven Kollaps folgende statischen Massnahmen vorgeschlagen:

- Wirksame horizontale Zugverankerungen
- Wirksame vertikale Zugverankerungen
- Kompensation bei Stützenausfall

Die obigen Definitionen sind für Hochhäuser in Stahl- und Stahlbetonbauweise definiert und sollen bei einem lokalen Versagen eine Umlagerung von Kräften ermöglichen und einen globalen Versagensmechanismus verhindern. Es gilt diese sinngemäss auch auf Holz- oder Holzhybrid-Bauten zu adaptieren, damit bei Ausfall eines Tragelements, etwa infolge einer Explosion, nicht das ganze Tragsystem versagt. Aufgrund der vorgefertigten, gelenkigen Bauweise sind weiterführende Überlegungen bezüglich der Anschlussausbildung und Toleranzen erforderlich.

4.2. Ansätze für den Holzbau

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebene Ausbildung von horizontalen Zugankern wird innerhalb der Überbetonschicht über im Bereich der Stützen lokale Vergussbereiche mit Rückbiegebewehrung vorgesehen. Durch diese Massnahme werden sowohl die schubsteifen Deckenscheiben als auch die geforderte Robustheit sichergestellt (siehe Abbildung 11).
Die vertikale Zugverankerung der Holzstützen erfolgt über im Werk eingeklebten Gewindestangen im Stützenkopf in Kombination mit einer Stabdübelverbindung im Stützenfuss (siehe Abbildung 11). Die Gewindestangen werden gleichzeitig zur genaue Höhenjustierung der oberen Stütze genutzt.

[1] SIA 260 (2013): Grundlagen der Projektierung von Tragwerken

[2] SIA 265 (2021): Holzbau

[3] SN EN 1991-1-7 (2006): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen - Aussergewöhnliche Einwirkungen

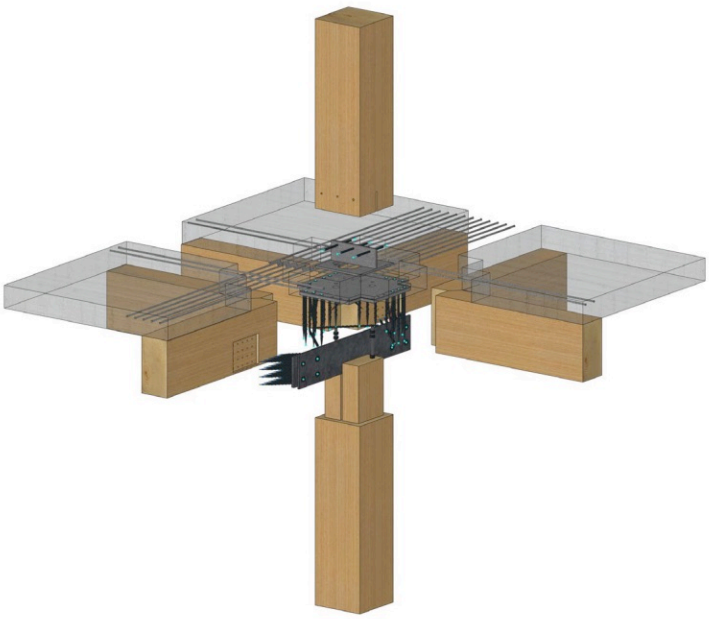


Abbildung 11: Stützen-Deckenknoten (Explosionszeichnung) mit Massnahmen zur Erhöhung der Robustheit

Für die Kompensation eines Stützenausfalls wurden zwei Massnahmen geprüft. Einerseits durch Vorsehen einer zusätzlichen Stützenreihe im Bereich ohne Kern als Kompensation eines inneren Stützenausfalls. Andererseits durch eine Vorspannung/Kurzschliessen der Fensterstürze (Achsen A und G) zur Kompensation eines Ausfalls einer Fassadenstütze (siehe Abbildung 12). Mit der aufgezeigten Massnahme der zusätzlichen Stützen wird eine statisch unbestimmte Lagerung und damit eine erhöhte Redundanz erreicht. Aufgrund der Lastumkehrung im Holz-Beton-Verbundelement, der hohen Beanspruchung der Mittelstützen (Achse D) im aussergewöhnlichen Lastfall, Platzproblemen im Grundriss sowie ökonomischen Gründen wurde dieser Ansatz verworfen. Als weiterentwickelte Lösung werden die Deckenelemente bei Innen- und Fassadenstützen in eine Richtung biegesteif verbunden. Die Verbindung erfolgt mit dem Verguss im Überbeton und eine zusätzliche Zugverbindung der Rippen, bestehend aus geschraubten Stahlteilen (siehe Abbildung 11). Über den Hebelarm zwischen Überbeton und den Stahlteilen entsteht bei Stützenausfall eine Durchlaufwirkung, welche die Feld- und Stützmomente im Bereich der Stützenköpfe übertragen.

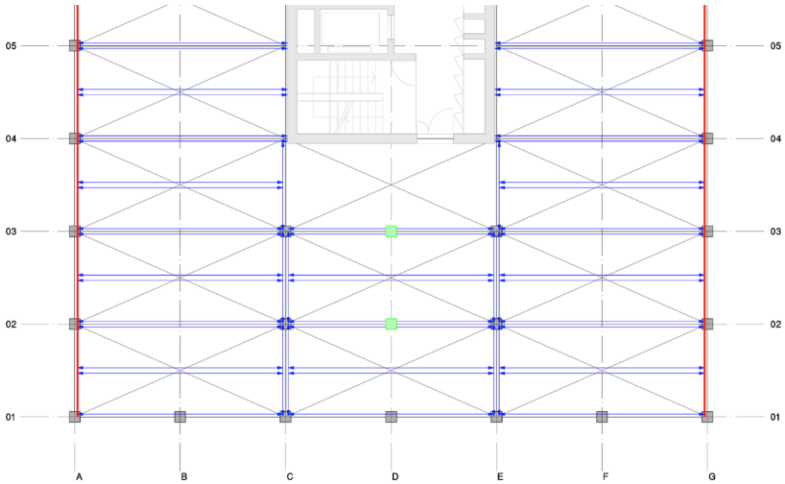


Abbildung 12: Grundriss mit zusätzlichen Stützen (Achse D, grüne Rechtecke) und Vorspannung/Kurzschluss der Fensterstürze (Achsen A und G, rote Linien)

5. Fazit

Forschungsarbeiten und Erfahrungen beim normalen Holz-Geschossbau mit seinen erprobten und robusten Holzbausystemen bilden eine gute Basis auch für den Hochhausbau in Holz- oder Holzhybridbauweise. Für erfolgreiche Hochhausprojekte gilt es bei der Tragwerkskonzeption jedoch einige Themenfelder zu beachten, die gegenüber den bisherigen Gebäudetypologien im Holzbau an Bedeutung gewinnen (z.B. Robustheit, differentielles Setzungsverhalten zwischen unterschiedlichen Baustoffen usw.). Weitere Erfahrungen in der Holzbranche und die Integration von Spezialisten mit Erfahrung im Hochhausbau sind wünschenswert. Diese Kombination wird es ermöglichen, erfolgreich Hochhäuser in Holz- oder Holzhybridbauweise zu erstellen. Die bei vielen Bauprojekten übliche Trennung zwischen Architektur und Entwurf und der späte Einbezug von Ingenieur- und Herstellerwissen ist beim Hochhausbau mit Holz Vergangenheit. Die frühe Zusammenarbeit von Architekten und Ingenieuren ist unabdingbar.
Erfreulich ist die Bereitschaft von innovativen Bauherrschaften und Architekten, mit dem Werkstoff Holz bis in den Hochhausbereich vorzudringen. Und dazu, wie im vorliegenden Projekt «Zwhatt» der Fall, bereit sind Mehraufwände für Untersuchungen und Versuche von neuen Materialien und Systemen zur Weiterentwicklung des Holzbaus zu tragen.

Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki

Dipl.-Ing. Bernd Troppmann
Stora Enso Wood Products
Ybbs, Österreich

Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki

1. Building concepts by Stora Enso

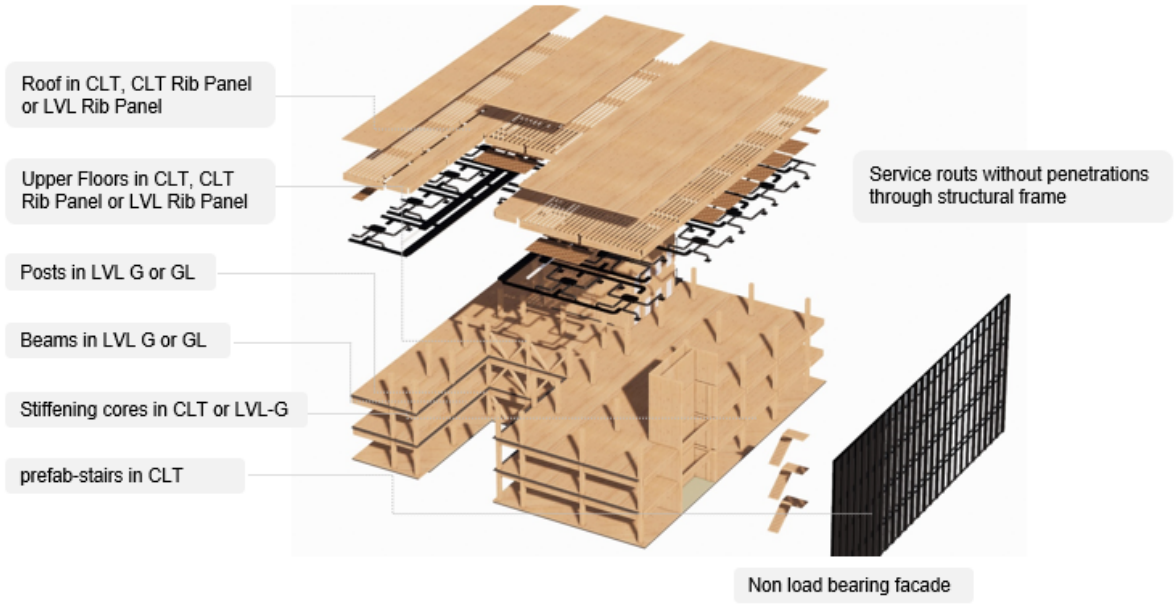
1.1. Office buildings – why develop and build an office with wood

This concept will show you how you can design and develop office buildings with our building products and applications, to achieve:

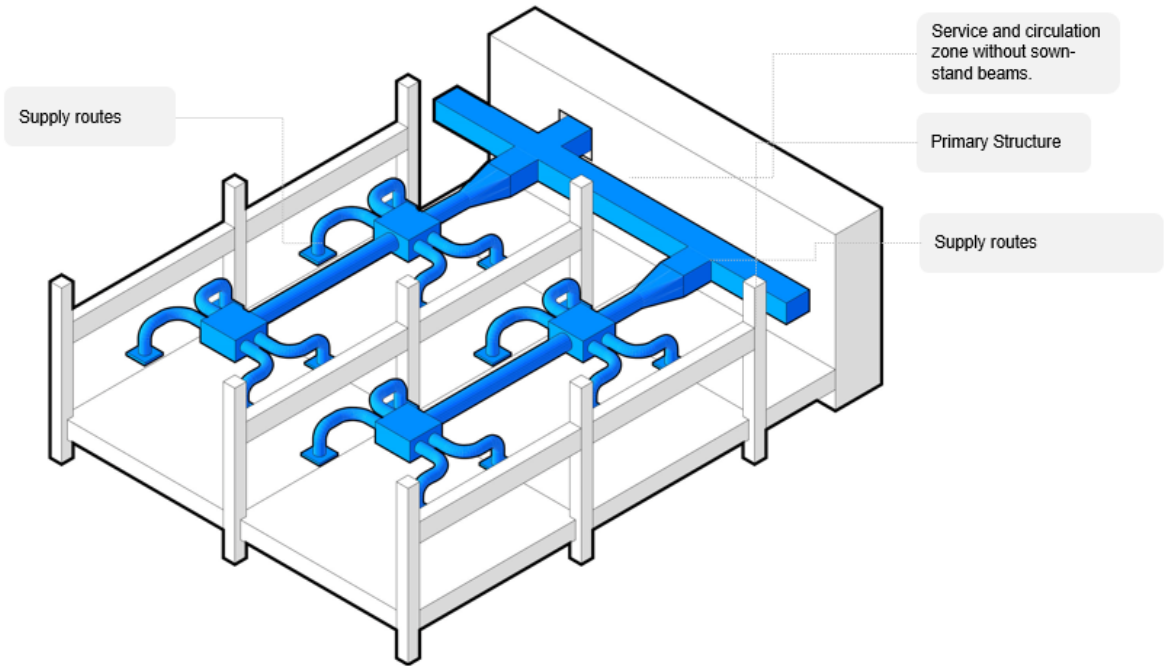
- A **sustainable** building, based on renewable materials, responsibly sourced, with low embodied energy, and storing carbon.
- **Healthy** spaces for working, which will increase well being and productivity.
- High level of **industrialization** in the construction process, leading to shorter and predictable sites.
- **Cost effective** projects by advanced DfMA and industrial production.

Stora Enso Design Manual | Study 2 | Scott Brownrigg

1.2. Combining timber building components for best value office space

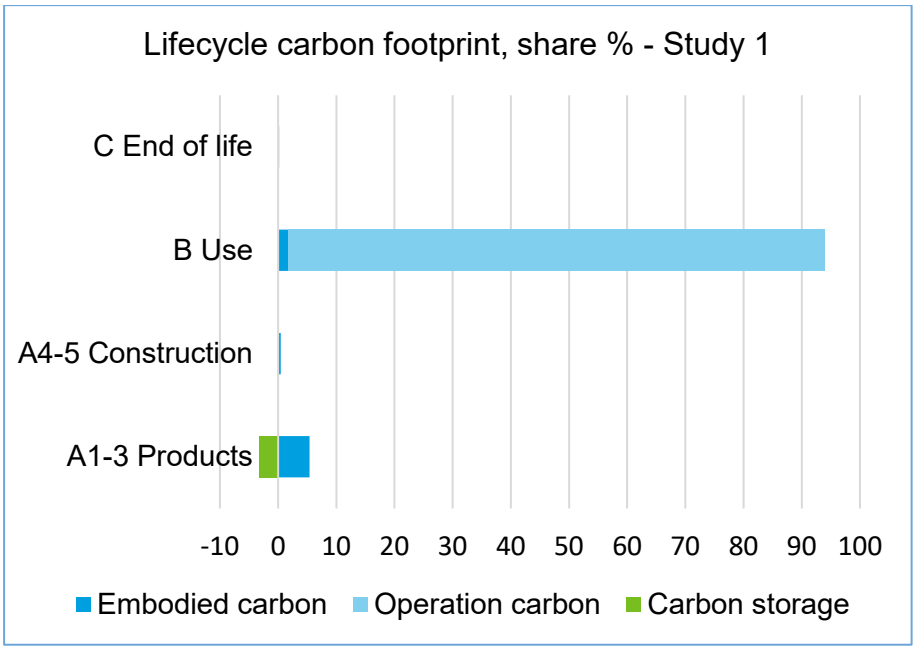


1.3. planning principles



1.4. Case study / Life Cycle Analysis (LCA) main findings

- The **embodied carbon** impact of the building is **7 kg CO_2e/m²/a**. With wooden structures embodies carbon emissions can be reduced compared to other building materials **even by 50%.**
- This case study **stores 400 tons of carbon** over the life cycle, which implies **1460 tons CO_2** away from the atmosphere, and thereby **offsets 43%** of the total embodied carbon of the building.
- Due to the low embodied energy of the building, app. **92% of its environmental impact comes from operational energy use**. Operational energy use can be tackled with energy efficiency measures.



Sustainability Case Study | Stora Enso Building Concepts | Study 1

2. New head office Stora Enso

2.1. Based on Stora Enso Office building concept

Photo credit: Varma

- Floor area: 17 000 m2
- Height oft he building: 22 m
- Structural system with 6,3 m span
  - CLT floors and internal CLT walls
  - LVL G columns and beams
  - CLT elevator shafts and CLT stairs

Bürogebäude für den Deutschen Bundestag «LUISE»

Konrad Merz
Merz kley partner
Deutschland

Bürogebäude für den Deutschen Bundestag «LUISE»

1. Aufgabenstellung

Auf dem sogenannten Luisenblock West im Parlamentsviertel, unmittelbar angrenzend an das Marie-Elisabeth-Lüders-Haus, wurde 2021 ein Bürogebäude erstellt, um den Raumbedarf des Bundestages kurzfristig zu decken.
Als Generalübernehmer / Generalunternehmer, der zentral alle Planungs-, Herstellungs- und Bauleistungen für das Projekt verantwortet, hatte sich im Vergabeverfahren (Verhandlungsverfahren mit vorgeschaltetem Teilnahmewettbewerb) die Bietergemeinschaft Kaufmann Bausysteme und PRIMUS developments mit dem architektonischen Entwurf des Büros sauerbruch hutton durchgesetzt. Das Konzept überzeugte insbesondere im Hinblick auf die Aspekte Effizienz und Nachhaltigkeit. Auf genaue Vorgaben zur Bauweise wurde in der vorgenommenen Ausschreibung bewusst verzichtet. Aufgrund des ambitionierten Zeitplanes – die neuen Büros sollen nach der Bundestagswahl 2021 zur Verfügung stehen – lag die Wahl einer System- oder Modulbauweise nahe. Gestalterische Aspekte hatten bei der Ausschreibung und bei der Vergabe maßgebliches Gewicht.

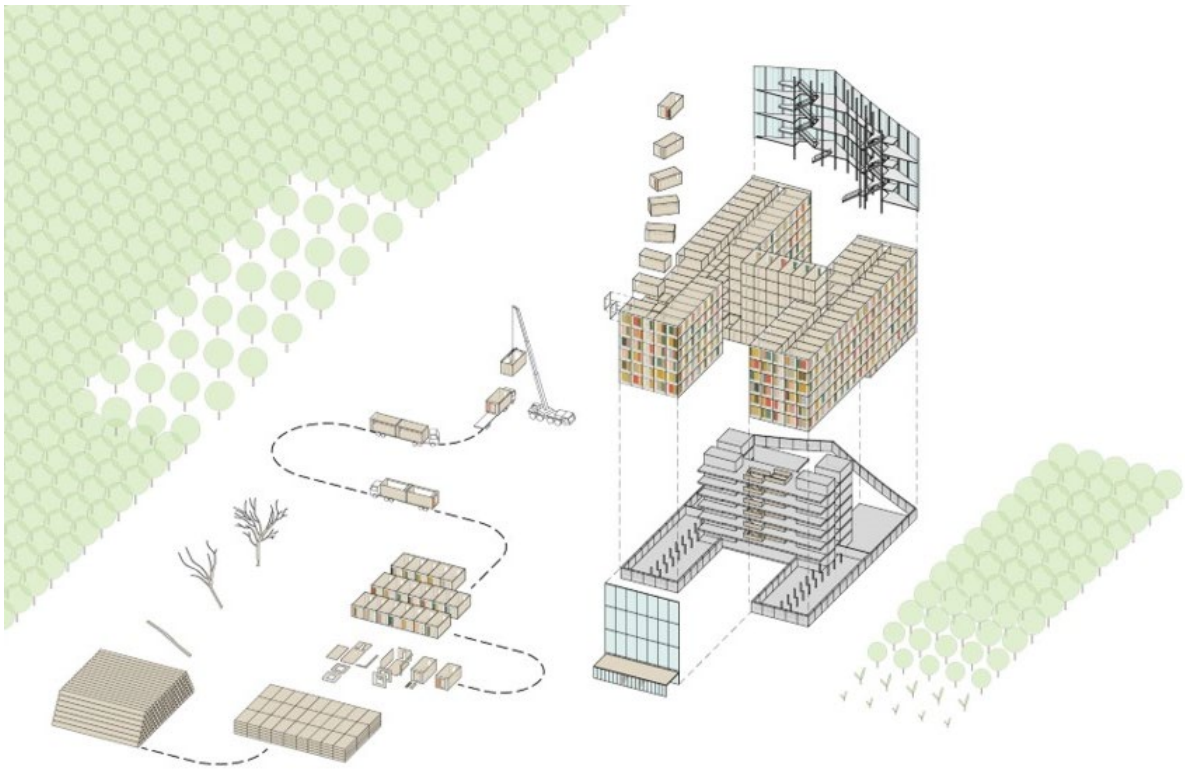


Abbildung 1: Konstruktionsprinzip ©sauerbruch hutton

2. Architektur

Städtebaulich nimmt der Entwurf von sauerbruch hutton die Höhe und Kubatur des gegenüberliegenden Marie-Elisabeth-Lüders-Hauses auf und integriert sich dadurch in seine Umgebung. Gleichzeitig setzt er durch die farbigen Fassadenpaneele neue Akzente und wirkt eigenständig. Ein simpler «H-Grundriss» spiegelt die monumentale Kammstruktur des benachbarten Marie-Elisabeth-Lüders-Hauses auf eine bescheidenere Art und Weise wider und nimmt gleichzeitig mit seiner Schallschutzwand das rückseitig gelegene Stadtbahnviadukt auf. Die Erschließung des Gebäudes erfolgt über den südlichen Innenhof. Im nördlichen Innenhof entsteht, geschützt durch eine Schallschutzwand aus Glas und eingerahmt von den Gebäudeflügeln, ein grünes Herz für die Nutzer des Gebäudes.

Mit der zurückhaltenden silbernen Fassadenverkleidung antwortet LUISE auf die benachbarten Abgeordnetenhäuser und fügt mit der farbigen Verglasung eine Leichtigkeit und spielerische Wirkung hinzu. Die Büromodule messen 3,20 x 6,75 Meter und sind in den vier Gebäudeflügeln jeweils an einem zentral liegenden Flur angeordnet. Beheizt und gekühlt werden sie über ein abgehängtes, modular konzipiertes Deckenpaneel. Außerdem sind die Fenster mit einem individuell regelbaren Sonnen- und Blendschutz ausgestattet, die einer Überhitzung der Räume und Blendungen an den Arbeitsplätzen vorbeugen. Die Holz- und Sichtbetonoberflächen bleiben im Innenbereich soweit wie möglich sichtbar.

Abbildung 2: Grundriss Regelgeschoss

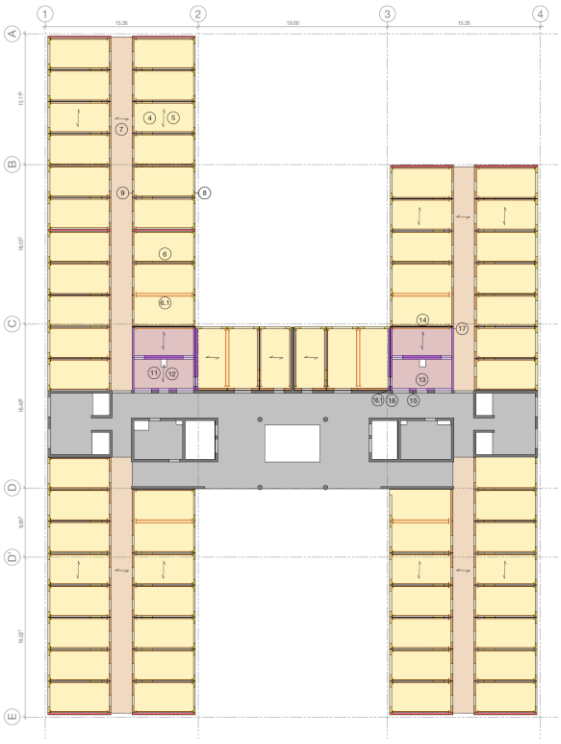


Abbildung 3: Positionsplan Tragwerk

3. Konstruktion

Die Bodenplatte einschließlich der Fundamente, das Erdgeschoss mit Technik- und Abstellräumen sowie die beiden Erschließungskerne werden aus Stahlbetonfertigteilen und Ortbeton mit einer Oberfläche in Sichtbetonqualität erstellt. Der überwiegende Teil des Gebäudes ist aus den 460 vorgefertigten Raumzellen, die bis zu 7-geschossig aufeinandergestapelt wurden. Aus konstruktiver Sicht sind die Module eigentlich keine geschlossenen Raumzellen, sondern eher «Tische», da die Seitenwände der Module keine Last übernehmen und jederzeit demontiert werden können. Sie bestehen aus den beiden tragenden Querwänden oder Querwandrahmen mit der Eingangstüre auf der Flurseite und der Fensteröffnung auf der Fassadenseite. Darauf aufgelegt sind zwei Unterzüge aus Brettschichtholz als primäre Tragglieder. Die Decke des Moduls spannt zwischen den Unterzügen, trägt aber nur sich selbst. Der Boden der Module, der die Nutz- und Ausbaulasten trägt, spannt ebenfalls quer und übergibt die Last indirekt über Schallschutzlager auf die beiden Unterzüge des darunterliegenden Moduls. Die Flure sind Brettsperrholzplatten, die jeweils auf den benachbarten Modulen aufliegen und ebenfalls mit Schallschutzlagern entkoppelt sind. Die Aussteifung der Holztragkonstruktion erfolgt geschossweise im Verbund von Stahlbetonkern, Fluren und aussteifenden Wänden an den Schmalseiten bzw. in der Mitte der Gebäudeflügel.

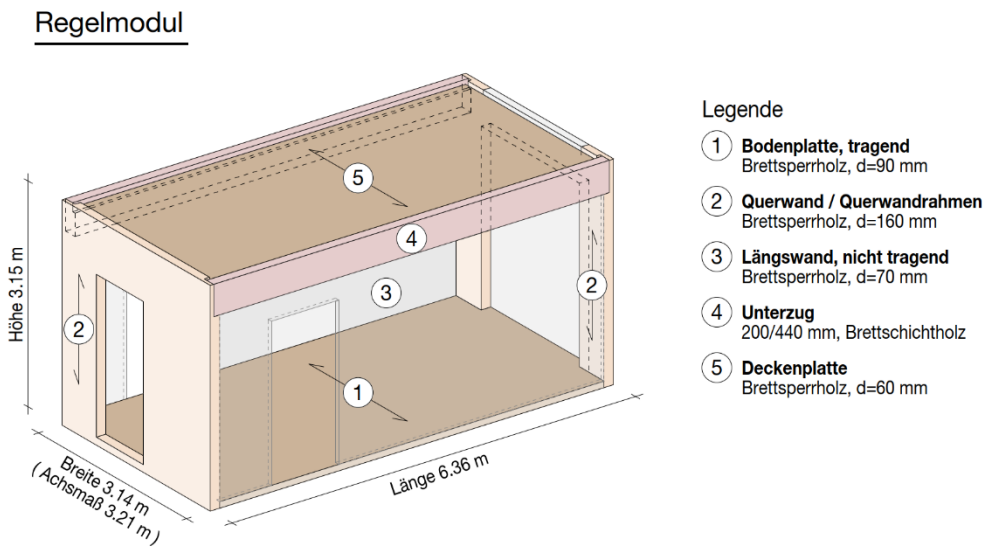


Abbildung 4: Regelmodul

4. Vorfertigung und Montage

Die Brettsperrholzplatten und das benötigte Brettschichtholz wurden in Österreich produziert und abgebunden. Insgesamt wurden ca. 5000 m³ Holz verbaut. Der Zusammenbau der 400 Büro-Module erfolgte im Werk von Kaufmann Bausysteme in Berlin Köpenick auf einer Schienenanlage mit 14 Stationen. Dabei wurde auch die gesamte technische Ausstattung (Heiz-Kühldecken), der Innenausbau bis zu den Teppichen und der Sonnenschutz installiert. Die Module mit Spezialausstattungen wie etwa Sanitärräume wurden im Kaufmann Bausysteme Stammwerk in der Steiermark hergestellt. Die Montage der Raumzellen erfolgte vorwiegend in den Abendstunden, um die anderen Gewerke nicht zu beinträchtigen. Im Schnitt wurden pro Tag ca. 15. Module verbaut. Die Alu-Fassade wurde vor Ort montiert.

Abbildung 5: Vorfertigung im Werk © Kaufmann Bausysteme

Abbildung 6: © PRIMUS developmets

Factbox

Nutzer:	Deutscher Bundestag
Adresse:	Adele-Schreiber-Krieger-Straße, 10117 Berlin, Deutschland
Projektleitung:	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) – Referat BB I 4
Architektur:	sauerbruch hutton Gesellschaft von Architekten mbH
Generalübernehmer:	Kaufmann Bausysteme und PRIMUS developments
Tragwerksplanung:	Wetzel von Seth und merz kley partner
Anzahl Büros:	400
Anzahl Raumzellen:	460
Gesamtkosten:	70 Millionen Euro (KG 200-700)
Planungsbeginn:	Mai 2020
Baubeginn:	Oktober 2020
Fertigstellung:	Dezember 2021
Bruttogrundfläche	17.100 Quadratmeter

Växjö train station and city hall, a timber-concrete hybrid

Carl Larsson
Skanska Sverige AB / Linnaeus University
Växjö, Sweden

Växjö train station and city hall, a timber-concrete hybrid

1. Introduction

It is well known that increased use of timber products in construction is environmentally beneficial [1], [2]. A study showed that using load-bearing structures in timber instead of concrete for residential buildings would reduce the CO_2 footprint by 33% in the Swedish market [3]. However, timber use is very low compared to concrete in building projects in Sweden today [4]. Implementing new materials within the construction industry is slow compared to other industries [5]. Timber as an organic material differs from other traditional materials in building design. There are negative concerns regarding timber as a material, such as insecure wood supply, insufficient knowledge in the area, durability, and poor form stability, for example [6]. A solution to introduce more timber in construction is to use timber elements along with concrete elements in building projects, so-called timber-concrete hybrid buildings.

Växjö, a town in the southeast of Sweden and a population of 71,000, is a city with the slogan of being the greenest city in Europe [7]. The city has a long tradition in the timber industry; for example, the international forest industry group Södra has its headquarters in Växjö [8]. The city was awarded the European Green Leaf in 2018 by the European Commission for its work in improving the environment and working for a more sustainable industry [9]. As part of this work, the municipality of Växjö has developed a strategy to increase timber use in buildings [10]. As part of this strategy, a specific share of communal buildings needs to be built in timber, and dedicated areas are to be developed by the private sector with buildings in timber. Växjö, together with Skellefteå [11], was one of the first municipalities with such strategic work, adapted in other municipalities in the later years.

In 2014, investigations started on what to do with the aging city hall of Växjö. In 2015, a second investigation started on the future of the train station, which became too small for the city. The idea was created to build a new building, combining the station building with the city hall. Since the area was already under development since 2010, the location of the old train station building was chosen. The area is planned to include residential buildings, offices, and a hotel and is expected to be finished in 2025.

Following this strategy of Växjö, the *Växjö Stations- och Kommunhus* (Växjö train station and city hall) [12] was planned to focus on *Miljöbyggnad Guld* [13], the highest environmental rating in Sweden, with timber as the preferred building material for the load-bearing structure.

2. Växjö Train Station and City Hall

An architect competition was announced for the Växjö train station and city hall in 2016. White Architects won the award under the slogan "Under a Roof" where the building was divided into three parts: the station building of 1,850 m2; the city hall of 13,770 m2; and the living space room of Växjö with an area of 780m^2 [14]. To fit with the surrounding low-rise buildings to the north, the façade is slanted, giving the building a certain characteristic look, seen in Figure 1.

Figure 1: The award-winning proposal from White Architects for the Växjö train station and city hall. Illustration: White Architects and Växjö Kommun

Vöfab, the real estate company within the municipality of Växjö, started the construction of the building in 2018, with Skanska as the main contractor. The agreement was done in a partnership where Vöfab and Skanska worked together to produce a more cost-effective building without challenging the overall goal of a building that realizes the highest environmental ratings.

2.1. Structural system and management

The structural solution for the building is a timber-concrete hybrid shown in Figure 2. The foundations and the walls below the surrounding surfaces were constructed in cast-in-situ concrete. This is due to the high surrounding groundwater level adding extra demands on a waterproof substructure. On this floor, additional precast concrete columns were used along with delta steel beams and hollow core slabs on top of the floor.

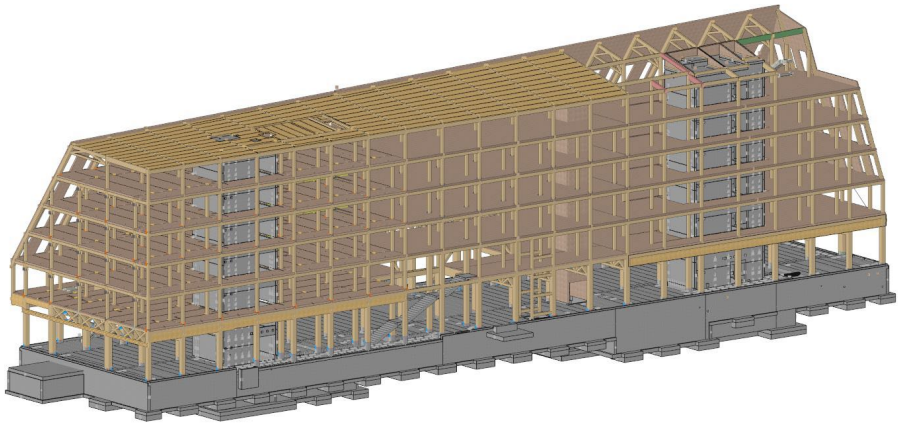


Figure 2: Visualization of the structural system from IFC-models by Binderholz (timber elements), Skanska (cast-in-situ concrete), Starka (precast concrete slabs), and Torps Byggelement (precast concrete walls).

Above this, a 6-story structure in the form of a post-beam system in glulam timber (GLT) along with cross-laminated timber (CLT) slabs from Binderholz was chosen. Due to large openings in the slabs and the limited number of available shear walls, the shear walls were made from precast concrete. The slanted façade walls were made in CLT along with vertical light-frame timber walls assembled on site. The façade was reworked during this process resulting in a heavy dual-layered glass façade. The supporting roof structure, twisted in two directions, was made in CLT and glulam trusses.

Five structural designers were involved with different responsibilities for the project, such as foundation and cast-in-situ concrete design, steel element design, timber element design, precast wall design, and precast slab design. To handle a large number of structural designers, an additional designer was working at Skanska full time during the project as a structural design leader to ensure that the overall requirements of the building were fulfilled.

2.2. Construction Site Cover

Due to building regulations in Sweden, mold in building elements is strictly prohibited [15]. Timber is an organic material known for increased risk of mold growth or decay with increased moisture content in the material. Due to these risks, the use of unprotected timber during construction is heavily debated in Sweden. Recent studies have identified a significant risk of mold growth during construction without a construction site cover in simulations [16] and in-situ measurements [17].

At an early stage in the project, the problem of potential mold growth was identified and became a top priority within the partnership between Skanska and Vöfab. Late in the design- and planning process, a supplier of a construction site cover was found that had the capability of covering the entire construction site. The solution provided by SiteCover, was a construction site cover with a length of 130m, a width of 43m, and a height of 40m, shown mounted over the construction site in Figure 3. Two internal overhead cranes, handling up to 25t, provided the lifting capabilities on site. The size of the cover made it possible to drive in with trucks, allowing it to load and unload all materials fully weather-protected.

Figure 3: Photo during mounting the construction site cover provided by SiteCover of the Växjö train station and city hall. Photo: Michael Dorn

Figure 4: Photo during construction inside the construction site cover. Photo: Skanska

Several other factors were also beneficial by the cover regarding construction management. Weather protective tasks became unnecessary, and the controlled climate without wind or rain made the work for the professional workers inside easier and safer. Especially the workload regarding the advanced façade was heavily reduced due to the cover.

The investment in the site cover solution was initially deemed too high for the project. However, due to the partnership agreement, both Skanska and Vöfab saw the potential and agreed to split the investment, though the initial return was unknown. This decision made it possible for the project to increase the tempo on the construction site. The interior work started without an entirely constructed building envelope.

3. Timber-concrete hybrid buildings in Sweden

Växjö train station and city hall is an excellent example of a timber-concrete hybrid building, defined as a building using structural elements in both timber and concrete above the foundation level. This is not to be mixed with composite members in timber and concrete, defined as sharing load-bearing capabilities within the same member. Such composite members may be included in a timber-concrete hybrid building.

In a recent interview study regarding ten mid-to-large size timber-concrete hybrid building projects in Sweden, three main structural themes were identified: a timber structure in CLT/GLT on top of a concrete structure; a post beam system in GLT with CLT slabs and walls in concrete; a post beam system in GLT with concrete hollow core slabs, as shown in Figure 5 [18]. None of the investigated buildings used timber-concrete composite elements.

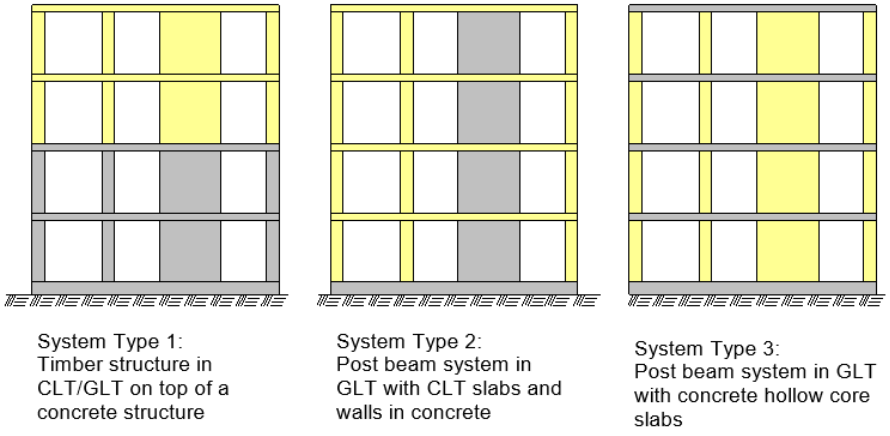


Figure 5: Example of structural system types of timber-concrete hybrids identified

A common factor in these projects was that the property developer or a municipality initiated the project with a clear vision of a timber building. Due to different reasons, a pure timber structure includes concrete elements, such as lack of self-weight, span issues, shear wall capacity, lack of timber design experience, or a timber solution that was too costly.

The studied buildings had different purposes for the finished buildings, mostly office use, schools, or residential buildings. Of the three identified structural system types in Figure 5, System Type 1 is most common for residential buildings. Concrete stories in the bottom add extra weight to the building and raise the possibility of having a different function on these floors when a lightweight CLT structure is put on top. System Type 3 was mainly used for school buildings, whereby concrete hollow core slabs significantly increased the span compared to solutions with CLT slabs.

System Type 2 was the most common solution for office buildings and the structural solution chosen for the Växjö train station and city hall. Concrete walls are used as the core of the building due to increased weight and shear capacity compared to CLT walls. The reason for the limited number of available structural walls for office buildings. Architects often aim for a flexible interior, limiting the number of available load-bearing or stabilizing walls. A post-beam system in GLT and the use of CLT slabs make this flexible interior possible with structural timber elements.

Architects, structural designers, and contractors must work together to find an optimal solution for timber-concrete hybrids. As for the structural designers, the study identified that the number of involved structural designers increased compared to normal projects. This is because each designer specializes in their type of structural elements and material. Usually, the main designer that includes all structural elements in a single calculational model is not found. The numbers of designers in the studied projects were in the range of 2-5, highlighting the importance of good management of structural design in these projects.

Figure 6: Photo showing structural members in timber and concrete for the first floor of the building. Photo: Skanska

With an increased number of structural designers involved in timber-concrete hybrids, the project management of the structural designers is vital. Previous studies regarding the solutions provided by structural designers show significant variance in result/response [19] [20]. Many of these results can be derived from different assumptions made by the designers implying the need for extra good collaboration and project management within these projects.

This topic is covered in a research project funded by SBUF [21] and Skanska in collaboration with Linnaeus University [22]. The project uses a dynamic measurement system to observe global dynamic parameters in full-scaled buildings. The project includes long-term dynamic monitoring of a building using System Type 2. In addition, the project follows the construction of a building using System Type 1 with short-term dynamic measurement following each phase during construction. The results from the dynamic measurements work as an input for calculational models, investigating how to model timber-concrete hybrids accurately during design.

4. Conclusions

The solution for increasing the amount of timber in construction, timber-concrete hybrids have been proven to be working in several projects in Sweden. Växjö train station and city hall is a good example of a successful timber-concrete hybrid project, recognized by the client Vöfab and the contractor Skanska.

Initially, costs for the project were estimated to be 710 MSek. At the end of the project, the cost was reduced to 640 MSek. Most of the reduced cost is related to the partnership agreement between Vöfab and Skanska and joint decisions during the design, planning, and production. The construction site cover played a significant role in completing the project on time, especially during planning and production. The investment of the construction site cover was 18 MSek, however, Skanska initially had an economic post of 15 MSek for lifting operations and weather protective measures. Therefore, the extra investment in the construction site cover was 3 MSek.

During production, no stops occurred due to bad weather. Lifting operations could be done every day as work conditions were always favorable. The work environment improved significantly compared to regular projects, and no serious accidents were reported. The construction site cover protected the construction from 645mm of rain during construction time, protecting the timber structure from 3,600 tons of water.

Figure 7: Photo of the exterior in the finished project in 2021. Photo: Skanska

Figure 8: Photo of the finished interior of the project in 2021. Photo: Skanska

In numbers, the initial extra investment for the construction site cover was for 3 MSek. At the project's end, the additional cost of the construction site cover was concluded to be 1.7 MSek. However, the construction site cover was introduced late in the design and planning phase. In an internal evaluation by Skanska, the conclusion is that if the construction site cover was known in the early-stage process, the cost-saving was estimated to be 12 MSek.

4.1. Acknowledgments

The construction work for the Växjö train station and city hall was initially an initiative by the municipality of Växjö and the real estate company Vöfab making this presentation of the project possible. The author was part of the structural design team at Skanska, and their support and permission to use information and images are gratefully acknowledged. The research project regarding Timber-Concrete Hybrid buildings is funded by SBUF, the development fund of the Swedish construction industry.

5. List of references

[1] H. Guo, Y. Liu, Y. Meng, H. Huang, C. Sun, and Y. Shao, «A Comparison of the energy saving and carbon reduction performance between reinforced concrete and cross-laminated timber structures in residential buildings in the severe cold region of China,» *Sustain.*, vol. 9, no. 8, 2017, doi: 10.3390/su9081426.

[2] S. H. Teh, T. Wiedmann, J. Schinabeck, and S. Moore, «Replacement Scenarios for Construction Materials Based on Economy-wide Hybrid LCA,» *Procedia Eng.*, vol. 180, pp. 179–189, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.177.

[3] T. Malmqvist, M. Erlandsson, N. Francart, and J. Kellner, «Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus [Reduced climate impact from residentual buildings],» 2018. [Online]. Available: https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/d2e167ce-42ae-4250-8249-a8d7c9d93eb1/FinalReport/SBUF 13355 Slutrapport Minskad klimatpåverkan från flerbostadshus.pdf.

[4] TMF, «Trähusbranschen; Bostadsbestånd, Nybyggande [Timber House Industry; Housing Stock new buildings],» 2019. [Online]. Available: https://www.tmf.se/statistik/statistiska-publikationer/trahusbranschen/.

[5] T. Reichstein, A. J. Salter, and D. M. Gann, «Last among equals: A comparison of innovation in construction, services and manufacturing in the UK,» *Constr. Manag. Econ.*, vol. 23, no. 6, pp. 631–644, 2005, doi: 10.1080/01446190500126940.

[6] A. Roos, L. Woxblom, and D. Mccluskey, «The influence of architects and structural engineers on timber in construction – perceptions and roles,» *Silva Fenn.*, vol. 44, no. 5, pp. 871–884, 2010, doi: 10.14214/sf.126.

[7] Växjö Kommun, «Europas grönaste stad,» 2021. https://vaxjo.se/sidor/hallbar-utveckling/kommunens-hallbarhetsarbete/europas-gronaste-stad.html.

[8] Södra Skogsägarna AB, «Södra,» 2021. https://www.sodra.com/en/global/.

[9] Växjö Kommun, «European Green Leaf 2018,» 2018. https://vaxjo.se/sidor/hallbar-utveckling/kommunens-hallbarhetsarbete/european-green-leaf-2018.html.

[10] Växjö Kommun, «Växjö Träbyggnadsstrategi,» 2018. https://vaxjo.se/download/18.cfac4d716951d944dd1a4cb/1551961221853/Växjö kommuns träbyggnadsstrategi – layout version.pdf.

[11] Skellefteå Kommun, «Träbyggnadsstrategi [Timber Building Strategy],» 2014. [Online]. Available: https://www.skelleftea.se/Bygg och miljokontoret/Innehallssidor/Bifogat/Träbyggnaddstrategin skärm.pdf.

[12] Växjö Kommun, «Växjö stations- och kommunhus,» 2021. https://www.vaxjo.se/sidor/trafik-och-stadsplanering/vaxjo-vaxer/handel-och-kontor/vaxjo-stations--och-kommunhus.html.

[13] Sweden Green Building Council, «Miljöbyggnad,» 2021. https://www.sgbc.se/certifiering/miljobyggnad/vad-ar-miljobyggnad/.

[14] White Architects, «Växjö City Hall & Train Station,» 2021. https://whitearkitekter.com/project/vaxjo-city-hall-central-station/.

[15] Boverket, «BBR29,» 2020.

[16] C. S. Tengberg and C. E. Hagentoft, «Risk assessment framework to avoid serial failure for new technical solutions applied to the construction of a clt structure resilient to climate,» *Buildings*, vol. 11, no. 6, 2021, doi: 10.3390/buildings11060247.

[17] L. Olsson, «Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd,» 2019. [Online]. Available: https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/812fba34-2bc8-4f0d-bc3c-9e5e8e62e7ae/FinalReport/SBUF 13548 slutrapport_Fuktsäkerhet vid kl-träbyggnade utan väderskydd 2019-12-20.pdf.

[18] C. Larsson and M. Dorn, «A survey of the design of hybrid load-bearing structures in timber and concrete in Sweden,» [Working Paper].

[19] M. Fröderberg and S. Thelandersson, «Uncertainty caused variability in preliminary structural design of buildings,» *Struct. Saf.*, vol. 52, no. PB, pp. 183–193, 2015, doi: 10.1016/j.strusafe.2014.02.001.

[20] A. Klasson, I. Björnsson, R. Crocetti, and E. F. Hansson, «Slender Roof Structures – Failure Reviews and a Qualitative Survey of Experienced Structural Engineers,» *Structures*, vol. 15, no. June, pp. 174–183, 2018, doi: 10.1016/j.istruc.2018.06.009.

[21] SBUF, «Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond [Development Fund of the Swedish Construction Industry],» 2020.

[22] C. Larsson, «Byggnadssystem av KL-trä och betong i samverkan – modellering och kravställning vid dimensionering.» https://lnu.se/forskning/sok-forskning/forskningsprojekt/doktorandprojekt-byggnadssystem-av-kl-tra-och-betong-i-samverkan--modellering-och-kravstallning-vid-dimensionering/.

Working in nature in the centre of Uppsala, a 7-storey wood-glass-construction

Anders Tväråna
White architects
Uppsala, Sweden

Working in nature in the centre of Uppsala, a 7-storey wood-glass-construction

1. Introduction

Magasin X is Sweden's, possibly even Europe's, largest office building with timber structure. By combining architecture built to last with cutting-edge innovation in energy and sustainability, the building sets a new standard for Swedish architecture. The building has an all-timber frame structure, and has not compromised on creating a long-lived, and as flexible building as possible. The energy solutions are at the forefront of innovation, with energy consumption at 20% of the already low Swedish building standard.
The developer, Vasakronan is one of the largest real estate owners in Sweden. They have for a long time been at the forefront of sustainability development. To develop this further, they looked for ways to test timber construction and the site where Magasin X was built was at a suitable stage in terms of planning and development. Work on the zoning plan was almost complete and an office building with a steel and concrete frame had been developed.
To investigate whether the building could be built with a timber frame White Arkitekter, along with a full consultancy team of engineers were brought in to carry out a feasibility study. Sweden has a long tradition of building in wood, but until 1994 legislation did not allow to build higher than three storeys with timber, and since then progress in the industry has been relatively slow. Many large and complicated timber buildings have been built but there are few examples of well-developed and functioning multi-tenant office buildings.
The feasibility study showed that it would be possible to build a flexible office building with an all-timber frame structure on the site. It was clear that trying to convert the previously designed concrete structure was not the most efficient way. The most well-functioning and efficient timber solution was in many ways different. When the project was to be realised, the team that carried out the feasibility study was chosen to continue.

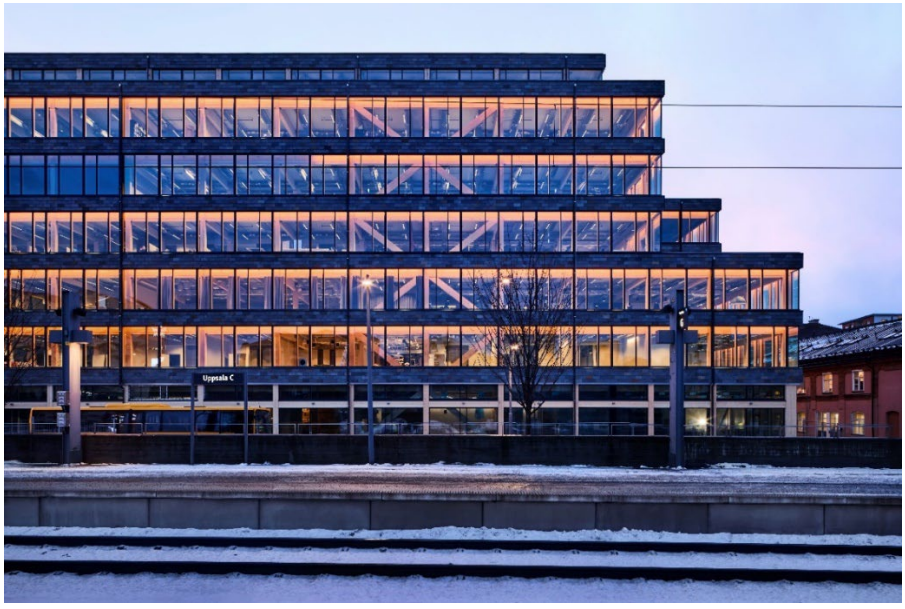


Figure 1: Façade towards the railway, the timber frame made visible interior lighting. Photography: Måns Berg.

2. Background

During the feasibility study, the possibilities and risks of timber construction were examined. Based on the knowledge gathered during the feasibility study, ten different variants of structural systems were developed and compared against a wide range of criteria.

The issues addressed were as follows:

- Scope of timber construction: Impacts of the different options in terms of buildability, wood retention/environmental impacts and impacts on the other study points.
- Spans and structure: The core system and spans according to general conditions and Magasin X in particular. The core system affects the functionality at the garage level and the flexibility of furnishing at the office levels, as well as stability – requiring wooden or steel crane rods in the facade or stabilizing walls in the core.
- Floor structure and heights: a comparative study of different types of beams and their consequences for the design of the building, considering appropriate floor height regarding zoning regulations as well as possibilities and limitations of timber construction regarding perforations for installations.
- Installations: Different solutions for plumbing and electrical power on the office floor were evaluated, considering installation floors, while investigating the impact on energy performance, vibrations, and acoustics – given the conditions of timber construction. Thin included issues of sound insulation (walls and beams) as well as structure-borne noise from installations.
- Ceilings: The effect of the exposed timber frame on room design and flexibility.
- Furnishing and flexibility: The effect of the exposed timber frame.
- Façade: Comparative studies of different façade systems in terms of expression, maintenance, and buildability using references, considering the consequences for buildability, rentable area and daylight conditions of the chosen façade system.
- Risk: considering the risk situation and management of a timber frame in close proximity to the railway.
- Fire: The need for fire protection measures for timber structures and the extent of fire proofing timber cladding and painting.
- Moisture: the management and documentation of moisture risks during construction and facility management.
- Cost: Comparisons between the initial steel and concrete alternative, and the timber solution.
- Workplace organisation, construction time and working environment: The effect of timber construction on workplace organization, achieving health and safety benefits while considering construction time of timber frame versus precast concrete for equivalent building.
- Sustainability: the environmental benefits of timber construction were considered deeply.

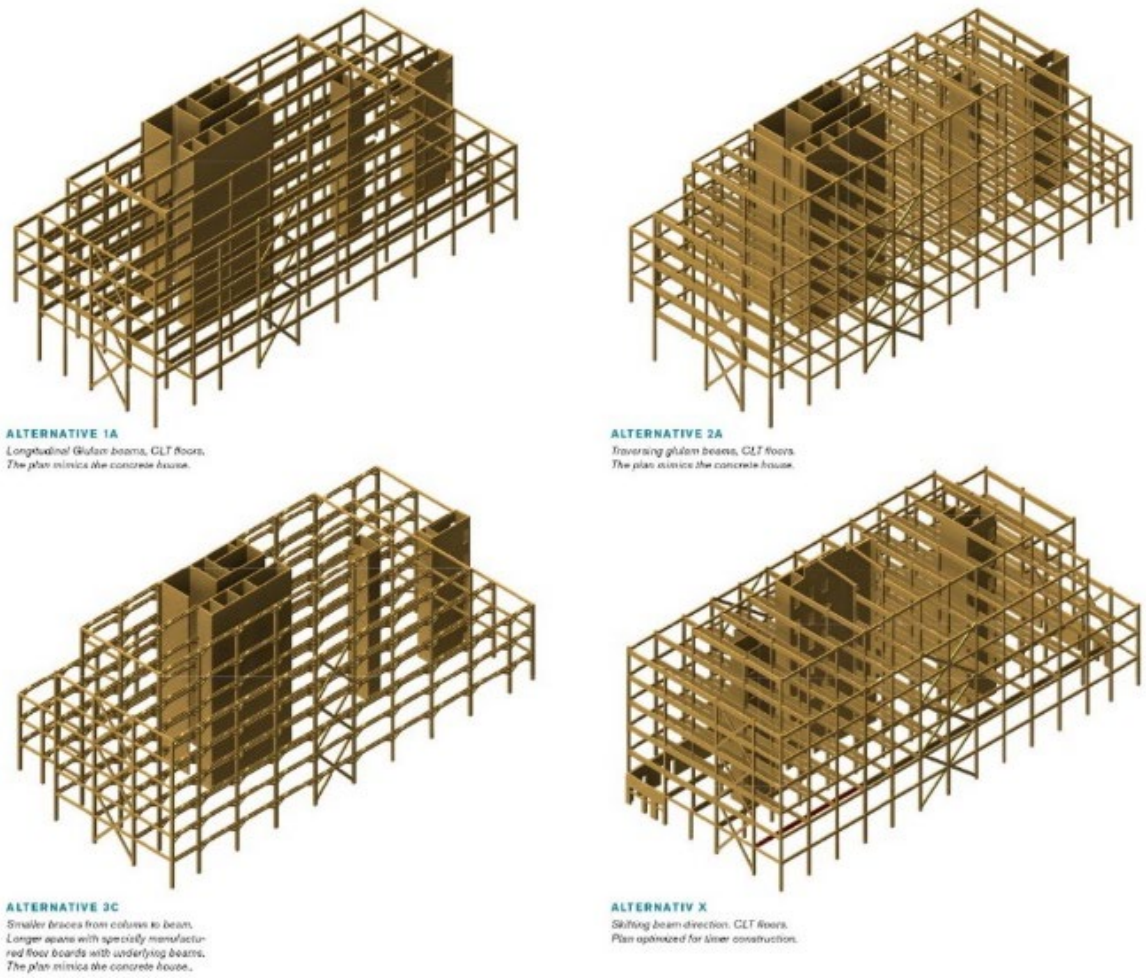


Figure 2: Four of the ten different structures evaluated in the feasibility study.

3. Design principles

3.1. Structure

The knowledge developed during the timber building feasibility study provided a very good starting point for further design. Above all, it was good to have a well-developed basis for how the frame would be developed.
Based on the ten tested frame systems, a relatively simple structure with glulam columns and beams and a slab layer of CLT panels was chosen, based on a 90 cm module. The beams have spans of alternating 5.4 and 7.2 metres, with varying beam heights. The shorter span allows for lower beams and higher clear height over the office landscapes along the main façade. The 200 mm thick CLT slab spans 5.4 metres. Since the CLT-slabs are on top of the beams, they can protrude a bit and allow the facade to be free from the frame.
On the ground floor the beams are turned 90 degrees to create better room for large ducts from the main ventilation room. This also made it possible to insert a 10.8-meter-long steel beam, taking one column out to create the possibility for a larger room. In the end this option was not utilized.

The core structure works well for the basement parking. No offsets in the structure are made between the garage and the house above ground. Wind stabilization is done with large attic crosses in the facade and with CLT walls around the emergency stairwells and elevators and a solid wall behind the toilet pack. No concrete has been used above the basement level. There are steel beams in the ventilation room on the ground floor due to potential intersection between larger dimensions of timber beams and the large ducts – otherwise steel is used only for joints.
The floor height of the office levels is 4.1 metres. This leaves 2.85 metres of clear height under the largest beams.
Installations pass through perforations in the beams and are carefully coordinated to provide flexibility and clear structure in the largely ceiling-less building. No installations go under beams.
The timber building has a tighter column structure than an equivalent steel and concrete building. To manage that without compromising flexibility, it will be important to arrange all fixed and stabilising elements according to the core grid system. This gives some constraints, but also the possibility to clearly show the frame. To make the wooden frame clear, care was taken to make it visible, especially in terms of structural timber.

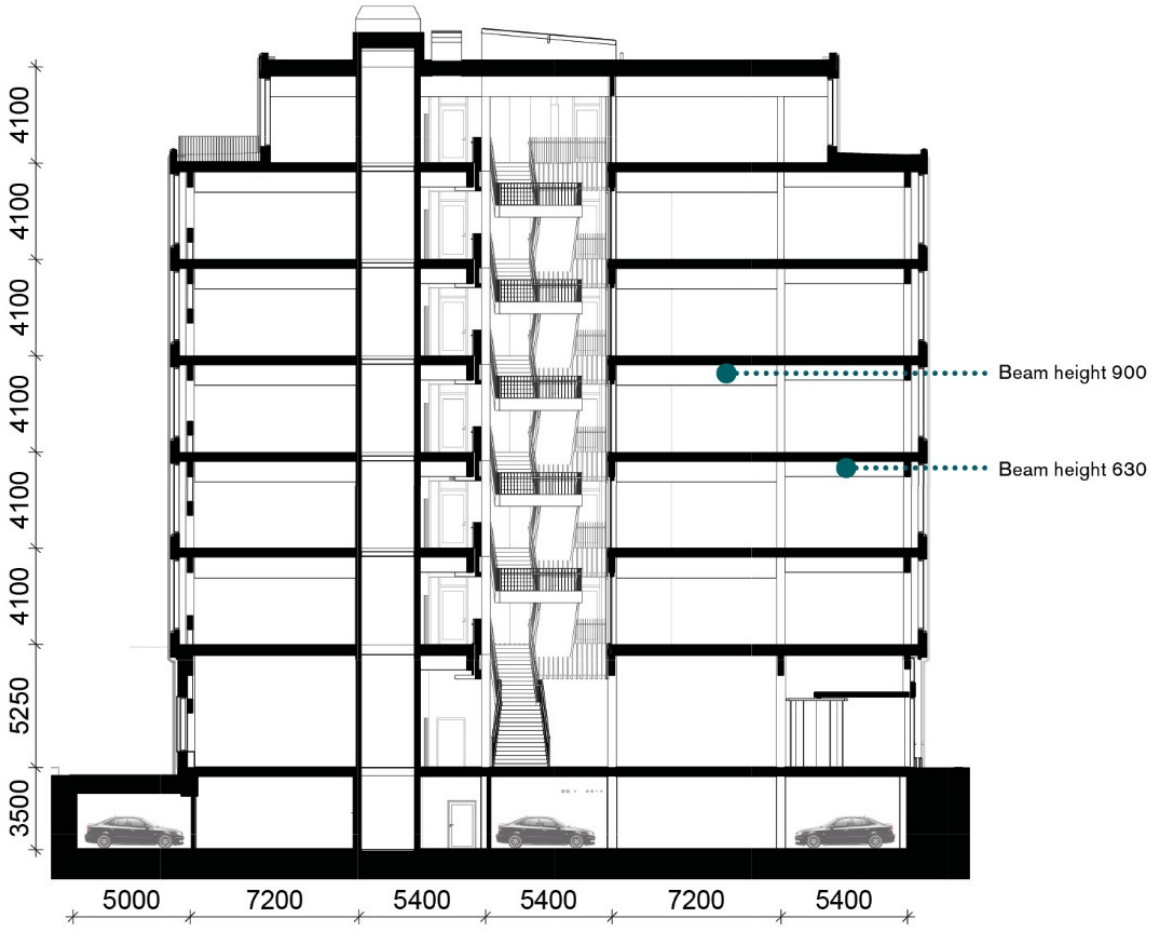


Figure 3: Typical section.

3.2. Multi-tenant offices

An office building is often refurbished, making a large part of the environmental impact of the building to take place during its lifetime. For Vasakronan, the average lease term for a tenant is 5-7 years, after which they often do a lot of alterations of the space. Parts that are fixed and long-lived are primarily the facade and public circulation areas. These can be designed with fixed solutions and exclusive materials, but office areas should be adaptable for good flexibility. Magasin X has a general interior design principle employing carpets and wall colours that do not vary between tenants. The acoustic conditions of spaces within a timber structure are in many respects challenging, requiring extra effort especially in the management of flexibility of tenant divisions. The most obvious example is how the core grid of partition walls were slightly offset from the frame, so that one layer of the partition walls can pass uninterrupted past the frame without unsightly and awkward recesses. This avoided visible coverings of beams and columns. See figure 16.

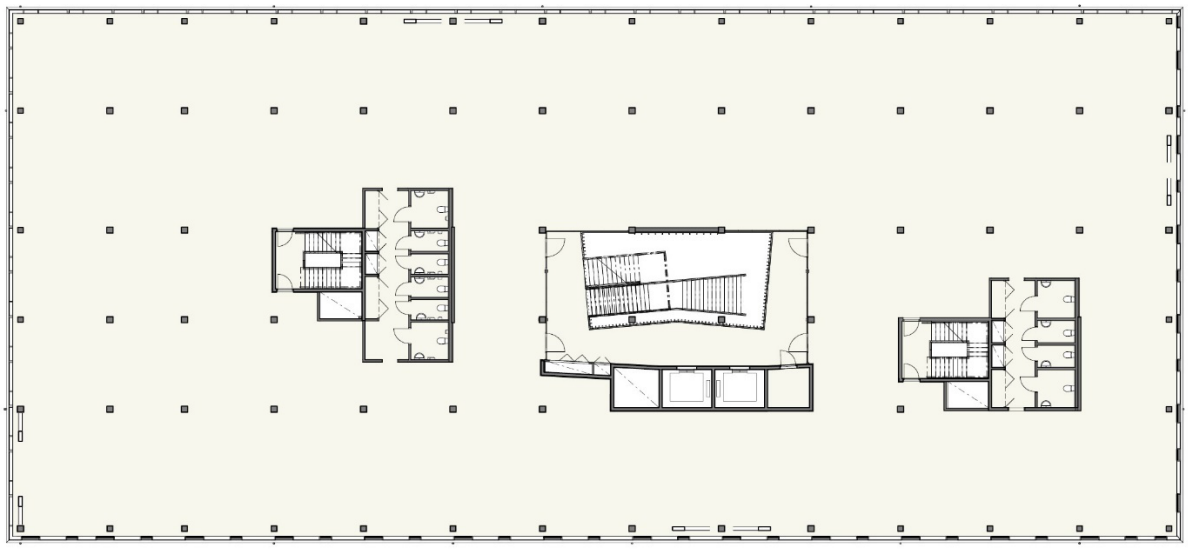


Figure 4: Office floor without fittings, showing the well-organized structure.

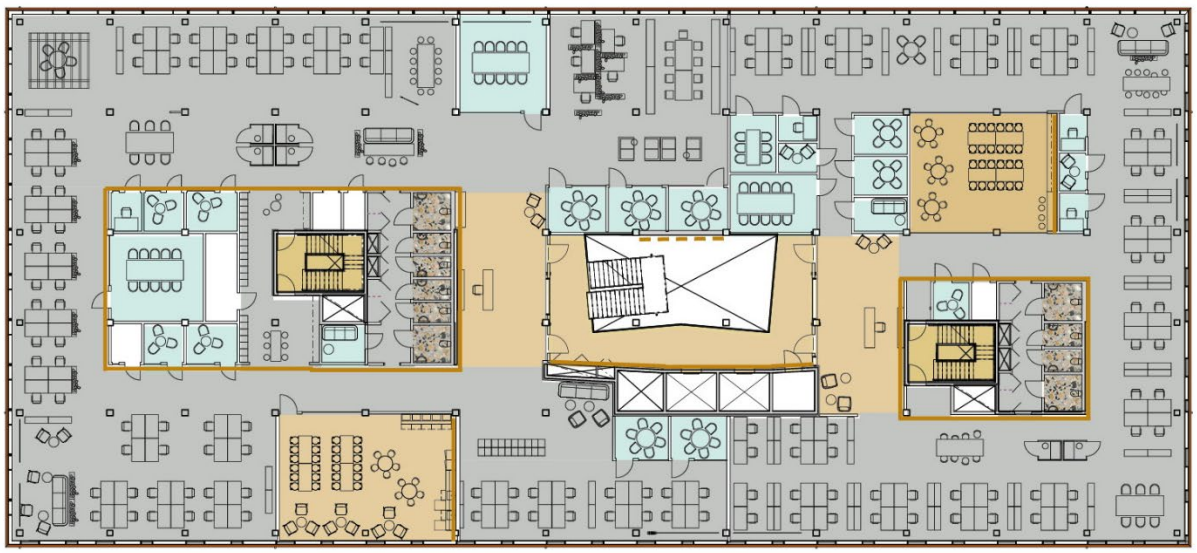
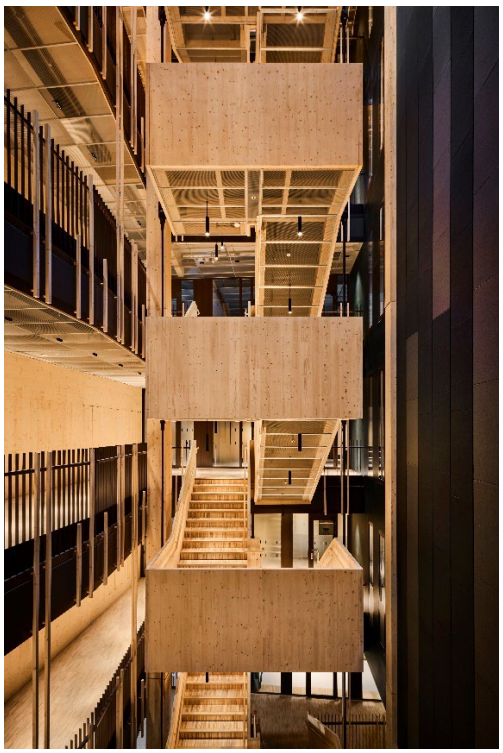
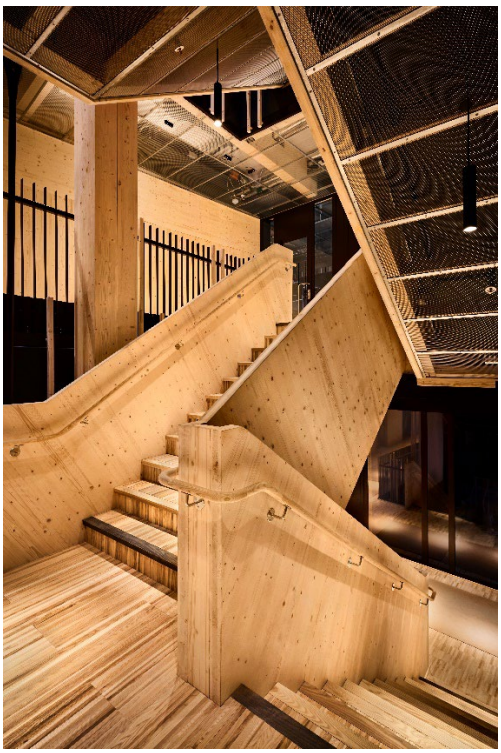


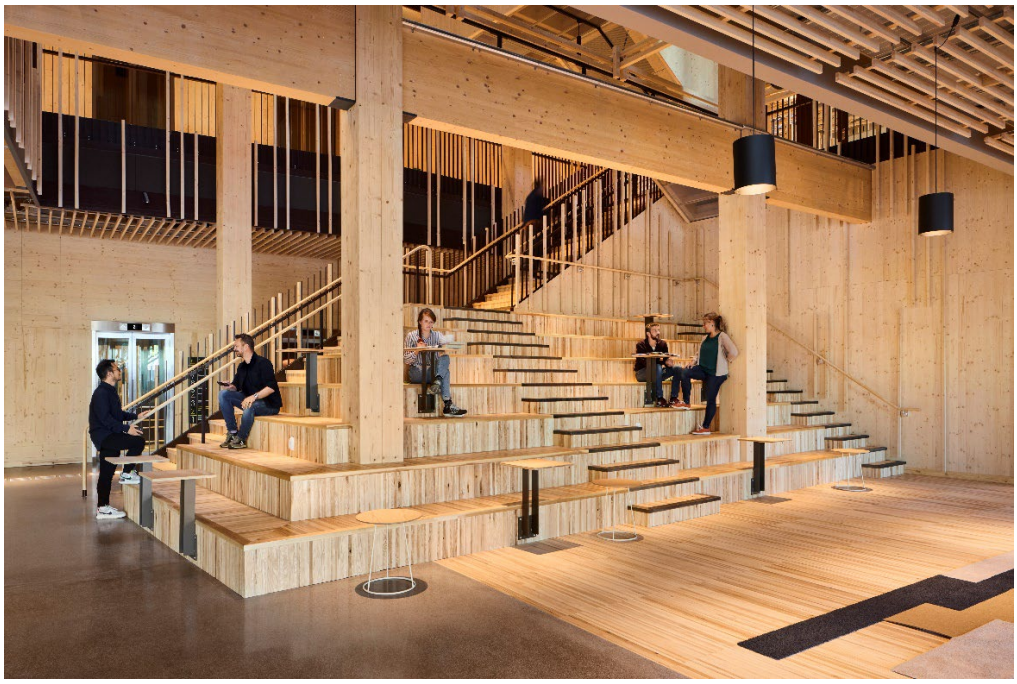
Figure 5: Office floor outfitted for a general tenant

3.3. Main stair

To attract the building's users to daily exercise, a lot of energy was put into the beautiful, free-hanging staircase. It is in frequent use and the decision to remove one of the earlier designed lifts is justified. The staircase is constructed from load bearing CLT railings with steel suspension braces stabilising it.
The elevator walls made of CLT are clad with a 19 mm three-layer spruce board to create a higher quality surface.
The relatively small atrium widens at the base of the building to let in more light and expose the frame. Here, the staircase extends into a podium used by tenants for larger seminars and gatherings.



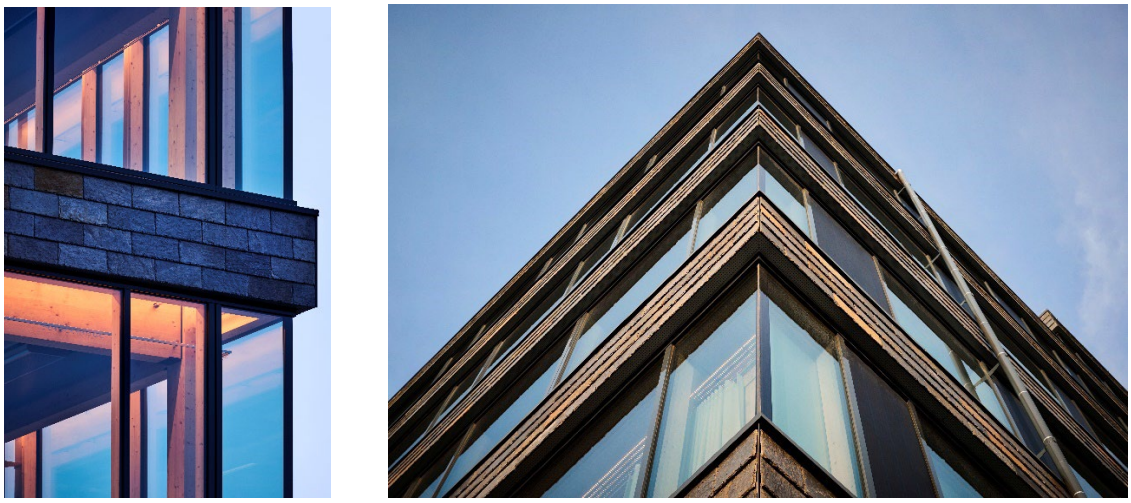




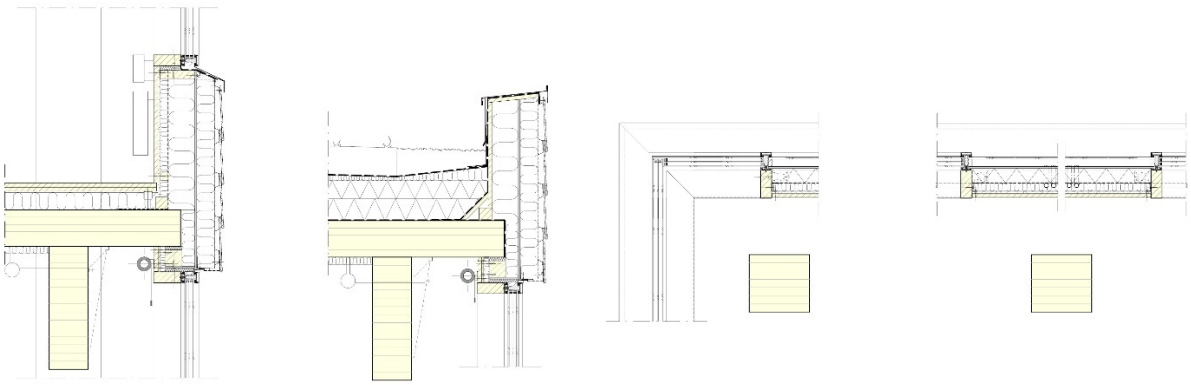
Figures 6-8: Hanging stair and podium.
Photography: Måns Berg.

3.4. Façade

There was a decisions to have exterior timber in the exterior only where it is easy to access for maintenance. All exterior timber is employing bevel-sawn plank of spruce. On the glazed parts of the ground floor and on the recessed floor of the top level it is used to replicate the interior frame, and on the closed parts it is used as large-scale panels. Otherwise, the timber frame of the building is highlighted by the extra clear glass with simple interior LED strips that illuminate the frame.
The energy efficient shape of the building and the geo-storage for heating and cooling allowed relatively large glass surfaces. The glass type and proportion were carefully developed through intensive collaboration between the architect, glass consultant, HVAC consultant and energy specialists to achieve good daylight, insulation, solar heat gain and design requirements. On the south-facing sides, a 40% reduction in glazing area was required to avoid excessive solar heat gain. Here, part of the glass was replaced with solar panels that are part of the same profile system. The profile system is made of glulam with a simple aluminium add-on profile that holds the glass. This saved 5.5 km of aluminium profiles, and the same profile holds the solar panels. See figures 11-14.
The skirtings are covered with Norwegian rust-coloured slate. Quarried directly from the rock, requiring no finishing and indefinite reusable it is probably the facade material with the lowest climate impact. With its slight lustre and natural-looking surface, it provides a façade that changes beautifully in different light and weather.



Figures 9-10: The facade from different angles, showing glazed corners änd PV-panels in the window system. Photography: Måns Berg.



Figures 11-14: Vertical and horizontal detail examples.

4. Technical notes

4.1. Fire

As any modern office building Magasin X has sprinklers installed, well-adjusted to the timber structure. The sprinkler system is not necessary to enable timber construction but has allowed a more visible and untreated timber solution, the open stairwell as an escape route and longer distances to escape stairwells.
The timber frame is essentially its own fire protection and it is dimensioned so that the char build-up during a fire will insulate the frame. The underside of the CLT in the floor slab is fire protected with a 40 mm thick rock wool board which also has the function of acoustic absorbent.
In escape routes, timber parts are painted with a flame-retardant varnish. Swelling fire-protection paint is used only on smaller, non-visible parts.
The fire consultant has assisted with clear calculations to determine the extents of exposed timber in the office levels without triggering fire protection requirements.
During the design and construction phase, the fire issue was carefully studied. Gaps larger than 5 mm were sealed with swelling fire grouting.

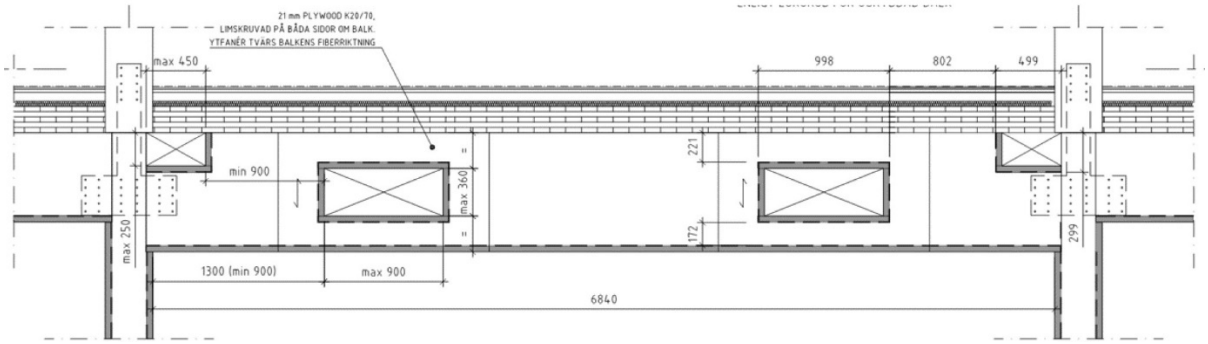


Figure 15: Beam with what is burned after 60 minutes of fire marked in grey.
Drawing: Bjerking

4.2. Acoustics

As described in chapter 3.2, one of the challenges of a multi-tenant house is that tenant boundaries that have the highest acoustic requirements can be moved during the lifetime of the house. To have flexibility in the face of this, staggered positions for partition walls were used, meaning that no cladding to columns or beams with acoustically dampening plasterboard was needed.
Between floors, the acoustics were solved with a top floor on rubber feet. Only tenant-separating walls are supported on the CLT floor itself.
Since experience with the acoustic properties of wood is somewhat limited, some oversizing was done. Continuous sound measurements have ensured that the sound classification is maintained.

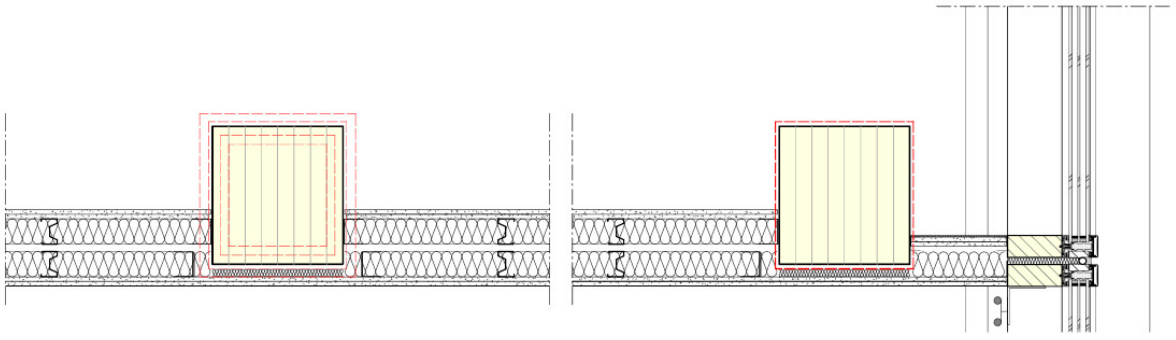


Figure 16: Detail drawing of how walls can connect to the façade without complication.

4.3. Installations

Swedish office buildings are installation-intensive, with a high focus on good indoor climate and a high degree of heat recovery. This results in relatively large installations which had to be carefully fitted into the perforations that could be taken in the glulam beams in the factory. Clear paths for each type of installation were created according to a system that could be maintained throughout the project. Real-time linked Revit models ensured an ongoing dialogue on how to solve the installations without compromises.

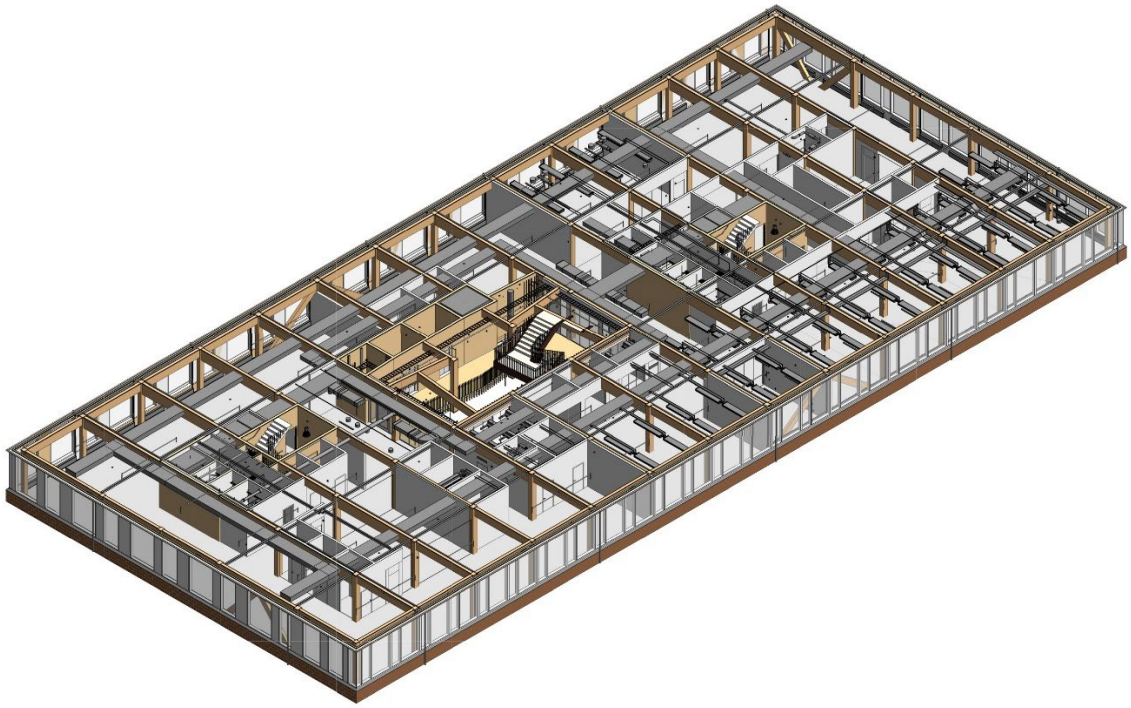


Figure 17: 3D-plan showing installation organization

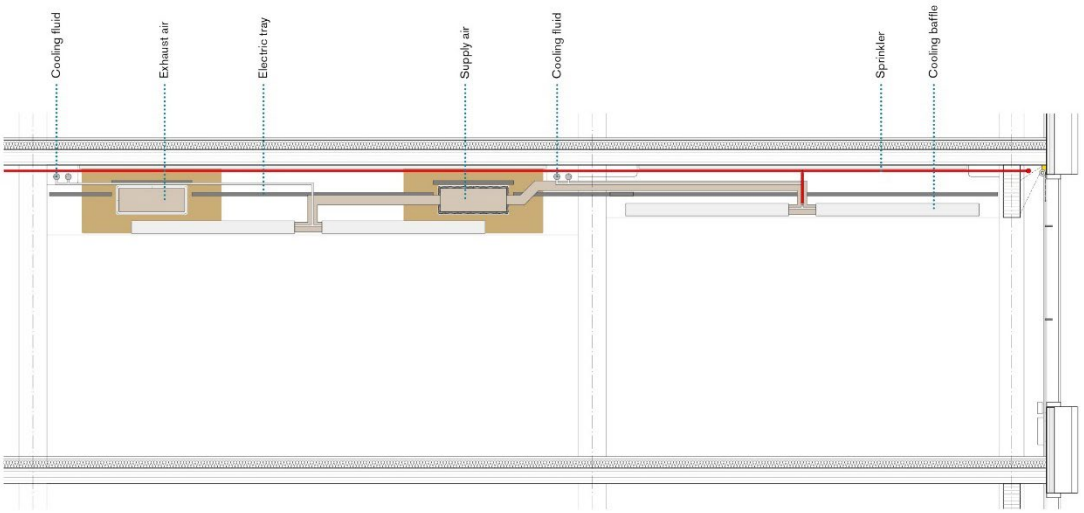


Figure 18: Simplified section showing hole pattern and installations

4.4. Buildability

The promised time savings of the timber frame construction were not really fulfilled. Precision was slightly lower than promised. This does not negatively affect the finished result, but it did add to the cost and time of fire grouting. It was not possible to build a tent over the whole site. In order to moisture-proof the frame as much as possible, it was erected in three stages to reach the roof as quickly as possible. While the frame was being erected, scaffolding with roofs was built over the joist channels. The multi-storey wind brazing crosses were test-assembled in the factory, dismantled and assembled on site in a horizontal position, three storeys at a time. These required more complicated connection fittings and compared to steel crosses, were probably relatively more expensive.
The construction industry is still not fully mature and attuned. The contractor had not worked with timber before, which required some learning. As architects, however, we are delighted that they are made of wood. There is hope that this will develop in the future, with more contractors acquiring capabilities for timber construction.
The column sections that stood outside without floors over darkened considerably compared to columns that had the floors over installed quickly. To achieve an even colour inside the offices, a large portion of the columns were sanded.
The working environment was greatly improved in a quieter workplace compared to a concrete or steel building.

Figure 19: Construction site.
Photography: Gustav Kaiser

4.5. Sustainability

The building is LEED Platinum certified with one of the highest point accumulations ever. In addition to the timber frame structure, the house includes several prominent sustainability features:

- A battery storage system creates redundancy for sprinkler pumps without the need for diesel generators. The battery storage system is also used as a backup in the event of a power outage and to store solar power for overnight property operation. In addition, Vasakronan sells electricity during power peaks.
- In total, about 1100 m² of solar cells is mounted on the roof and facade.
- Borehole thermal energy storage is used for cooling and heating. No district heating and no cooling machines are needed, and the pumps are largely powered by self-generated solar energy. Overall, the building is estimated to have an energy consumption of less than 20 kWh/m²/year, which is less than a quarter of the Swedish requirement for new buildings.
- Wireless sensors for heating and ventilation, wireless light switches save many kilometres of cable.

The long-term perspective on sustainable architecture, with materials that age well and with structures that are simple to adapt for future needs contributes to the incalculable sustainability factors.
The LCA for Magasin X shows a 40% reduction in carbon footprint compared to the Swedish Housing Agency's baseline building. This is still far from zero, but a considerable reduction.

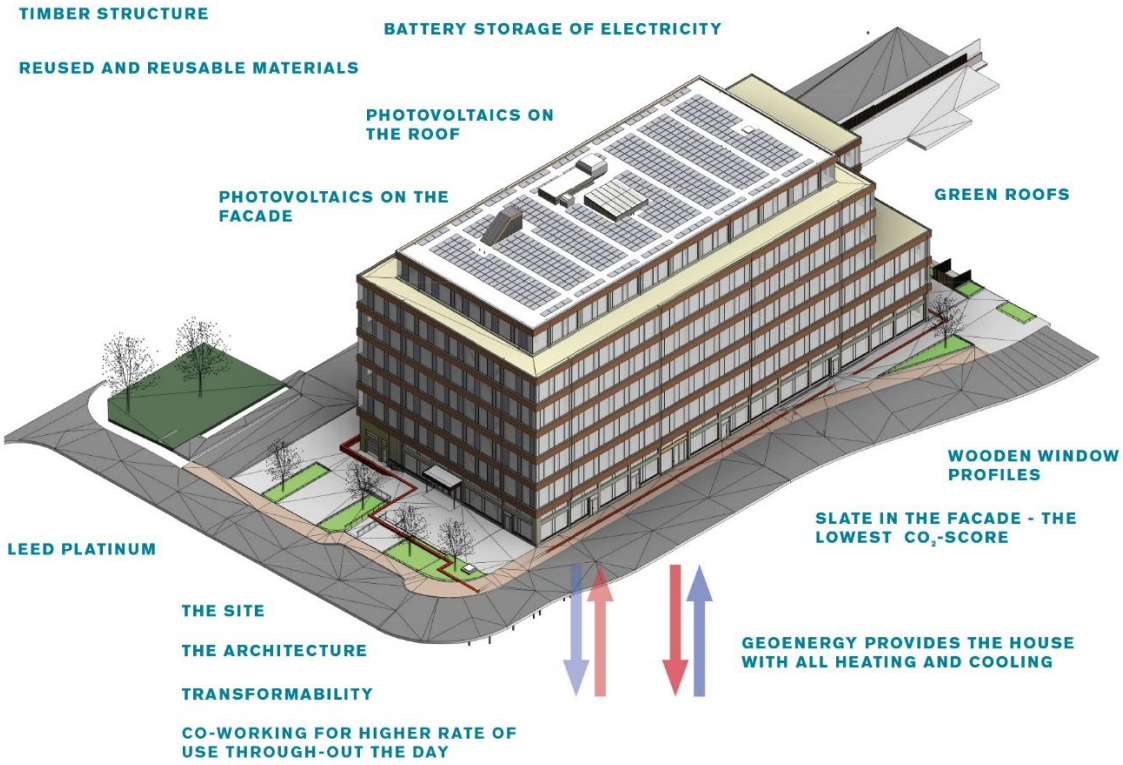


Figure 20: overview of sustainability factors.

4.6. Economy

The building was completed on time and on budget. The frame structure cost slightly more than a prefabricated concrete structure estimate, but this was more than offset by the fact that the premises were easy to rent at some of the highest rents in Uppsala. As the sector matures, the economic benefits of wood should be further developed.

5. Conclusions

5.1. Buildability

It is possible to build well-functioning office buildings with timber frames, achieving good spatial qualities and well-functioning workplaces. With good architectural design and collaboration with engineers, the denser column grid does not have to be a constraint, but it does require more coordination. The building industry is quickly adapting. Parallel to the Magasin X project White Arkitekter has been working on several other office buildings, schools, and housing projects with timber structure, and it is obvious that knowledge and skills in all parts of the sector is growing fast.

5.2. Architectural qualities

Building with timber gives the architect renewed possibilities to express the structure in a tectonically interesting way. The higher beams, while demanding a slightly higher building height can be used to get higher spaces in the offices. Using CLT slabs on top of the beams gives possibilities to easily create energy efficient and flexible façade solutions. Combined with other natural materials the timber frame can create a calm feeling that is very appreciated by the users.

5.3. Sustainability

To further reduce the climate impact, the LCA analysis indicates a number of key points for further development – and the following calls for action:

- Decrease of concrete and a greater proportion of climate-friendly concrete.
- Adapt the foundation. Magasin X has parking spaces in parts that protrude out-front of the building itself. These were calculated to be economically viable, despite their large amount of concrete, but they significantly increased the climate impact.
- Develop the steel brackets in the timber frame - steel accounts for almost half of the carbon footprint of the timber frame itself, even though there were limited to fittings and the two steel beams in the fan room.
- Adapt the proportion and type of glass in the facade.
- Increase the proportion of recycled material.
- Increase the attention to the carbon footprint of all building components.

6. Acknowledgements

This project would not have been possible without the deep and committed cooperation from a lot of different parts. Some of them are here, but unfortunately there is a page limit. Thank you all.

Developer:	Vasakronan, Jonas Wahlström, Marcus Levin
Builder:	NCC
Timber supplier:	Martinsons
Architect:	White, Anders Tväråna
Landscape architect:	White, Stefan Rummel
Interior architect:	White, Magnus Lindgren
	Kanozi, Hanna Bolin
Structural engineer, wood:	Bjerking, Björn Johansson, Niklas Stenlund
Final documenting, wood structure:	Tyréns, Niclas Kjell
Structural engineering, basement:	B:Mec, Fredrik Welin-Berger
HVAC engineer:	Bjerking, Robert Norström
Electrical engineer:	Bjerking, Marcus Karlsson
Light design:	Bjerking, Svante Pettersson
Energy engineer:	Ramboll, Christian Zäll
Geo-energy:	Sweco, Iulia Svyrydonova
Sprinkler:	Projektengagemang, Tord Wallin
Fire:	Briab, Anders Paulson, Andreas Johansson
Moist control:	Raksystems, Andreas Lind
Acoustics:	Efterklang, Anna Berglöw, Andreas Colebring
Glass engineer:	ACC, Tobias Bjernér
LEED coordination:	Bjerking, David Lindgren
Wayfinding:	Studio With, Håkan Gustavsson
Accessibility:	ProjekTIL, Jenny Afvander
Project leading:	Hedström & Taube, Thomas Stache
	WSP, Sarah Norling

Figure 21: Interior of the White office.
Photography: Måns Berg.

Epilog

Zeitenwende im europäischen Holzbau.
Ist der Planungssektor darauf vorbereitet?

Ingenieurholzbau in der Planungs-praxis und in den Bauvorschriften Ansätze in Aus- und Weiterbildung

(überarbeiteter Nachdruck aus GAM 17-Architecture Magazin: 2020 – TU Graz)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Technische Universität München,
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
München, Deutschland

Ingenieurholzbau in der Planungspraxis und in den Bauvorschriften Ansätze in Aus- und Weiterbildung

1. Einleitung

Das Bauen mit Holz erlebt derzeit zweifelsohne eine nicht erwartete Renaissance. Und zwar weit, sehr weit entfernt von Alpenstilromantik, Blockhütten oder einfachen Ingenieurholzbauten. Heute ist im Holzbau alles möglich: Vielgeschossige Wohnungs- oder Hotelbauten öffentliche und gewerbliche Gebäude mit für den Holzbau außergewöhnlichen Abmessungen bis hin zu einer Serie von Kapellen als Kleinodien oder profanen Hochregallagern.
Die Erwartungen bezüglich der positiven Eigenschaften sind überall hoch. BauherrInnen erwarten ein tolles Wohn- oder Betriebsklima gepaart mit gutem Gewissen, was die klimatischen Auswirkungen ihres Tuns angeht. Die öffentliche Hand entdeckt den Holzbau als ein wirksames Mittel, um auf der Basis des Kohlenstoff-Speicherpotentials von langfristig verbautem Holz die CO_2-Bilanzen wenigstens ein wenig besser in den Griff zu bekommen und der Holzsektor - vom Baustoffproduzenten bis hin zu den Zimmerer- und Fertigbaubetrieben – ist ohnehin davon überzeugt, dass der Holzbau mit seiner trockenen, schnellen, vorgefertigten Bauweise den anderen Baustoffen eigentlich überlegen ist.

Vor lauter positiven Nachrichten könnte man daher zu unreflektierter Euphorie neigen, wenn es nicht auch ein paar wenige, aber durchaus kritische Punkte gäbe. Bitte aber nicht falsch verstehen - der Autor ist ein absolut überzeugter Holzwurm von Kindesbeinen an. Die nachfolgenden Anmerkungen basieren auf den Tätigkeiten als Wissenschaftler, Tragwerksplaner, Sachverständiger, Prüfingenieur, der Mitarbeit an vielen Normen und der gelegentlichen Waldarbeit und reflektieren die persönlichen Erfahrungen mit dem Werkstoff Holz. Die folgenden Überlegungen befassen sich vom Rohstofflieferanten Wald über Forschung, Standardisierung, (Fertigungs-)Kapazitäten des Holzbaus, der möglichen Industrialisierung bis hin zu Brand- und Feuchteschutz mit sechs Kernfragen, deren gemeinsame Bearbeitung und Lösung den Holzbau noch weiter voran bringen kann. Sie werden jeweils am Ende der Kapitel in einem kurzen Fazit zusammengefasst.

2. Der Wald

Am Anfang steht ein Problemfall, für den wir nur indirekt etwas können, an dem wir aber alle je nach Eigenverhalten mehr oder weniger beteiligt sind: Der klimabedingte Patient Wald. Die damit verbundene Frage lautet: Dürfen wir denn überhaupt noch mit Holz bauen? Oder sollte nicht besser der alte Slogan der 1970er Jahre «Baum ab? Nein Danke!» wieder gelten?

Um die Antwort vorweg zu nehmen: Na klar sollten – besser noch müssen – wir weiter und vermehrt mit Holz bauen, um das jetzt bereits vorhandene Kohlenstoffspeicherpotential des nun durch Trockenheit und Käferbefall geschädigten Baumbestandes durch die langfristige stoffliche Nutzung weiter zu erhalten. Zudem können wir durch eine hohe Nachfrage den Preisverfall für das Rohholz wenigstens ein wenig dämpfen. Natürlich blutet einem das Herz, wenn man bei Fahrten quer durch Deutschland oder einige angrenzende Nachbarländer, wie z. B. Tschechien, riesige, trocken gefallene Bestände – insbesondere des Brot- und Butterbaums Fichte – sieht. Das erinnert teilweise an die dramatischen Waldverluste im Norden Kanadas (beetle pine). Aber ebenso wie inzwischen auch in Kanada muss und kann dieses Holz bei halbwegs rechtzeitiger Ernte für tragende bauliche Zwecke in Form der modernen Holzbaustoffe Konstruktionsvollholz, Brettschichtholz oder Brettsperrholz unproblematisch genutzt werden, soweit es sich nicht um sichtbare Bauteile mit hohen optischen Anforderungen handelt. Die mechanischen Leistungseigenschaften der Holzprodukte werden bei rechtzeitiger Ernte der abgestorbenen Bäume nicht negativ beeinflusst.

Natürlich müssen insbesondere die Bäume mit noch aktivem frischen Borkenkäferbefall schnellstmöglich gefällt und entrindet oder aus dem Wald verbracht werden. Auch wenn das Fraßbild des Borkenkäfers durchaus eine gewisse Ästhetik aufweist, er ist eine echte Plage.

Aber in jeder Krise steckt auch eine Chance! In diesem Fall die Chance, den ohnehin erforderlichen Waldumbau weiter zu beschleunigen und bei den erforderlichen Aufforstungen gegenüber Hitze und Trockenheit robustere Baumarten, wie die Schwarzkiefer, Douglasie oder Flaumeiche zu pflanzen und somit möglichst robuste Mischwälder aufzubauen. Von der zunehmenden Trockenheit ist aber nicht nur die Fichte betroffen, sondern auch einige Laubbaumarten – wie an einigen Standorten in Deutschland die Buche. Dadurch, und natürlich durch den ja schon vor langer Zeit begonnenen Waldumbau, fallen inzwischen neben den großen Mengen Nadelholz zusätzlich bereits erhebliche Mengen an Laubholz an, deren stoffliche Verwendung im Bauwesen im Vergleich zu den Nadelhölzern mengenmäßig deutlich hinterher hinkt.

Fazit EINS
Das Waldsterben beeinflusst unsere Rohstoffquelle. Da aber in Mitteleuropa immer noch deutlich mehr Zuwachsmenge gegenüber der Entnahme zu verzeichnen ist, können wir auf Basis unserer dauerhaft nachhaltigen Forstwirtschaft jedenfalls davon ausgehen, dass wir auch bei einer deutlichen Ausweitung des Holzbaus genügend nachhaltig erzeugte Holzmenge zur Verfügung haben. Man bedenke dabei auch, dass wir derzeit wieder einmal große Mengen Schnittholz, beispielsweise in die USA, exportieren[1], die bei Bedarf genauso gut innereuropäisch verwendbar wären.
Ergänzend könnten wir wieder viel mehr Laubholz im Bauen verwenden.

3. Die Forschung

Das zuvor beschriebene, sich verändernde Holzangebot führt uns unmittelbar zu einem weiteren kritischen Punkt im Bereich der Holzwirtschaft – den Aufwendungen für Forschung. Zwar hat erfreulicherweise in Deutschland die öffentliche Hand die Forschungsmittel deutlich erhöht, z.B. über die Programme der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) oder das Programm «Zukunft Bau», und auch in Europäischen Ausschreibungen wird eine deutliche Zunahme der auf die Holzwirtschaft zugeschnittenen Programme beobachtet. Hier helfen vor allen Dingen wiederum die positiven umweltrelevanten Eigenschaften von Holz. Der angekündigte «Green Deal» der EU-Kommission lässt eine weitere Ausweitung in diesem Bereich erwarten. Aber in den meisten Fällen ist eine Mitfinanzierung der Wirtschaft in erheblichen Mengen (bis zu 50 Prozent) erforderlich. Die Forschungsinvestitionen der Betriebe der Holzwirtschaft aber hinken dem oft als sinnvoll bezeichneten Maß von ca. drei Prozent des Umsatzvolumens deutlich hinterher. Dabei wäre es gerade jetzt wichtig, z.B. bei der Entwicklung von Holzwerkstoffen, auf das zu verändernde Rohstoffangebot zu reagieren oder die rasant fortschreitende Digitalisierung noch stärker in Planungs- und Fertigungs- sowie Optimierungsprozesse zu integrieren. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für die Entwicklung neuer, heute häufig hybrider Holzwerkstoffe, im gezeigten Fall aus hochfesten Buchenfurnieren in Kombination mit Fichten-Brettschichtholz («Holzbewehrtes Holz»)[2].

[1] *Holz-Zentralblatt* vom 18.09.2020. 146.Jhg. Nr.38, S. 675
[2] Holzbewehrtes Holz. Laufendes Forschungsprojekt TU München, Zukunft Bau, online unter www.bgu.tum.de,

Abbildung 1: «Holzbewehrtes Holz» – Brettschichtholz mit schräg verlaufenden, innenliegenden Buchenholzfurnieren

Fazit ZWEI

Die zukünftige Entwicklung wird im Holzbau unglaublich spannend. Es gibt vielfältige Herausforderungen und damit auch viele neue Ansätze. Es bleibt zu hoffen, dass es uns weiterhin gelingt, viele junge Wissenschaftler*innen dafür zu begeistern und ihr Innovations- und Phantasiepotential zu nutzen. Die Holzindustrie sollte diese Bemühungen breiter unterstützen. Dabei liegt die Betonung auf «Breite» und Allgemeingültigkeit, denn natürlich gibt es bereits einige hochinnovative Unternehmen und Verbände, welche Forschung nicht als Spielwiese der Universitäten, sondern als das begreifen, was sie tatsächlich ist – Dienst an der Zukunft der gemeinsamen Sache. Für die Verbesserung des Zusammenspiels zwischen Wissenschaft und Praxis besteht aber durchaus weiteres Optimierungspotential.

4. Die Standardisierung

Ein mindestens ebenso großes Optimierungspotential besteht in der Standardisierung des Holzbaus. Denn ein Aspekt des heutigen Holzbaus ist einerseits positiv, andererseits extrem behindernd: Die Vielfalt im Holzbau!

Konrad Merz, ein hochrespektierter Kollege aus der Holzbau-Tragwerksplanung, hat einmal die schöne Übung unternommen, alle unterschiedlichen Deckenaufbauten der Projekte eines Jahres hinter seinem Schreibtisch an die Wand zu pinnen. Nicht einer hat sich wiederholt! Die gleiche Situation würde wohl eintreten, wenn man dazu die Außenwände, die Innenwände und die Dachaufbauten ergänzt – vermutlich würde das zum Tapezieren der Wände eines mittleren Büros ausreichen. Alle unterschiedlich!

Es ist ja richtig, dass der Holzbau insgesamt etwas komplexere Aufbauten der Bauteilquerschnitte erfordert. Beispielsweise muss die fehlende Masse zur Erzielung eines hinreichenden Schallschutzes durch eine sinnvolle Schichtung ausgeglichen werden. Ähnliches gilt für den Brandschutz. Wir benötigen für einige Gebäudeklassen zusätzliche brandschutztechnisch wirksame, nichtbrennbare Bekleidungen. Wir können heute mit Holzbauweisen die baurechtlichen Anforderungen und die Komfortansprüche der NutzerInnen gleichermaßen befriedigen, aber eben nicht mit monolithischen Lösungen. Die zugrundeliegenden Forschungen basieren meist auf öffentlichen Mitteln und führen damit zu allgemein verwendbaren technischen Nachweisen. Alleine daraus resultiert schon eine gewisse Vielfalt. Gleichzeitig haben die großen Baustoffproduzenten von Gips über Holzwerkstoffe

bis Brettsperrholz durch umfangreiche Prüfungen mit ihren spezifischen Baustoffen baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise, wie allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse für den Feuerwiderstand oder für die Schallschutzeigenschaften, erwirkt. Zwar ist es verständlich, dass die Baustoffproduzenten diese zum Teil recht hohen Ausgaben für ihre spezifischen Marketingmaßnahmen nutzen wollen – und für eine gewisse Übergangszeit war das auch durchaus sinnvoll – nun aber ist wohl der Zeitpunkt gekommen, auf eine gemeinsame Standardisierung zu setzen. Das fällt schwer und wird wohl einige Überzeugungskraft der technischen Experten bei den CEOs erfordern, aber wenn wir den Holzbau weiter in die Breite entwickeln wollen, ist dieser Schritt dringend erforderlich. Ein Beispiel: Wenn ArchitektenInnen und IngenieurInnen gemeinsam einen Wohnungsbau in Beton-Halbfertigbauteilen (für Wand und Decke) realisieren wollen, dann greifen sie dabei auf Standarddetails zurück und können sich sicher sein, dass praktisch jedes beliebige Betonfertigteilwerk in der näheren Umgebung die entsprechenden Bauteile ohne weitere Änderungen liefern kann. Entscheiden sich PlanerIn und BauherrIn für die weitgehende Verwendung von Brettsperrholz, so liegen der Bemessung spezifische, herstellergebundene Nachweise zugrunde. Sie beruhen auf nationalen oder europäischen Zulassungen sowie nationalen oder europäischen Prüfungen. Und diese gehören «einem Produzenten». Kommt nun nach der Ausschreibungsphase dieses Produkt nicht zum Einsatz, weil z.B. aus Kostengründen ein anderes Brettsperrholzprodukt verwendet wird, so sind in den technischen Spezifikationen häufig zwar oft nur leicht variierende Angaben zu finden, die aber dennoch alle Beteiligten zu einer Umplanung und Umbemessung zwingen. Das kostet Geld, wird meist vom Bauherr bzw. der Bauherrin nicht monetär gewürdigt und führt eher zu Unmut, insbesondere wenn es sich um Newcomer auf PlanerInnen- und BauherrInnenseite handelt. Beim Brettsperrholz ist der Nachteil bereits erkannt und die Entwicklung einer Produktnorm wurde vorangetrieben (EN 16351[3]). Leider wurde diese europäische Norm aber bisher noch nicht harmonisiert und steht daher europaweit noch nicht zur Verfügung. Zumindest ist es aber ein Schritt in die richtige Richtung. Das Beispiel ist ebenso auf andere Produkte übertragbar, bis hin zur zu den heute viel verwendeten Voll- und Teilgewindeschrauben.
Eine weitergehende Standardisierung ist aber nicht nur im Bereich der Holzbauprodukte erforderlich, sondern sollte auch für Detaillierungen gelten, z. B. den Einbau von Fenstern oder die Ausbildung eines Attikabereichs. Es ist einfach nicht sinnvoll, jedes Mal fünf neue Details zu «erfinden».

Fazit DREI

Um dem Holzbau eine noch breitere Anwendung in der Baupraxis zu ermöglichen, sind die begonnenen Prozesse der Standardisierung der Holzbauprodukte, der Bauteilquerschnitte und der Detaillierungen weiter voran zu treiben. Einen großen Beitrag dazu liefert schon seit Jahren dataholz.com, die Datenbank dataholz.com der Holzforschung Austria, die inzwischen im Rahmen eines gemeinsamen österreichisch-deutschen Projekts in dataholz.eu[4] weiterentwickelt wurde. Das Datenbanksystem ist frei öffentlich zugänglich und erleichtert die Arbeit insbesondere für Einsteiger wesentlich. Selbstverständlich wird dieses Datenbanksystem immer weiter aktualisiert. Das große Ziel einer völlig produktneutralen baurechtlichen Verwendbarkeit ist z.B. noch nicht erreicht. In einigen Bereichen wird weiter auf produktspezifische Nachweise zurückgegriffen.
Der Beitrag der Baustoffhersteller zur Entwicklung des Holzbaus war in der Vergangenheit wertvoll und bedeutsam. Jetzt aber ist eine weitere Neutralisierung für die Entwicklung des Holzbaus als Regelbauweise zum Wohl aller Beteiligten voran zu treiben. Was inzwischen wirklich aus der Zeit gefallen ist und verschwinden sollte, sind sogenannte «firmenspezifische Bausysteme». Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigt, dass diese meist zu unvollständig sind und zudem in Ausschreibungsverfahren keinen Bestand haben. Wir brauchen allgemein gültige Lösungen!

[3] EN 16351:2015-12 Holzbauwerke - Brettsperrholz - Anforderungen
[4] www.dataholz.eu

5. Das industrialisierte Bauen

Wenn uns eine weitere Standardisierung der Bauprodukte und Bauteile gelingt, dann wird auch der nächste Schritt einfacher, den wir allerdings bereits parallel vorantreiben müssen. Es ist der Schritt zum echten industrialisierten Bauen. Er wird es uns ermöglichen, in bestimmten Bauwerkstypologien zu einer schnelleren und preiswerteren Umsetzung zu kommen. Denn nach wie vor ist die sogenannten «Anpassungsplanung» einer der Kostentreiber im Holzbau. Unter Anpassungsplanung verstehen wir die Notwendigkeit, die Ausführungsplanung der PlanerInnen in Werkstattzeichnungen (landläufig Werkplanung genannt) umzusetzen. Holzbauunternehmen beziffern die Aufwendungen auf bis zu 25 Prozent der Angebotspreise. Vergleichbare Aufwendungen bei einem Betonbauunternehmen werden hingegen auf max. drei bis fünf Prozent geschätzt. Denn diese erhalten z.B. auf der Basis genormter Details und jahrzehntelanger gemeinsamer Übung Schal- und Bewehrungspläne, die sie auf der Baustelle unmittelbar umsetzen.
Im Holzbau muss daher der nächste Schritt eine weitergehende, echte Industrialisierung im Bauen sein. Sie ist durch Baukastensysteme unter Einsatz der heute verfügbaren digitalen Methoden realisierbar, wie beispielsweise das Forschungsprojekt «Bauen mit Weitblick»[5] gezeigt hat. Dabei bedeutet ein Baukastensystem nicht zwangsweise das Bauen mit 3D-Modulen. Ein Baukastensystem kann ebenso mit flächigen Elementen oder mit einer Mischung aus flächigen und dreidimensionalen Elementen realisiert werden. Die Forschung hat jedoch gezeigt, dass je Baukastensystems immer nur eine bestimmte Bauweise, z. B. Holztafelbau in Verbindung mit Holzmassivbau oder Holztafelbau in Verbindung mit Betonbau, abgebildet werden kann, da die sonst entstehende Variationsvielfalt selbst durch moderne digitale Werkzeuge nicht mehr zu bewältigen ist. Die Ergebnisse des Vorhabens sind selbstverständlich öffentlich zugänglich, siehe Quellenangabe[6].

Baukastensysteme enthalten standardisierte Dach-, Wand- und Deckenaufbauten, die von vielen Herstellern produziert werden können. Eine Standardisierung der technischen Gebäudeausrüstung kann ergänzend erfolgen Die Baugruppen für Wohnungen oder Büros werden durch Ergänzungsbaugruppen zur Erschließung oder für Balkonanlagen ergänzt. Eine weitere Individualisierung ist durch eine Vielfalt an möglichen Fassaden sowie die Variation von Öffnungen in einem verhältnismäßig breiten Spektrum möglich. Abb. 2 zeigt eine mögliche Konfiguration von Baugruppen für eine hybride Mischbauweise aus Holztafel- und Betonfertigteilen. Es konnte der Nachweis geführt werden, dass aus wenigen Grundelementen sehr unterschiedliche Gebäude entstehen können. «Building Information Modelling» (BIM)-basiert sind die Baugruppen und ihre Schnittstellen komplett definiert, da würde BIM auch endlich mal richtig Sinn machen. Mit dieser Art zu planen, müsste sich allerdings die Architektur bereits in der Ausbildung intensiver auseinander setzen. Wir sind überzeugt, dass dann trotz einer Industrialisierung gute nachhaltige Architektur entstehen kann. Die zunehmende Standardisierung kann zudem helfen, die ständige Spirale zu immer höheren Anforderungen gerade im Wohnungsbau zu durchbrechen. Das gilt natürlich nicht für den Brandschutz, da gelten die gesetzlichen Schutzziele ohne Einschränkungen. Aber für den Schall- und Wärmeschutz kann man vom baurechtlich gefordertem Mindestniveau bis zum Luxuswohnen klare Stufen definieren und diese dann auch preislich eindeutig definieren.

[5] *Bauen mit Weitblick –*
Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau.
TU München. Bundesministerium f. Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Forschungsinitiative ZukunftBau. Abschluss 2017.
[6] www.bauen-mit-weitblick.tum.de

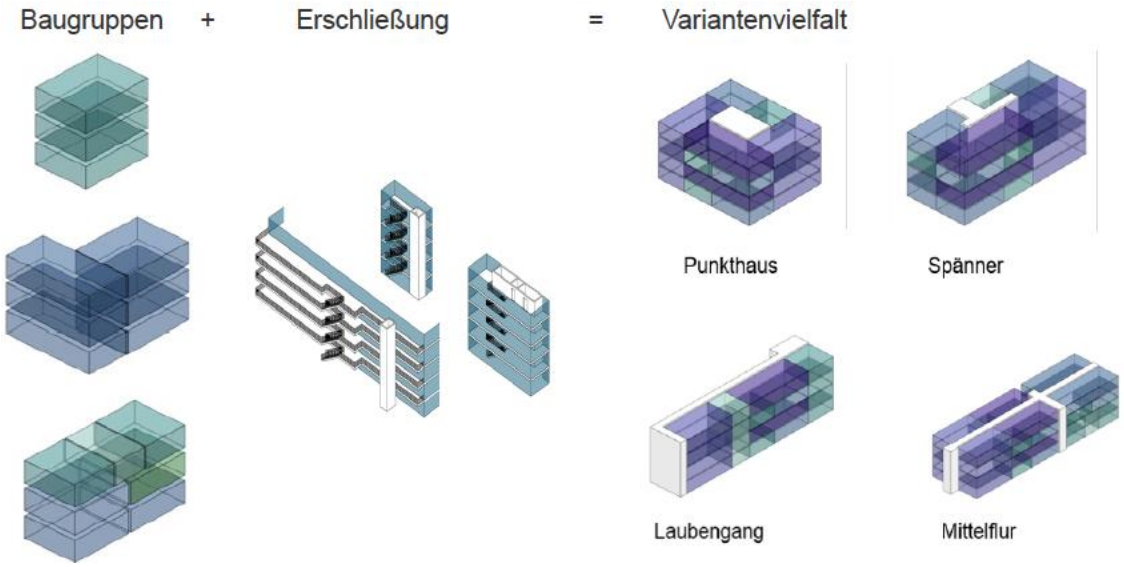


Abbildung 2: Konfiguration von Baugruppen zu individueller Architektur[5]

Die Baukastensysteme könnten web-basiert, ähnlich wie Airbnb oder Uber, nachgefragt und angeboten werden. Klar definierte Bauteile, für die bis hin zu digitalen Daten zur Fertigung alles vorliegt, werden netzbasiert nachgefragt und wer Fertigungskapazitäten frei hat, bietet an. Entwurf, Ausschreibung und Bauprojektmanagement wiederum ist und bleibt Kernaufgabe der ArchitektenInnen und der beteiligten PlanerInnen. Die Montage auf der Baustelle übernehmen darauf spezialisierte Unternehmen. Eine solche Entwicklung könnte zu einer wesentlichen Verbesserung der Angebotssituation führen, u.a. da die produzierenden Unternehmen dann eben nicht mehr mit Anpassungsplanung beschäftigt sind, sondern die frei werdenden Kapazitäten in die Optimierung ihrer Produktions-, Liefer- und ggf. Montageprozesse investieren können. Der Beton-Fertigteilbau lässt grüßen!

Fazit VIER
Das Planen und Bauen mit Baugruppen in definierten Gebäudetypologien kann zu einer echten Industrialisierung des Bauens führen und dieses preiswerter und qualitätsrobuster machen. Der Holzbau kann hier durch seine ohnehin schon weit fortgeschrittene Integration digital basierten Planens und Fertigens eine Vorreiterrolle einnehmen. Aber das löst auch Ängste aus. Denn diese Zeichen der Zeit haben erste Baustoffproduzenten im Holzbaubereich bereits erkannt und beginnen eigene Wand- oder Deckenbauteilfertigungen – sicher eine gewisse Bedrohung für die mittelständischen Holzbaubetriebe. Hier ist in naher Zukunft Dialog gefordert, wer in Zukunft welche Rolle übernimmt. Denn die pure Größe oder Finanzmacht hilft da nicht zur Durchsetzung am Markt. Den BaustoffproduzentInnen sei zur Beurteilung der Gefährdung ihrer Marktposition die Lektüre der Dissertation von Matti Kairi[7] zur Markteinführung des Werkstoffs LVL (Kerto) empfohlen – Stichwort: Wer kauft schon gerne bei der Konkurrenz?
Klar ist: Zur Einführung industrialisierten Bauens ist ein Paradigmenwechsel von allen Baubeteiligten gefordert! Der Holzbau kann hier führend sein!

6. Die Kapazität des Holzbaus

Die angesprochene Veränderung der Abläufe von Planung und Bauausführung würde zudem helfen, andere, derzeit für den Holzbau sehr hinderliche Entwicklungen zu überwinden. Das ist einerseits die zunehmend spürbare Begrenzung der Kapazität des (Holz-) Baus. An allen Ecken und Enden fehlen qualifizierte Handwerker, insbesondere im Ausbau und in der technischen Gebäudeausrüstung. Eine zunehmende Vorfertigung verschafft hier durch die wesentlich besseren Arbeitsbedingungen Vorteile. Der Holzbau selbst hat derzeit allerdings ebenfalls eine begrenzte Kapazität in der Vorfertigung. Aus Sicht der Bauherr-

[7] Kairi, M.: Interaction of R&D and business development in the wood products industry, case Kerto®– Laminated Veneer Lumber (LVL). Aalto University, Helsinki 2005

Innen wäre daher die oben beschriebene Entwicklung hin zu einer weitergehenden Industrialisierung durchaus willkommen, weil dann mehr Betriebe die standardisierten Bauteile produzieren könnten. Was auch zu einer gewissen preislichen Entspannung führen wird. Es ist eine Tatsache, dass wir immer mal wieder Holzbauten «verlieren», weil die Bauherrschaft trotz des ursprünglichen Willens mit Holz zu bauen einfach an die Grenzen ihrer finanziellen Möglichkeiten kommt. Es geht hier nicht um «billig bauen» sondern um «preiswert» unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten.
Eine weitere Behinderung des Holzbaus besteht darin, dass viele BauherrInnen vorzugsweise mit Generalunternehmen, manchmal sogar Generalübernehmern bauen wollen. Ob das immer sinnvoll ist, sei dahin gestellt. Aus unserer Erfahrung wird das nämlich keineswegs billiger, schließlich fallen Risiko- und Management-Zuschläge an. Der Vorteil liegt wohl eher darin, dass es nur ein verantwortliches Unternehmen gibt. Jedenfalls ist aber zur Übernahme der Generalunter- oder -übernehmerschaft hinreichende Finanz- und Personalkapazität erforderlich. Beides ist bei den etablierten Holzbauunternehmen im Vergleich zu den großen Massivbauunternehmen eher begrenzt. Und letztere verspüren bisher wenig Lust, die vermeintliche Konkurrenz aktiv ins Boot zu holen. Und damit werden viele große - auch öffentliche - Bauten immer noch überwiegend aus Beton gebaut.

Fazit FÜNF
Der Holzbau muss seine Kapazitäten in jeder Hinsicht spürbar erweitern, um die steigende Nachfrage zu befriedigen. Wenn es Brei regnet, braucht man Löffel!
Es sind neue Allianzen gefragt und unter Berücksichtigung der zuvor genannten Möglichkeiten zur Standardisierung und Industrialisierung der Wille, gewohnte Prozesse und Verhaltensmuster zu ändern. Wenn das oben beschriebene webbasierte Angebot funktioniert und die Baustoffe und Bauteile produkt- und herstellerneutral ausgeschrieben und angeboten werden, dann braucht es auch keine Generalunternehmer mehr. Die Koordination übernimmt das vom Bauherren bzw. der Bauherrin eingesetzte PlanerInnenteam. Oder man findet genügend «grünes» Kapital und die Holzbauunternehmen werden Generalunternehmen. Ein einfaches «Weiter so!» wird nicht funktionieren, der Aufwärtstrend des Holzbaus läuft sonst zu schnell gegen eine graue Wand.

7. Der Brandschutz und der Feuchteschutz

Im Bereich des Brandschutzes bestehen tatsächlich noch Behinderungen durch die Bauordnungen vieler Länder. Aber es gibt auch eine klare Verbesserung. In vielen Ländern sind inzwischen die Brandschutzvorschriften so angepasst worden, dass zumindest bis zur Hochhausgrenze geregelt mit Holz gebaut werden kann – in vielen Fällen mit teilweise sichtbaren Oberflächen von Massivholzbauteilen. Zwar gibt es immer noch keine völlige Gleichbehandlung der Bauweisen und es wäre sehr wünschenswert, dass bei den weiteren Diskussionen die reinen Vorurteile («Holz brennt halt!») der nüchternen Betrachtung der vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse weichen. Aber der Holzbau sollte auch nicht überziehen: Eine vollständig sichtbare Holzoberfläche aller Bauteiloberflächen hat beispielsweise auch nach unserem Verständnis im vielgeschossigen Holzbau einfach nichts verloren, weil dadurch nachweisbar eine deutlich beschleunigte Brandausbreitung erfolgen kann. Ein Holztafelbau benötigt eben eine hinreichende brandschutztechnisch wirksame, nichtbrennbare Bekleidung, um Hohlraumbrände sicher zu vermeiden. Dazu müssen Fugen so ausgebildet werden, dass sie so rauchdicht sind wie ein Massivbau, alles kein Problem. Andererseits spricht nichts gegen einen Treppenraum aus Brettsperrholz mit rundum nichtbrennbarer Bekleidung in Brandwandqualität. Der Brandschutz ist jedenfalls nicht (mehr) das Hauptproblem des Holzbaus.
Eher ein dauerhaft wirksamer Feuchteschutz der Bauteile, der bei der Montage beginnt und während der gesamten Nutzungsdauer gewährleistet sein muss. Im Regelfall für mindestens 50 Jahre, bei nichttragenden Fassadenbauteilen und Fassaden zumindest 25 Jahre. Das gilt nicht nur für Außenbauteile sondern auch für Innenbauteile. Wir brauchen also bereits für die Montage ein wirksames Feuchteschutzkonzept, ein dauerhaftes Abdichtungskonzept für innere Leckagen (Wasserleitungen, Waschmaschinen, Fliesenanschlüsse in Bädern,....), eine wirksame Schlagregendichtigkeit und für alles eine klar durchdachte, standardisierte Detaillierung der relevanten Anschlüsse, die dann in der Fertigung und auf der Baustelle auch umgesetzt wird. Klar – alles nicht neu und es gibt

viele Vorschläge für Detaillierungen, die ja gleichzeitig auch die brand- und schallschutztechnischen Eigenschaften sicherstellen müssen. Aber die Praxis zeigt, dass hier Verbesserungspotential vorhanden ist und die erprobten Lösungen leider nicht immer angewendet werden. Im mehrgeschossigen Holzbau tauchen zudem ergänzende Fragestellungen auf. So ist z.B. während der Bauphase bei Massivholzdecken alleine durch das Klima während der Bauzeit eine Feuchteerhöhung auf bis zu zwanzig Prozent mittlerer Holzfeuchte kaum zu vermeiden. Im Endzustand liegt die Decke dann bei zehn Prozent, was eine Höhendifferenz von ca. vier Millimetern bei einer Decke mit zweihundert Millimetern Deckendicke ergibt. Über zwei Geschosse sind das schon acht, usw. Das sieht man dann an den Differenzsetzungen zum Treppenraum aus Beton, der Spalt zur Fußleiste wird immer größer.

Fazit SECHS
Im Brandschutz für eine echte Gleichstellung zu kämpfen, ist weiterhin erforderlich. Lösungen liegen auf dem Tisch. Der Wille bei vielen Akteuren einschließlich der Feuerwehr zur offenen Diskussion ist vorhanden. Es braucht einfach noch ein wenig Geduld und bis dahin weiter das Bauen mit Abweichungen. Das eigentliche Risiko liegt im Feuchteschutz. Der verursacht zwar keinen Totalverlust wie ein Vollbrand, aber die Mangelbeseitigung ärgert die BauherrInnen und ist aufwändig. Hier muss der Holzbau mit seinen Partnern noch sorgfältiger werden. Das gilt auch für den Schallschutz, wo kleine Mängel in der Ausführung schon zu Beschwerden führen können. Und die treten dann sofort nach Einzug auf. Alles lösbar, Standardisierung hilft – siehe oben!

8. Zum guten Schluss

Jetzt aber bloß nicht abhalten lassen, vom Holzbau! Erfahrene KollegInnen einbinden, nicht alles neu erfinden und mit ein bisschen Übung entsteht dann das, was immer wieder fasziniert: Bauwerke, welche die wunderbaren Eigenschaften des Holzes reflektieren, von der Optik über die Haptik bis zum Raumklima. Und erfahrungsgemäß sehr viele sehr zufriedene Nutzer hat. Holzbau ist schön! Er darf daher auch mit Emotionen einhergehen, die wir auch in der Lehre vermitteln sollten. Das merken aber nicht nur die traditionellen Holzbauer, sondern auch neu Marktteilnehmer. Der Branche kann insgesamt aus gesellschaftlichen und umweltrelevanten Gründen eine dynamische Weiterentwicklung vorausgesagt werden, dazu muss man kein Prophet sein. Aber das wird auch Strukturveränderungen mit sich bringen, die Sägeindustrie lässt da schon mal grüßen! Wer sich darauf nicht einstellt, kann auch schnell hinten runterfallen.

Holzbaukultur – Herausforderungen in Ausbildung und Entwurfspraxis

Univ.-Prof. Stephan Birk
Lehrstuhl für Architektur und Holzbau
Technischen Universität München (TUM)
Teil der Forschungsgruppe TUM.wood;
Gründungspartner von
Birk Heilmeyer und Frenzel Architekten
Stuttgart, Deutschland

Holzbaukultur – Herausforderungen in Ausbildung und Entwurfspraxis

Wenn wir es mit der Bewältigung der Klimakrise ernst meinen, müssen wir eine Bauwende herbeiführen. Dies bedeutet u.a., wo immer es möglich ist, sind energieaufwändig hergestellte Bauprodukte durch CO_2-neutrale oder -reduzierte Baustoffe zu substituieren. Bestandssanierungen, Aufstockungen, Erweiterungen und Neubauten sind so zu entwerfen und zu konstruieren, dass sie am Ende eines langen Lebenszyklus als Bauteillager genutzt werden können, die «die verlustfreie und werterhaltende, wiederholende Verwendung und Verwertung von Bauteilen, Materialien und Stoffen» erlauben [1].
Eine kreislaufeffektive Bauwende erfordert einen besonderen Planungsprozess, sie wird zu einer neuen Tektonik, einer andersartigen Architektur und Baukultur führen – so lautet meine These.
Holz und Holzwerkstoffe sind hervorragend geeignet, eine wesentliche Rolle im Rahmen der kreislaufeffektiven Bauwende zu spielen. Der Holzbau hat seit der Jahrtausendwende eine entscheidende Entwicklung vollzogen. Etablierte Konstruktionsweisen für unterschiedliche Anforderungen, neue Werkstoffe und Verbindungsmittel sowie digitale Fertigungsmethoden machen den Urbaustoff Holz zu einem modernen Werkstoff mit großem Zukunftspotential. Die Vorteile des nachwachsenden Rohstoffes sind hinlänglich bekannt. Das Potential, mineralische Baumaterialen zu ersetzen, ist für eine Vielzahl von Anwendungen vorhanden.

Es ist an der Zeit, eine (neue) Holzbaukultur zu etablieren.
Die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen hierfür sind gegeben. Besonders eine jüngere Generation fordert aktiv und lautstark eine Abkehr vom mineralischen, CO2-intensiven Bauen. Auch in der Politik sind die Vorteile des Holzbaus (endlich) angekommen: Baden-Württemberg hat 2018 eine Holzbau-Offensive mit Fördermitteln in Millionenhöhe aufgelegt [2]; in Bayern wurde im Mai 2022 die Förderrichtlinie Holz (BayFHolz) eingeführt, «gefördert werden mit 500 Euro Zuschuss je Tonne gespeichertem CO2 klimagerechter Wohnraum sowie Schulen, Kindergärten und andere Einrichtungen der sozialen Infrastruktur» [3]. Auch von der Bundesregierung in Deutschland darf diesbezüglich noch einiges erwartet werden, sie hat sich schließlich selbst den programmatischen Titel «Klimaregierung» gegeben.

Auf dem Weg zu einer zeitgemäßen Holzbaukultur in der Stadt sowie im ländlichen Raum sind eine Reihe an Herausforderungen zu beachten…

1. Wissen

Das Wissen um die Eigenschaften des Materials und den Stand der Technik beim Bauen mit Holz bildet die Grundlage für eine materialgerechte Gestaltung und Konstruktion. Noch nie war die Vielfalt an Holzbauprodukten und Konstruktionsweisen größer, noch nie war das Holzbauwissen verfügbarer als heute. Es existieren verschiedene Beratungs- und Weiterbildungsangebote, überarbeitet und anwendungsbezogene Normen sowie aktuelle Planungshilfen. Es muss gelingen, das verfügbare Wissen zu verbreiten:

- an den Hochschulen, in der Ausbildung angehender Architekt/innen und Bauingenieur/innen. Hierfür braucht es nicht nur entsprechende Lehrstühle, vielmehr muss das CO2-reduzierte Bauen fächerübergreifendes Querschnittsthema werden.
- bei Entscheidungsträger/ innen in den Ministerien, auf den Bau- und Planungsämtern sowie in der Wohnungswirtschaft.
- bei Planenden aller Fachdisziplinen.
- über den D-A-CH Raum hinaus in Regionen mit Holzvorkommen und starkem Bevölkerungswachstum, somit ansteigender Bautätigkeit.

2. Regionalität

Bis zum ausgehenden 19. Jahrhundert war Holz der vorherrschende Baustoff, ehe er nach und nach durch neue Materialien wie Gusseisen, Stahl und Stahlbeton ersetzt wurde. Der Grund für die weite Verbreitung war im Wortsinn naheliegend: lokale Verfügbarkeit und

kurze Transportwege haben das Holz zum Ur-Baustoff gemacht. Historisch haben sich in verschiedenen Regionen unterschiedliche Bauweisen mit Holz entwickelt, geprägt durch Klima, Kultur, Menge an verfügbarer Ressource und dem jeweiligen Stand der Technik. Den regionalen Bezug sowie den sichtbaren Ausdruck der Handwerkskunst dieser historischen Holzbauten empfinden wir heute als authentisch, identitätsstiftend und ortstypisch.

Diese Vorbilder zeigen grundsätzliche Prinzipien für eine nachhaltige Zukunft des Bauens auf: Mehr Regionalität durch den Einsatz lokal verfügbarer Ressourcen, dort wo es möglich und sinnfällig ist. Dies führt zu einer Stärkung der regionalen Wertschöpfungsketten, zu kürzeren Materialwegen und weniger CO2-Ausstoß durch den Transport.

3. Eignung

Holz ist ein vielfältiger, leistungsfähiger Baustoff, dennoch ist er nicht für alle Anwendungen geeignet. Hier und da benötigt er eine Materialpartnerschaft, um spezifischen Anforderungen gerecht werden zu können. Im Vorfeld einer jeden Planung sollte geprüft werden, ob die vorliegende Bauaufgabe für eine Umsetzung als Holz- oder Holzhybridbau geeignet ist. Aus den grundlegenden Parametern eines Projektes lassen sich frühzeitig viele Erkenntnisse gewinnen, aus denen das erforderliche Regelwerk abgeleitet werden kann. Die Einordnung in die jeweilige Gebäudeklasse sowie die geplante Nutzung definieren die wesentlichen Kriterien des Brand- und Schallschutzes. Grundstückszuschnitt, Baugrundbeschaffenheit, zu erwartende Lasten und Spannweiten, geforderte Stützenfreiheit in einzelnen Bereichen sind wesentliche Anforderungen, die Aufschluss über die Sinnfälligkeit einer Umsetzung in Holz geben.

4. Kreislaufeffektivität

Ein wichtiges Ziel der Bauwende ist es, verstärkt in Kreisläufen zu denken. Kreislauffähigkeit kann sich auf der Ebene des Gebäudes, des Bauteils (Bsp. Außenwand), des Bauelements (Bsp. Konstruktionsschicht in der Außenwand), der Komponente (Bsp. Holzwerkstoffplatte) und auf der Ebene des Materials abspielen. Der Holzbau hat grundsätzlich das Potential auf allen Ebenen kreislauffähig zu sein. [4]

Wirkungsvolle Maßnahmen, die ein Wirtschaften in Kreisläufen fördern sind u.a.:

- Langlebigkeit und Effizienz der (Holz)Konstruktion
- Nutzungsflexible Geschossebenen und -höhen, die verschiedene Ausbaustufen und -arten ermöglichen
- Elementierung und Standardisierung von Bauteilen
- Reversibilität von Anschlüssen für den Um- und Rückbau
- Digitale Zwillinge sowie Gebäude- und Bauteilpässe
- Kreislaufgerechte Planungsbedingungen

5. Vereinfachung und Standardisierung

«Bauen wird immer komplexer. Dies überfordert Planer/ innen und Baufirmen aber vor allem auch die späteren Nutzer/ innen» [5]. Es müssen sinnvolle Konzepte zur Vereinfachung von Wand- und Deckenaufbauten, für Anschlüsse und Verbindungen entwickelt werden. Bestehende Komfort-Standards sind zu hinterfragen, das gilt vor allem für die Gebäudetechnik hinsichtlich der Errichtung, dem Betrieb, der Wartung und dem Rückbau. Was für das Bauen im Allgemeinen gilt, trifft besonders auf den modernen Holzbau zu. Planung und Umsetzung sind aufwendig und erfordern – aufgrund der Materialbesonderheiten und Diversität der Lösungen im Detail – spezifisches Fachwissen (siehe Punkt 1). Statt individuellen, projektspezifischen Einzellösungen müssen wir zu einer größeren Standardisierung von Produkten, Anschlüssen, Bau- und Konstruktionselementen im Holzbau gelangen. Die Standardisierung bildet gemeinsam mit den Möglichkeiten der industriellen sowie digitalen Fertigungsmethoden die Grundlage für die Vorfertigung von flächigen oder raumhaltigen Elementen und fördert die Kreislaufeffektivität.

6. Architektur und Planungskultur

Gute Architektur ist ein Schlüssel zu mehr Nachhaltigkeit im Bauwesen. Gebaute Umwelt bleibt dann lange erhalten und ist dadurch klima- und ressourcenschonend, wenn die Bausubstanz hohe architektonische und konstruktive Qualität aufweist sowie flexible Nutzungsanpassungen zulässt. Eine Umsetzung kann mit der Durchführung geeigneter Verfahren zur Auswahl des Planungsteams und der weiteren Projektbeteiligten gelingen. (Holz)Baukultur ist ohne Architektur und Planungskultur nicht denkbar.
Im Holzbau sind Entwerfen und Konstruieren voneinander untrennbar. Für eine erfolgreiche, holzbaugerechte Planung braucht es von Projektbeginn an, ein interdisziplinäres Planungsteam sowie einen integralen Planungsprozess, der eine frühzeitige, ganzheitliche Betrachtung aller relevanten Aspekte bis zum Rückbau sicherstellt, einschließlich fertigungstechnischer Besonderheiten. Die frühe Hinzunahme von ausführenden Firmen mit spezifischer Holzfachkompetenz – wenn vergaberechtlich möglich – ist sinnvoll und verkürzt den Zeitraum von der Planung bis zur Fertigstellung. Vorgehensweise und Vorteile wurden im Rahmen des Forschungsprojektes «leanWOOD – Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise» an der Technischen Universität München aufgezeigt. [6]

7. Wirtschaftlichkeit

Das Wirtschaftlichste ist nicht zwangsläufig das Billigste. Die vielleicht größte Herausforderung stellt die dringend erforderliche Abkehr von der rein auf die Erstellungskosten ausgerichteten Definition von «Wirtschaftlichkeit» dar, hin zu einer Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Bauteilen und Gebäuden. Wirtschaftlichkeit ist über die Emissions- und Ressourceneffizienz sowie die Kreislauffähigkeit zu definieren. Dies muss für den Gebäudesektor die Grundlage werden und durch Anreize für das Neu-, Um- sowie Weiterbauen sichergestellt werden.

8. Forschung und Entwicklung

Forschung nimmt hinsichtlich der weiteren Reduzierung von bestehenden Hindernissen, bzw. für die Entwicklung des Bauens mit Holz und Holzwerkstoffen eine zentrale Rolle ein. Ohne die Forschung an den Hochschulen, ohne die Innovationen in den mittelständischen Holzbaubetrieben wäre der Holzbau nicht, wo er aktuell (wieder) steht.
Ergebnisse aus Forschungsarbeiten, Erkenntnisse aus Leuchtturmprojekten müssen schnelle Verbreitung und Anwendung finden, sie können der Motor für eine Weiterentwicklung der (Holz)Architektur sein. Das gelingt, wenn die Forschungs- und Innovationsförderung im Holzbau signifikant ausgebaut wird und die Offenheit für Neues und Experimentelles steigt. In der Pflicht hierfür stehen alle gleichermaßen: Politik, Wirtschaft, Firmen, Forscher/ innen, (öffentliche) Auftraggebende und Planende.
Diese Herausforderungen müssen wir angehen. Denn, wo es die Projektanforderungen zulassen, bedeutet die Umsetzung einer Baumaßnahme in Holz nicht nur aktiven Klimaschutz. Holzarchitektur hat das Potential, über die Ressourceneffizienz und Gewährleistung von Funktionalität hinaus, Identität zu stiften. Das ist (Holz)Baukultur.

9. Literatur

[1] Heisel, F; Hebel D (2021) Einführung. In: Heisel, F; Hebel D [Hrsg.] Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen – Die Stadt als Rohstofflager. Fraunhofer IRB Verlag, 2021, S. 9-15

[2] Holzbau-Offensive Baden-Württemberg. https://mlr.baden-wuerttemberg.de/de/unsere-themen/wald-und-naturerlebnis/holzbau-offensive/ [abgerufen am 26. Oktober 2022]

[3] Richtlinie zur Förderung von langfristig gebundenem Kohlenstoff in Gebäuden in Holzbauweise in Bayern (Bayerische Förderrichtlinie Holz – BayFHolz), 13. Mai 2022. https://www.gesetze-bayern.de/(X(1)S(4qjntbujc40kp3c5qigvhv2u))/Content/Document/BayVV_2330_B_13044 [abgerufen am 26. Oktober 2022]

[4] Graf, J; Birk S et al. (2022) Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen. FNR Forschungsprojekt. https://www.researchgate.net/publication/364737458_Wandelbarer_Holzhybrid_fur_differenzierte_Ausbaustufen [abgerufen am 26. Oktober 2022]

[5] Nagler, F et al. (2021) Einführung. In: Einfach Bauen – Ein Leitfaden. https://www.einfach-bauen.net/wp-content/uploads/2021/07/Leitfaden-Einfach-Bauen.pdf [abgerufen am 26. Oktober 2022]

[6] Kaufmann, H; Huß, W et al. (2017) leanWOOD. Final Report. https://www.arc.ed.tum.de/holz/forschung/leanwood-1/final-report/ [abgerufen am 26. Oktober 2022]

Timber Buildings for People – über Aspekte der sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit durch Holzbau in der internationalen Architekturpraxis

Patrick Lüth
Snøhetta Studio Innsbruck
Innsbruck, Österreich

Timber Buildings for People – über Aspekte der sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit durch Holzbau in der internationalen Architekturpraxis

Holzbau deckt nicht nur Aspekte der ökologischen Nachhaltigkeit ab, sondern er eignet sich auch hervorragend dafür, Fragen der sozialen Nachhaltigkeit zu thematisieren. Holzbau bietet nämlich Möglichkeiten, Menschen für Raum und Materialität zu sensibilisieren, denn mit Holz lassen sich besondere Atmosphären schaffen. Das Raumerlebnisse weckt Erinnerungen an die Gemütlichkeit der «traditionellen Holzstube», auch wenn Holz für gänzlich andere Typologien eingesetzt wird. Aber die Verwendung von Holz evoziert nicht nur kulturell verankerte Bilder, sondern setzt auch auf Erleben durch den Tast- und Geruchssinn. Außerdem lassen sich spezielle und ausgefallene Raumbilder mit entsprechendem technischem Know-how vom Entwurf nahtlos zur Ausführung bringen. Vier Beispiele aus der internationalen Praxis.

1. Tverrfjellhytta – Pavillon des norwegischen Wildrentierzentrums, Dovrefjell-Nationalpark, Norwegen

Der Entwurf für den Pavillon des norwegischen Wildrentierzentrums spielt mit kulturellen Bildern, Mythen und Interpretationen der natürlichen Landschaft. Der Bau befindet sich an einem spektakulären Ort am Rande des Dovrefjell-Nationalparks auf einer Höhe von 1.250 Metern mit Blick auf den Berg Snøhetta. Das 75 Quadratmeter große Gebäude bietet Schulgruppen und Besuchern Unterschlupf. Nationalpark-Mitarbeiter erklären dort die einzigartige Tierwelt und die Geschichte der Hochebene des Dovre-Gebirges.

Das Dovrefjell beherbergt wilde Rentierherden, Moschusochsen, Polarfüchse und eine Vielzahl endemischer botanischer Arten. Reisende und Jagdtraditionen, Bergbau und militärische Aktivitäten haben dort ihre Spuren hinterlassen. Heute prägen Tourismus und Freizeitaktivitäten die Landschaft. Das Dovrefjell spielt auch im norwegischen Nationalbewusstsein eine wichtige Rolle. Nationale Legenden und Mythen, Lyrik und Musik zelebrieren diesen mystischen Ort.

Beim Gebäude kontrastiert eine streng geometrische Hülle mit einem weichen, organisch geformten inneren Kern. Die schlichte Form des Unterstandes und die Verwendung natürlicher Baumaterialien nehmen Bezug auf lokale Bautraditionen. Ein rechteckiger Rahmen aus Corten-Stahl und Glas umschließt den Innenraum aus Holz. Dieser Kern erinnert an Fels oder Eis, das von natürlichen Kräften wie Wind und Wasser geformt wurde. Diese Form schafft einen geschützten Bereich, dessen Materialität ebenso Geborgenheit ausstrahlt.

Neue Technologien gestalteten den Herstellungsprozess modern und effizient. Der Holzkern wurde mit einer großen robotergesteuerten Fräsmaschine auf der Grundlage digitaler 3D-Modelle in einer Schiffswerft hergestellt.

Abbildung 1: Bei der Tverrfjellhytta kontrastiert eine streng geometrische Hülle mit einem weichen, organisch geformten inneren Kern aus Holz. Foto: Diephotodesigner.de OHG 2010

Abbildung 2: Das organische Innere schafft einen geschützten Bereich, dessen Materialität Geborgenheit ausstrahlt. Foto: Diephotodesigner.de OHG 2010

Abbildung 3: Bereits von außen lässt sich der Kontrast zwischen strenger Geometrie und organisch geformten Innenleben ablesen. Foto: Ketil Jacobsen

2. Berghütten Tungestølen, Jostedalsbreen-Gletscher, Norwegen

Tungestølen liegt in Luster im Westen Norwegens auf einem kleinen Plateau mit Blick auf den Jostedalsbreen-Gletscher. Snøhetta hat die Berghütten für Luster Turlag, eine lokale Niederlassung des norwegischen Wandervereins, gestaltet. Die ungewohnte fünfeckige Form der Hütten ist eine Reaktion auf die wechselnden Wetterbedingungen in diesem Gebirge. In den Sommer- und Herbstmonaten bieten sie Besuchern einen komfortablen und großzügigen Schutz.

Zu Weihnachten 2011 zerstörte der Wirbelsturm Dagmar die ursprünglichen Tungestølen-Hütten, die mehr als ein Jahrhundert ein wichtiges Ziel für Gletscherwanderer waren. Gemeinsam mit dem Dorf Veitastrond sammelte Luster Turlag Geld für den Wiederaufbau und initiierte einen internationalen Architekturwettbewerb, den Snøhetta 2015 gewann.

Die neun robusten fünfeckigen und geneigten Hütten bestehen aus Leimholzrahmen, sind durch CLT-Platten ergänzt und mit Kiefer verkleidet. Die in der Formation der Hütten nach außen ragenden Fronten verfügen über schnabelartig geformte Wände, um starke Winde abzumildern. Im Inneren rahmen unregelmäßig geformte Panoramafenster die Aussicht auf die Berge. In der Haupthütte bietet ein großzügiger Raum mit einer Deckenhöhe von bis zu 4,6 Metern einen geselligen und großzügigen Treffpunkt mit Panoramablick auf die umliegende Landschaft. Außerdem verfügt sie über einen gemütlichen Aufenthaltsraum mit einem großen, mit Steinen verkleideten Kamin. Die übrigen Hütten bestehen aus einem Schlafsaal und kleineren privaten Einheiten, die etwa 30 Besuchern die Möglichkeit bietet zu übernachten. Wenn in der nächsten Bauphase alle neun Hütten fertiggestellt sind, wird Tungestølen genügend Kapazität für bis zu 50 Besucher bieten.

Abbildung 4: Die Tungestølen-Berghütten liegen in Luster im Westen Norwegens auf einem kleinen Plateau mit Blick auf den Jostedalsbreen-Gletscher. Foto: Jan M. Lillebø

Abbildung 5: Die ungewohnte fünfeckige Form der Hütten ist eine Reaktion auf die wechselnden Wetterbedingungen in diesem Gebirge. Foto: Jan M. Lillebø

Abbildung 6: In der Haupthütte bietet ein großzügiger Raum mit einer Deckenhöhe von bis zu 4,6 Metern einen geselligen und großzügigen Treffpunkt mit Panoramablick auf die Berge. Foto: Ketil Jacobsen

Abbildung 7: Holz dominiert auch die Schlafsäle, die eine gemütliche Atmosphäre bieten. Foto: Jan M. Lillebø

3. Bürogebäude ASI Reisen, Natters bei Innsbruck

Beim Bürogebäude für ASI Reisen ist es Snøhetta gelungen, bei einem offenen Bürokonzept einen von Holz geprägten und intelligent gegliederten Innenraum zu schaffen, der individuelle Rückzugsorte und -nischen bietet. Der Holzbau reflektiert die Arbeitskultur des Unternehmens und seine Spezialisierung auf nachhaltiges Reisen und basiert auf nachhaltigen Entwurfsstrategien. Der Holzbau setzt auf das Thema «Symbiose zwischen Natur und Mensch» – ein Thema, das gemeinsam mit den Mitarbeitenden entwickelt wurde.

Der viergeschossige Bau wurde als Holzskelettbau, kombiniert mit Massivholzelementen, umgesetzt, um den Materialverbrauch zu optimieren. Der Keller und der aussteifende Gebäudekern bestehen aus Stahlbeton. Gegenüber einem konventionellen Massivbau konnten so mehr als 50 Prozent an C02-Emissionen eingespart werden. Eine grüne Fassade aus Kletterpflanzen fügt den Bau harmonisch in die Umgebung, die von Wald dominiert wird, und dient zur Beschattung der großzügigen Glasflächen. Ein Klettergerüst aus Metall ist der schwarzen Holzfassade vorgehängt. Bei der Fassade griff Snøhetta auf eine alte japanische Methode zur Holzkonservierung zurück. Beim so genannten *Yakisugi* wird die Holzoberfläche verkohlt, was die Fassade ohne weiteren Anstrich nicht nur wasserdicht und haltbar macht, sondern auch vor Insekten schützt.

Innen schaffen Galerieräume einen großen, offenen und flexiblen Büroraum über mehrere Etagen, der individuelle Bereiche genauso umfasst wie Gemeinschaftsflächen. Großzügige Glasflächen bieten Ausblicke und inszenieren die Aussicht auf die umgebenden Berge und Wälder. Das offene Büro ist für 65 Mitarbeitende ausgelegt und kann bei Bedarf flexibel für künftige Bedürfnisse adaptiert werden.

Eine reversible Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage heizt und kühlt das Gebäude. Raumtemperatur-, Feuchte-, CO2- sowie Windfühler steuern die natürliche Lüftung, die den thermischen Auftrieb sowie die Winddruckverhältnisse nutzt, um das Gebäude mit Frischluft zu durchströmen. Der Öffnungsgrad der Lüftungsflügel und die Öffnungszeit und -dauer sind abhängig von der Umgebung und dem Raumklima, das mittels Soll- und Ist-Werten ständig überprüft wird. Am Dach wird eine Photovoltaikanlage als Überschussanlage betrieben. Der dort erzeugte Strom deckt einen Teil des Eigenstromverbrauchs ab. Die grüne Pufferzone und ihr Mikroklima vermindert die benötigte Energie für die Gebäudekühlung.

Abbildung 8: Kletterpflanzen umgeben den Holzbau des Bürogebäudes für ASI Reisen. Foto: Christian Flatscher

Abbildung 9: Panoramafenster stellen eine Verbindung zwischen Innen und Außen her und inszenieren die Blicke in die Umgebung. Foto: Christian Flatscher

Abbildung 10: Eine großzügige Treppe und Galerieräume schaffen einen großen, offenen und flexiblen Büroraum über mehrere Etagen. Foto: Christian Flatscher

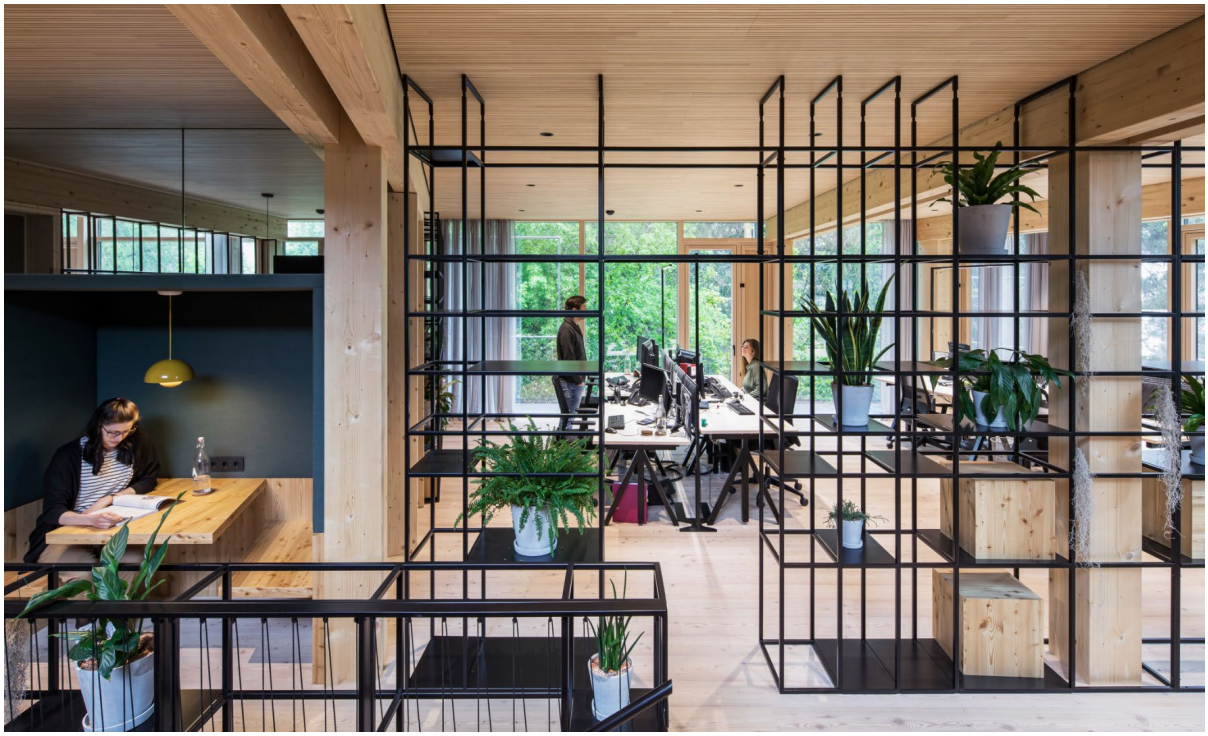


Abbildung 11: Individuelle Bereiche finden sich genauso wie offene Zonen. Foto: Christian Flatscher

4. Erweiterungsbau Universität Klagenfurt

Im Sommer 2021 gewann Snøhetta den Wettbewerb für einen Masterplan zur Gestaltung des Campus der Universität Klagenfurt und für die Erweiterung der bestehenden Gebäude. Der Masterplan stärkt mit einem Landschaftsband die West-Ost-Ausrichtung des Uni-Campus und unterstreicht so auch die Verbindungslinie von der Stadt zum See. Zwei dreigeschossige Holzbauten markieren jeweils das östliche und westliche Ende dieses Bands und schaffen ansprechende Eingangssituationen. Gemeinsam mit den bestehenden Gebäuden und den Freiräumen bilden sie ein Gesamtensemble, das auch von außen klar als neue Adresse ablesbar ist.

Die Jury würdigt das hohe Maß an Innovation des Beitrags von Snøhetta, der sich nicht nur mit dem Entwurf städtebaulich und architektonisch gelungener Baukörper begnüge, sondern ein inspirierendes und gleichzeitig forderndes Umfeld für Lehrende und Studierende entwickle, das letztendlich zum intensiven Diskurs über die Frage einlädt, was eine Universität heute leisten soll und muss.

Abbildung 12: Zwei dreigeschossige Holzbauten ergänzen das Gesamtensemble des Uni Campus Klagenfurt. Abb.: Snøhetta/ZOA3D

Abbildung 13: Im Inneren schafft eine von Holz geprägte soziale Landschaft in Form einer Bibliothekstreppe ein imposantes Raumerlebnis mit hohem Aufenthalts- und Kommunikationspotential. Abb.: Snøhetta/ZOA3D

Mit drei Geschossen orientieren sich die neuen Universitätsgebäude aus Holz an der Höhe des Bestands, was ebenso zu einem harmonischen Gesamtensemble beiträgt. Der neue Bau im Osten, der als erstes umgesetzt wird, reagiert auf die Diagonale des Zugangs zum Campus und schafft einen Eingangsboulevard, der in den bestehenden Vorplatz übergeht. Daraus ergibt sich ein ikonischer Grundriss in Form eines Parallelogramms. Das Sägezahndach verläuft jedoch in Ost-West-Richtung, der Hauptachse des Masterplans. Im Inneren schafft eine von Holz geprägte soziale Landschaft in Form einer Bibliothekstreppe ein imposantes Raumerlebnis mit hohem Aufenthalts- und Kommunikationspotential. Unterschiedliche Institute finden sich genauso wie offene Lernbereiche und Co-Working-Spaces unter einem Dach, um Austausch und Wissenstransfer zu fördern. Das komplette dritte Geschoss ist als offene Bürolandschaft konzipiert und trägt so den Anforderungen an eine moderne Universitätsumgebung Rechnung. Die kompakte Anordnung ermöglicht auch kurze Wege im Betrieb und hohe Flexibilität bei etwaigen Nutzungsänderungen.

Konzeptionell besteht das Gebäude aus zwei Teilen: Einer Gebäudehülle aus einer Holzkonstruktion mit einem Sägezahndach, die sich über das gesamte Volumen erstreckt, und einem kompakten Holzbau im Inneren. Das Sheddach ermöglicht es einerseits, viel Tageslicht ins Innere zu bringen, und reizt andererseits das Photovoltaikpotential aus. Innenhöfe tragen zur natürlichen Belichtung der Büros bei. Vertikale Lamellen an der Fassade vermitteln Transparenz und Leichtigkeit. Die Anordnung der Lamellen variiert je nach Himmelsrichtung, da sie auch als Sonnenschutz dienen. Die Jury hebt auch das günstige Verhältnis von Volumen und Hüllfläche und die daraus resultierenden positiven Auswirkungen auf die Energiebilanz hervor. Außerdem werden eine intelligente Lüftungsstrategie und die natürliche Belüftung von Teilen des Gebäudes den Energieaufwand weiter reduzieren.

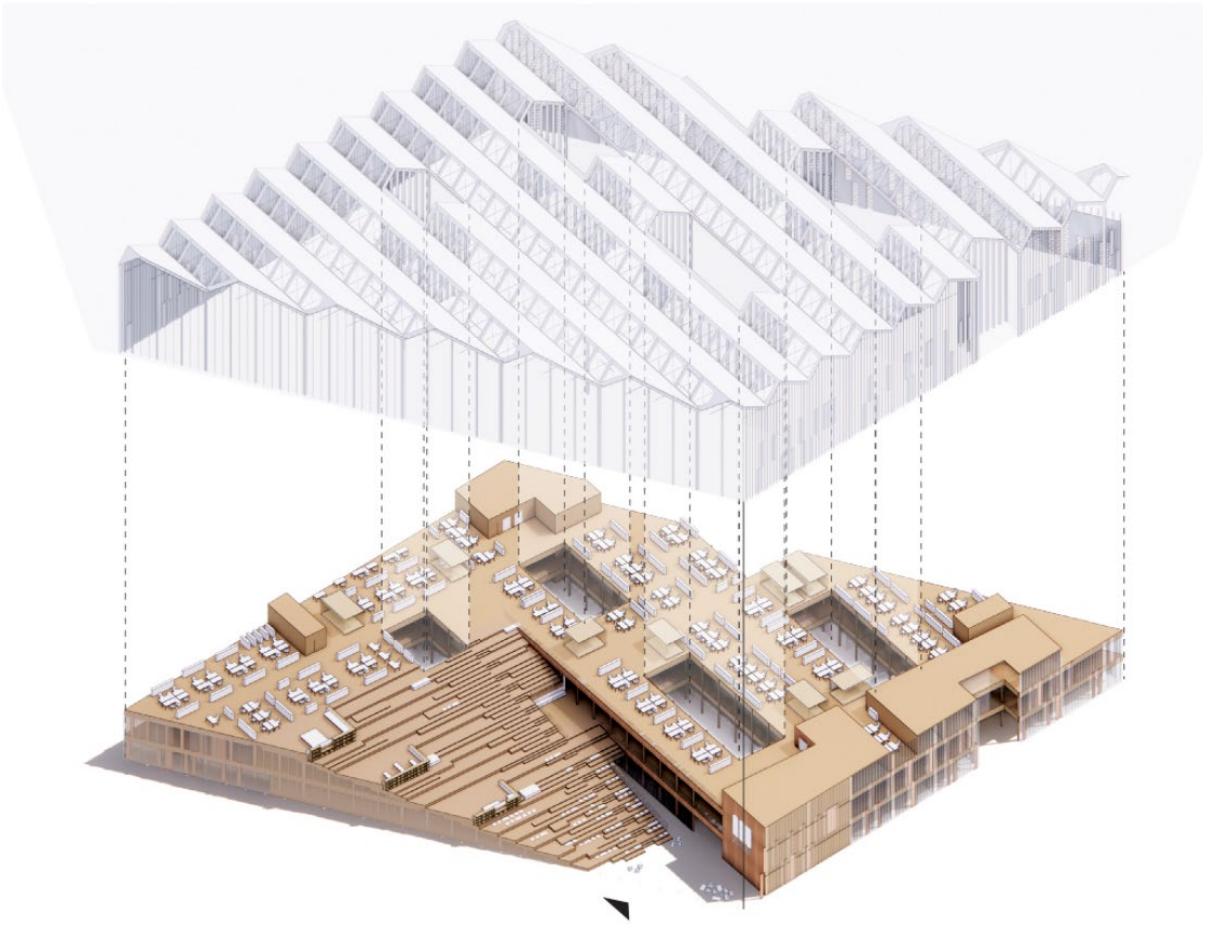


Abbildung 14: Konzeptionell besteht das Gebäude aus zwei Teilen: Einer Gebäudehülle aus einer Holzkonstruktion mit einem Sägezahndach und einem kompakten Holzbau im Inneren. Abb.: Snøhetta

Die präsentierten Beispiele zeigen, dass Holz bei verschiedenen Typologien nicht nur einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Architektur leisten kann, sondern auch atmosphärische Innenräume in unterschiedlichen Größen und mit verschiedenen Nutzungen schaffen kann. Diese atmosphärischen Räume liefern aber nicht nur eine Antwort für ein verstärktes Bedürfnis nach Natürlichkeit und natürlichen Materialien, die Raumbilder – sowohl als Bild wahrgenommen, als auch als Raum erlebt – tragen genauso dazu bei, die Identifikation der Nutzerinnen und Nutzer mit dem Gebäude und auch den Marktwert der jeweiligen Immobilien zu steigern.

Sponsoren und Aussteller

ADOPT AXIL 3000 P+ WOOD TREATMENT TO ENSURE YOUR CONSTRUCTIONAL TIMBER LONGEVITY

- Preserve wood natural state
- Bio-Based wood preservative solution
- Up to class 3.2 autoclave treatment
- BPR Approval
- Wide range colours available

BIO-BASED SOLUTION®

Use biocides safely. Always read the labels and product information before use.

adkalis.com

adkalis is a subsidiary of **Groupe Berkem**

+33 (0)5 64 31 06 95
adkalis-export@berkem.com

adkalis®

NEU
AGEPAN® SYSTEM
AGEPAN® UDP Inside N+F
DIE ÖKOLOGISCHE UND PRAKTISCHE
HOLZFASERDÄMMPLATTE FÜR DEN INNENAUSBAU
Wohngesundes Raumklima durch diffusionsoffene und feuchteregulierende Eigenschaften. Leicht, besonders stabil und verputzbar. Im praktischen Format 1890 x 610 x 25 mm.
info@agepan.de
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

ENERGIE-AUTONOMIEHAUS, WÄRMEPUMPENSYSTEME, INFRAROTHEIZUNGEN
AKTUELLE TECHNOLOGIEN IN DER GEBÄUDESANIERUNG

Knapp 55% der in Deutschland verwendeten Endenergie fließt in den Wärmesektor. Weit über die Hälfte (59%) hiervon wird für Raumwärme und Brauchwassererwärmung benötigt. Allerdings werden derzeit nur etwa 15% davon durch erneuerbare Energien und damit CO2-frei bereitgestellt. Damit ist man im Gebäudesektor von der nun schon für 2045 angestrebten Klimaneutralität noch weit entfernt.

Ein von der Politik stark geförderter Lösungsansatz liegt in der Verwendung von Wärmepumpen. Die Anzahl der jährlich installierten Wärmepumpen-Systeme soll bis 2024 verzehnfacht werden.

Mit hybriden Energieversorgungssystemen, wie z.B. einem Wärmepumpensystem in Verbindung mit einer PV-Anlage, soll eine annähernde Energie-Autonomie der neue Standard werden. Erreicht werden soll nicht nur die Unabhängigkeit von Energielieferungen, es soll auch die „Energiehypothek", die sogenannte graue Energie für Errichtung, Modernisierung und Rückbau des Gebäudes durch Einspeisung von Strom-Überschüssen in die Stromnetze ausgeglichen werden.

Diese und weitere nachhaltige Inhalte, wie z.B. Vor- und Nachteile von Infrarotheizsystemen, erwarten Sie in den Herbst-Seminaren der Akademie der Hochschule Biberach, bei denen auch Weiterbildungspunkte für die Energieeffizienz-Expertenliste erworben werden können.

21.11.-13.12.2022 (Energieeffizienz-Experte)
Vertiefungsmodul Energieberatung für Nichtwohngebäude

30.11.2022
Das Energie-Autonomiehaus als alternative energetische Sanierung von Wohngebäuden

01.12.2022
Infrarotheizung - Grundlagen und Anwendung

14.-15.12.2022 (Energieeffizienz-Experte)
Energieaudit DIN EN 16247

14.-15.02.2023
Effiziente Wärmepumpen-System-Anwendungen

27.02.-21.06.2023
Energieberatung für Wohngebäude | Qualifikationsprüfung

13.03.-30.03.2023 (Energieeffizienz-Experte)
Basismodul Grundlagen der Energieberatung

30.03.-01.04.2023
Bauphysikseminar - Wärmebrückenberechnung mit Praxisworkshop

17.-26.04.2023 (Energieeffizienz-Experte)
Vertiefungsmodul Energieberatung für Wohngebäude

Fortlaufend
Qualifizierungsangebote für die Energieberatung und Energiefachseminare für die Verlängerung des Eintrags auf der Energieeffizienz-Expertenliste

Weitere Infos und Veranstaltungen finden Sie unter:
www.akademie-biberach.de/energieeffizienzexperte

akademie
DER HOCHSCHULE BIBERACH

Karlstraße 6
88400 Biberach
Telefon: +49 7351 / 582-551
Mail: kontakt@akademie-biberach.de
Web: www.akademie-biberach.de

alwitra

Geht es ums Flachdach, stehen wir eng an eurer Seite. An der Seite der Dachdecker, Planer, Architekten und Bauherren. Auf dem Weg zum kompromisslos guten Flachdach unterstützen wir euch mit all unserer Erfahrung, unserem Wissen und einem einzigartigen Komplettsystem von Dachbahn bis Dachrandprofil. Plus Service + Support – im Web, am Telefon, vor Ort, auf dem Dach. Wir arbeiten für euch und mit euch.

Mehr erfahren
www.alwitra.de

Die besten Flachdächer entstehen ganz einfach …

#zusammenhieroben

Damit nur Sie im Regen sitzen.

Ampack Swiss
ampack.biz

Ampatex® Ombrello

Bauzeitabdeckung / Witterungsschutz,
vollflächig selbstklebend

ombrello.ampack.biz

Ampack AG
Seebleichestrasse 50
CH-9401 Rorschach

T +41 71 858 38 00
F +41 71 858 38 37

ampack@ampack.ch
www.ampack.biz

@ampackde

Maximize your load

DIE PKW-REVOLUTION:
T 35 + XPU 35

Auwärter
TELE-CARGO-SYSTEMS

auwaerter.com

DämmRaum

Effektive Lösungen für Dach, Fassade und Boden.

DämmRaum clever schaffen.

Schneller. Einfacher. Nachhaltiger.

Mit den DämmRaum-Elementen schaffen Sie im Handumdrehen eine perfekte Unterkonstruktion für Ihre Dämmung. Nachhaltige Lösungen für Dach, Fassade und Boden.

B+M HolzWelt GmbH
77767 Appenweier
T +49(0)7805 9685-0
www.bm-holzwelt.de
www.daemmraum.de

THE POWER OF FASTENING

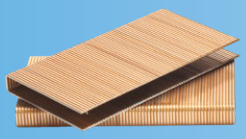
BeA Autotec

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 Magazinkontrolle
- mit Wechselkassette

Für Klammern Typ K92
L 21 - 32 mm Ø 1,2 mm



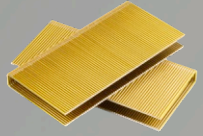
BeA Autotec
Made in Germany

www.bea-group.com
Tel.: +49(0)4102 78 444 info@bea-group.com

KMR

er Partner des Handwerks

KMR Skater für KG Klammern
für 2-Personen Einsätze
auf Platten bis zu 3m Länge



KG-Klammern. Passend auch für andere Gerätemarken

- **Zwei Handgriffe mit Auslösesicherung**
- **Auslösestop auf der Platte**
- **Leerschlagsperre**
- **Frontplattenöffnung zur schnellen Störungsbeseitigung**
- **Drehbarer Abluftdeckel**
- **Stufenlose Höhenverstellung**
- **Peilnuten für exaktes Arbeiten**
- **Leichtlaufräder, vermeiden Spuren**

www.kmr-group.de
Tel.: +49(0)4102 78 444 info@kmr-group.de

Fas zina tion Holz

© Barwerd van der Plas

Holland Casino Venlo

Blumer Lehmann
Holzbau | Engineering

Trade Commissioner Service
Everywhere you export

Service des délégués commerciaux
Partout où vous exportez

Trade Commissioner Service

We help companies successfully navigate the complexities of international markets.

SAVE TIME & MONEY

The TCS helps your company to save time and money.

RESOLVE BUSINESS PROBLEMS

We can help you resolve problems in foreign markets.

REDUCE RISKS

We can help reduce risks and avoid costly mistakes.

CONNECT YOUR BUSINESS

Tap into the TCS network of business professionals.

EXPAND TO GLOBAL MARKETS

We can help your business navigate the complexities of global markets.

GAIN BUSINESS INSIGHT

We provide key market insight and practical business advice.

FIND NEW OPPORTUNITIES

The TCS opens the door to a world of business opportunities.

FIND KEY CONTACTS

Trade Commissioners can help you find qualified contacts.

Contact Our Trade Team - Vienna

Embassy of Canada
Laurenzerberg 2
Vienna, A-1010
Austria

Nicole Mothes, Trade Commissioner

Tel: (+43-1) 531-38-3353
E-Mail: nicole.mothes@international.gc.ca
Website: www.tradecommissioner.gc.ca/at
Other URL: www.kanada.at

Global Affairs Canada
Trade Commissioner Service

Affaires mondiales Canada
Service des délégués commerciaux

Canada

„Wir sind neugierig auf Ihre Aufgaben“

BRAUN

EDV im Handwerk & Gewerbe
Beratung und Vertrieb

Ellersreute 1, 88175 Scheidegg
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.at

Kalkulations- und Auftragssoftware der Spitzenklasse – seit über 30 Jahren in über 5.500 Betrieben im Einsatz: PASST.prime aus dem Hause M-Soft.

Besonders die Kalkulationsmöglichkeiten in M-Soft suchen Ihresgleichen!

Wo nötig, entwickeln wir eigene Lösungen, um eine optimale vernetzte Lösung „Alles aus einer Hand“ anbieten zu können.

Hier einige unserer LPC Eigenentwicklungen: (LPC steht für Laufendes Projekt Controlling)

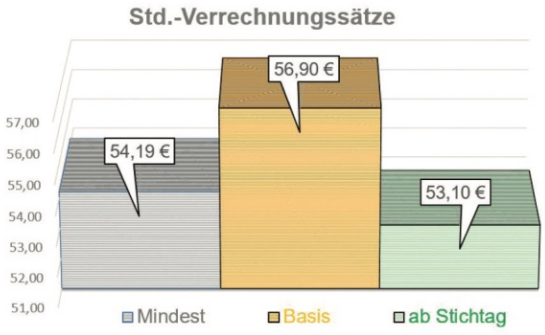
Mit unserem Tool **LPC-KORE** erhalten Sie eine Kostenrechnung, die Ihnen Ihren Mindest-Verrechnungssatz bezogen auf exakt IHRE Betriebsdaten berechnet.

Mobile Zeiterfassung auf dem Smartphone:

Unsere mobile Zeiterfassung TIME4 bietet Ihnen

+ Anwesenheits- und Projektzeiterfassung
+ Buchung auf Positionen oder Arbeitspakete und Tätigkeiten
+ Gruppenbuchungen und Nacherfassung
+ Anlage von Handaufträgen auf der Baustelle
+ Foto- oder Textdokumentation (auch Spracherfassung)
+ Wetterdaten
+ Materialerfassung am Handy
+ Abarbeiten von Checklisten
+ Unterschrift des Kunden auf dem Smartphone
+ Bautagesbericht und mobiler Regiebericht
+ GPS-Ortung uvm.

Und für Anwender unserer Kalkulations- und Auftragsverwaltung M-Soft PASST.prime greifen wir mit **LPC-ERFOLG** zusätzlich noch die Informationen der Fakturierung, der Offenen Posten Verwaltung sowie der Nachkalkulation ab und stellen dem Kalkulator den Verrechnungssatz zur Verfügung, der von HEUTE bis Jahresende benötigt wird, um die geplanten Kosten und den geplanten Gewinn zu erwirtschaften. MIT **LPC-ERFOLG** erhalten sie TÄGLICH eine Aussage über die Erlössituation Ihres Unternehmens.



Mit unserem **LPC-ANGEBOT** erhalten Sie eine Komplettübersicht über alle offenen Angebote mit der Möglichkeit, diese nach Chancen zu bewerten (0-100%). Daraus resultiert dann eine Vorschau an bereits fiktiv verkauften Stunden und Umsätzen.

Mit unserem **LPC-AUSLAST** liefern wir einen Auslastungs-Monitor Ihrer Aufträge auf dem Zeitstrahl mit Kapazitätsvorschau, der auf Wunsch sogar die nach Chancen bewerteten Angebote mit darstellt, um eine frühzeitige und realistische Einschätzung von Kapazitätsengpässen zu ermöglichen.

Mehr Infos dazu auf unserer Homepage **www.edvimhandwerk.de**

M·SOFT
Kalkulations- und Auftragssoftware

TIME4
Mobile und stationäre Zeiterfassung mit mobiler Kundendienstlösung

LPC-Tool
Laufendes Projektcontrolling
Bewertung halbfertiger Arbeiten
Stundensatz- und Erfolgsrechnung

Projekt- und Kapazitätsplaner
mit Angebots-Vorschau

Archivierung/DMS
Dokumentenarchivierung und Dokumenten-Management mit M-Soft DMS oder ELO

EURO-Fibu
Finanzbuchhaltungs-software

meritum
(Bau-)Lohnabrechnungs-software

GPS-Ortung
Für Fahrzeuge und Maschinen

SERVICE UND KNOW-HOW SEIT 90 JAHREN

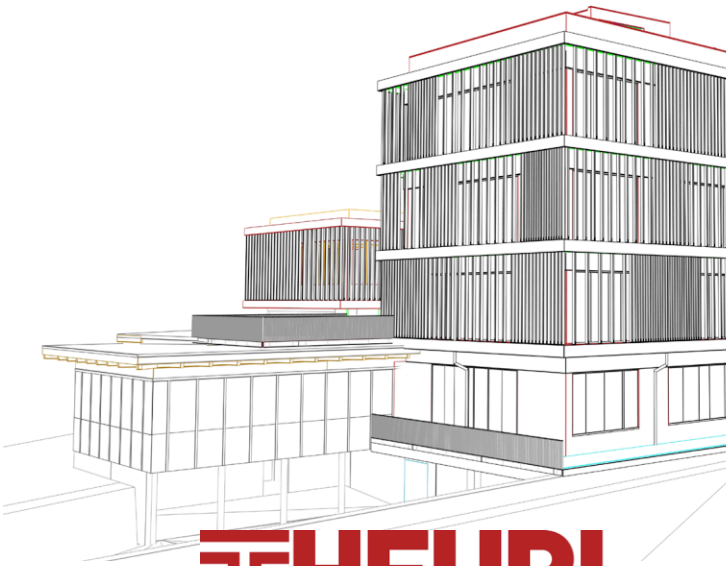
TEAMTHEURL versteht nicht nur das Material Holz, sondern auch seine Kunden.

Erstklassige Bauprodukte, kurze Bauzeiten und effiziente Projektabwicklung sind gerade in diesen Zeiten kein „Nice-to-have" sondern ein absolutes Muss auf jeder Baustelle. An drei Produktionsstandorten in Osttirol und Kärnten produziert THEURL Massivholzprodukte für den modernen Holzbau.

Theurl setzt auf ein hohes Maß an Serviceleistungen.

Sowohl Brettschichtholz als auch Brettsperrholz werden werksintern abgebunden und lassen den Holzbau zu einer Einheit verschmelzen. Durch die gemeinsame Abwicklung und Lieferung profitieren die Kunden vor allem auf der Baustelle.

www.theurl-holz.at



THEURL
AUSTRIAN PREMIUM TIMBER®

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®

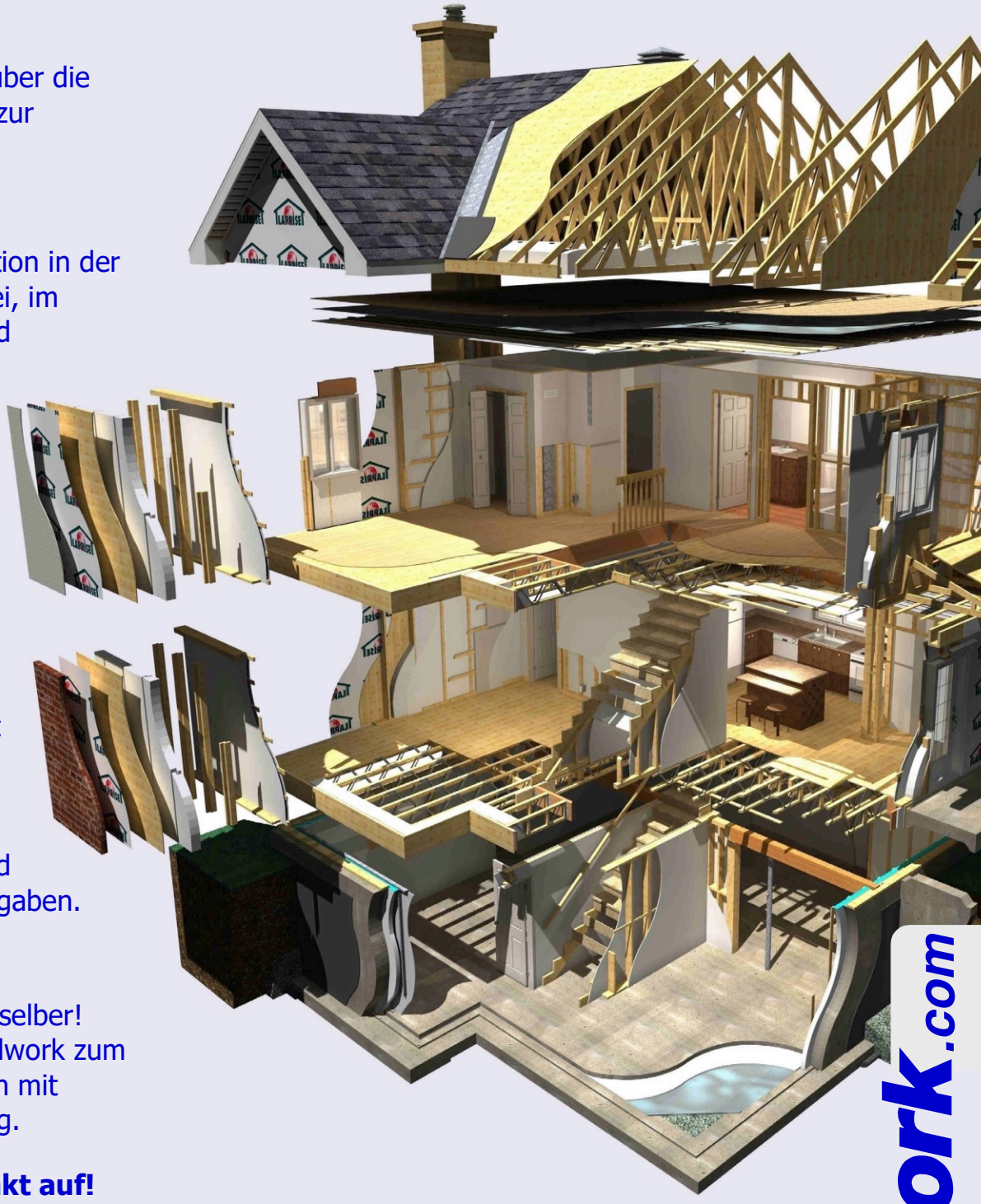
Ihr durchgängiges 3D-CAD/CAM-System für alle Bereiche des Holzbaus

durchgängig

von der Architektur über die Konstruktion bis hin zur Fertigung

flexibel

durch freie Konstruktion in der Schreinerei, Zimmerei, im Ingenieurholzbau und in allen anderen Bereichen des Holzbaus



schnell

Kurze Einarbeitungs- und Bearbeitungszeit durch praxisgerechte Werkzeuge des Holzbaus. Hoher Automatisierungsgrad in allen Ein- und Ausgaben.

testen

Überzeugen Sie sich selber! Wir stellen Ihnen cadwork zum Testen als Vollversion mit Hotline zur Verfügung.

Nehmen Sie Kontakt auf!

cadwork informatik Software GmbH
Lavesstraße 4, D-31137 Hildesheim
Tel. +49 (5121) 919990
Fax +49 (5121) 919960
info@cadwork.com

Cadwork Holz AG
Industriestraße 28, CH-9100 Herisau
Tel. +41 (71) 242 00 30
Fax +41 (71) 242 00 39
info@cadwork.swiss

Cadwork SA
Route du Devin 2, CH-1623 Semsales
Tel. +41 (21) 943 00 40
Fax +41 (21) 943 00 50
admin@cadwork-04.ch

cadwork - die Referenz im Holzbau

Projekt:
Maisons Laprise
Quebec, Kanada

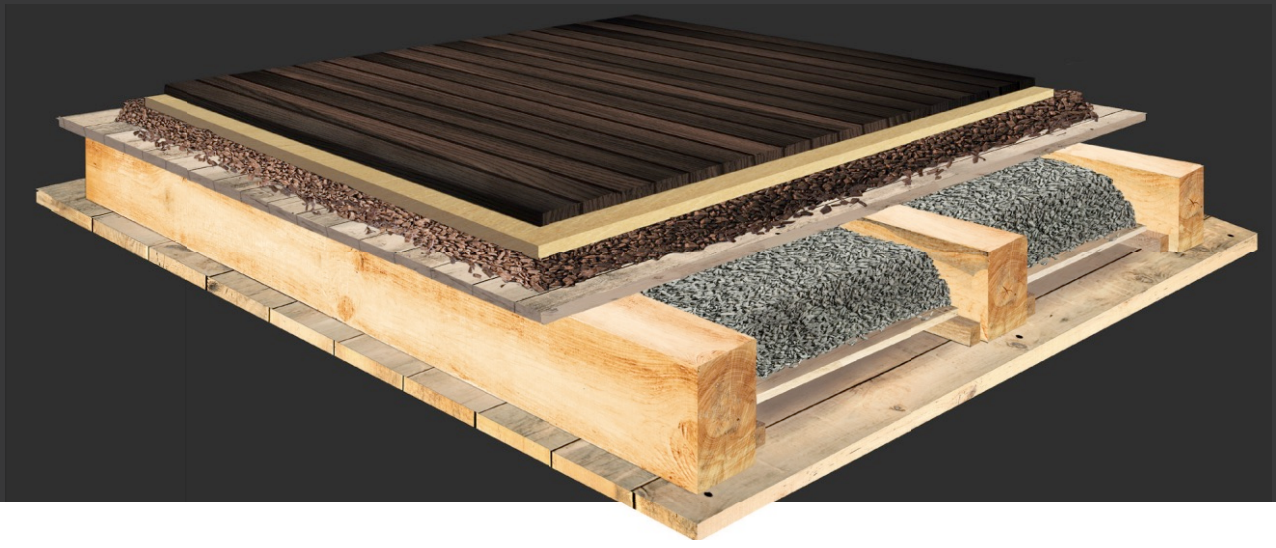
cadwork.com

Hand in Hand mit der Natur

Für wohngesundes Bauen und gelebten Umweltschutz

CEMWOOD Ausgleichsschüttungen. Das macht sie so einzigartig:

- → **POSITIVE CO2 BILANZ: bindet mehr CO2 als die Produktion verbraucht**
- → **EXTREME LAGESTABILITÄT: setzungssicher, nicht wandernd**
- → **SCHNELLE VERARBEITUNG: ohne Wasser oder Bindemittel**
- → **WOHLFÜHLKLIMA: trittschallmindernd, wärmedämmend, diffussionsoffen**
- → **LANGLEBIGKEIT: resistent gegen Schimmel, Pilze, Fäulnis**
- → **PURE ÖKOLOGIE: chemiefrei und VOC-geprüft, recyclebar und wiederverwendbar**



Hochbelastbare Trockenschüttungen für professionelle Fußböden

www.cemwood.de | info@cemwood.de

COMBiLiFT
LiFTING INNOVATION

Sicherheit, Lagerung, Effizienz

Erhöhen Sie die Sicherheit, Lagerung und Effizienz mit Combilift

Combilift ist die perfekte Lösung für die Modul- und Offsite-Industrie. Unsere Gabelstapler, Portalhubwagen und mobilen 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

So erfahren Sie, wie Combilift Ihnen helfen kann, jeden Zentimeter Ihres Lagerraums zu nutzen

0800 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.

Brettsperrholzverarbeitung

Unsere Plattenoptimierung für BSH garantiert bestmögliche Materialausnutzung bei minimalem Verschnitt.

Staboptimierung

Wir berechnen die optimale Anordnung der Balken in dem Stab, sodass möglichst wenig Restmaterial entsteht.

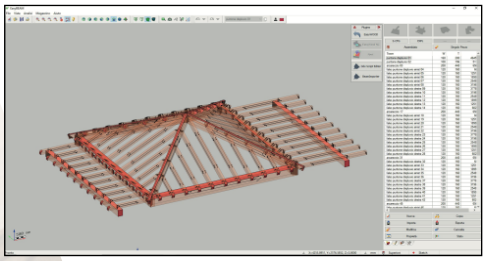
Wir können Maschinen der unterschiedlichsten Hersteller und unterschiedlicher Generationen in einem System miteinander verknüpfen und in Fertigungslinien zusammenarbeiten lassen.

DDX

WOODWORKING SOFTWARE SOLUTIONS

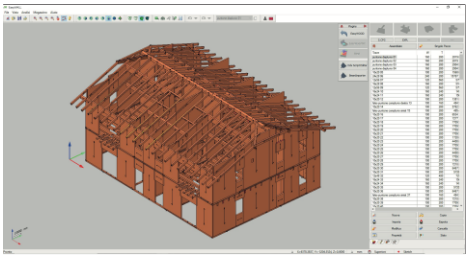
EasyBEAM

5 axis CAD/CAM software solution for the production of straight and curved beams.



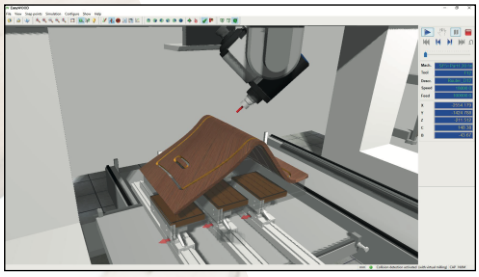
EasyWALL

5 axis CAD/CAM software solution for panel production of any size.



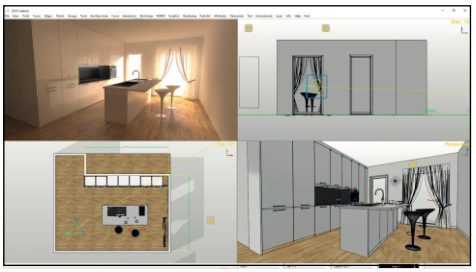
EasyWOOD

5 axis CAD/CAM software solution for woodworking using CNC.



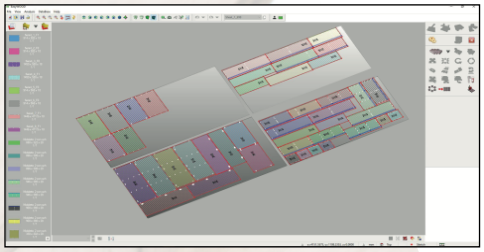
Cabinet 3D

Software solution for parametric furniture design and interior furnishings.



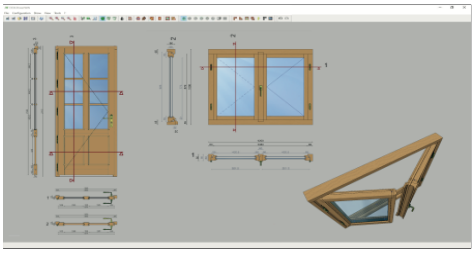
Nesting

Easily optimize nesting projects by reducing material waste and processing times.



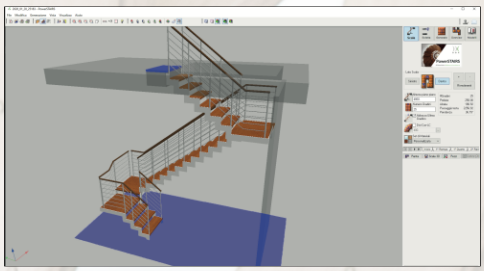
PowerWIN

Software solution for the parametric design and production of windows and doors.



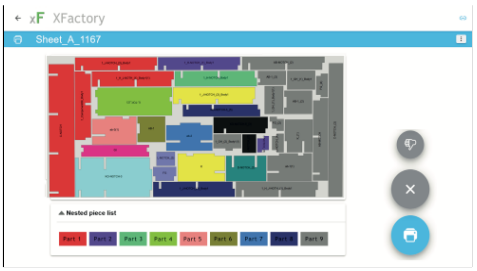
PowerSTAIRS

Software for the parametric design and production of standard and custom stairs.



XFactory

Web-based solution for the management and monitoring of production facilities.



DDX Software Solutions | info@ddxgroup.com | www.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.

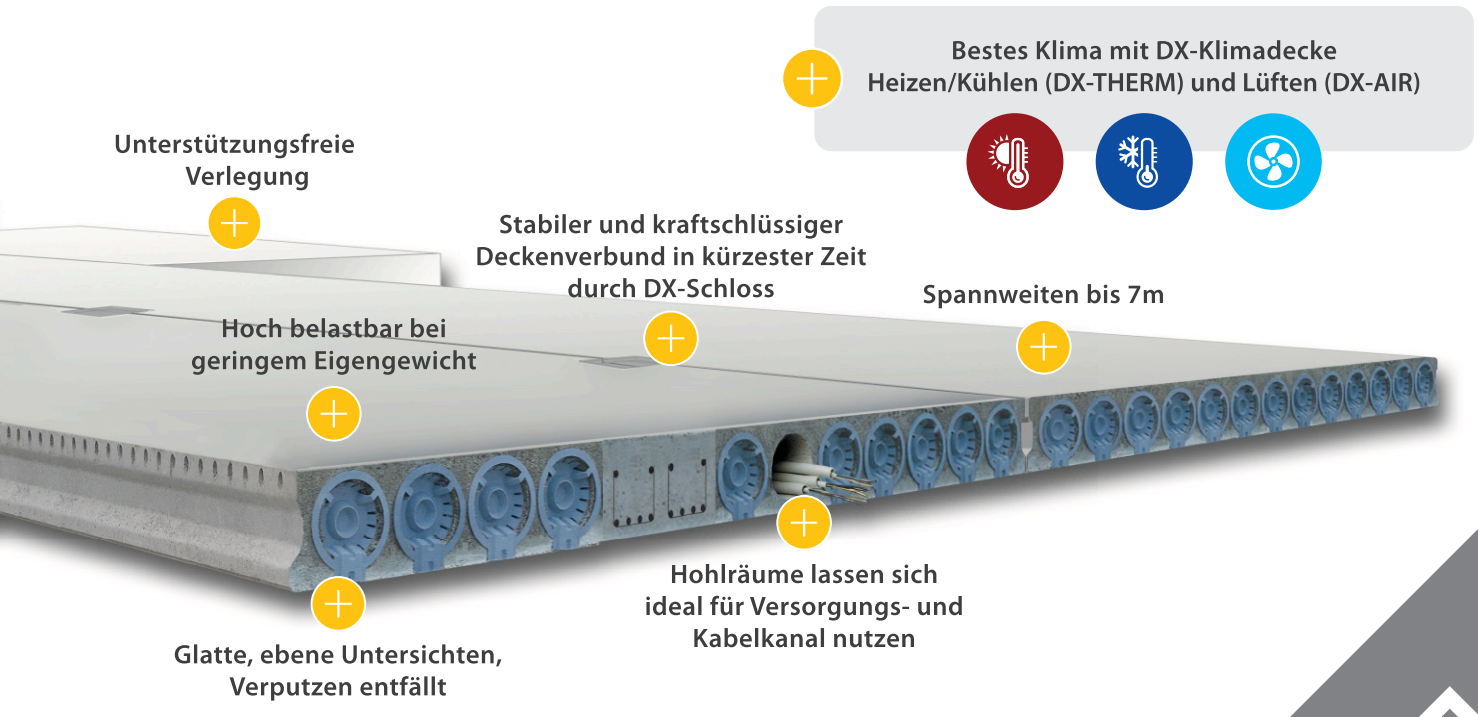
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begehbar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

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.

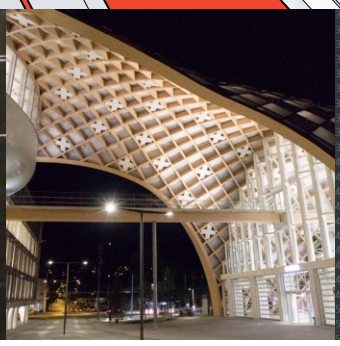
Eine weitere Option ist die wahlweise Ausstattung für den schnellen und wirtschaftlichen Einbau einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage (DX-AIR).



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

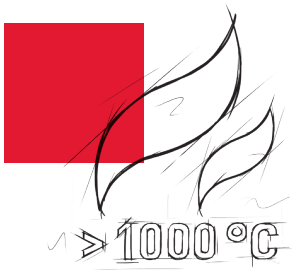
Software

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



Rundum perfekt gedämmt mit ROCKWOOL Steinwolle

- höchster Brandschutz (A1)
- hervorragender Wärmeschutz
- hochwertiger Schallschutz
- diffusionsoffen
- nachhaltig und ökologisch

ROCKWOOL®

www.rockwool.de

Deutsche
Fundamentbaugesellschaft

DAS MODULARE FUNDAMENTBAUSYSTEM MIT SCHRAUBPFÄHLEN
DAS ORIGINAL ®
SCHRAUB
PFAHL
FUNDAMENT

Spezialist für das Bauen mit Holz

Pfahlbau und Holz statt Beton!

Ein Haus ohne Baustelle mit Schraubpfahlfundamenten - So beginnt schon beim Fundament das Bauen der Zukunft, nachhaltig und ressourceneffizient! Schraubpfahlfundamente mit seinem 100% Materialkreislauf sind umweltschonend, kostengünstig und stehen für gesundes, klimagerechtes und ökologisches Bauen und Wohnen und sind beispielhaft für die Anpassung an den Klimawandel. Die Auswahl ressourcensparender Baumaterialien spielt eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Fundamentbau nach DIN EN 12699/2015 D neue Fassung, statischer Nachweis, Testverfahren nach EURO COD 7 DIN 1054/2010 EA-Pfähle.

Nachhaltiger Fundamentbau für wohngesundes Bauen und gelebten Umweltschutz
— ohne Baustelle — ohne Beton!

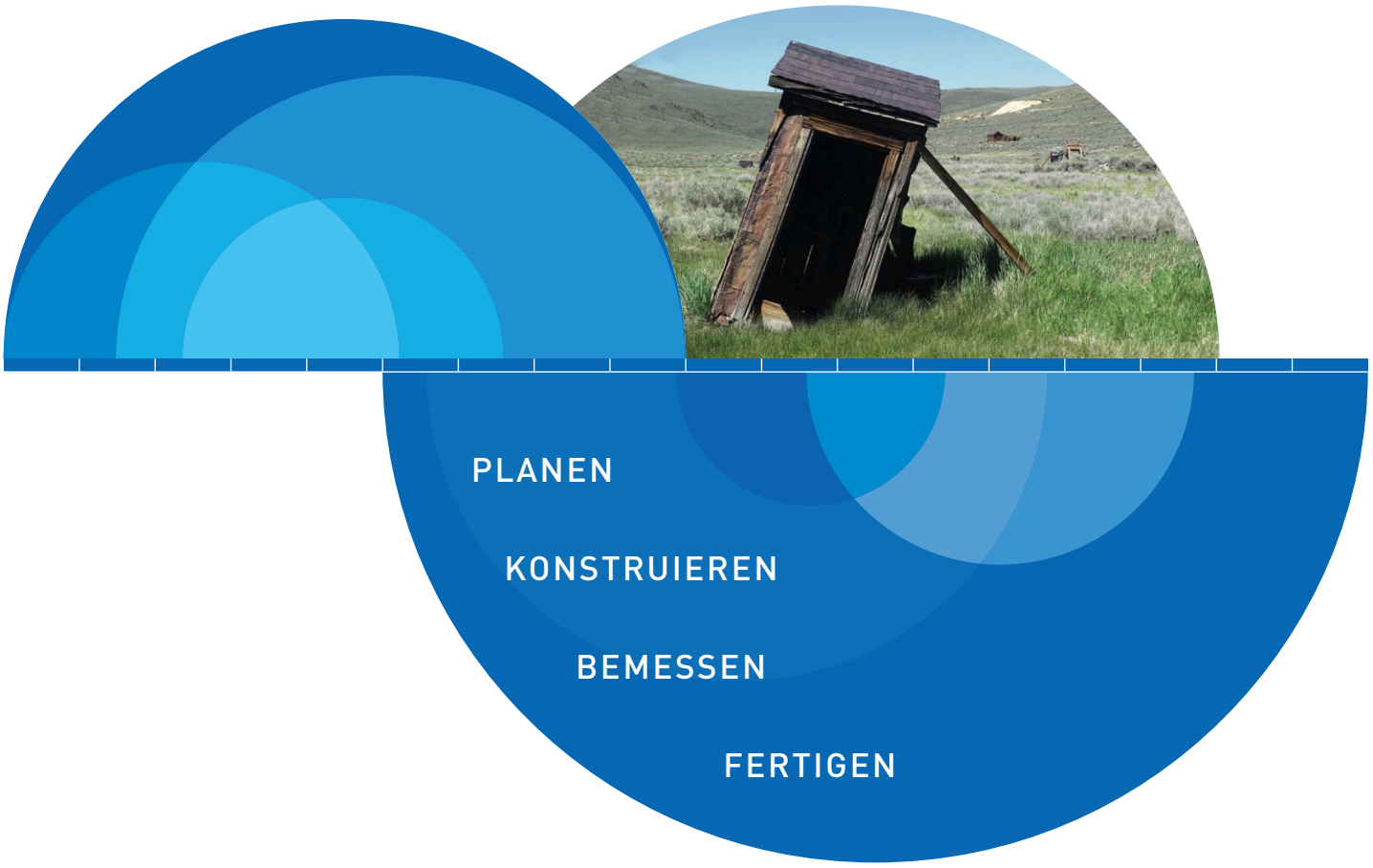
Wir sind für **Nachhaltigkeit**

Wir legen besonderen Wert auf Klima- und Umweltschutz — bei unseren Projekten und bei unserem alltäglichen Handeln. Weitere Informationen zu unseren Aktivitäten in Sachen Nachhaltigkeit finden Sie in unserer Homepage.

Web: **www.schraub-pfahl-fundament.de** E-Mail: **info@deutsche-fundamentbau.com** Telefon: **+49 9971-80 90 13-0**
Adresse: **Deutsche Fundamentbaugesellschaft mbH | Rhanwaltinger Straße 32-34 | D 93413 Cham**

DHV
Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.
Bauen
mit Holz:
Gemeinsam
MEHR erreichen.
▶ Werden Sie jetzt
Mitglied im DHV
www.d-h-v.de

Dietrich's



Sie haben die Idee, wir das Werkzeug.

Einfach stabil.

Die DC-Statik ist unser umfassendes Werkzeug für die Bemessung von Holzbaukonstruktionen. Klingt gut, aber was genau haben Sie davon?

Durch die dialoggeführte Software erstellen Sie im Handumdrehen statische Vorbemessungen und prüffähige Nachweise. Und das für alle Bauteile, Konstruktionen und Holzbauanschlüsse sowie deren Befestigung auf Punkt- oder Streifenfundamenten. Wenn Sie möchten, bekommen Sie zusätzlich auch einen ausführlichen Brandschutznachweis!

Wollen Sie noch mehr? Mit der Gebäudeaussteifung stellen Sie sicher, dass optimierte Holzrahmenbauten auch extremen Windlasten standhalten. Einfach stabil eben.

Genau das ist Ihr Nutzen: Wir helfen Ihnen bei der Umsetzung Ihrer Ideen!

Holzbau ist unser Programm.
Neugierig? Besuchen Sie uns auf dietrichs.com
oder schreiben Sie uns: experten@dietrichs.com

3D-CAD/CAM Software

dietrichs.com

DIGIHOLZ

ZETTELWIRTSCHAFT AUF DER BAUSTELLE WAR GESTERN !

So kann Digiholz auch Ihren Betrieb effizienter machen:

Zeiterfassung

Der Klassiker. Mit Digiholz werden Arbeitszeiten durch die Mitarbeiter selbstständig erfasst.
Inklusive Übergabe ans Lohnbüro und mit BRZ / DATEV Schnittstelle sowie Import / Export über CSV-Format.
Endlich Lohnabrechnungen pro Mitarbeiter mit wenigen Klicks.

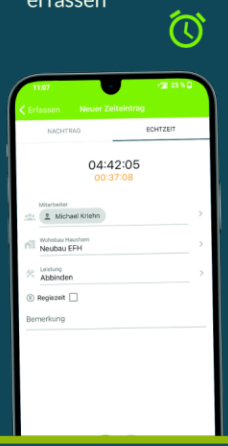
Bautagebuch und Materialerfassung

Genau im Blick. Baustellenprozesse schriftlich und per Bild digital sicher kunden- und projektbezogen dokumentieren. Gutachtergerecht, schnell und wiederauffindbar! Berichte erstellen und alles sauber dokumentieren. Informationen zu verwendetem und verbautem Material sind ständig auf dem Laufenden. Das schafft Vertrauen.

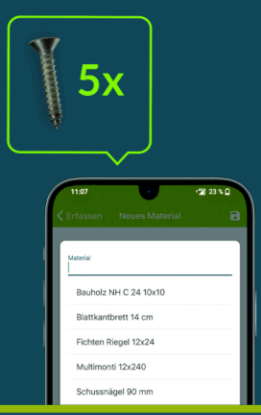
Datenbank und Formulare

Immer Up-to-date. Alle relevanten Informationen DSGVO konform und tagesaktuell jedem Mitarbeiter zur Verfügung stellen. Benutzerdefinierte Formulare und Checklisten erstellen.

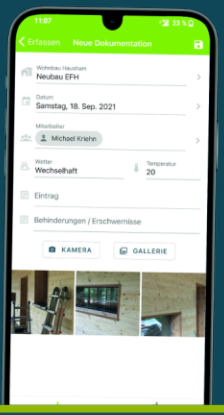
Zeiten digital erfassen



Materiallisten anlegen



Bautagebuch führen



Pläne und Dateien teilen

Berichte erstellen und exportieren

Abnahme mit digitaler Unterschrift

Digiholz - Sonnenreuth 6a - 83730 Fischbachau - info@digiholz.de - www.digiholz.de

Als einer der führenden Anbieter von CAD/CAM Software im Holzbereich arbeiten weltweit Holz- Alu- und Kunststoff-Verarbeiter mit unserem Programm NC-HOPS auf ihren CNC-Bearbeitungszentren. Von der kleinen Schreinerei mit zwei Mitarbeitern bis zu Weltkonzernen. Von Möbelbau über Fenster- und Türenhersteller bis zum Fertighaus und zur Aluminium-Verarbeitung im Fahrzeugbau: Unsere Kunden schätzen unsere ausgereifte, leicht zu bedienende Software und die vielen Schnittstellen und Module, die wir anbieten. Diese Wertschätzung zeigt sich auch in der enormen Kundentreue – viele Kunden begleiten wir seit über zwanzig Jahren.

KARRIERE BEI DIREKT CNC-SYSTEME GMBH

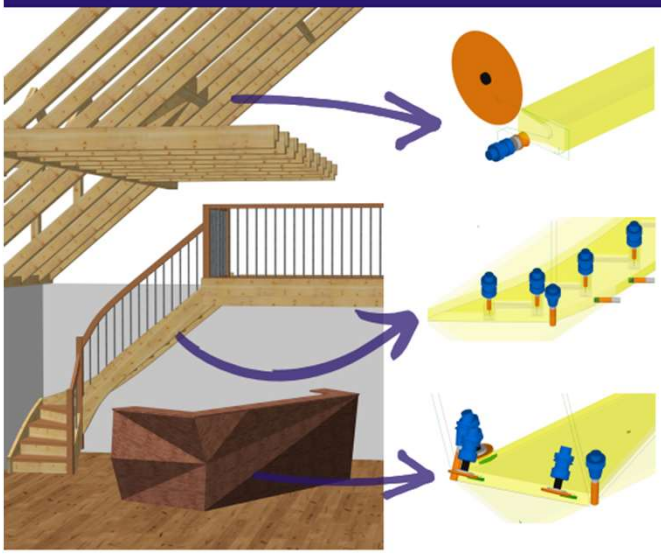
https://www.direkt.net/karriere/

NC-HOPS®

Bei uns arbeiten Sie in einem erfahrenen, herzlichen Team, so dass bei Fragen immer jemand helfen kann. Wir pflegen einen sehr offenen und familiären Stil, die meisten Mitarbeiter sind schon lange im Unternehmen. Software ist unser Geschäft, aber wir glaube, dass es immer wichtig ist, auch den Bezug zum Anwender voll zu halten: Daher können Sie das Erlernte auch direkt bei uns in der Praxis erproben – nach erfolgreicher Einarbeitung und Schulung steht unser eigenes CNC-5-Achs-Bearbeitungszentrum bereit um bei Interesse auch einmal eigene Möbel etc. nach Dienstschluss zu fertigen.

Mit **BTLx** *direkt* auf jede CNC

direkt cnc-systeme gmbh



- **Keine Nacharbeiten** - BTLx-Daten in NC-HOPS importieren und Bearbeitung auf der CNC starten
- **Automatische Erkennung und Zuordnung** von Bearbeitungen und Strategien
- **Platten-** und **Stab-Bearbeitung**
- Automatische **Daten-Übernahme für Teile-Schachtelung** in BetterNest
- Für **Holzbau, Türen, Innenausbau** und **Möbel**
- **Werkzeugwechsel-** und **Verfahrweg-Optimierung**

SCAN ME

NC-HOPS 7

direkt CNC-systeme GmbH | Erich-Klink-Str. 11 | 73553 Alfdorf | +49 7172 / 93770-0 | info@direkt.net | www.direkt.net

Holz-Zentralblatt

Die führende Fachzeitschrift für die Forst- und Holzwirtschaft

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL

Besuchen Sie uns:

26. Internationales Holzbau-Forum IHF 2021

01.–03. Dezember 2021 I Congress Innsbruck

Holz-Zentralblatt

Deutscher Holz-Anzeiger · Deutsche Holzwirtschaft · Der Holzkäufer

UNABHÄNGIGES ORGAN FÜR DIE FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT

Deutsche Holz-Zeitung · Deutscher Holzverkaufs-Anzeiger

Freitag, 29. Oktober 2021 — 147. Jahrgang · Nr. 43

Heute mit

»Ligna Innovation Network«

Holzindustrie

Vorsicht Kreativität

Der neu gegründete Verein Smart Wood Center präsentierte sich am 11. Oktober erstmals in größerem Rahmen der Öffentlichkeit. ▸ Seite 759

Holzhandel

Baywa: Neue Bodenausstellung

Die Baywa AG hat 65 ihrer Baustoff-Standorte mit einem neuen modularen Ausstellungskonzept für Bodenbeläge ausgestattet. ▸ Seite 764

Forstwirtschaft

Senkenleistung des Waldes nimmt ab

Laut „Projektionsbericht 2021" der Bundesregierung ist zu erwarten, dass die CO_2-Senkenleistung des Waldes in Deutschland abnehmen wird. ▸ Seite 758

Unserer heutigen Ausgabe liegt ein Prospekt Forum Holzbau bei.

Überschaubare Sturmschäden in Thüringen

Nach einer ersten Schätzung von Thüringen-Forst zur Schadensbilanz der Stürme am 21. Oktober in Thüringens Wäldern gehen die Förster von landesweit 40000 bis 60000 Fm Wurf- und Bruchholz aus. Hauptsächlich traten Einzel- und Nesterwürfe auf, aber keine flächigen Schäden. Neben der Fichte sei ein erheblicher Anteil Laubholz am Schadholzaufkommen festzustellen. „Derzeit sind alle verfügbaren Waldarbeitskräfte mit der Wiederherstellung der Zugänglichkeit der vom Sturm betroffenen Waldgebiete beschäftigt", so Volker Gebhardt, Thüringen-Forst-Vorstand.

Randwürfe (und auch Windbruch) an einem diesjährigen Borkenkäferloch im Thüringer Forstamt Gehren

Foto: Dr. H. Sproßmann

Forst und Holz appellieren an Ampel-Koalition

Klimaschutz durch mehr statt weniger Holznutz

Die Plattform Forst und Holz, die für die deutsche Forst- und Holzwirtschaft spricht, appellierte am 25. Oktober an die Verhandlungsparteien der Ampel-Koalition, die Weichen für aktiven Klimaschutz mit Wald und Holz zu stellen und diese Klimaschutzleistung künftig entsprechend zu honorieren. Nachhaltiges Bauen, Wohnen und Heizen mit Holz sind nach Ansicht der Plattform unverzichtbar, damit Deutschland klimaneutral wird.

Um die verschärften Klimaschutzziele zu erreichen, müssen aus Sicht der Verbände politische Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung und für die Verwendung des nachwachsenden Rohstoffes Holz dauerhaft geschaffen und gesichert werden. Die Plattform wiederholt, dass sie das kurz vor der Bundestagswahl geänderte Klimaschutzgesetz als falsch ablehnte, da es zu deutlichen Einschränkungen der Nutzung heimischen Holzes führen wird befürchtet, dass rund die Hälfte des jährlichen Zuwachses im Wald verbleiben müsste.

Franz Thoma, der Geschäftsführer des Deutschen Forstwirtschaftsrates, betonte: „Die neue Bundesregierung muss Deutschland als Bioökonomiestandort stärken und konsequenter auf nachhaltige, nachwachsende Rohstoffe wie Holz setzen!" Dr. Denny Ohnesorge, der Geschäftsführer des Deutschen Holzwirtschaftsrates, hebt hervor: „Die 1,2 Mio. Beschäftigten in der Forst- und Holzwirtschaft sind nicht nur Klimaschützer. Sie bilden auch einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor, insbesondere im ländlichen Raum."

Niedersachsen nimmt weitere 1000 ha Wald aus der Nutzung

10 % Stilllegung im Landeswald waren schon zuvor erreicht

In der Ausweitungsfläche haben die Landesforsten zunächst die vorkommenden Biotope, Waldgesellschaften und Arten kartiert. Auf Basis der Ergebnisse haben sie einen Entwicklungsplan vorgelegt, in dem die zur Steigerung des naturschutzfachlichen Wertes umzusetzenden Maßnahmen aufgezeigt werden. Hierzu zählen die Entnahme noch vorkommender Fichten und die Pflanzung heimischer Buchen, letztmalige Biotoppflegemaßnahmen, und der bereits seit Anfang des Jahres umgesetzte Verzicht auf die Ernte jeglichen Laubholzes sowie der Rückbau von Wegen, die das Gebiet bislang erschlossen haben.

„Mit dem nichtbewirtschafteten Wald können hoffentlich auch Erkenntnisse für den Wirtschaftswald der Privatwaldbesitzer gewonnen werden." Dr. Klaus Merker, Präsident der Landesforsten, erklärt: „Das Gebiet ergänzt unsere ‚Urwälder von morgen', die wir bereits auf 10 % unserer Fläche ausgewiesen haben."

DFWR: Politik soll Holznutzung fördern

Forstwirtschaft möchte ihre Expertise bei Waldpolitik von der nächsten Bundesregierung beachtet wissen

Anlässlich seines Herbstempfangs in der Deutschen Parlamentarischen Gesellschaft in Berlin hat der Deutsche Forstwirtschaftsrat (DFWR) am 25. Oktober die Bedeutung einer nachhaltigen Forstwirtschaft für die Entwicklung klimaresilienter Wälder sowie für das Erreichen der von der Politik ausgerufenen Klimaziele betont. Daraus leitet der Dachverband der deutschen Forstwirtschaft Forderungen ab, die insbesondere die Holznutzung betreffen.

„In Zeiten des menschengemachten Klimawandels ist es wichtig, dass die Politik im Einklang mit unserer forstwirtschaftlichen Expertise die Rahmenbedingungen für die Gestaltung der Zukunft des Waldes schafft", appellierte DFWR-Präsident Georg Schirmbeck am Vorabend der konstituierenden Sitzung des 20. Deutschen Bundestages an die Gäste aus Bundestag und Forstwirtschaft. „Nur im gemeinsamen Dialog können wir zu Lösungen kommen, die Wald und Holz als wichtigen CO_2-Speicher schützen und gleichzeitig eine nachhaltige Bewirtschaftung zulassen."

„Von der nächsten Bundesregierung fordern wir echte Problemlösungsstrategien, um die CO_2-Emissionen wirksam zu senken", so Schirmbeck. „Denn diese sind nach allen Erkenntnissen mitverantwortlich für die Extremwetterereignisse der letzten Jahre und die daraus resultierenden massiven Schäden, die in unseren Wäldern entstanden sind." Dabei könne der Wald eine wichtige Rolle spielen, dürfe aber nicht als „Sündenbock" dienen für Sektoren, die ihre CO_2-Freisetzungen nicht genug senken können und denen Last dem Wald „übergestülpt" werde.

Die Jahrhundertaufgabe, die deutsche Wirtschaft zeitnah zur Klimaneutralität zu transformieren, sei nur mit dem Ausstieg aus fossilen Energieträgern zu erreichen. Im Hinblick auf die Nutzung von Holz als Energiequelle erklärte Schirmbeck: „Die Forstbranche trägt somit im Rahmen der Energie- und Wärmewende bereits aktiv zum Klimaschutz sowie zum geplanten Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger bei."

Der DFWR fordert die Politik auf, Holz als schnell nachwachsenden Rohstoff zu fördern, damit der Wald weiterhin wichtige Leistungen für die Gesellschaft erbringen könne. „Wir begrüßen, dass der Trend zum Bauen mit Holz als wichtiger CO_2-Speicher Fahrt aufnimmt. Dies sollte durch staatliche Förderung etwa in Form einer Holzbauquote für den kommunale Wohnungsbau sowie weitere finanzielle Anreize stärker unterstützt werden", so Schirmbeck. Bauen mit Holz stelle einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der Klimakrise dar, denn es binde große Mengen an CO_2.

Schirmbeck: „Zudem ist Holz aus nachhaltiger, regionaler Waldbewirtschaftung in der Verwendung wesentlich klimafreundlicher als energieintensive, endliche Baumaterialien wie Kies, Zement und Stahl."

In einer Gesamtstrategie müsse die Politik jetzt den Bioökonomie-Standort Deutschland mit seiner Holzwirtschaft fördern. „Mit 180 Mrd. Euro Umsatz ist die Holz- und Forstindustrie ein wichtiger Garant für die Sicherung von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum und fördert somit den Gedanken gleichwertiger Lebensverhältnisse in Stadt und Land", so Schirmbeck.

An unserem Stand finden Sie ein breites Angebot an Fachbüchern:

Erdgeschoss / Stand-Nr. EG044

fachbuchquelle.com

im DRW-Verlag
Weinbrenner GmbH & Co. KG
Fasanenweg 18
70771 Leinfelden-Echterdingen

Telefon +49 (0)711 7591.300
Fax +49 (0)711 7591.380
buch@fachbuchquelle.com
www.fachbuchquelle.com

ecoholz
ENTWICKELN COACHEN OPTIMIEREN

Wir unterstützen dich in der strategischen Weiterentwicklung deines Unternehmens zu mehr Wertschöpfung.
Dabei fördern wir deine Mitarbeitenden, damit sie die Arbeitsplätze und Prozesse kontinuierlich selber optimieren können und so zum Erfolg des Unternehmens beitragen.

Eure unabhängigen Berater

Optimierung - Digitalisierung - Automatisierung

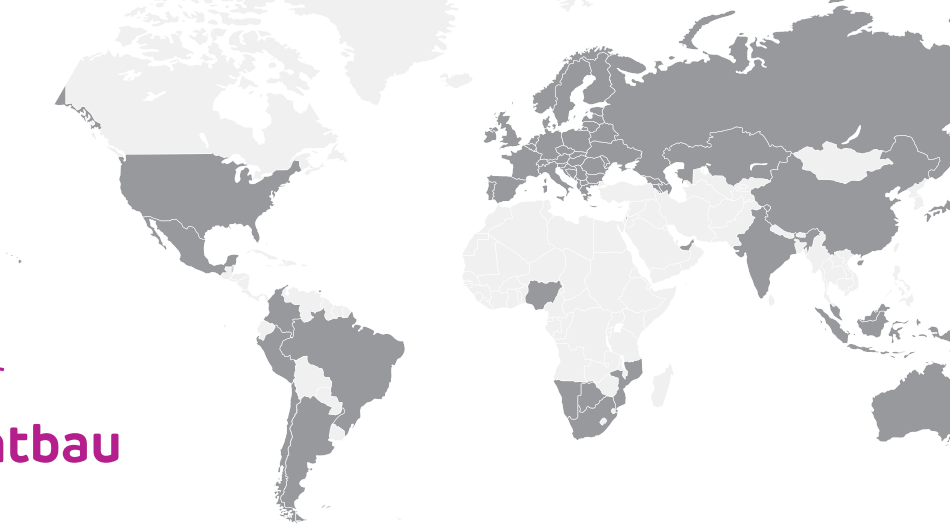
Wir unterstützen Euch bei der

- Erstellung von Automatisierungskonzepten,
- Layoutplanung & Produktionsentwicklung,
- Holzbauplanung & -konstruktion,
- sowie in der Optimierung & Digitalisierung aller Holzbauprozesse.

holzbau.tech

effizienter bauen durch Technik

siniat



Die Spezialisten für **Trocken- und Leichtbau**

Vielfältige und wirtschaftliche Trocken- und Leichtbaulösungen sorgen für sichere Gebäude und angenehme Räume. Wir von Siniat bieten diese Lösungen, Erfahrung und Kompetenz, mit denen Sie Ihr Projekt erfolgreich realisieren können.

Trockenere Arbeitsplätze

Ruhigere Krankenhäuser

Wärmere Wohnungen

Sicherere Schulen

Siniat ist eine starke Marke mit ausgezeichnetem Know-how in allen Bereichen des modernen Trockenbaus. Sie gehört zur Etex Building Performance GmbH, einem der führenden Anbieter von innovativen Lösungen im Trockenbau und im bautechnischen Brandschutz. Als Teil der belgischen Etex Gruppe – einer industriellen Gruppe mit einem weltweiten Netzwerk und lokaler Präsenz – profitiert das Unternehmen von Erfahrungen, Kompetenzen und technologischem Fortschritt der Industrieunternehmen im Verbund. Sie alle haben sich auf die Herstellung und den Vertrieb von Baustoffen spezialisiert.

Siniat punktet mit fundiertem Fachwissen und jahrzehntelangen Erfahrungen. Als versierter Spezialist und technischer Experte im Trockenbau bietet Siniat wirtschaftliche Lösungen mit Sicherheit für jeden Anwendungsbereich.

Das umfassende Produktprogramm reicht von leistungsfähigen Gips- und Zementplatten für Brand-, Schall- und Feuchteschutz über Standardplatten und individuelle maßgeschneiderte Lösungen mit Formteilen bis hin zu Spachtelmassen für beste Oberflächenergebnisse. Metallprofile und Zubehör sowie passgenau abgestimmte Services runden das Angebot ab.

Ein engagiertes und erfahrenes Team sowie persönliche Ansprechpartner bilden die Basis für Flexibilität und schnelle Entscheidungen. Mit hervorragender technischer Expertise unterstützt Siniat den gesamten Bauprozess. Als zuverlässiger und kompetenter Partner bietet Siniat umfassende Planungssicherheit, die eine wesentliche Grundlagefür jede erfolgreiche Projektabwicklung ist.

www.siniat.de

Etex Building Performance GmbH

Geschäftsbereich Siniat
Scheifenkamp 16
40878 Ratingen

T +49 2102 493-0
E fragen@siniat.com

www.siniat.de

www.facebook.com/SiniatTrockenbau
www.youtube.com/SiniatTrockenbau
www.instagram.com/Trockenbauguide

etex inspiring ways of living

Immer eine

STARKE VERBINDUNG

SYSTEMINNENECKE CLT

Eines unserer neuen Produkte ist die Systeminnenecke CLT. In Kombination angewendet ermöglicht sie eine starke Verbindung von Wandknotenpunkten. Zudem ist die Systeminnenecke eine unschlagbare Lösung für Holz – Holz Verbindungen.

Anwendungsbeispiel der **Systeminnenecke CLT** mit der **KonstruX**

KONSTRUX VOLLGEWINDESCHRAUBEN

KonstruX Vollgewindeschrauben maximieren die Tragfähigkeit einer Verbindung durch den hohen Gewindeausziehwiderstand in beiden Bauteilen. Beim Einsatz von Teilgewindeschrauben begrenzt der wesentlich geringere Kopfdurchziehwiderstand im Anbauteil die Tragfähigkeit der Verbindung.

KonstruX, Senkkopf verzinkt

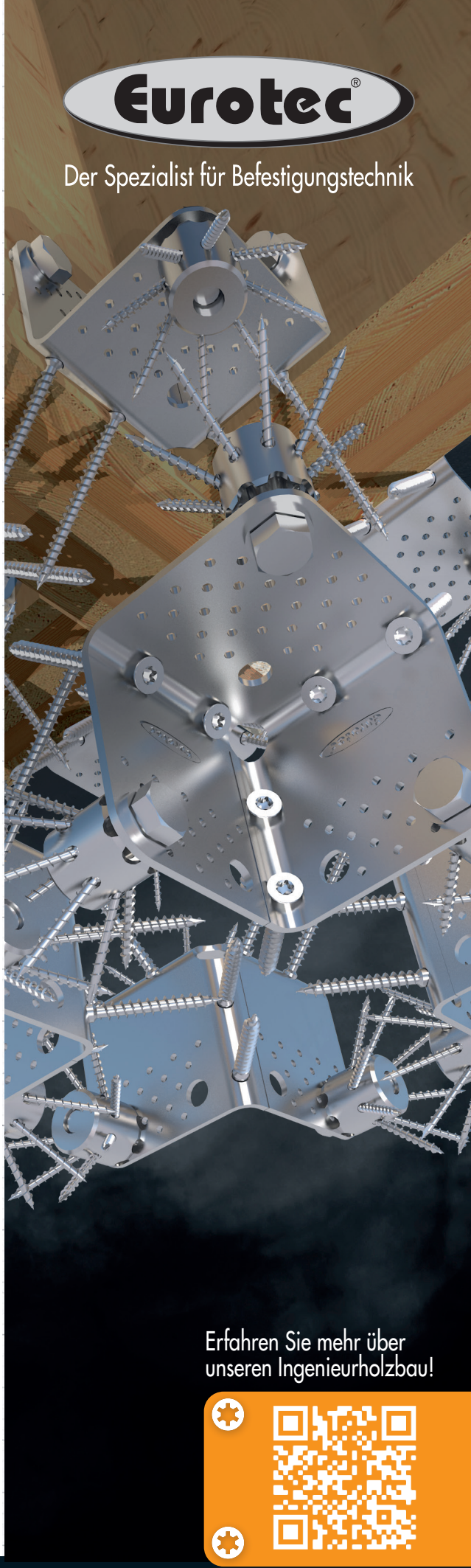
HEBEANKER HEBE*FIX* & KUGELTRAGBOLZEN

Für die Anwendung mit einem Kugeltragbolzen wurde der ausgeklügelte Hebe*Fix* konzipiert. Vorgefertigte Wandelemente können problemlos mit dem Hebeanker angehoben und transportiert werden. Die Verwendung mit Schrauben erlaubt es den Hebeanker mehrfach einzusetzen.

Anwendungsbeispiel für den Hebe*Fix* in Komination mit dem **Kugeltragbolzen**

Eurotec®

Der Spezialist für Befestigungstechnik



Erfahren Sie mehr über unseren Ingenieurholzbau!

E.u.r.o.Tec GmbH • Unter dem Hofe 5 • D-58099 Hagen
Tel. +49 2331 62 45-0 • Fax +49 2331 62 45-200 • E-Mail info@eurotec.team

FEHR BRAUNWALDER
BEFESTIGUNG + WERKZEUGE

Die Fehr Braunwalder AG ist der Spezialist für Befestigungstechnik, Werkzeuge und Verbrauchsmaterial in der Schweiz. Wir verfügen über das umfangreichste Sortiment zu einem attraktiven Preis- und Leistungsverhältnis mit vielfältigen und teilweise einzigartigen Dienst- und Serviceleistungen. Dies macht uns zum führenden Anbieter für den Holzbauer und den Gebäudehüllen Spezialist.

Wir sind in der ganzen Schweiz tätig und führend im Bereich Befestigungstechnik und Werkzeuge. Unsere Kundschaft profitiert von vielen teilweise exklusiven Markenvertretungen sowie von selbst entwickelten Produkten. Ebenso schätzen sie die hohe Fachkompetenz unserer Mitarbeiter im Aussen- und Innendienst.

Mit 100 bestens ausgebildeten Mitarbeitern werden 32'000 Lagerartikel aus den folgenden Sortimenten bewirtschaftet:

- Befestigungstechnik
- Terrassenbau
- Werkzeuge
- Elektrowerkzeuge
- Beschläge
- Verbrauchsmaterial
- Arbeits- und Schutzbekleidung

Über uns

Daneben haben wir uns auch als Nischenanbieter auf speziellen Dienst- und Serviceleistungen spezialisiert:

- Professionelle Beratung
- Bemessungsservice durch unsere Ingenieure in den Bereichen:
  - Aufdachdämmung
  - Holz-/Betonverbund
  - Fassaden
  - Terrassen
- Absturzsicherungs-Kurse (SUVA Zertifiziert)
- Kettensäge-Kurse
- Materialprüfungen von:
  - PSAgA
  - Hebemittel
  - Leitern
- Lagerbewirtschaftung – EasyOrder
- Fehr Braunwalder Bestell App
- Reparaturservice für Elektro- und Motorengeräte
- Leihmaschinenservice

Unsere neue Partnerschaft

X-fix GREENETH

Unsere langjährigen Partner

Eurotec
mafell
Pitzl
PROFIX
BOSCH
SpanSet
metabo PROFESSIONAL POWER TOOL SOLUTIONS
REVOTOOL
PETZL
SIMPSON Strong-Tie
FESTOOL
DEWALT
albert BAUPRODUKTE GmbH

18 Volt-Akku-Power

Bereit. Mit maßgeschneiderten Akku-Lösungen.

FESTOOL

Für Sie durchdacht.
Für Sie gemacht.

Akku-Produkte gebaut für die Ewigkeit:
Einfach typisch Festool.

Festool Akku-Produkte gehen nicht kaputt – vor allem auch dank unserer bürstenlosen EC-TEC-Motoren. Unverwüstlich halten sie auch dem härtesten Baustellenalltag stand. Und für den Fall, dass der Akku plötzlich doch nicht mehr will, gibt es unsere gratis Rundum-Reparatur. Schnell, gründlich und – absolut einzigartig auch für Akkupacks und Ladegeräte: in den ersten drei Jahren kostenlos.

Mehr Infos unter festool.de/bereit

Werkzeuge für höchste Ansprüche

fischer

COMING SOON

PowerFull II.

Für wirtschaftliche Verbindungen von tragenden Holzkonstruktionen.

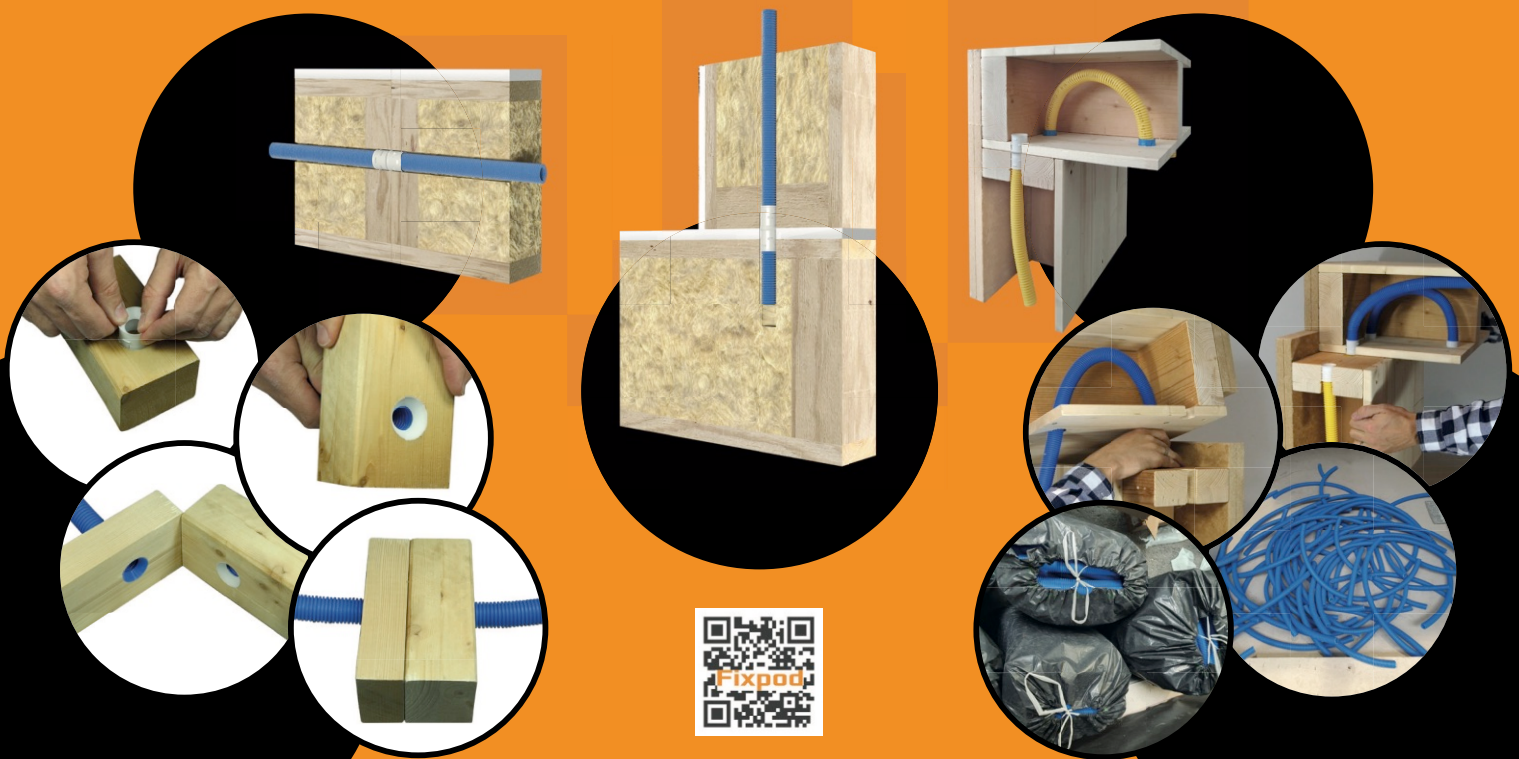
Die Premium Vollgewindeschraube PowerFull II - Ideal für Holz-Holz-verbindungen sowie Stahlblech-Holzverbindungen.
Die einzigartige Kernfräsergeometrie ermöglicht auch ohne Vorbohren geringe Achs- und Randabstände sowie hohe Lasten. Die innovative Spitzengeometrie sorgt zudem für ein schnelles Eindrehen. Auch unter extremen Situationen lässt sich die Schraube durch die Nadelspitze leicht ansetzen, z. B. bei Schrägverschraubungen.
Für weitere Produktinformationen besuchen Sie unseren Messestand hier auf dem Internationalen Holzbauforum im Dogana Erdgeschoss, Standnummer D28.
Gesamtes Schrauben Sortiment von fischer entdecken unter:
www.fischer.de

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

TANNE: grenzenlos schön

Immer mehr Bauherren, Architekten und Handwerker entdecken die Weißtanne und ihre Vorzüge neu. Nicht eins zu eins umgesetzt in rustikaler Bauweise, sondern im neuen Gewand und mit behaglicher Atmosphäre. Bei allen Bauaufgaben, sei es im Wohnungsbau oder dem Gewerbe- und Objektbau, überall findet die Tanne wieder Verwendung.

Der Schwarzwald ist das natürliche Hauptverbreitungsgebiet der Weißtanne in Baden-Württemberg. Hier hatte ihr Holz früher eine führende Marktposition. Dauerhaft und wetterbeständig, harzfrei und hell, diese Vorzüge waren unseren Vorfahren gut bekannt. Nicht nur als Bauholz, auch beim Innenausbau, bei Decken, Böden, Türen und Fenstern wurde Tannenholz sehr häufig verwendet.

Früher wurden Tanne und Fichte mit ihren vergleichbaren Holzeigenschaften miteinander be- und verarbeitet. Vor allem aufgrund der heute notwendigen künstlichen Trocknung des Holzes ergeben sich für die Tanne Nachteile. Durch ihr spezifisches Trocknungsverhalten kann sie nicht mit der Fichte gleichzeitig getrocknet werden. Der insgesamt geringe Tannenanteil hält viele im nationalen und internationalen Markt stehende Firmen davon ab, für eine gesonderte Trocknung der Tanne zu investieren. Die Folge sind zunehmend Preisabschläge für Tanne gegenüber der Fichte.

Für die Natürlichkeit, Stabilität und die Ökologie unserer Wälder ergeben sich durch dieses Marktverhalten langfristig Nachteile: Wenn das Tannenholz nicht oder nur zu nicht angemessenen Preisen nachgefragt wird, werden die Waldbesitzer die Tanne auch nicht mehr anbauen. Dies ist aber für eine naturnahe Waldwirtschaft in vielen Regionen unabdingbar. Die Tanne ist in Baden-Württemberg in den Naturwaldgesellschaften der Bergwälder, vor allem im Schwarzwald, der Südwestalb, dem Schwäbisch-Fränkischen Wald und dem Allgäu mit wesentlichen Anteilen vertreten. Neben der einst dominierenden Buche ist sie die „2. Säule“ der naturnahen Waldwirtschaft. In Bayern, im Vorarlberg, in der Schweiz und im Elsaß hat die Tanne eine ähnliche Bedeutung.

Erfreulich ist jedoch, dass seit einigen Jahren das Tannenholz eine Renaissance erfährt, Experten sprechen bewundernd vom "Comeback eines Klassikers". In der Tat entstehen an vielen Orten in Baden-Württemberg beispielhafte Projekte mit Weißtanne (z.B. Wohnhäuser, Schulen, Kindergärten, Brücken usw.). Auch das Schreinerhandwerk hat Tannenholz wieder entdeckt (exklusive Möbel, Dielenböden usw.).

Forum Weißtanne e.V.

Aus dem 1997 gegründeten Arbeitskreis Weißtanne, wurde im Oktober 2000 der eingetragene gemeinnützige Verein Forum Weißtanne e.V.

Zweck des Vereins ist die Erhaltung der Weißtanne (Abies alba) als natürliche Hauptbaumart des Schwarzwaldes und des übrigen Verbreitungsgebietes, durch Sicherstellung notwendiger waldbaulicher Maßnahmen sowie Förderung artenspezifischer Verwendungsbereiche.

Die Vorstandschaft setzt sich zusammen aus Waldbesitzern, Geschäftsführern von holzbe- und verarbeitenden Betrieben, Bauplanern und Architekten, Vertretern der Forst- und Holzwissenschaft, Forstleuten und Kommunalpolitikern. Schauen Sie doch mal bei uns rein: www.weisstanne.info

FORUM WEISSTANNE

Mit freundlicher Unterstützung von

Echtle. Qualitätsholz aus dem Schwarzwald

FVA Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

Naturpark Südschwarzwald

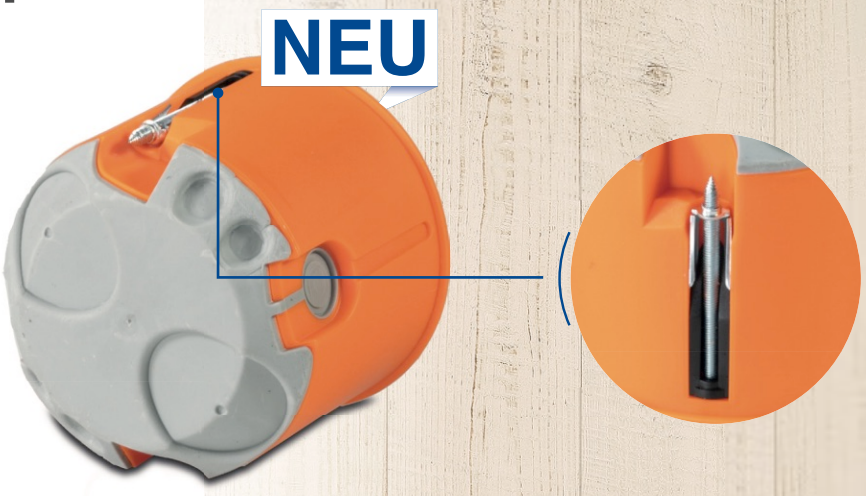
f-tronic®

Krallt sich fest
Bleibt im Holz

Das neue patentierte **f-tronic®** TC-Befestigungssystem für den Massivholz-, Brettsperrholz- und Hybridbau. Normgerechte Installation mit festem Halt - kostengünstig, zeitsparend und effizient.

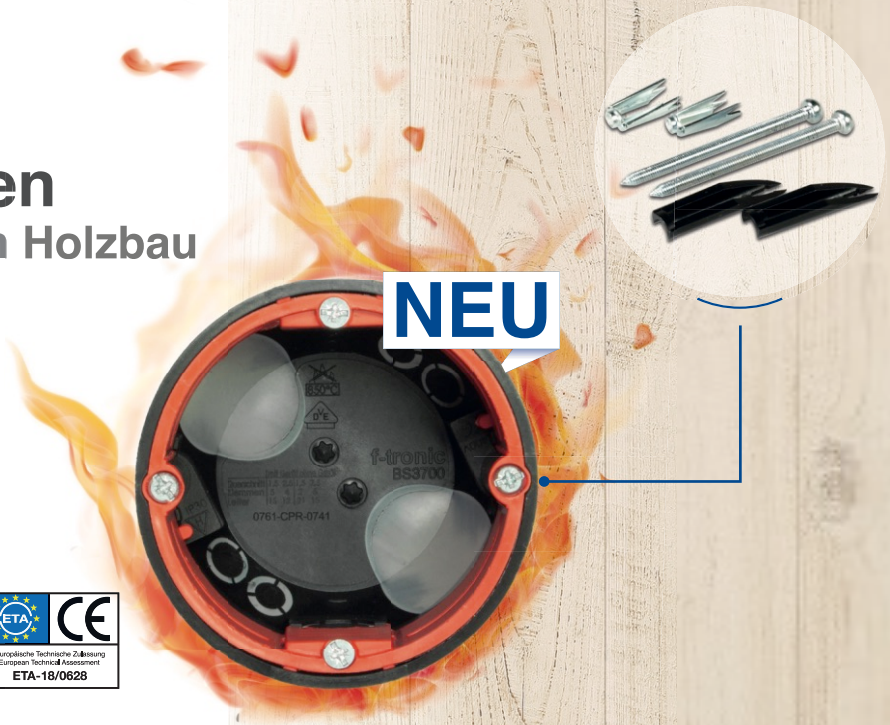
Installationsdosen
Festgekrallt im Holzbau

- Installationsdose mit robustem Gehäuse
- Befestigung mittels TC-Krallen, die sich im Holz verankern
- Luftdicht durch 2K-Membrantechnik
- Montagefreundlich durch werkzeuglose Leitungs- und Rohreinführung
- Integrierter Leitungsrückhalt für NYM-Leitungen
- Kostengünstige, normgerechte Lösung für Massivholz-, Brettsperrholz- und Hybridbau
- Einfache und schnelle Montage



Brandschutzdosen
Feuerwiderstand für den Holzbau

- Brandschutzinstallationsdosen für den Holzbau
- Befestigung mittels TC-Krallen, die sich im Holz verankern
- Brandschutz, Schallschutz, luftdicht
- ETA-18/0628
- Sicherer, normgerechte Lösung
- Feuerwiderstandsklasse bis EI90



ETA
Europäische Technische Zulassung
European Technical Assessment
ETA-18/0628

www.f-tronic.de

Fundermax – Produkte im Einklang mit der Natur

- 85% des gesamten Rohstoffbedarfs stammen aus nachwachsenden Quellen
- 100% Holz und Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft
- Fernwärme für 10.000 Haushalte
- zertifizierter Ökostrom durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Fundermax GmbH
office@fundermax.at
www.fundermax.at

For you to create

Fundermax

„Wer nachhaltig baut, baut auf eine gesunde Zukunft."

(Lukas T., Produzent Fertigteilhäuser)

natureplus® No. 0208-1304-120-1 · Klimaschutz · Wohngesundheit · Nachhaltigkeit · IBU GEPRÜFT analytiX · Geprüft gesündere Produkte – Sentinel Haus Institut

Innovativer Schallschutz
im Holzbau

K_{ij} Verbesserung von bis zu 35 dB

Ihre Vorteile
- Höchste Schalldämmung in Gebäuden aus Holz durch elastische Lagerung der Flanken
- Gesamtheitliche akustische Entkopplung mittels zugelassener Verbindungsmittel für Element- und Modulbau
- Nachhaltig produziert, langlebig und frei von schädlichen Weichmachern

Das effektive Berechnungsprogramm für Ihre Flankenlagerung im Holzbau
Mit TimberCalc von Getzner berechnen Sie Sylodyn®-Streifen schnell und einfach.
Ihre Berechnungen stehen Ihnen dann sofort als PDF-Download bereit.
Registrieren Sie sich gleich auf: **http://apps.getzner.com**

www.getzner.com

getzner
engineering a quiet future

KONSTRULINE

HOLZVERBINDER

DIE PRODUKTSERIE FÜR DEN KONSTRUKTIVEN HOLZBAU.

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL
WIR STELLEN AUS!
30.11. bis 2.12. 2022 - Innsbruck

MADE IN GERMANY

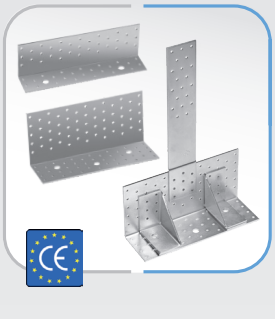
SCHUB-ZUG PLATTEN

CE 0769

BALKENSCHUHE TYP 05/2,5 KOMBI TYP 08/4,0

CE ETA-08 0264

SCHUBWINKEL SCHUB 80/120



CE

ZUGANKER HT2-TEILIG

CE ETA-10 0010

BALKENTRÄGER ALU KOMBI MAXI SD 16

CE ETA-16 0044

ZUGANKER HT

CE ETA-10 0010

PRODUKT- UND STATIK **ÜBERSICHT.**

JETZT ONLINE IM KATALOGPORTAL!

Unter: www.holzverbinder.de
oder Printkatalog anfordern.

NEU

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 Holzskelett-Schulneubau

Holzständer-Konstruktion / Holz-Beton-Verbund / Brettsperrholz

Die Integrierte Gesamtschule Rinteln, Niedersachsen, hat einen 2-geschossigen Schulneubau in Holz-Skelettbauweise mit einer Nutzfläche von 7.250 m² erhalten. Rund 2.350 m³ verbautes Holz zeigen sich in der Holzständer-Konstruktion der Außenwände mit innen sichtbarer Fichten-3-Schichtplatte sowie den Innenwänden und OG-Decken aus Brettsperrholz. Die Decken des Erdgeschosses sind in Holz-Beton-Verbund aus Holzbalkenlage und Betonfertigteilen (sichtbar) erstellt.

Eine Lärchenschalung mit vorspringenden Lisenen formt die attraktive Fassade in einem regelmäßigen Raster von 1,65 m, welche auch vier Innenhöfe umrahmt. Auch die Brandschutzanforderungen sind mit sichtbarem Holz gelöst.

Grossmann Bau ist bei der Realisierung von außergewöhnlichen Holzleimbau-Projekten ein erfahrener Partner für Zimmerer, Holzbaubetriebe und Architekten.

Bilder: Grossmann Bau

GROSSMANN
1907-2017 110 JAHRE KOMPETENZ AM BAU

- Holzbau für große Spannweiten / Längen bis zu 45 Meter
- 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

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, N° 2 - 01110
Sta. Cruz de Campezo - Álava, Spain

T: +34 945 40 54 25
gamiz@grupogamiz.com

Grupo Gámiz

GYSO
Kompetenz | Qualität | Partnerschaft

Alles für ein dichtes Dach – und natürlich auch für den Rest des Gebäudes. Folien, Dichtbänder sowie Kleb- und Dichtstoffe finden Sie bei uns sauber auf einander abgestimmt und in höchster Qualität. Unsere technischen Experten verfügen über viele Jahre Erfahrung und stehen Ihnen mit in der Praxis erworbenem Fachwissen gerne beratend zur Seite.

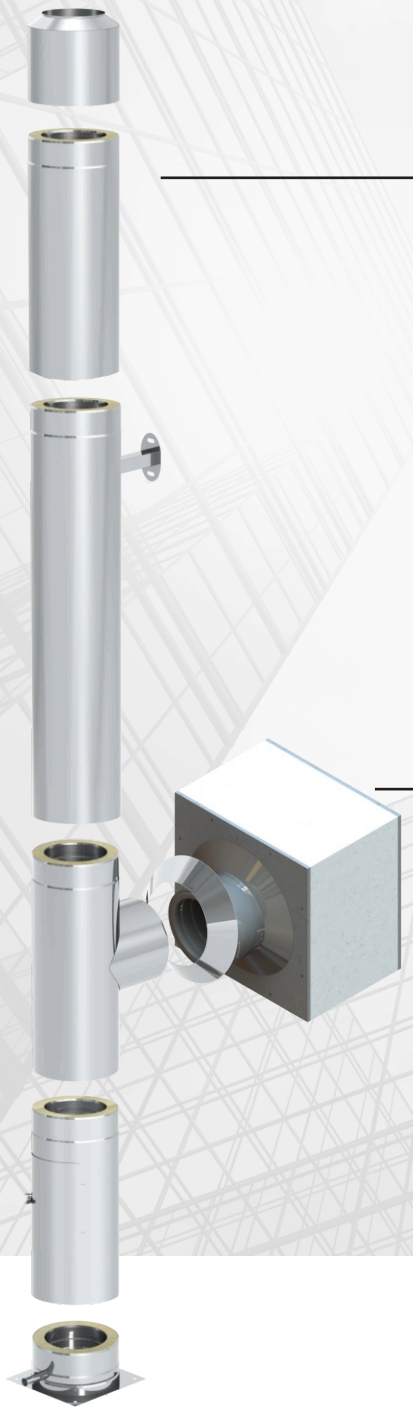
Geistlich
Ligamenta

Für eine sichere Verklebung von Holz und Holzwerkstoffen. Die Klebstoffe von Geistlich Ligamenta sind seit Jahrzehnten in der Holzbau-Branche gleichermassen bekannt wie bewährt und ergänzen das Produkt-Portfolio von GYSO ideal.

GYSO AG | Steinackerstrasse 34 | CH-8302 Kloten | + 41 43 255 55 55 | info@gyso.ch

gyso.ch

Besuchen Sie uns auf Stand EG 038!



NiroLine

DW Design

Doppelwandiger Edelstahlkamin

Der "Designer" unter den Kaminen, welcher durch zylindrisch eingezogene Steckenden des Außenrohres den Aufbau ohne Klemmbänder ermöglicht. Die dadurch entstehende glatte Rohrsäule, sowie die gebürstete Oberfläche machen den DW Design zum Glanzstück.

KombiLine

DWD-Schott

Decken-, Wand- und Dachdurchführung

Geprüfte Durchführung für Abgasleitungen und Rauchrohre von Heizungsanlagen mit Festbrennstoffen durch Decken, Wände und Dächer, aus brennbaren Baustoffen.

Vergleich: Schaden im Brandfall mit und ohne Verwendung des Stocker KombiLine DWD-Schott

Kamin-, Abgas- und Schachtsysteme aus einer Hand

www.stocker-kaminsysteme.com

H. Stocker GmbH, Stocker Weg 1, 6175 Kematen in Tirol, Austria
Tel.: +43 512 28 88 81, Fax: +43 512 28 88 81 - 10
office@stocker-kaminsysteme.com, www.stocker-kaminsysteme.com

stocker

HAAS FERTIGBAU – HOLZBAUSYSTEME

KONSTRUKTIVER HOLZBAU - NAGELPLATTENBINDER

Haas Fertigbau
Industriestraße 8
D-84326 Falkenberg
T +49 8727 18-426
E holzbausysteme@haas-fertigbau.de

www.haas-holzbausysteme.de

sicherer – schneller – besser

PLANUNG - PRODUKTION - LOGISTIK
BRETTSCHICHTHOLZ-KONSTRUKTIONEN
NAGELPLATTENBINDER

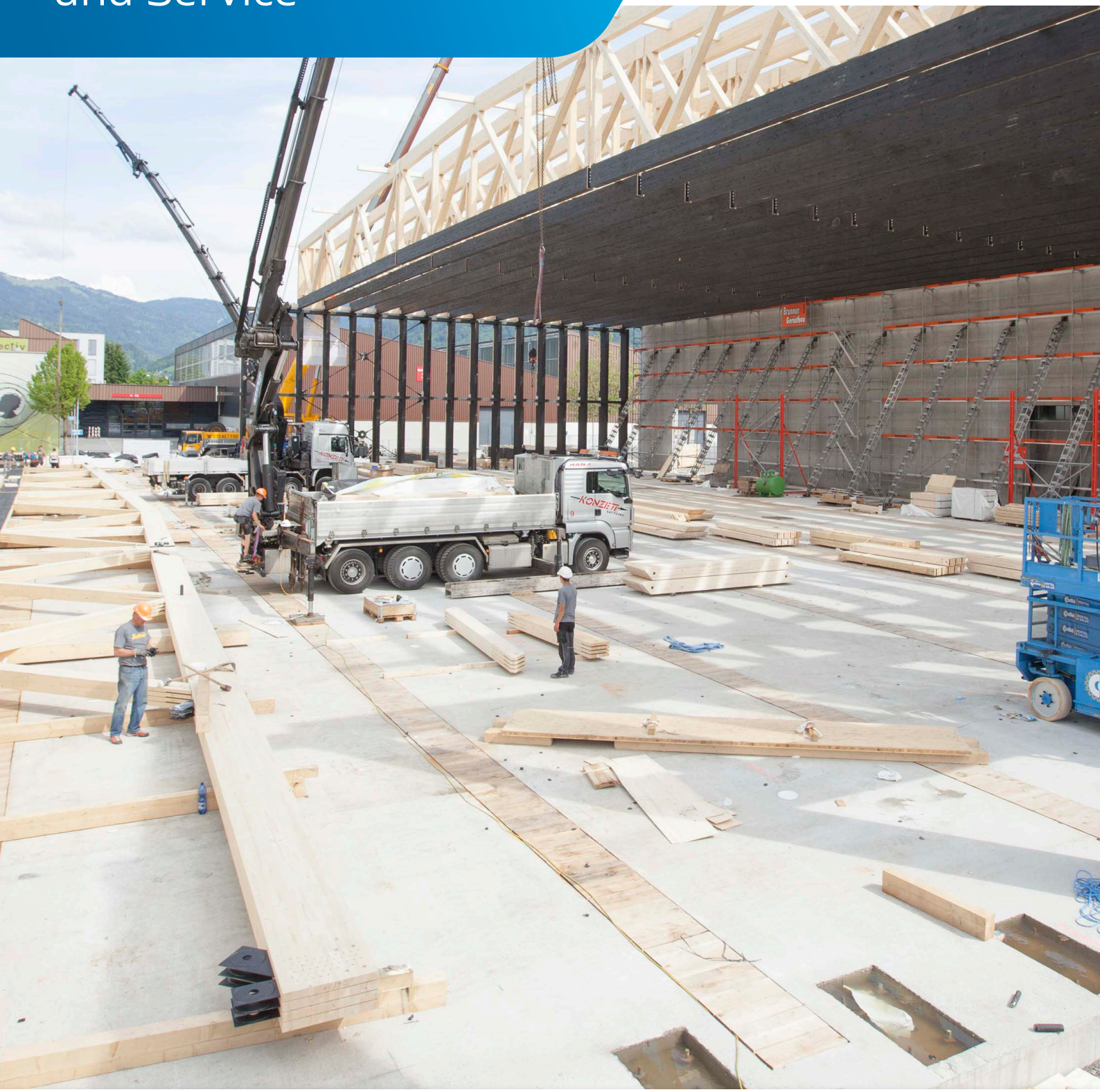
Wir unterstützen Sie mit unserer mehr als 50jährigen Erfahrung im Holzbau! Bleiben Sie auf der sicheren Seite und werden Sie Haas-Partner!

Haas
besser bauen.

Das größte Sortiment

Mit top Beratung, Auswahl und Service

HABERKORN



Haberkorn bietet ihnen Österreichs größtes Holzbausortiment und einiges mehr. Fachkundige Experten beraten Sie persönlich und praxisnah. Sie haben eine riesige Auswahl an Schrauben, Verbindungsmittel, Dach- und Fassadenbahnen, Schallschutzlager und vielem mehr. Und Sie profitieren von innovativen Services wie unseren Bewirtschaftungslösungen. Mehr Infos auf haberkorn.com

haberkorn.com

HUNDEGGER SPEED-CUT

Kompakt - präzise - flexibel

Meine Hundegger und ich
Never change a winning team!

hundegger.com

Zuschnitt-Maschine

Hundegger SPEED-Cut 480

Präziser und flexibler produzieren mit der kompakten Hochleistungs-Zuschnitt-Maschine.

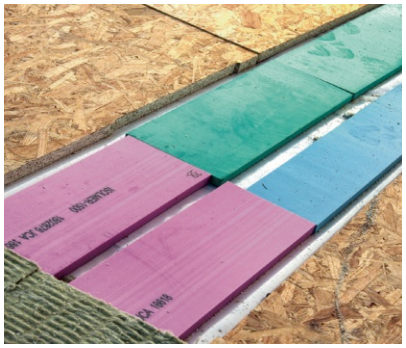
Schon in der Grundausstattung besitzt die SPEED-Cut 480 ein enormes Potenzial. Allein mit dem Sägeaggregat sind über das Ablängen hinaus vielfältige Bearbeitungen möglich. Nutzen Sie das enorme Bearbeitungsspektrum bei geringem Platzbedarf und schnell amortisiertem Investment.

- **Bauteilquerschnitte bis zu 240 x 480 mm**
- **Kurze Durchlaufzeiten ohne Einstellen und ohne Rüsten**
- **Jede Maschine wird exakt an die individuellen Kundenbedürfnisse angepasst**

HUNDEGGER
Innovationen für den Holzbau

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
Waldstr. 63
D-13156 Berlin
T +49 (0)30-97 89 47 07
www.hbt-isol.de
info@hbt-isol.com

Ist die künstliche Beleuchtung unverträglich geworden?

Lignum Biancolegno® bietet die Lösung!

LIGNUM BIANCOLEGNO®

WEISSE HOLZLASUR AUF WASSERBASIS

Erhellen Sie Ihre Räume mit dem Weiß, das nicht vergilbt.

Erfahren Sie mehr auf
www.hdg.it

HDG GROUP

TRAV Integral

DAS RUNDUM-SORGLOS-PAKET

HELLA bietet Holzbauprofis eine neue, einfache und sichere Lösung, die alle Gewerke rund ums Fenster verbindet. Sie ermöglicht die Integration von vormontierten Sonnenschutzprodukten in eine Komplett-System-Lösung. Ein vorgefertigtes Gesamtsystem aus Rahmen, Fensterbank und integriertem Sonnen- und Insektenschutz ersetzt den Einbau von Einzelkomponenten in die Wandöffnung. Das bringt zahlreiche Vorteile. TRAV Integral ist eine Weiterentwicklung der verwandten Lösung TRAV frame für die Ziegelbauweise.

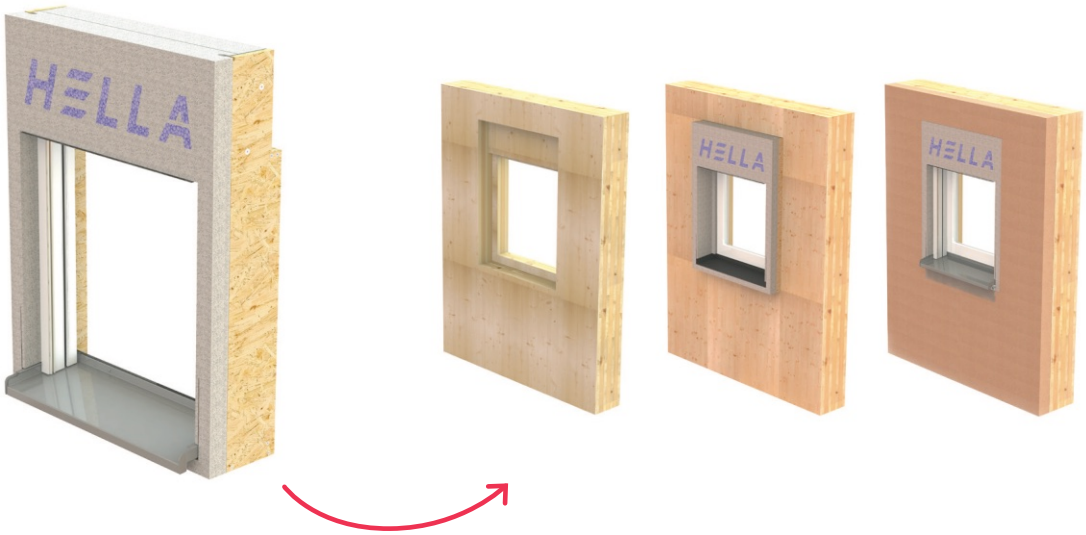
Einfache und schnelle Montage sichergestellt
Die Vorfertigung macht das Handling des TRAV Integral in der Montage einfach und kalkulierbar. Denn die Verbauung der Wandöffnung passiert nicht mehr durch zahlreiche Einzelkomponenten, sondern durch den Einbau eines vorgefertigten Baukastensystems.
Mehr Informationen unter:
www.hella.info

Ihr HELLA-Ansprechpartner berät Sie gerne!
Kontaktieren Sie uns unter:
fertigbau@hella.info

R+T INNOVATIONS PREIS 2021 GEWINNER

HELLA wurde mit diesem Produkt für den R+T Innovationspreis 2021 nominiert und wurde kürzlich mit Silber in der Kategorie Sonderlösungen ausgezeichnet.

Der Alleskönner für den Holz- und Fertigbau



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

Ihr starker Partner für den modernen Holzbau

Holz Schiller®

Kompetenz begeistert...

Profilholz für Außenfassaden

direkt vom QUALITÄTS Hersteller

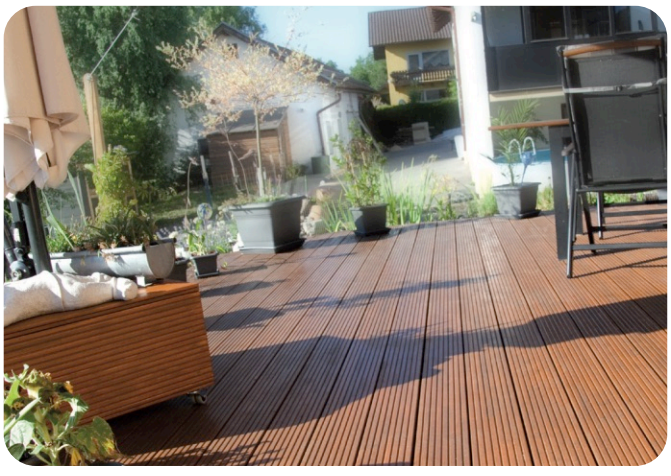
ift ZERTIFIZIERT

PEFC Förderung nachhaltiger Waldwirtschaft

FSC www.fsc.org FSC® C126116 Das Zeichen für verantwortungsvolle Waldwirtschaft

Akustikpaneele für Decken und Wände

Brettschichtholz / Pfosten-Riegel-Leimholz
für Fassaden und Wintergärten

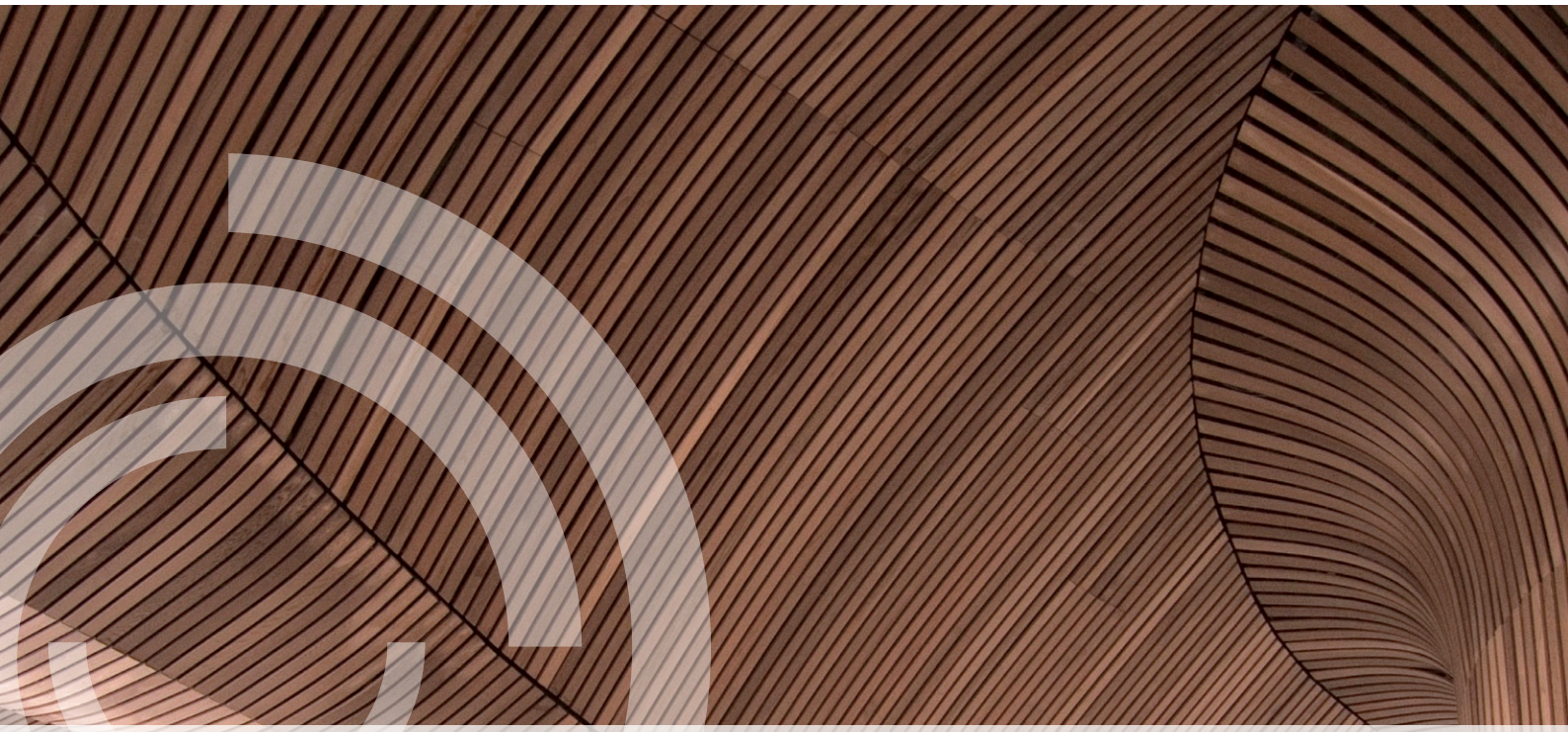


Terrassenbeläge

HOLZ SCHILLER GmbH · Pointenstraße 24-28 · D-94209 Regen
Tel.: +49 99 21 / 94 42-0 · Fax: +49 99 21 / 80 75 47 · Email: info@holz-schiller.de

www.holz-schiller.de

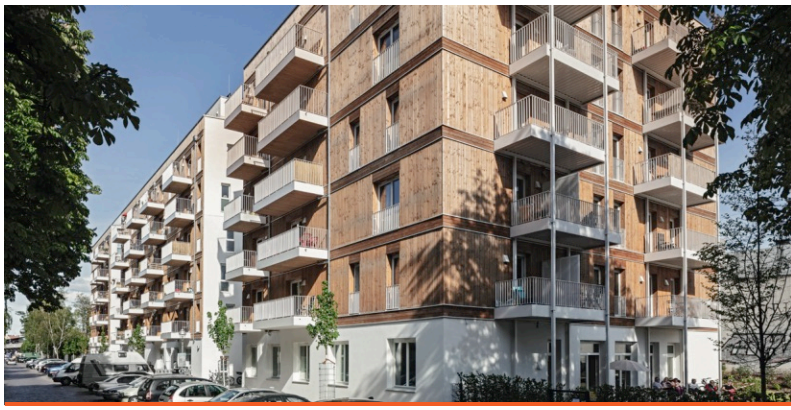
HOLZUNION
Timber Construction Group



Kompetenz in allen Disziplinen.

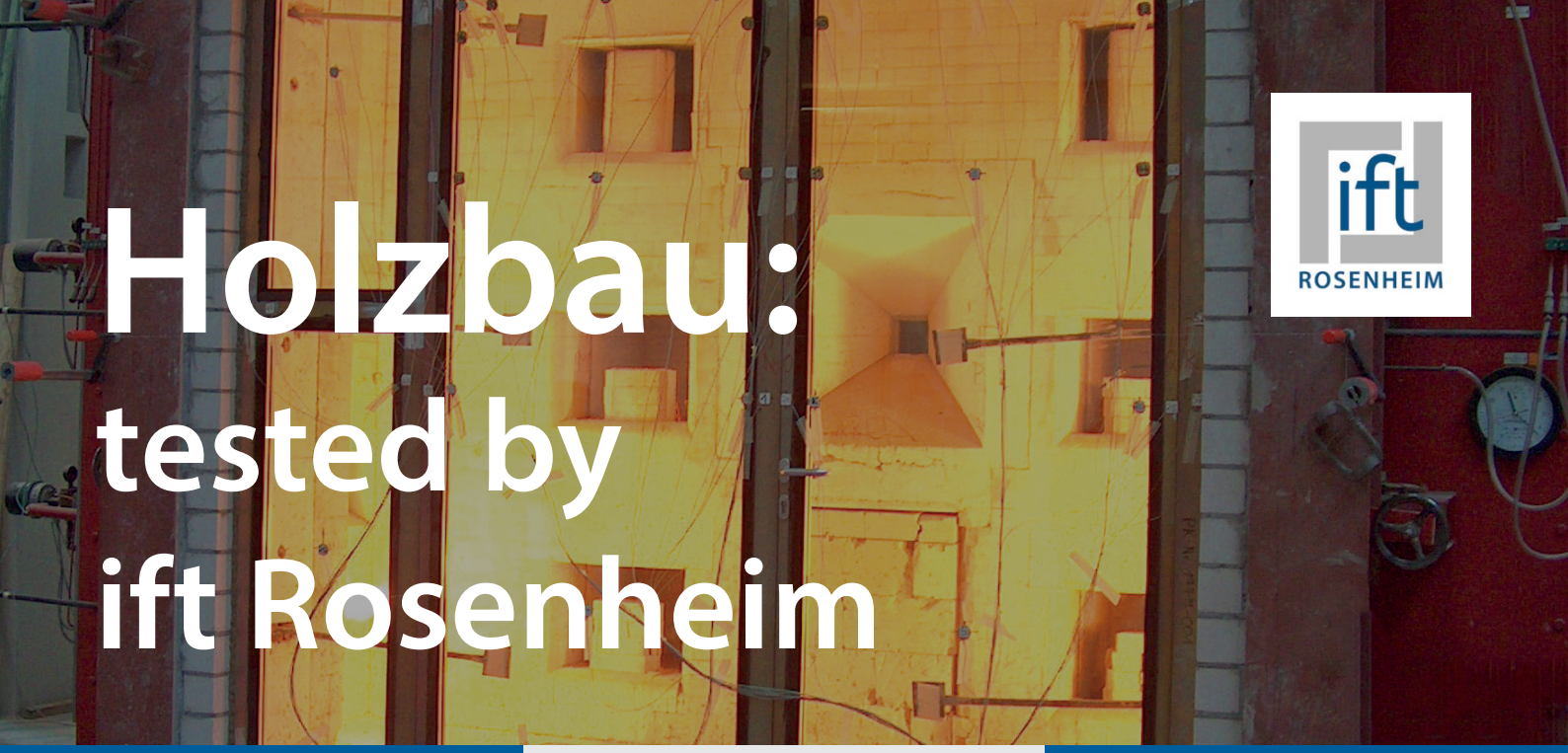
Ausgestattet mit der umfassenden Kompetenz von fünf erfahrenen Holzbau-Unternehmen bietet die HOLZUNION als Komplettanbieter alle Leistungen in den verschiedenen Bereichen des Holz- und Hausbaus kompetent aus einer Hand.

Von der Projektierung, der individuellen Planung über die statische Berechnung bis hin zu Produktion, Transportlogistik und Montage – die HOLZUNION ist der interdisziplinäre Partner für das professionelle Bauen mit Holz.



INGENIEUR-HOLZBAU • MEHRGESCHOSSIGER WOHNUNGSBAU
ÖKOLOGISCHER HOLZBAU • SANIERUNG UND MODERNISIERUNG
SCHLÜSSELFERTIGER OBJEKTBAU • GROSSES SCHAFFEN AUS HOLZ!

HU-Holzunion GmbH
www.holzunion.com
Zentrale: Waffensener Dorfstraße 20 • D-27356 Rotenburg (Wümme)
Niederlassung: Georg-Schwab-Straße 3 • D-86732 Oettingen • Tel.: +49 4268 / 933 66 • Fax +49 4268 / 933 77 • info@holzunion.com



Holzbau: tested by ift Rosenheim

Brandschutz

- Feuerwiderstand
- Rauchschutz
- Brandverhalten
- Nachweise für EU, Nordamerika, UK, Arabischer Raum, Indien etc.
- Brandschutzkonzepte

Schall-dämmung

- Luftschall
- Schall-Längsleitung
- Trittschall

Bauphysik

- Wärmedämmung (U-Wert)
- Feuchteschutz
- Luftdichtheit
- Tauwasser

Mechanik + Festigkeit

- Holzbaustoffe
- Holzwerkstoffe
- Schrauben (Auszugsfestigkeit)
- Verbindungsmittel

Holzschutz

- Chemischer Holzschutz
- Holzarten
- Konstruktiver Holzschutz

Nachhaltigkeit

- Zertifizierung von Managementsystemen (Umwelt, Energie etc.)
- Erstellung von Ökobilanzen/EPDs
- CO_2-Fußabdruck (Produkte, Unternehmen)
- Nachhaltigkeitsberichte

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

45 JAHRE HERSTELLER

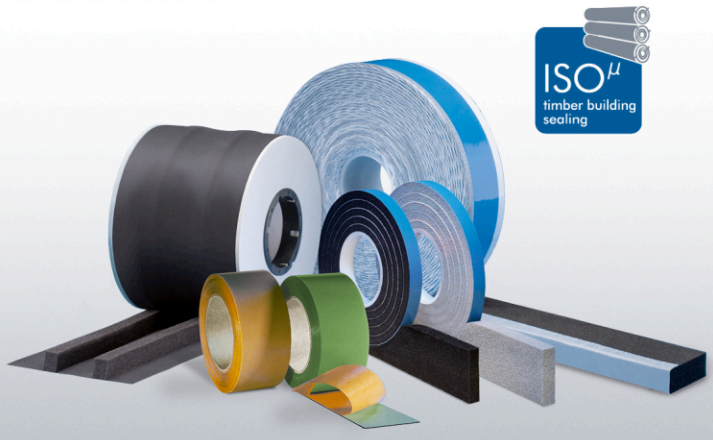
ISO CHEMIE
Use the blue technology.

FORUM HOLZBAU INTERNATIONAL
30. November - 2. Dezember 2022
BESUCHEN SIE UNS!

ISO$^{\mu}$-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.



ISO-CHEMIE WEBSHOP

24/7 ONLINE BESTELLEN: **shop.iso-chemie.eu**

ISO-Chemie GmbH \ info@iso-chemie.de \ www.iso-chemie.de

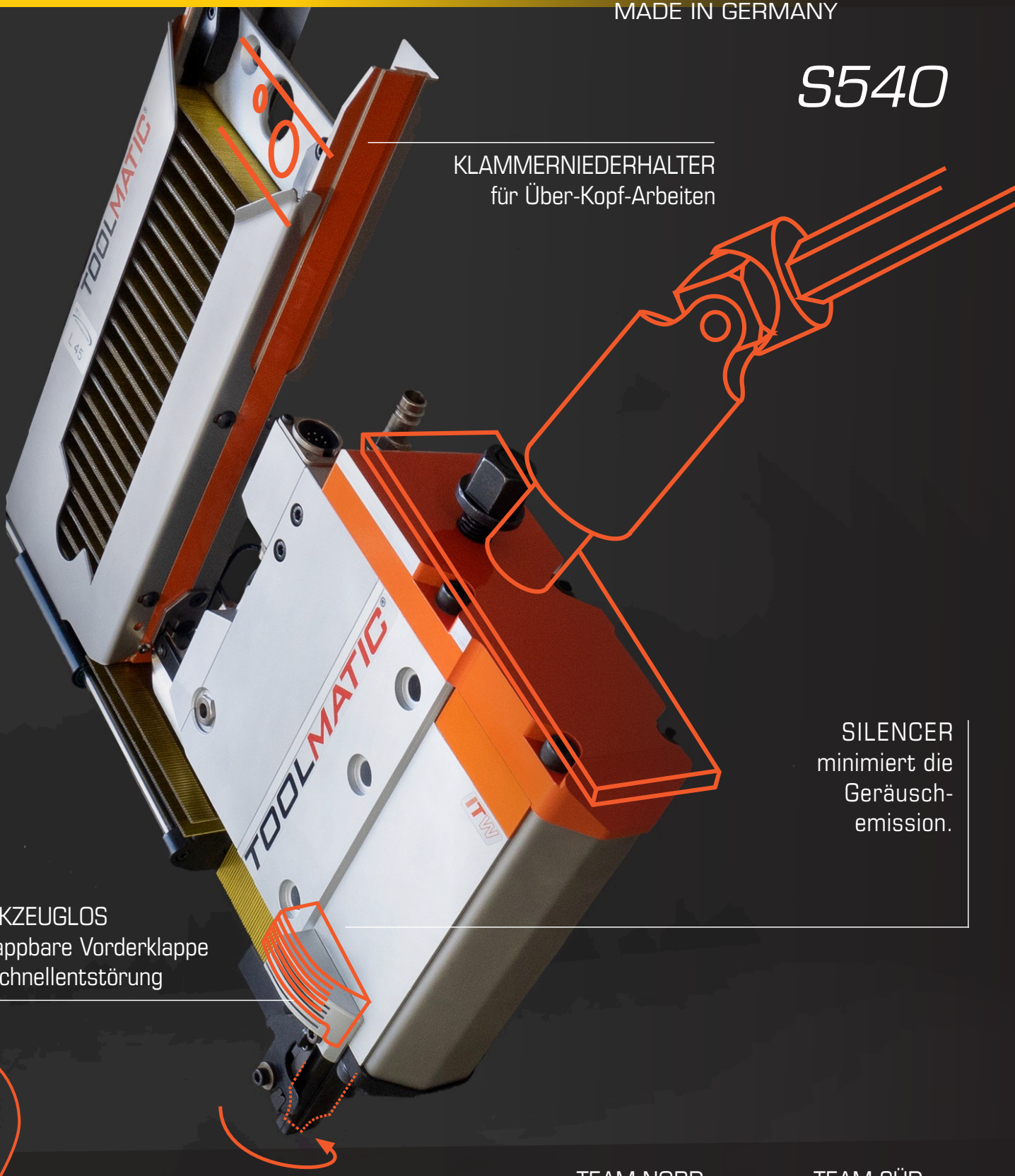
TOOLMATIC®

AUTOMATED FASTENING SYSTEMS

MADE IN GERMANY

S540

KLAMMERNIEDERHALTER
für Über-Kopf-Arbeiten



SILENCER
minimiert die
Geräusch-
emission.

WERKZEUGLOS
aufklappbare Vorderklappe
zur Schnellentstörung

WIR SIND BEI IHNEN

Beratung | Installation & Einweisung | After Sales

TEAM NORD

Maik Gütersloh
Marcus Rolfsmeier

TEAM SÜD

Jens Hödel
Jörg Paulusch

ITW BEFESTIGUNGSSYSTEME · spit · Paslode · haubold · TOOLMATIC

www.itw-befestigungssysteme.de

Unsere Vielfalt

= für alle Wünsche den richtigen Holzfußboden

HOLZ BAWART Parkett

Massiv Dielen

100% Natur

Massiv Parkett

Holzartenvielfalt

3schicht Trio

aus 3 Lagen Eiche!

3schicht Dielen

bis 15 Meter Länge

2schicht Parkett

Gegenzug: Sperrholz

Mehr von unserer Vielfalt:

J.C. Bawart & Söhne GmbH&Co KG

Parkett Studios in Sulz, Wien und Wels · +43(0)5522/44307 · bawart@bawart.at · www.bawart.at

Jagram-Pro S.A.

Einen Spezialisten für Bogenbinder mit kleinen Radien

Jagram-Pro S.A.
+48 55 2787 970
+48 509 571 751
iso@jagram.de
www.jagram.de

GÜNTHNER

ROLLLADEN- & SONNENSCHUTZSYSTEME

Schutz und Komfort rund ums Gebäude sind unser Thema seit 1898: Mit Produkten für Verdunklung und Schutz am Fenster, Sonnen- und Wetterschutz im Freien, mit Torsystemen und umfassendem Service sind wir idealer Partner und Ausrüster für den Holzbau.

Vom Rollladen über die Markise bis zum Tor

Wir bei Günthner verstehen uns aus Tradition auf Holzbau: In unsere Produkte fließen handwerkliche Erfahrungen ein, mit denen wir ständig unser Portfolio weiter perfektionieren. Deshalb bieten wir unsere wichtigste Produktkategorie, die Kastensysteme der FLEXI FIX-Reihe, bewusst in Varianten an, die ideal für die Integration im Holzbau geeignet sind. Zugleich eröffnen wir durch die individuelle Dimensionierbarkeit dieser Systeme bei einem hervorragenden Dämmwert exzellente Voraussetzungen für die Nutzung bei anspruchsvollen Projekten.

Individualisierbare Rollladen-Panzer, Raffstoren oder Textilscreens in frei wählbaren Abmessungen, in passende Schienensysteme integrierbare Absturzsicherung aus Sicherheitsglas bei bodentiefen Fenstern und noch vieles mehr haben Günthner-Sonnenschutzsysteme zu bieten. Hinzu kommen noch variable Schiebe- und Klappladen-Systeme. Zudem bieten wir Sonnen- und Insektenschutz-Systeme, die auch für die Innenanbringung geeignet sind – all dies natürlich ebenfalls automatisierbar und ins Smart Home integrierbar.

Die Wetter- und Sonnenschutz-Gestaltung für Terrassen und Balkone zählt zu den weiteren Feldern, die Günthner rund ums Haus zu bieten hat. Und die Günthner-Torsysteme als Kipp-, Roll- oder Sektionaltore sorgen für Sicherheit für bewegliche Güter in Garagen oder befahrbaren Hallen.

Die besondere Nähe unseres Portfolios zu Kundenwünschen erklärt sich aus unserem Servicedenken: So sind wir nicht nur leistungsstarker Lieferant der vorgenannten Produkte und fertigen auch für bekannte andere Marktteilnehmer als OEM-Lieferant. Günthner ist auch als Dienstleister von der Beratung und Planung über die Montage vor Ort bis hin zum Wartungs- und Reparaturservice aktiv und bleibt so dicht dran an den Wünschen der Endabnehmer und Nutzer der unterschiedlichen Produkte.

NEUHEITEN!!!

woodframe FLEXI

www.guenthner.de

KEIM LIGNOSIL®-VERANO – NATURSCHÖNE SILBERGRAUE HOLZFASSADEN

MINERALISCHE VORVERGRAUNG VON HOLZOBERFLÄCHEN

- Angleichend durch natürlich Alterung
- Kein Wartungsaufwand
- Ohne Zusatz von Bioziden und Lösungsmitteln
- Besonders wirtschaftlich und nachhaltig
- Diffussionsoffen
- Schnelle Trocknung
- Matte, natürliche Optik

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

www.keim.com

STRONG FOR GENERATIONS

KLIMAS
FASTENER TECHNOLOGIES

NEW MILLING TIP
FOR TIMBER CONSTRUCTION SCREWS

UP TO **40%** **FASTER** SCREWING TIME
compared to old tip of Klimas Wkręt-met screws

20% **LESS SCREWING** RESISTANCE
compared to old tip of Klimas Wkręt-met screws

DOUBLE THREAD
IMPROVE REMARKABLY A SPEED OF TIMBER PENETRATION

HIGH PERFORMANCE
PARAMETERS

more at: www.klimas.com | contact us: export@wkret-met.com

STAND NUMBER - DG036

Wkręt-met KLIMAS

KLIMAS
FASTENER TECHNOLOGIES

POLISH PRODUCER OF TIMBER CONSTRUCTION SCREWS

© Andreas Aufschnaiter / Red Bull Content Pool

Innovative Verbinder für den Holzbau – Beton und Stahl inklusive

In der neuen Broschüre findet man brandneue und bewährte Produkte sowie übersichtliche Tabellen und viele Details. Am Stand von Knapp werden die Produkt-Neuheiten gezeigt!

patented by KNAPP®

made in Germany ETA CE

BROSCHÜRE ETA

Neue ETA und Broschüre im DOWNLOAD

Knapp GmbH I Wassergasse 31 I A-3324 Euratsfeld I Tel.: +43 (0)7474 / 799 10 I Fax: +43 (0)7474 / 799 10 99
Knapp GmbH I Vertrieb Deutschland I Föhrenweg 1 I D-85591 Vaterstetten
Tel.: +49 (0)8106 / 99 55 99 0 I E-Mail: info@knapp-verbinder.com I www.knapp-verbinder.com

YouTube

online-store

KNAPP® verbinder.com

KRINNER
Das Schraubfundament

Verkauf
Montage
Planung

einfach, schnell und ökologisch bauen

www.krinner-fundamente.at

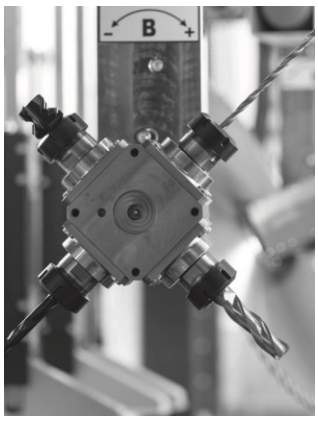
Wir überzeugen seit über 60 Jahren mit Schweizer Qualität.

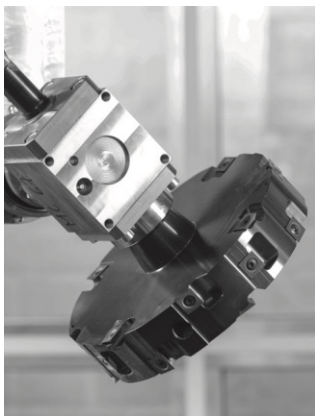
krüsi *swiss premium woodworking machines*

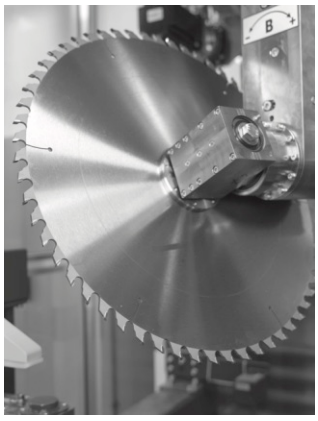
Alle unsere Holzbearbeitungsmaschinen werden in Schönengrund im Appenzeller Hinterland hergestellt. Bei den verwendeten Materialien setzen wir auf höchste Qualität und garantieren Ihnen so eine lange Einsatzdauer und Zuverlässigkeit aller Krüsi Maschinen.

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

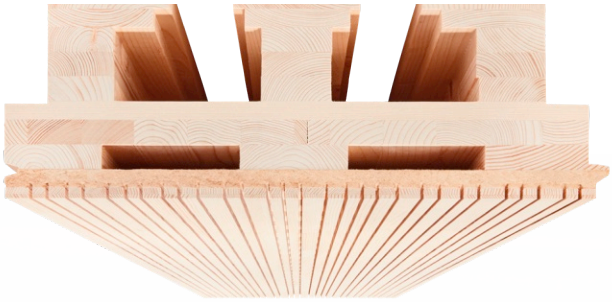
Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Erdgeschoss Dogana / Stand Nr. DG022

kruesi-ag.ch

Krüsi Maschinenbau AG
Hauptstrasse 68
CH - 9105 Schönengrund
T +41 71 361 10 50

LIGNO® – Konfigurierbares Brettsperrholz

Decken-, Dach- und Wandbauteile, Echtholz-Akustikpaneele.



Installationen

Oberseitige Leitungsführung:
längs und/oder quer

Dämmung

Erhöhter Schallschutz – auch tieffrequent,
integrierte Wärmedämmung

Brandschutz

Feuerwiderstand bis REI 90,
Entflammbarkeit bis B-s1-d0

Tragfähigkeit

Variable Steghöhen für Spannweiten bis 18 m,
Statik mit Schwingungsnachweis

Raumakustik

Integrierter Akustikabsorber
aus natürlicher Holzfaser

Installationsraum / Zusatzabsorber

Unterseitige Leitungsführung
und optionaler Zusatzabsorber

Sichtoberflächen

Echtholz-Oberlächen – geschlossen
und in verschiedenen Profilierungen

Baubiologie

natureplus®-zertifizierte
gesundheitliche Unbedenklichkeit

LIGNO TREND®

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Landstraße 25 | 79809 Weilheim | Deutschland
Tel.: +49 (0) 7755 - 9200-0 | Fax: -55
E-Mail: info@lignotrend.com

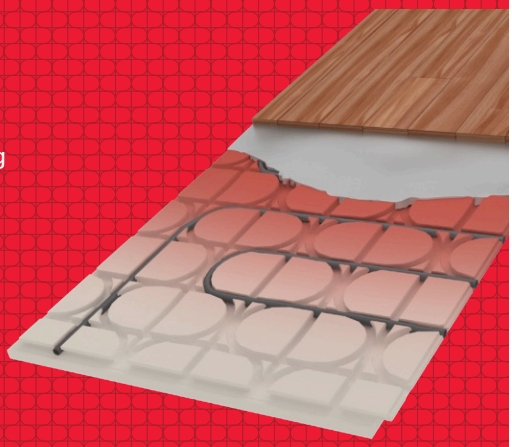
Konfigurieren Sie das individuelle
Element für Ihr Projekt selbst:
www.lignotrend.com/konfigurator

NORIT

Ein Untergrund, der den Unterschied macht.

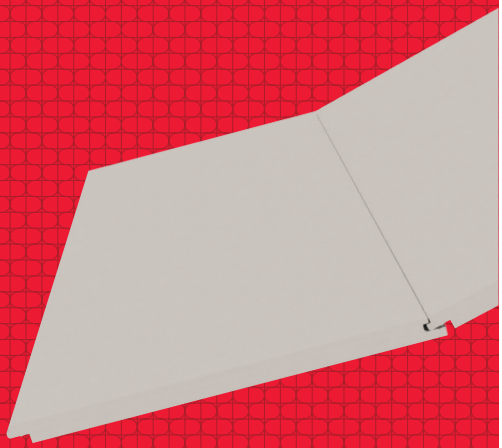
© Impact Photography, stock.adobe.com

NORIT-Fußbodenheizung



- Einfache, schnelle und flexible Verlegung
- Schnelle Reaktion des Heizsystems durch oberflächennahe Rohrverlegung
- Niedrige Aufbauhöhe (nur 33 mm) und geringes Gewicht
- Niedrige Vorlauftemperatur spart Energie
- Belegereif nach 24 Stunden
- Heizen und Kühlen in einem System
- Ideal für Allergiker, da keine Staubaufwirbelung und Schimmelprävention in feuchten Räumen

NORIT-Trockenestrich



- Einzigartiges Klick-System
- Kein Verschrauben notwendig
- Einfache und schnelle Verlegung
- Extrem hohe Passgenauigkeit
- Kürzere Verlegezeit gegenüber herkömmlichen Systemen
- Für Feuchträume geeignet

Mehr Infos unter:
www.Lindner-NORIT.com

Wood Related Advanced Education

Sustainable Structural Engineering
Master Program, 120 credits

Study at our department center for wood building technology. Challenging building projects, close research connection and excellent laboratory facilities. The program prepares students for work in industry, within a growing wood building branch or elsewhere in the building industry where skills in structural design and analysis are required, but it also prepares for research studies for PhD exams.

Contact person:
Prof. Ambrose Dodoo, ambrose.dodoo@lnu.se

Innovation through Business, Engineering and Design – specialization engineering
Master Program, 120 credits

This two-year master program is based on companies' needs for employees with the ability to initiate, lead, and promote the creation of innovations. The program is based on joint projects, often in collaboration with the industry and different organizations. Students work in multidisciplinary groups with academic background in Business, Engineering and Design.

Contact person:
Dr. Peter Lerman, peter.lerman@lnu.se

Expert competence for sustainable wood constructions

Do you want to learn more about sustainable wood construction? Linnaeus University offers further education courses, adapted to be carried out in parallel with a regular employment. The course participants meet at the university or remotely on a few occasions per course, and large parts of the studies are carried out through homework.
In 2023, courses on the topic of "Engineering Design of Cross Laminated Timber Structures" (spring 2023), "Fire Design of Timber Buildings" (autumn 2023), and "Wood Building – Architectural Engineering and Design" (autumn 2023) are offered. Read more about the courses at Lnu.se/ehtb.

Contact person:
Dr. Michael Schweigler, michael.schweigler@lnu.se

Linnæus University

helopal
Die Fensterbank

SYSTEM SLIDE

Die perfekte Lösung für den Holzbau.

Das System Slide von helopal ermöglicht den normgerechten Einbau von Fensterbänken und verhindert Wassereintritt in den Baukörper. Es bietet dem Planer / Architekten volle Gestaltungsfreiheit und dem Verarbeiter Sicherheit bei der Umsetzung.

Projekt: Doppelhaus Leonstein (Holzbau)

Eingebaute Produkte: fenorm Aluminium Außen-Fensterbänke und Mauerabdeckungen mit System SlideAlu und Innenfensterbänke helopal linea mit Schattennut.

VORTEILE System Slide

- ideale Entwässerung der Sonnenschutz-Führungs-schienen und der Fensterrahmennut/ Gehrungsnut in das Fensterbank-System
- Fensterbank kann auch nachträglich eingesetzt / demontiert werden
- geprüftes System (HFA Austria Prüfnummer 2050/2013/2)

LÜBBERT WARENHANDEL
www.holzleime.de

WEVO-SPEZIALHARZ EP 32 S/B 22 TS

Filigrane und unsichtbare Verbindungen in Holzbaustoffen

ZUGELASSEN FÜR TRAGENDE ZWECKE:

- EINKLEBEN VON STAHLSTÄBEN
- EINKLEBEN VON BLECHEN (HBV & HSK)

Weitere Anwendungen:

- SANIERUNG VON TRAGENDEN HOLZBAUTEILEN
- PRESSFREIE (BLOCK-)VERKLEBUNGEN

Kontakt:
Lübbert Warenhandel GmbH - Traberweg 2
22159 Hamburg - Telefon +49 (0)40 226 59 22 70
info@holzleime.de

INOPREQ

DEFEKTE IM HOLZ

ASTLÖCHER • RISSE • HARZGALLEN

AUSFLICKEN
AUSBESSERN
AUSGIESSEN

IHR PARTNER FÜR PROFESSIONELLES ARBEITEN MIT SCHNELL AUSHÄRTENDEN 2K-POLYURETHAN-SYSTEMEN

INOPREQ
InopreQ GmbH & Co. KG - Traberweg 2
22159 Hamburg - Telefon +49 (0)40 226 59 22 70
ml@inopreq.de

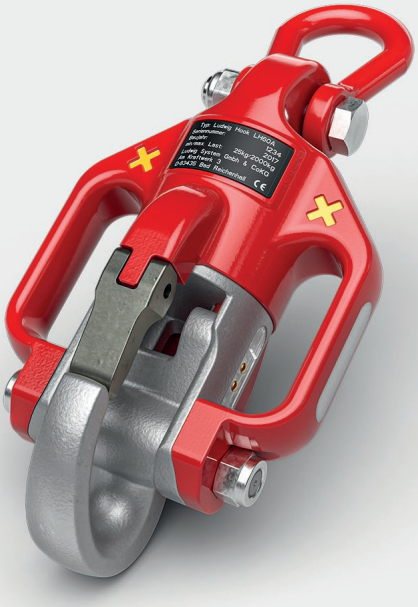
TEAMPLAY

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

Zukunft ist jetzt!

Für Ihre Projektideen und deren Umsetzung haben wir die Lösungen.

Nachhaltig, flexibel, standardisiert, kombinierbar, montagefertig.

Immer MASSIV – und das mit Leidenschaft. Weil für uns Partnerschaften zu einem Bauprojekt einfach dazu gehören!

Unsere Lösungen für Ihre Herausforderungen!

MM crosslam
Brettsperrholz (BSP)

MM masterline
Brettschichtholz (BSH)

XLAM CONCRETE
Holz-Beton-Verbundelement
by MMK

MM HBE
Holzmassivbauelement

Montagefertig!

WHERE IDEAS CAN GROW.

(c) cetus Baudevelopment, Kanizaj

MMK Hybrid Solutions

MMK
Holz und Beton verbinden.

WHERE IDEAS CAN GROW.

MM
MAYR MELNHOF HOLZ

ÖKOLOGISCH UND INDIVIDUELL

BAUEN MIT MASSIV-HOLZ-MAUER® UND PROFIL-HOLZ-ELEMENTEN

BESUCHEN SIE UNS AUF DER IHF 2022
STAND NR.:
OG2/213
IM 2. OG

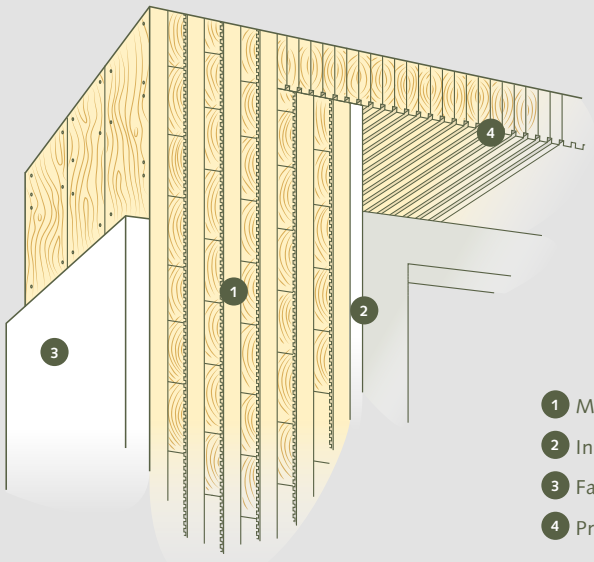
FLEXIBLES BAUEN

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

Zimmerer und Holzbauer aufgepasst!

mikado – das **Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau** – ist offizielles Verbandsorgan von **Holzbau Deutschland**. ***mikado*** überzeugt mit fundiert recherchierten Beiträgen, brillanten Fotos und aussagekräftigen Plänen.

Darüber hinaus erhalten Sie als Stammleser weitere **Pluspunkte**:

- ⊕ kostenlose Newsletter
- ⊕ vier exklusive Sonderhefte ***mikado***plus pro Jahr

Abonnieren Sie jetzt per E-Mail an **mikado-aboservice@zenit-presse.de** oder im Web unter **www.mikado-online.de/abo** und profitieren Sie von unseren effektiven Praxisinformationen.

XC®– DAS HOLZ-BETON-VERBUNDELEMENT DER MMK

Die wesentlichen Einsparungen im Bauwesen sind heute nur mehr über die Bauzeit und die Reduktion von Schnittstellen in Planung und Ausführung einzubringen. Montagefertige Bauteile für jedes Holz-Hybrid-Projekt werden in den Werken von Mayr-Melnhof Holz und MMK nach Kundenwünschen hergestellt. Durch präzise Vorfertigung wird Koordinationsaufwand auf der Baustelle minimiert, das bringt Kostenersparnisse durch kürzere Montagezeiten und den Bedarf an weniger Arbeitskräften vor Ort. Zudem fällt die Lärm- und Staubbelastung am Bau wesentlich geringer aus.
Für hybride Projekte in Zusammenhang mit XC® Holz-Beton-Verbundelement bietet die MMK neben standardisierten Hybridelementen Entscheidungsträgern, Planern und Bauherren auch ein Projektconsulting an.

WESENTLICHE PRODUKTVORTEILE VON XC®:

- Vordefinierte Standards für den Planer
- Große Spannweiten für einfaches Grundrisslayout
- Standardisierte Ausschreibungsunterlagen
- Natürliche Holzoptik bleibt durch geprüfte Schallschutzaufbauten erhalten
- Hervorragende bauphysikalische Eigenschaften

LEISTUNGSSPEKTRUM DER MMK HYBRID SOLUTIONS:

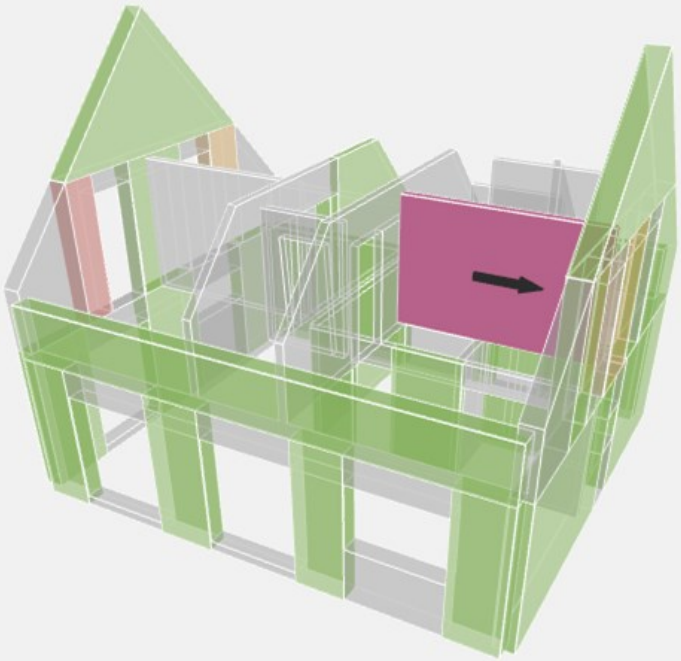
- Unterstützung bei der Entwurfsplanung (Variantenstudie)
- Beratung hinsichtlich Einsatz-Optimierung bei Materialauswahl (Bauphysik, Ökologie, Kosten)
- Kalkulation, begleitende Kostenoptimierung
- Unterstützung bei 3D-Planung, und Visualisierung
- Statische Vorbemessung einschließlich Brandschutz- und Schwingungsnachweis (Kosten und Machbarkeit)
- Unterstützung bei Einreich-, Ausführungs- und Detailplanung
- Optimierung der Bauzeit- und Bauablaufplanung
- Je nach Kundenwunsch Abstimmung mit den einzelnen Gewerken
- Unterstützung bei Gebäudezertifizierung (Lebenszyklus)

WHERE
IDEAS
CAN
GROW.

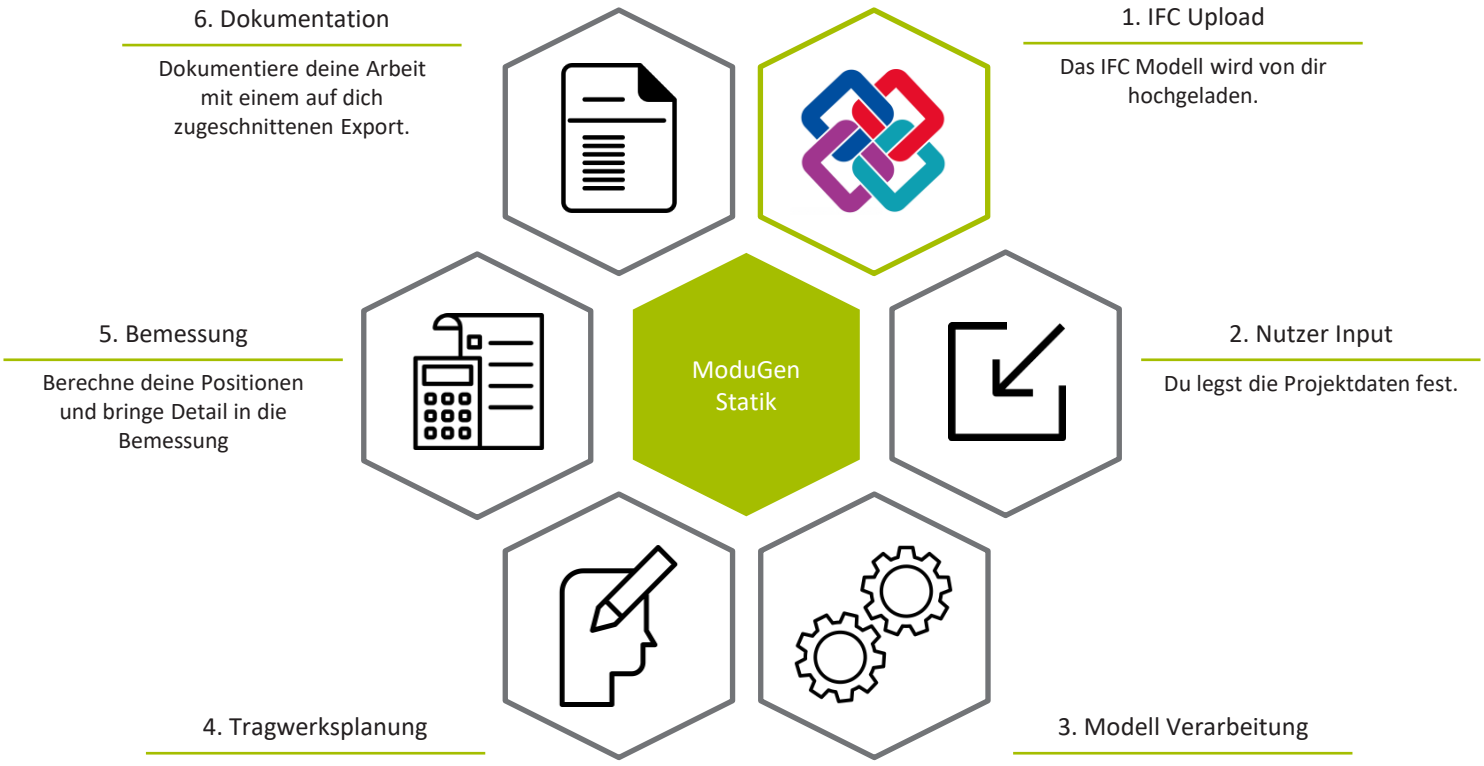
MAYR MELNHOF HOLZ
www.mm-holz.com

Holz und Beton verbinden.
MMK Hybrid Solutions
www.holzbetonverbund.eu

MODUGEN
design. click. build.



Holzbaustatik 2.0 - Eine Frage der Geschwindigkeit



1. IFC Upload

Das IFC Modell wird von dir hochgeladen.

2. Nutzer Input

Du legst die Projektdaten fest.

3. Modell Verarbeitung

Bringe das IFC Modell in Form und lass es für dich arbeiten.

4. Tragwerksplanung

Mache aus deiner Idee ein Tragwerk.

5. Bemessung

Berechne deine Positionen und bringe Detail in die Bemessung

6. Dokumentation

Dokumentiere deine Arbeit mit einem auf dich zugeschnittenen Export.

www.modugen.de

WÄHLEN SIE ÖKOLOGISCHE DIBT-ZUGELASSENE FLAMMSCHUTZMITTEL FÜR CLT-ELEMENTE

Nordtreat Flammschutzmittel bieten eine dauerhafte und kosteneffiziente Möglichkeit, das Brandverhalten von Holzprodukten auf die **Euroklasse B-s1, d0 (EN13501-1)** zu verbessern. Die biobasierten, ungiftigen und VOC-armen Produkte sind einfach und sicher in industriellen Behandlungsprozessen und bei bauseitiger Behandlung zu verwenden. Die Flammschutzmittel von Nordtreat sind zudem in ansprechenden, transparenten Farbtönen erhältlich.

NT DECO ist eine Ein-Topf-Lösung für Holz im Außen- und Innenbereich. NT DECO ist perfekt geeignet für:

- Holzverkleidungen und Paneele
- Brettsperrholz (CLT)
- Brettschichtholz
- Blockbohlenwände

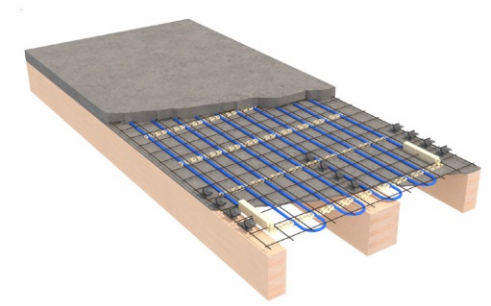
NT DECO hat eine Bauzulassung des DIBt, was bedeutet, dass mit NT DECO behandelte Massivholzverkleidungen und CLT-Elemente als schwerentflammbare Baustoffe gelten. Die Zulassungsnummer lautet Z-56.313-101.

NORFLAM ist ein flammhemmendes System, das aus einer Grundierung und einer Deckbeschichtung zur Anwendung auf Holzwerkstoffen im Innenbereich besteht. NORFLAM ist perfekt geeignet für:

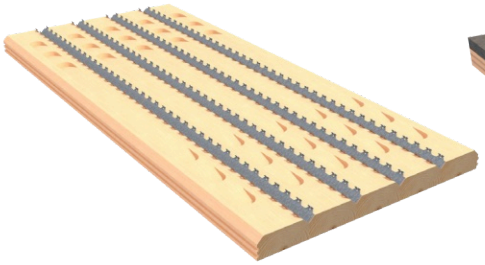
- Sperrholz- und Holzwerkstoffplatten nach EN 13986
- Wand- und Deckenpaneele aus allen Holzarten im Innenbereich

Weitere Informationen finden Sie auf nordtreat.com

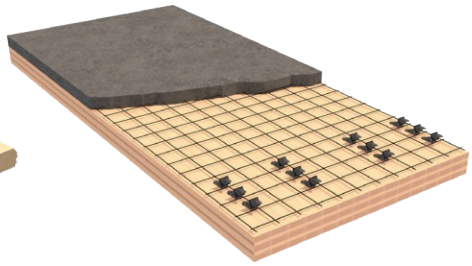
OBERNDORFER
HYBRID SYSTEMS



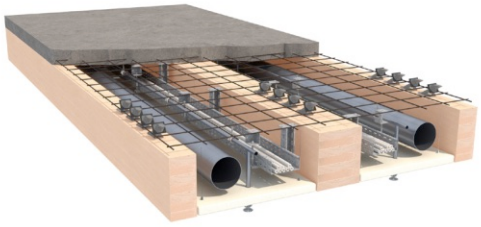
HYBRID-BALKENDECKE „COOL“



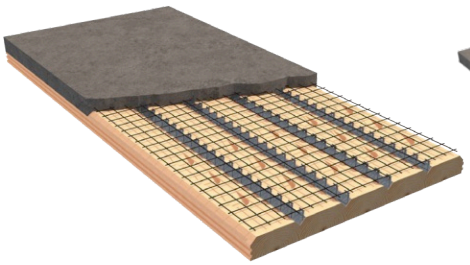
HYBRID-DIPPELBAUMDECKE „PURE“



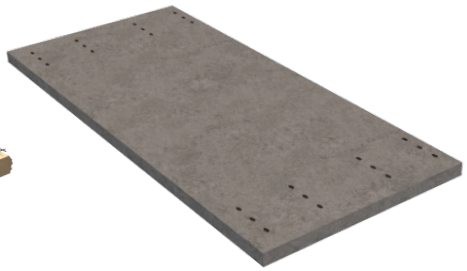
HYBRID-FLACHDECKE



HYBRID-BALKENDECKE „SMART“



HYBRID-DIPPELBAUMDECKE



HYBRID-BETONLAYER

DAS OBERNDORFER HYBRIDSYSTEM

NACHHALTIGE INNOVATIONEN FÜR DIE ZUKUNFT - HOLZ UND BETON IN KOMBINATION

Als größtes Betonfertigteilunternehmen Österreichs blicken wir bei OBERNDORFER auf mehr als 100 Jahre Erfahrung in Planung, Entwicklung und Produktion von Betonfertigteilen zurück. Diese Kompetenzen sind bis heute unser Antrieb bei allen Vorhaben. Ganz im Sinne unserer Unternehmenstradition sind wir immer bestrebt neue Schritte zu gehen, Know-how auszubauen und dieses in zukünftige Projekte einzubringen. Somit können wir Gesamtlösungen für Bauprojekte aller Größen und Komplexitäten anbieten. Dabei entdecken wir stets neue Möglichkeiten für die Zukunft. Das OBERNDORFER Hybridsystem steht ganz im Zeichen unserer Vision „Durch Innovation und Digitalität machen wir das Bauen noch einfacher und sicherer“. Bei den OBERNDORFER Hybrid-Systemen werden die besten Materialeigenschaften und Verbindungslösungen der Baustoffe Holz und Beton optimal miteinander kombiniert.
Die in der unteren Deckenebene angeordneten Holzkonstruktionen sind nicht nur nachhaltig und gleichzeitig optische Hingucker, sondern leisten auch einiges! Sie unterstützen den Beton durch die Aufnahme der Zugkräfte und tragen so wesentlich zur Stabilität der Decken bei. Ein besseres Raumklima und das Wohlbefinden des Nutzers sind angenehme Zusatzeffekte.

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.

Holen Sie sich den aktuellen Katalog

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

peikko®

SLIM-FLOOR HBV-DECKEN MIT DELTABEAM®

Integrierter Brandschutz

—

Flexible Spannweiten

—

Schlanke Decken

Großzügige Architektur im mehrgeschossigen Holzbau

www.peikko.at/hybrid

PFEIFER
PASSION FOR TIMBER

PRODUKTE FÜR DEN HOLZBAU

Schnittholz

Brettschichtholz

Ein- und dreischichtige Massivholzplatten

CLT Brettsperrholz

We connect people, nature and technology. For better wood solutions.

pfeifergroup.com

Pfleiderer Holzwerkstoffe im Holzbau.
Holz ist in der Bauwirtschaft gefragt wie nie zuvor. Kein Wunder, denn Holzwerkstoffe können Anforderungen an Nachhaltigkeit und Bauphysik auf einzigartige Weise in Einklang bringen. Wenn es um wohngesundes, ressourcenschonendes und klimafreundliches Bauen geht, setzt Pfleiderer neue Maßstäbe – damit sich zukunftsorientierte Konzepte im Wohn- und Objektbau zuverlässig umsetzen lassen.

Weitere Informationen erhalten Sie unter **pfleiderer.com/holzbau**
oder direkt vom zuständigen Objektberater Robert Deuringer.
Mail: robert.deuringer@pfleiderer.com
Telefon: +49 173 6993-739

MADE IN GERMANY

MAKE YOUR VISIONS WORK.

DUROPAL | thermopal

PFLEIDERER

BAUANSCHLÜSSE SICHER, NACHHALTIG UND AUS EINER HAND

PFLÜGER |t|o|b|
Thermisch optimiertes Bauzubehör

Die Pflüger TOB GmbH entwickelt und produziert nachhaltige Systeme zur thermischen Trennung. Konstruktion, Abdichtung und Dämmung auf Basis recycelter Kunststoffe mit hohen Wärmedämmeigenschaften, guten Festigkeitswerten und hervorragender Wasserbeständigkeit.

Die Aufgaben der Energiewende nehmen wir an und entwickeln Lösungen zur weltweiten Energieeinsparung. Damit sind wir der richtige Partner beim zeitgemäßen, nachhaltigen Planen, Entwickeln und Umsetzen von Lösungen u.a. im Wohn- sowie Fassadenbau. Mit unserem thermisch optimierten Bauzubehör montieren Sie Ihre Bauelemente zeitgemäß und zukunftssicher an bzw. in allen Gebäudetypen. Sowohl unsere Materialien als auch die Produktionsverfahren erfüllen hohe ökologische Standards.

MONTAGE SYSTEM FDKtherm *professional+*

Vorgefertigte Elemente zum sicheren und zeitsparenden Fenstereinbau

Elemente die das Montagesystem beinhalten kann:

- > Dämm- und Dichtkeil
- > Laibungsplatte
- > Beschattung
- > Absturzsicherung
- > Fensterbank
- > vielseitiges Zubehör

Der direkte Weg zu unserem Online-Auftritt!

www.pflueger-tob.de

Pflüger TOB GmbH
Thermisch optimiertes Bauzubehör
Landturmstraße 21/23
74532 Ilshofen-Obersteinach

Ansprechpartner: Ulli Pflüger / GL
Tel +49 (0)7906 9109-30
ulli.pflueger@pflueger-tob.de

PREBENA®

BEST QUALITY

MADE IN GERMANY

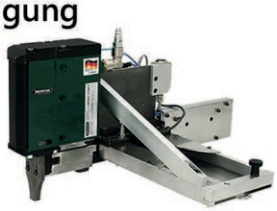
www.prebena.de

PKT HYBRID

Druckluft-Akku-Nagler
bis 100 mm

CAS CORDLESS ALLIANCE SYSTEM

MODULE und SLIDER
für die automatisierte
Fertigung



Druckluftnagler und
Kompressoren
für jede
Anwendung

Zertifizierte
Befestigungsmittel aus
eigener Fertigung

PRIX
ROLLLADENKÄSTEN

ÖKO LINE

Die nachhaltige Alternative

Rollladen- und Raffstore-kästen speziell für den Holzhausbau entwickelt

- Ökologisch hochwertige Ausführung aus nachwachsenden Rohstoffen
- Stabiles, selbsttragendes Kastensystem
- Hohe Flexibilität des Kastensystems zur einfachen Anpassung an unterschiedliche Wandaufbauten
- Dauerhafter Schutz der Dämmung durch einzigartige Sandwichbauweise
- Hervorragende Schall- und Wärmedämmung
- Statikelemente verfügbar
- Erhältlich als Einbau-, Aufsatz- oder Vorbaukasten

natureplus®
No. 2001-171-0101

PRIX Systeme GmbH
Tel. 0 82 45 9 98 90-00
www.prix.de

smartex®
MONITORINGSYSTEME

Feuchteschäden intelligent verhindern...

für Flachdächer, Gründächer, Solardächer,
Balkone, Parkdecks, Tiefgaragen,
Nassräume, Küchen, Doppelböden,
Holzkonstruktionen,
Leitungstrassen...

LECKAGEN UND NÄSSE IN ECHTZEIT DETEKTIEREN

smartex® Monitoringsysteme überwachen Ihr Gebäude in Echtzeit auf Leckagen und Nässe, auch dort, wo Sie nicht hinschauen können. Rund um die Uhr, Tag für Tag.
So werden Schäden frühzeitg erkannt, bevor Langzeitschäden entstehen können.

SCHÄDEN AUTOMATISCH LOKALISIEREN

Kommt es zu einem Schaden, erhalten Sie mit smartex® nicht nur einen Alarm, sondern auch eine Information, wo der Schaden aufgetreten ist. So bleiben viele Schäden eine kleine Bagetelle, denn Sie müssen nicht lange suchen, um sie zu finden.

REPARATUREN GEZIELT AUSFÜHREN

Gerade bei Feuchteschäden gilt: Je früher man repariert, desto geringer sind die Folgeschäden. Mit smartex® können Sie schnell reparieren, das spart Ärger und Kosten. Und was nicht kaputt geht, muss nicht repariert werden. Das ist auch noch nachhaltig.

PROGEO MONITORING SYSTEME UND SERVICES GMBH & CO. KG

HAUPTSTRASSE 2
DE-14979 GROSSBEEREN
PHONE: +49-33701-22-0

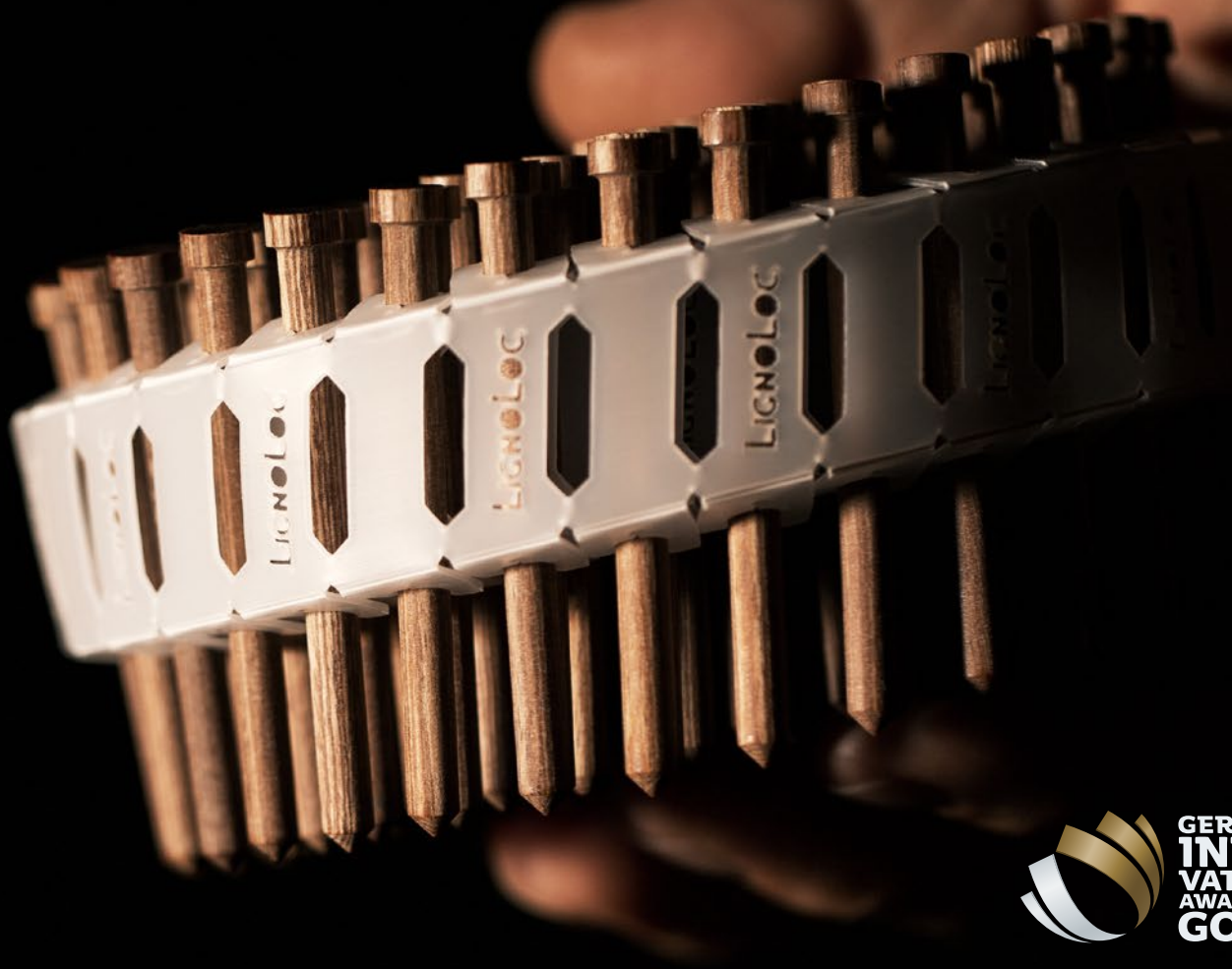
PROGEO.COM

LIGNOLOC®
A BECK brand

LIGNOLOC® - DIE ZUKUNFT IN IHREN HÄNDEN

LIGNOLOC®, das erste magazinierte Nagelsystem aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz, bringt Effizienz und Nachhaltigkeit perfekt zusammen. Ideal für alle Holzbauunternehmen, die ihre Projekte leim- und metallfrei umsetzen wollen. Ein nachhaltiges Befestigungskonzept, das eine ganz neue Art des Bauens ermöglicht, ökologisch bis ins kleinste Detail.

Erfahren Sie jetzt mehr über das **LIGNOLOC®** Holznagelsystem unter **https://www.beck-fastening.com/de/innovation/lignoloc**



GERMAN INNOVATION AWARD '22 GOLD

Ansprechpartner:
Thomas Hochtritt, B.Sc. (FH)
+43 7724 2111 0
hochtritt@beck-fastening.com

BECK Beyond Fastening

RAIMUND BECK KG
T +43 7724 2111 0
www.beck-fastening.com

LIGNOLOC® ist eine eingetragene Marke der RAIMUND BECK GMBH

Wirtschaften und dabei Rücksicht nehmen auf die Umwelt? – Für die RAMPA GmbH & Co. KG eine gelebte Tradition. Der Hersteller für Verbindungstechnik aus Schleswig-Holstein nutzt seine Erfahrungen und realisiert als branchenweiter Vorreiter schrittweise das Ziel der Klimaneutralität.

Große Investitionen für große Nachhaltigkeitsziele

RAMPA begeistert sich für die Vielfalt der Möglichkeiten und legt viel Wert auf eine möglichst umweltschonende Auslegung der Unternehmensprozesse.

So kann der Familienbetrieb beispielsweise bereits heute eine 99,9-prozentige Rohstoffrückgewinnung, eine klimaneutrale Paketanlieferung zum Kunden, weitestgehend papierloses Arbeiten und einen grünen Energieverbrauch aus Erneuerbaren-Energie-Anlagen aufweisen. Außerdem bietet RAMPA Herstellungsmöglichkeiten für Gewindeeinsätze mit bleifreiem Material an.

Auch für die Zukunft hat sich der Verbindungsmittelhersteller große Nachhaltigkeitsziele gesetzt, die vor allem durch die Maßnahmen im Zuge des anstehenden Neubaus und die eigene CO2-Bilanzierung vorangetrieben werden sollen. Der geplante Neubau wird als eines der ersten Gewerbeimmobilien in Norddeutschland die Anforderungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude in Nichtwohnungsgebäudebereichen erfüllen. . Darüber hinaus begibt sich RAMPA im Zuge des Neubauprojektes als eines der ersten Unternehmen in der Verbindungstechnik in Europa auf den Weg einer CO2-optimierten Herstellung seiner Produkte.

RAMPA®

Good idea. Let's make it!

Ihr Hersteller für Verbindungsmittel auf der IHF in Innsbruck!

RAMPA Muffen Typ SKL330
mit patentierter 3-gängiger Gewindekontur für senkrechtes Einschrauben und mit ETA-Titel. Wir haben eine erweiterte ETA-Zertifizierung für unsere „Kraftpakete"!

Geprüftes 1-Klick RAMPA-Hebemittel
Die Allrounderlösung für das Heben von Wänden und Decken: Neue Variante, neue Möglichkeiten

Der moderne RAMPA-Neubau - Die Fertigstellung ist fast geschafft!

RAMPA GmbH & Co. KG
Auf der Heide 8 | 21514 Büchen | Tel. +49 (0) 4155 8141-601 | Fax +49 (0) 4155 8141-80 | wood@rampa.com | **www.rampa.com**

RANDEK™

MASCHINEN & ANLAGEN FÜR DEN HOLZ-RAHMENBAU

Randek ist Innovationstreiber und Technologieführer bei Maschinen und -Anlagen für Holzbauer und Fertighausindustrie.

Unsere Lösungen reichen von wenig automatisierten Systemen bis hin zu vollautomatischen ZeroLabor Roboterzellen.

Dabei können wir vom Lege- und Abbundtisch über kompakte Anlagen bis hin zu großen Produktions-strassen für jede Unternehmensgröße eine passende Lösung anbieten.

Unsere langjährige, internationale Erfahrung bei verschiedensten Projekten kommt Ihnen bei Beratung und Umsetzung zugute.

Wir freuen uns darauf von Ihnen zu hören.

Kontaktieren Sie uns unter **sales@randek.com**

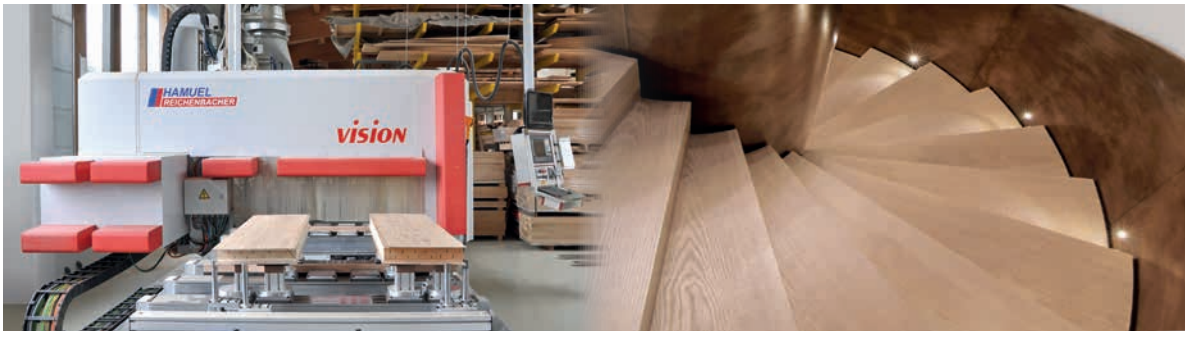
RANDEK
sales@randek.com +46 (0)346-55 700
www.randek.com

RANDEK PRODUKTE UND DIENSTLEISTUNGEN:

- Montage- & Wendetische
- Multifunktionsbrücken
- 5-Achs Kappsägen mit Belade- und Abstapelfunktion
- Voll- und halbautomatische Anlagen für Nagelplattenbinder
- Wand-, Dach- und Deckenlinien
- Vorstudie
- Beratung DFM
- Finanzdienstleistungen
- Weltweiter Kundendienst

Perspektiven neu erleben

Spitzentechnik für die Holzbearbeitung



CNC-Technologie in Bestform

HAMUEL REICHENBACHER
Unternehmen der **SCHERDEL***Gruppe*

Reichenbacher Hamuel GmbH
Rosenauer Straße 32 · D-96487 Dörfles-Esbach
Tel.: +49 9561 599-0 · Fax: +49 9561 599-199
info@reichenbacher.de · www.reichenbacher.de

Perspektiven neu erleben

Spitzentechnik für die Holz-bearbeitung

CNC-Technologie in Bestform

HAMUEL REICHENBACHER
Unternehmen der **SCHERDEL***Gruppe*

Reichenbacher Hamuel GmbH
Rosenauer Straße 32 · D-96487 Dörfles-Esbach
Tel.: +49 9561 599-0 · Fax: +49 9561 599-199
info@reichenbacher.de · www.reichenbacher.de

The Surface Experts

Performance. Service. Technology.

Das Komplettsortiment auf die Holzindustrie abgestimmt

- Langlebige Holzbeschichtungen von der Imprägnierung bis zur Endbeschichtung.
- Vom Termitenschutz über EN 71/3, Öle und Wachse bis zur veganen Beschichtung.
- Leimholzbeschichtung für jeden Einsatzzweck auf BSH und BSP
- Speziell abgestimmte Systeme für Schalungsplatten, Schalungsträger, Gerüstdielen, Brandschutz usw.

Überzeugen Sie sich selbst und besuchen Sie uns vom 30. November – 2. Dezember 2022 auf dem 26. Internationalen Holzbau-Forum (IHF) im Erdgeschoss auf dem Stand Nr. EG 018.

remmers

Remmers GmbH ■ Bernhard-Remmers-Straße 13 ■ 49624 Löningen ■ Tel.: +49 (0) 54 32 / 83 - 0 **remmers.com**

CARLISLE® – einfach sicher abgedichtet!

RESITRIX®

DAS EPDM-MULTITALENT FÜR JEDES DACH

- Nur eine Lage – nachhaltig dicht!
- Verlegung ohne offene Flamme
- Dauerhaft elastisch und flexibel
- Nutzungsdauer von über 50 Jahren (SKZ-Studie)

LIQUISEAL 1C SF

IHR PROFI FÜRS DETAIL

- Lösemittelfrei und geruchsarm
- 1-komponentig – sofort gebrauchsfertig
- Geeignet für mattfeuchte Untergründe
- Der perfekte Anschluss für RESITRIX® und HERTALAN®

Generalimporteur für die Schweiz

RESISWISS®

CARLISLE CM EUROPE

Generalimporteur für Österreich

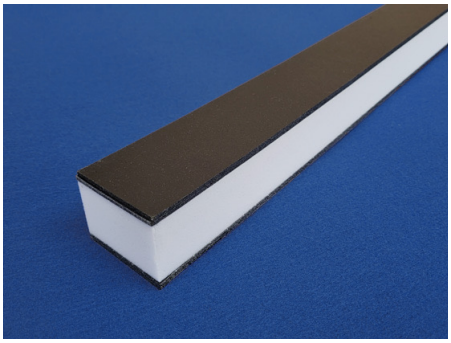
DAPEK
Vorsprung am Dach

QUALITÄT MADE IN GERMANY

GEPRÜFTE BRANDSCHUTZFUGEN IM HOLZ- & HYBRIDBAU

Jede Sekunde zählt. Unsere Brandschutzprodukte verhindern zuverlässig die Ausbreitung von Feuer im gesamten Gebäude. Aufschäumende Materialien dämmen die Rauchentwicklung ein. Viele Industriekunden aus verschiedenen Branchen verlassen sich auf uns und unsere Kompetenz.

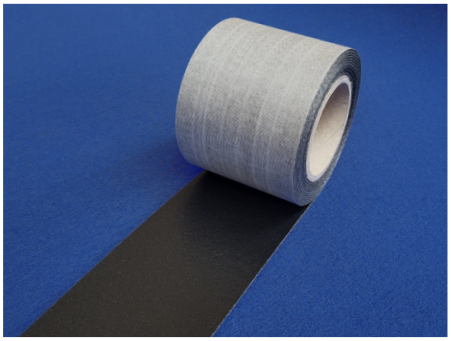
Erfahren Sie mehr in der **Dogana – Stand D54**



REXPANDIT

EI 90 Dehn- & Scherfuge

- Fugen-Schalldämmaß geprüft
- Fugenbreite: 20 – 40 mm
- Scherung: 25 mm



FLATON-FLEX A

EI 90 Fuge

- Fugenbreite: bis 10 mm

Gerexte Fugen

Brandschutz auf höchstem Niveau

Unser Know-how ist feuerfest. Setzen auch Sie auf den Rat unserer Expertinnen und Experten für Brandschutzprodukte und damit auf höchste Sicherheit von Mensch und Material.

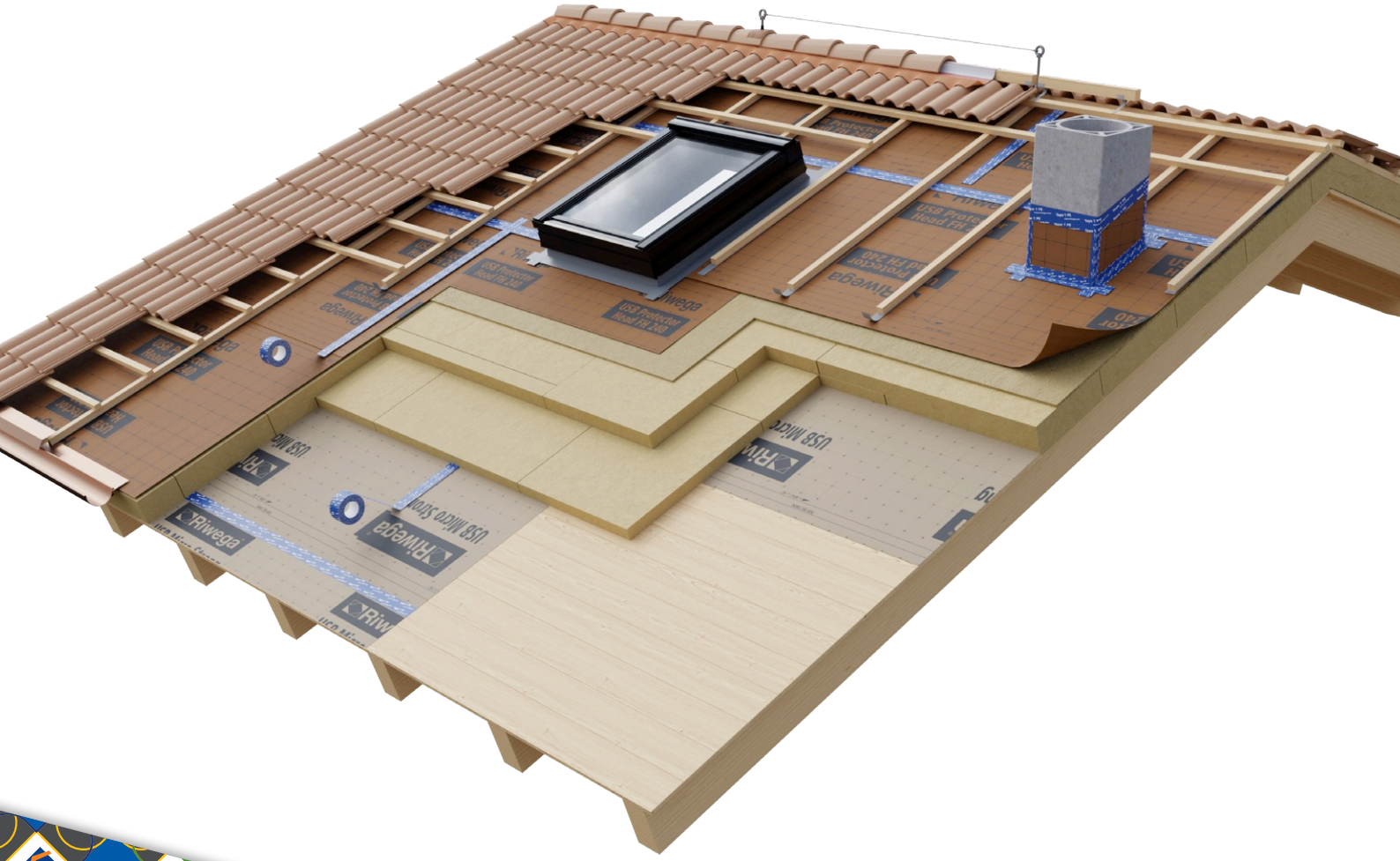
Rex Industrie-Produkte Graf von Rex GmbH
Großaltdorfer Str. 59
D-74541 Vellberg

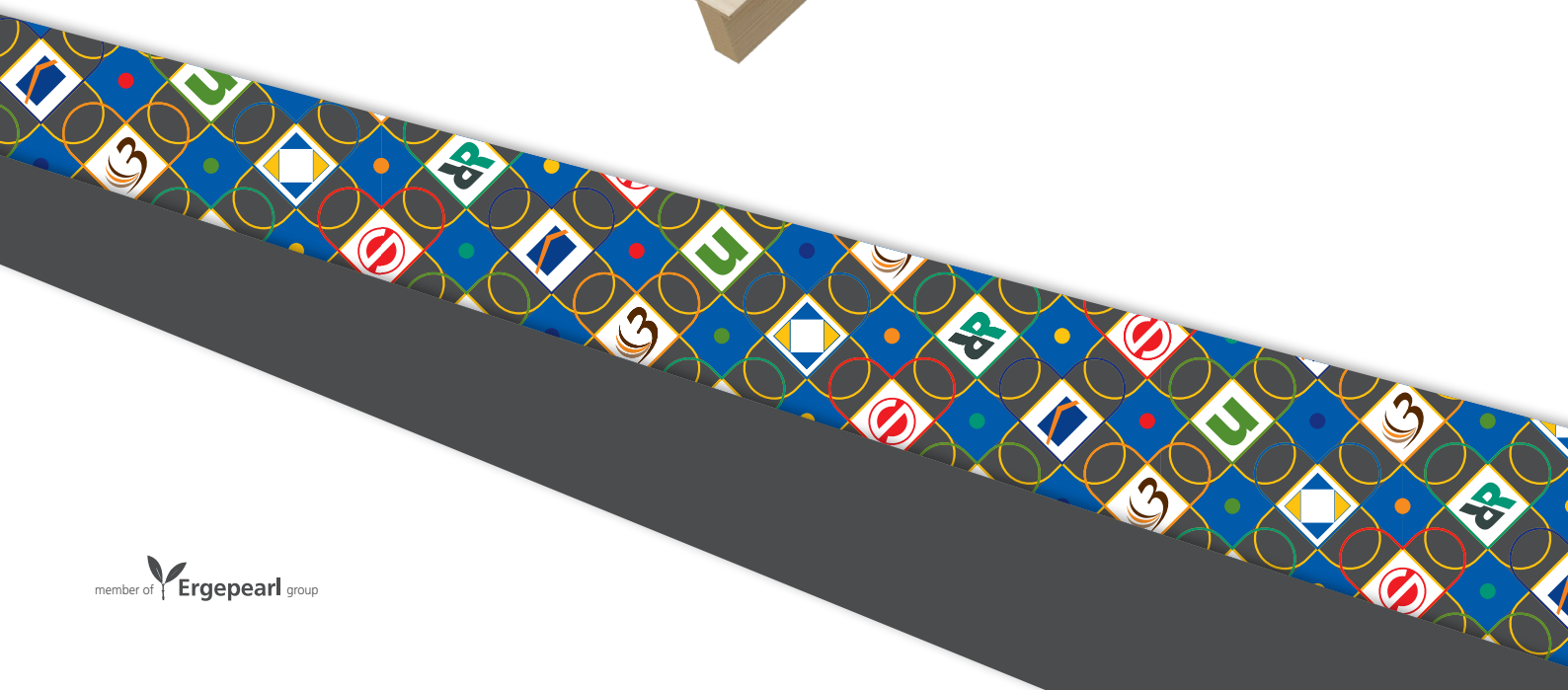
Tel.: +49 7907 9620 0
Fax: +49 7907 9620 80
info@rex-industrie-produkte.de

www.rex-industrie-produkte.de

Riwega®

Das Beste für **Dach und Wand**!

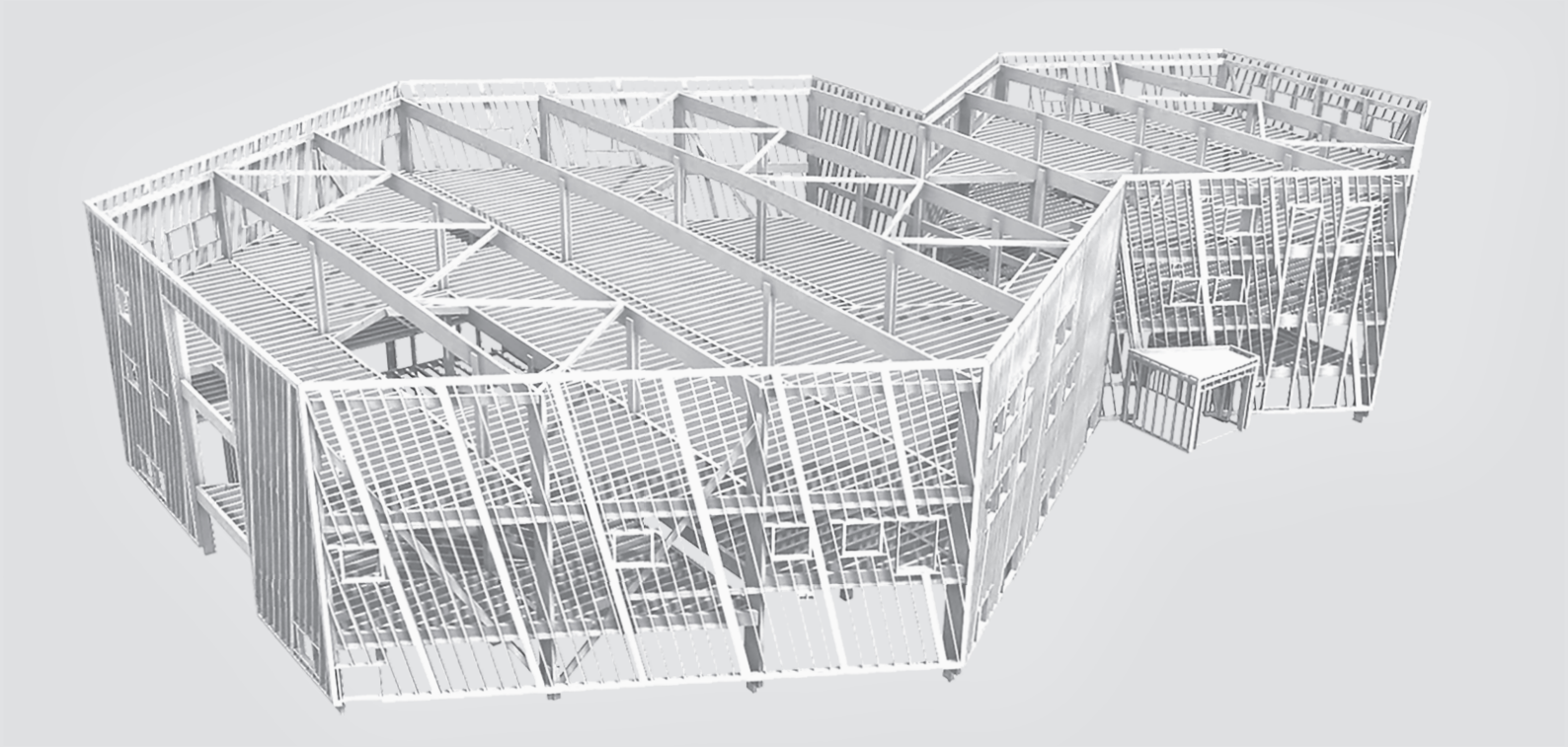




member of Ergepearl group

Unser Herz schlägt für Bauen mit Holz

HÖRMANN



Unsere Stärke - Holz-Hybridbauweise

Wir sind seit über 60 Jahren davon überzeugt, dass Holz der ideale Bau- und Werkstoff ist. Deshalb setzen wir seit jeher auf Holz für die Konstruktion unserer Industrie- und Gewerbebauten. Mit der Holz-Hybridbauweise kombinieren wir die Stärken von Holz mit Stahl- und Betonbauteilen zu einer leistungsstarken und wirtschaftlichen Bauweise.
Architekten stehen wir mit unserer Erfahrung aus jährlich rund 600 realisierten Gebäude beratend zur Seite.

Brandschutztechnisch durchdacht Bauen

Wir kennen uns aus und bauen für Sie brandschutztechnisch sicher mit einer kostenoptimierte F30-Bauweise.
Dies erreichen wir, indem wir Holz bzw. speziell in unserer eigenen Anlage beschichteten Stahl verwenden.

- ☑ Visualisierung von Objekten als 3D-Animation
- ☑ Vorteile im Brandschutz durch F30-Bauweise
- ☑ Komplettlösung: Planen, Fertigen und Ausführen
- ☑ Breites Know-how für Holz, Stahl und Beton
- ☑ Auf das Gebäude abgestimmte PV-Anlage
- ☑ Flächendeckend für Sie in der D-A-CH-Region präsent
- ☑ Qualität durch eigene produktion und Vorfertigung

Rudolf Hörmann GmbH & Co. KG | D-86807 Buchloe | Telefon +49 8241 9682 - 0 | www.hoermann-info.de

sblumer

www.sblumer.com

Ihr Bauingenieur für den Holzbau

Sie suchen eine Stelle?

Besuchen Sie uns am Stand CF 237

Studenten als Bauherren…

…bauen nachhaltig und realisieren ihre Wohnanlage
„Collegium Academicum" in Heidelberg für 176 Studenten-Wohneinheiten
mit dem X-fix HOLZ-HOLZ Verbindungssystem.

Die Holzwerkstoffe nach ihren besten Eigenschaften einsetzen,
ist „das Credo" der Holzbau-Ingenieure von PIRMIN JUNG.

- STÜTZEN aus BAU-BUCHE/BB
- BALKEN aus BRETT-SCHICHTHOLZ/BSH
- WANDSCHEIBEN aus BRETT-SPERRHOLZ/BSP
- VERBINDUNGEN mit X-Fix

X-fix C

X-fix L

www.x-fix.at

Foto: © Idaho Central Credit Union Arena - SCB

RAPID® Vollgewinde

Beste technische Werte - extrem zuverlässig

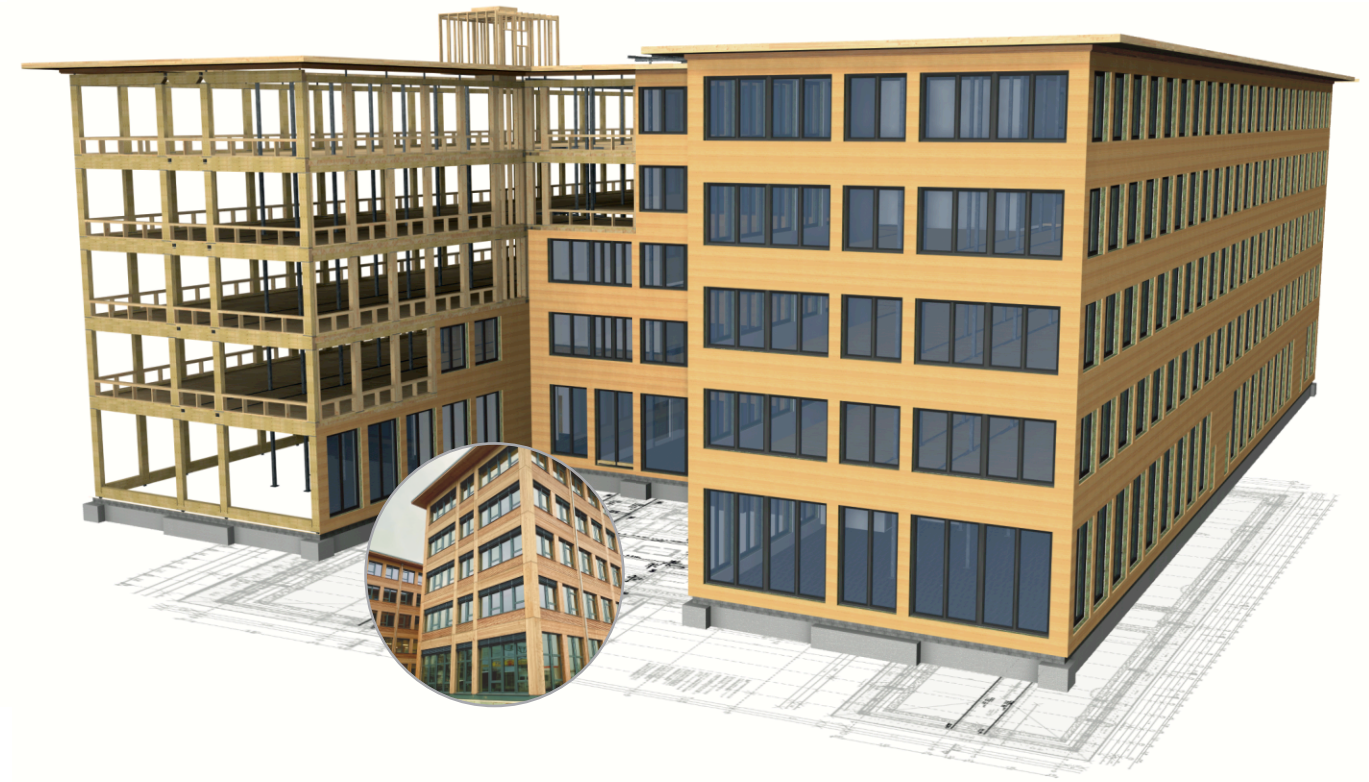
Was wir verbinden hält.
www.schrauben.at

schmid schrauben hainfeld

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



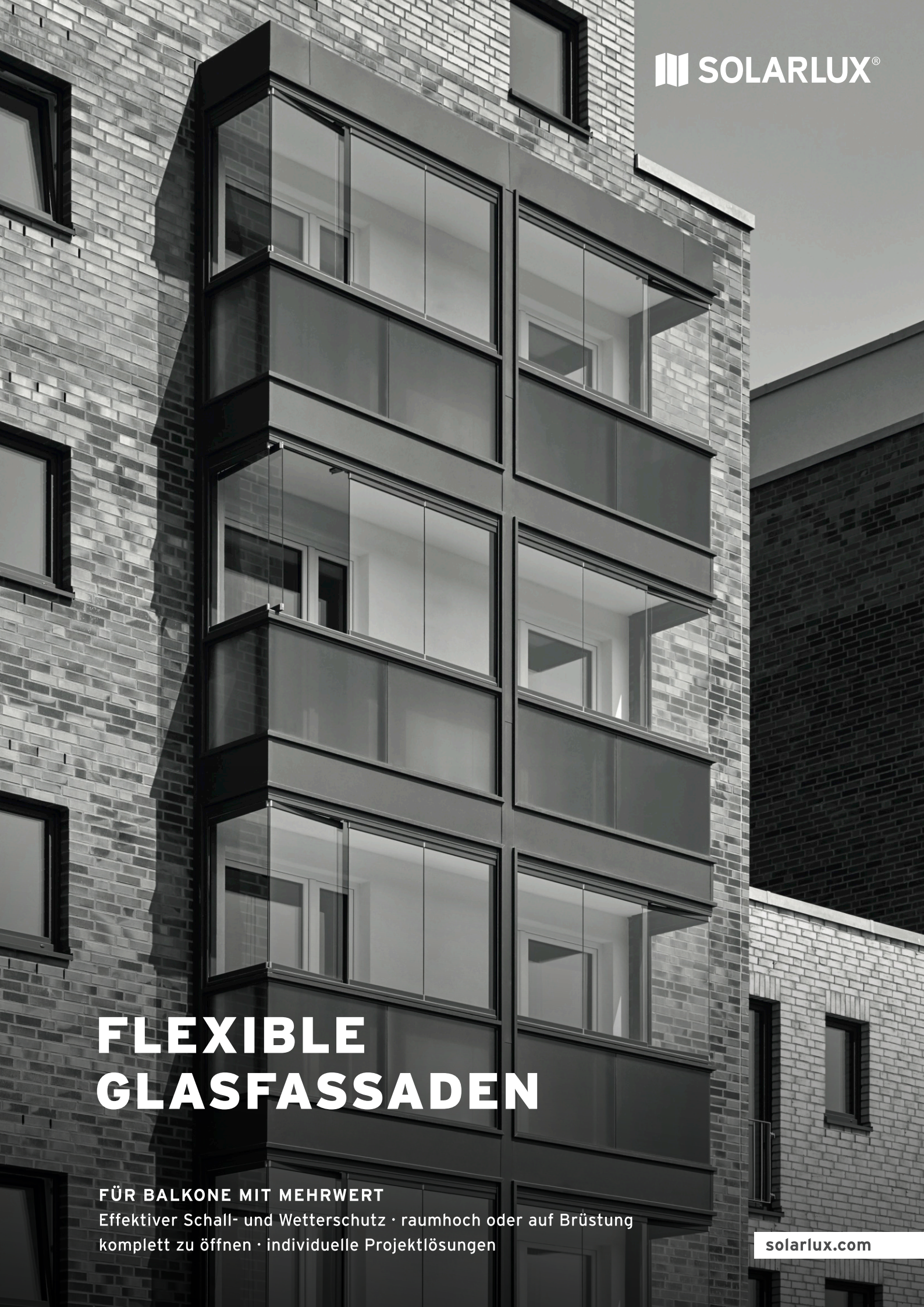
3D CAD/CAM

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


SOLARLUX®
FLEXIBLE
GLASFASSADEN
FÜR BALKONE MIT MEHRWERT
Effektiver Schall- und Wetterschutz · raumhoch oder auf Brüstung
komplett zu öffnen · individuelle Projektlösungen
solarlux.com

pavatex by SOPREMA

Holzfaser-Dämmsysteme

Nachhaltig bauen

Zeitgemäße Gebäudehüllen

Holzfaserdämmung für besseren Klimaschutz

Bauen und Dämmen mit Holz – eine einfache und doch sehr wirksame Klimaschutzmaßnahme. Es gibt viele Möglichkeiten, ein Gebäude zu dämmen. Vergleicht man die Ökobilanzen, so hat die Holzfaserdämmung entscheidende Vorteile.
Die ökologischen Dämmstoffe werden **aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz gewonnen und ressourcenschonend hergestellt.** Aufgrund ihrer natürlichen Eigenschaften tragen sie gleich zweifach zur CO_2-Reduktion bei: Zum einen ist Holz ein natürlicher CO_2-Speicher, zum anderen wird durch die Gebäudedämmung CO_2 eingespart.

Einfach und sicher zur passenden Systemlösung

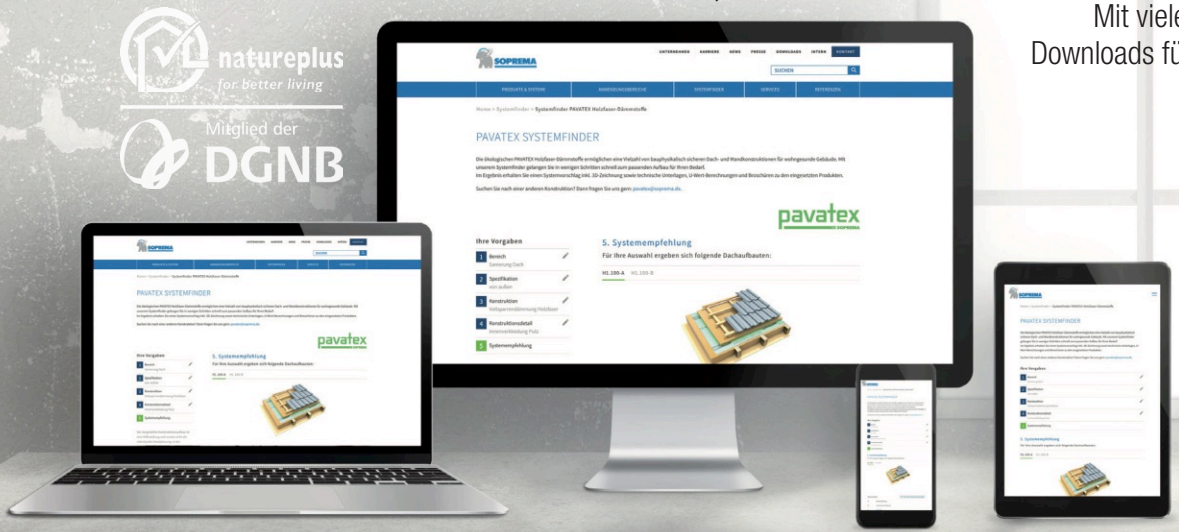
Nutzen Sie den **PAVATEX Online-Systemfinder** und ermitteln Sie damit in kürzester Zeit den passenden Aufbau mit natureplus®-zertifizierter Holzfaserdämmung, für Ihr Bauprojekt.

Mit wenigen Klicks zum richtigen Dämmsystem.

Mit vielen praktischen Downloads für die Planung.

natureplus for better living

Mitglied der DGNB



@SOPREMA Deutschland

Weitere Informationen finden Sie auf www. pavatex.de

SOPREMA

SPERL
WERKZEUGTECHNIK

OFFIZIELLER
PARTNER VON AKE

Ihr starker **Werkzeugpartner** für den **Holzbau**

Individuelle & standardisierte
Werkzeuglösungen

www.sperl-werkzeugtechnik.at

Wie werden Ihre Fertighäuser noch schneller fertig?

Wir von Sto Industrie haben uns darauf spezialisiert, auf Ihre Fragen im Holzfertigbau genau die richtigen Antworten zu finden. Als Ihr Lösungspartner für die effiziente Vorfertigung unterstützen wir Sie dabei, Ihre Fertigungsprozesse schneller und einfacher zu gestalten – mit den passenden Produkten, Technologien und Services. Erfahren Sie mehr auf **www.stoindustrie.de** und folgen Sie uns auf **LinkedIn.**

Aus Liebe zum Bauen. **Bewusst bauen.**

Fragen Sie Sto Industrie

Jürgen Gümpelein,
einer von mehr als 20 Experten für den effizienten Holzfertigbau

+49 (0) 77 44 - 57 1300

Vertrieb Österreich

Markus Huber,
Sachverständiger Holzbau mit 30 Jahren Berufserfahrung

+43 (0) 664 - 31 48 401

sto

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!

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

Holz statt Beton.
Ganz einfach.

TS3 kann alles, was
Beton auch kann –
ohne Einschränkungen.

www.ts3.biz

TS3
Timber Structures 3.0

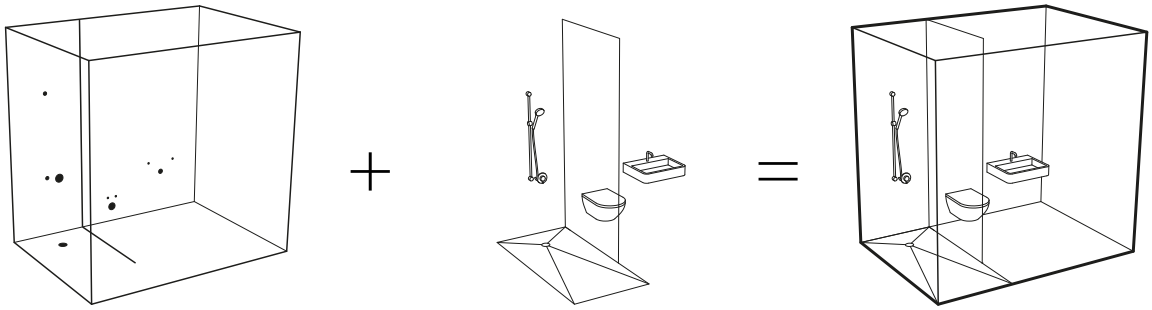
NATURPOOLS AUS HOLZ

TIMBERRA® Naturpools sind Kraftplätze und Lifestyle im Garten. Über Generationen. Sie sind Gesamtkunstwerke aus Ideen, Träumen und Möglichkeiten, die sich wie ein Mosaik in die Natur eines Gartens einfügen.

www.timberra-naturpool.com

Tjiko

DAS BAD ALS FERTIG ANWENDBARES PRODUKT



MODELL + KONFIGURATION = IHR TJIKO BAD

UNSER PRODUKTVERSPRECHEN

- INTEGRIERTE PLANUNG
- MODERNES PRODUKTDESIGN
- MAXIMALE EFFIZIENZ
- PLUG & PLAY MONTAGE
- ZUFRIEDENE BEWOHNER

TJIKO GMBH | EDUARD-RÜBER-STRASSE 7 | 83022 ROSENHEIM | +49 8031 2715373
KONTAKT@TJIKO.DE | WWW.TJIKO.DE

IHR AUFSTIEG –
UNSERE LEIDENSCHAFT

TREPPENBAU.CH

Neckertalstrasse 27 | CH-9608 Ganterschwil
Tel. +41 71 932 50 60 | **www.treppenbau.ch**

ENGINEERED WOOD
INTEGRIERTE,
EFFIZIENTE SYSTEME
WEINIG SYSTEM
SOLUTIONS
Ressourcenschonung – Flexibilität – Beste Qualität – Zukunftsorientierte Lösungen – Maximale Ausbeute – WOOD SAVE – Optimierte Zuschnitt-technologie – Übergeordnete Anlagen-steuerung – Predictive Maintenance
Alles aus einer Hand. WEINIG bietet mehr.
www.weinig.com
WEINIG
HOLZ-HER

HC WEINMANN

Von A wie Anreissen ...
... bis Z wie Zukunft.

Modernste Technologien für die Vorfertigung ermöglichen eine effiziente Produktion in höchster Qualität. Sowohl für den Abbund als auch den Elementebau bieten wir Ihnen die passende Anlagentechnik und entwickeln gemeinsam mit Ihnen das für Sie passende Produktionskonzept. Dabei verstehen wir uns nicht als reiner Maschinenlieferant: Wir unterstützen Sie von den Anlagen samt passender Softwarelösungen über Services und Schulungen bis hin zum individuellen Consulting in Unternehmensfragen.
Von A bis Z.

So sind Sie flexibel aufgestellt – heute und morgen.

www.homag.com/weinmann

YOUR SOLUTION

leading timber engineering

The World of Volvo, Göteborg

Photo: © Christian Badenfelt

SPREAD YOUR IDEAS

WIEHAG

TIMBER CONSTRUCTION

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 Kreislaufwirtschaft**
  durch hohe Materialeffizienz und einfache Materialtrennung
- **Statik, Brand- und Schallschutz im Griff**
  SIA-Anforderungen werden übertroffen

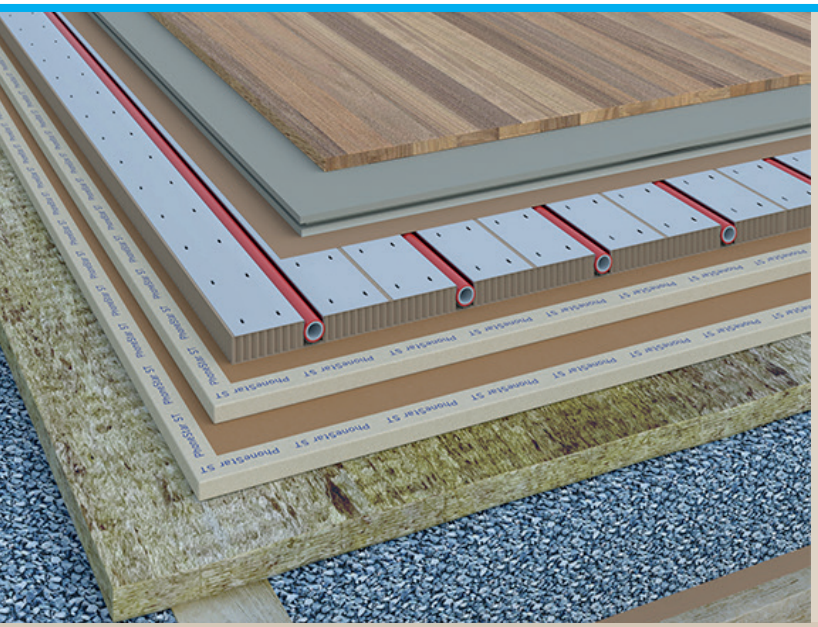
wilma.swiss

Wilma GmbH
Dorfstrasse 3
5725 Leutwil
Telefon +41 79 831 61 22
info@wilma.swiss
www.wilma.swiss

Wilma Vertrieb AG
Industriestrasse 3
4704 Niederbipp
Telefon +41 58 470 69 96
info@wilmavertrieb.ch

WOLF® Bavaria

SCHALLDÄMMUNG FLÄCHENHEIZUNG TROCKENESTRICH



PhoneStar Schalldämmplatten

PowerFloor Fußbodenheizung

PhoneStrip Entkopplungsstreifen

Spezialprodukte Messtechnik

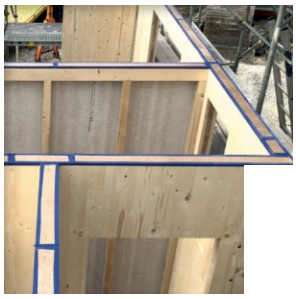
TROCKENE SYSTEMLÖSUNGEN

für Boden, Wand und Decke - bei Neubau (Massiv / Holz) und Sanierung

PHONESTRIP

Entkopplungsstreifen

PhoneStrip vermindert die Flankenübertragung von Luft- und Körperschall durch die innere Reibung und funktioniert daher grundlegend anders als herkömmliche Entkopplungslager.



NEU!!! Feuerwiderstandsprüfung

Eine Feuerwiderstandsprüfung der MFPA Leipzig GmbH bescheinigt PhoneStrip Entkopplungsstreifen in Bauteilfugen eine Feuerwiderstandsdauer von 97 Minuten.

Holzbauunternehmen und Fachplaner können die Vorzüge des Entkopplungsstreifens nun auch weiterhin in Gebäudeklasse 4 nutzen, ohne Probleme mit den Brandschutzanforderungen, bzw. der neuen Holzbaurichtlinie zu befürchten.

✓innovativ ✓ökologisch ✓ausgezeichnet

Wolf Bavaria GmbH - ist seit 2004 ein erfolgreiches, innovatives und expandierendes Unternehmen welches Systemlösungen für den Holz- und Trockenbau anbietet.

Der ökologische Gedanke steht für die Firma Wolf Bavaria dabei klar im Vordergrund und wir setzen deshalb bei der Produktneuentwicklung auf nachhaltige Rohstoffe regionaler Herkunft. Unsere Systeme sind letztendlich rückbaubar und in die einzelnen Komponenten trennbar.

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

XLAM DOLOMITI

THE WOOD BUILDING R-**EVOLUTION**

X-LAM DOLOMITI S.R.L. \ Viale Venezia 35 - 38050 Castelnuovo TN - Italy \ T +39 0461 186 5070 \ MAIL info@xlamdolomiti.it \ PEC xlamdolomiti@legalmail.it

FLIPPER

XLAM DOLOMITI: Your partner for your mass timber projects.

Xvise

Logistik & Automatisierung für den Holzbau

Big Changes Made Easy

www.xvise.com

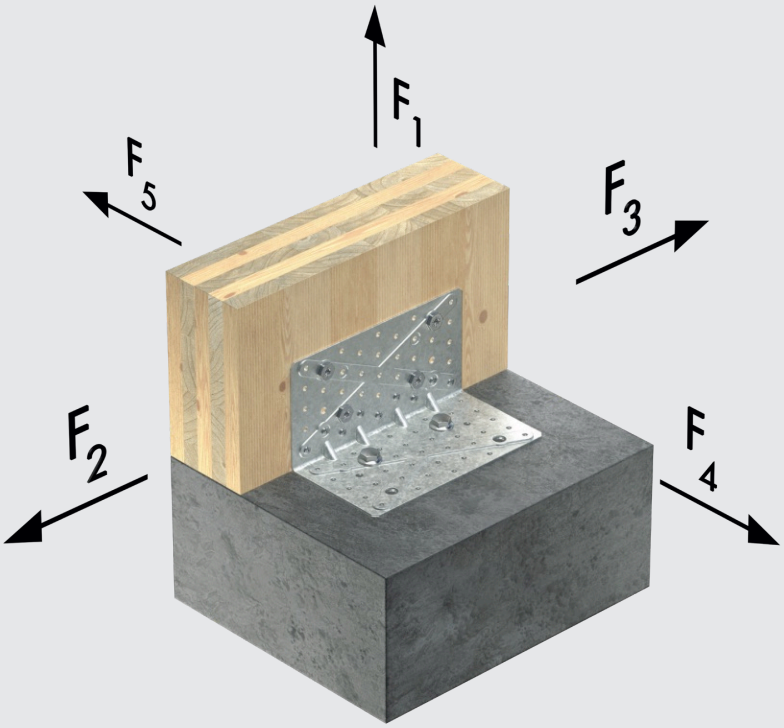
WÜRTH

DENEB – SCHUB- UND ZUGWINKEL

IDEAL BEI SCHER- UND ZUGVERBINDUNGEN VON HOLZKONSTRUKTIONEN AN BETON- UND HOLZUNTERKONSTRUKTIONEN.

INNOVATION BEGINNT IM KOPF.

**NEUER ANTRIEB.
NOCH MEHR POWER.**



ASSY®4

MADE FOR YOUR PERFORMANCE

HOLZFASER-DÄMMSYSTEME AUS DER OBERPFALZ

Made in Germany

naturheld GmbH | Zur Betzenmühle 1 | 95703 Plößberg /OPf.
09636 9209-0 | info@naturheld.global | naturheld.global

EIN UNTERNEHMEN DER ***ZIEGLER GROUP***

naturheld

Ihr Spezialist im Holzbau.

ZÜBLIN Timber
Industriestr. 2
86551 Aichach
Tel. +49 8251 908-0
timber@zueblin.de

Luftbild Rennschlittenbahn Oberhof
© Patrick Muschiol

Homologierung: © Ronny Knoll, Thüringer Wintersportzentrum

ZÜBLIN Timber steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen im Holzingenieurbau. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbausysteme – von einfachen Tragwerken über den komplexen Ingenieurholzbau und Fassadenbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kund:innen gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

www.zueblin-timber.com

ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS

Vertrieb FORUM **HOLZBAU**
Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz
T +41 32 372 20 00
info@forum-holzbau.com, www.forum-holzbau.com

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

© 2022 by FORUM **HOLZBAU**, Biel/Bienne, Schweiz
ISBN 978-3-906226-49-1