FORUM
HOLZBAU
DEUTSCHLAND
STUTTGART

2. Süddeutscher Holzbau Kongress (SHK)
Schwabenlandhalle Fellbach
10./11. Juli 2024

BFH BIEL
TH ROSENHEIM
UNI AALTO
HELSINKI
TU MÜNCHEN
TU WIEN
KAISERSLAUTERN
UNI STUTTGART

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

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

© 2024 by FORUM **HOLZBAU**, Biel/Bienne, Schweiz
ISBN 978-3-906226-65-1

Inhalt

Bauwirtschaft: Neue Ansätze

Bauen mit weniger Normen – der neue Gebäudetyp E 13
Prof. Stefan Krötsch, Hochschule Konstanz, Konstanz, Deutschland

Holzbau als Leitmotiv der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart 19
Andreas Hofer, IBA'27, Stuttgart, Deutschland

Block A1
Green Deal | Holzbau | Wohn- und Immobilienwirtschaft

Stand der ESG-Transformation und die Auswirkungen auf die Immobilienwirtschaft 29
Emanuel Chibesakunda, PricewaterhouseCoopers Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, München, Deutschland

Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau 35
Isabelle Bothe, Verband der Wohnungswirtschaft, Rheinland Westfahlen, Düsseldorf, Deutschland

Holzbau aus der Sicht eines Immobilienentwicklers 43
Bernhard Egert, UBM Development, Wien, Österreich

Block A2
Bauen mit Modulen

Einfluss der Gebäudehöhe auf den Schallschutz im modularen Geschossbau – aktuelle Messungen vom Luisenblock West, Berlin 59
Hendrik Reichelt, Kaufmann Bausysteme, Reuthe, Österreich

Block B1
Neue Möglichkeiten durch weitgespannte Holzdeckensysteme

Punktgestützt und biegesteif – Unterzugsfreie Deckenkonstruktionen für den Skelettbau der Stadtwerke Kirchheim unter Teck 73
Michael Geiger, Furche Geiger Zimmermann Tragwerksplaner, Wendlingen, Deutschland

Verklebt – Stirnseitig verbundene BSP-Flächentragwerke im Campus Scolaire Eschdorf 83
Norbert Wirtz, Steffen Holzbau, Grevenmacher, Luxemburg
Sven Bill, Timber Structures 3.0, Thun, Schweiz

Effizient – Hohlkastenelemente für große Spannweiten für das Gesundheitszentrum Biberach 97
Martin Aßfalg, Weizenegger, Bad Wurzach, Deutschland

Effizient – Hohlkastenelemente für große Spannweiten für das Gesundheitszentrum Biberach 101
Philipp Straubinger, best wood SCHNEIDER, Eberhardzell, Deutschland

Block B2
Aufwertung durch Nachverdichtung

Franklin Village – Räume für Menschen 111
Vera Hartmann, sauerbruch hutton, Berlin, Deutschland

Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas 117
Heinz Thurik, ZÜBLIN Timber, Aichach, Deutschland

Verdichtung im urbanen Raum 127
Prof. Tom Kaden, Technische Universität Graz, Österreich / Kaden +, Berlin, Deutschland

Aktuelles aus dem Süden von Deutschland

DAV Bundesgeschäftsstelle_München 141
Regina Schineis, Regina Schineis Architekten, Augsburg, Deutschland

Neubau am Schulzentrum Stockbrünnele, Böblingen 149
Tobias Hock, Sinfiro Brandschutzingenieure, Balingen, Deutschland

IFH 2.0 – Innovationsfabrik, Heilbronn 159
Prof. Felix Waechter, Waechter + Waechter Architekten, Darmstadt, Deutschland

Block A3
Marktgerecht Bauen

Holz Beton Hybrid – ein wirtschaftlicher Ansatz 171
Martin Szymanski, Bauer Holzbau, Satteldorf-Gröningen, Deutschland

b_solution | Wohnbau aus Holz für alle 181
Helmut Spiehs, Binderholz Bausysteme, Hallein, Österreich

Digitalisierung und serielle Fertigung im mehrgeschossigen Wohnungsbau 189
David Renggli, Renggli, Schötz, Schweiz

Block A4
Konzepte/Konstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau

Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki 199
Bernd Troppmann, Stora Enso Wood Products, Ybbs, Österreich

Aussteifungskonzepte für den Mehrgeschossigen Wohnungsbau 205
Gafner Bernhard, ASPECT Structural Engineers, Vancouver, Kanada, Bern, Schweiz

Wie können wir konkurrenzfähig bleiben/werden 217
Johannes Kaufmann, Johannes Kaufmann und Partner Architekturbüro, Vorarlberg/Wien, Österreich

Block B3
Brandschutz und Fassade

Fassadenbegrünung an mehrgeschossigen Gebäuden aus brandschutztechnischer Sicht 231
Thomas Engel, Technische Universität München, München, Deutschland

Brandsichere Holzfaser – WDVS für die GK 4 und 5 243
Felix Steeger, Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, Deutschland

GWG Tübingen Stadtfassade aus Holz 259
Prof. Dennis Mueller, PBSA Düsseldorf / VON M Stuttgart, Deutschland

Block B4

Exzellenzcluster IntCDC Stuttgart

Multiskalares Roboterfertigungssystem für Vor-Ort-Pressklebung im mehrgeschossigen Holzbau 269
Nils Opgenorth und Daniel Locatelli, Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD), Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

Geschlitzte Holzrippen für erhöhte Trittschalldämmung – die bauphysikalische und mechanische Herausforderung 285
Theresa Müller, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland
Sven Öhler, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart, Deutschland

Eingespannte Stützen aus Brettschichtholz – die nachhaltige Synergie von Holz- und Fertigteilbetonbauteilen 293
Dr. Simon Aicher und Kai Simon, Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart, Deutschland

Zirkuläres Bauen

Sortenrein Konstruieren 307
Daniela Schneider, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach (50% Recyclinganteil) 315
Robert Lotz, Nassauische Heimstätte Wohnstadt, Frankfurt am Main, Deutschland

Herausforderungen für eine Wohnbaugesellschaft 327
Uwe Wulfrath, GWG – Gesellschaft für Wohnungs- und Gewerbebau Tübingen, Deutschland

Kreislaufgerechte Holztragwerke 333
Realisierte Projekte, aktuelle Entwicklungen, zukünftige Potentiale
Juliane Deubel, knippershelbig, Stuttgart, Deutschland

Moderatoren

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

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

Alversammer Wolfgang
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

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

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

+49 7216 084 22 11
dietsch@kit.edu

Prof. Germerott Uwe
Berner Fachhochschule
Solothurnstrasse 102
2504 Biel/Bienne, Schweiz

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

Prof. Dr. Graf Jürgen
RPTU Kaiserslautern
Gottlieb-Daimler-Strasse
67663 Kaiserslautern, Deutschland

+49 6312 052 296
juergen.graf@rptu.de

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

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

Prof. Müller Andreas
Berner Fachhochschule
Solothurnstrasse 102
2504 Biel/Bienne, Schweiz

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

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

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

Referenten

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

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

Asa Pelin
ICD Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

pelinasa@gmail.com

Aßfalg Martin
Weizenegger GmbH
Ziegelwiesenweg 1
88410 Bad Wurzach, Deutschland

+49 7564 947 880
martin.assfalg@weizenegger.de

Bertagnolli Stephan
Rotho Blaas Deutschland GmbH
Gabelsbergerstrasse 1
83022 Rosenheim, Deutschland

+39 0471 818 400
stephan.bertagnolli@rothoblaas.com

Bill Sven
Timber Structures 3.0 AG
Niesenstrasse 1
3600 Thun, Schweiz

+41 58 255 42 07
sven.bill@ts3.biz

Bothe Isabelle
Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft
Rheinland Westfalen e.V. (VdW RW)
Goltsteinstrasse 29
40211 Düsseldorf, Deutschland

+49 2111 699 83 73
I.Bothe@vdw-rw.de

Chibesakunda Emanuel
PricewaterhouseCoopers GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Bernhard-Wicki-Strasse 8
80636 München, Deutschland

+49 8957 90 50
emanuel.chibesakunda@pwc.com

Deubel Juliane
knippershelbig GmbH
Tübinger Strasse 12-16
70178 Stuttgart, Deutschland

+49 7112 483 93 60
j.deubel@knippershelbig.com

Egert Bernhard
UBM Development AG
Laaer-Berg-Strasse 43
1100 Wien, Österreich

+43 5018 732 52
bernhard.egert@ubm-development.com

El Feghali Christelle
ICD Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

cne09@mail.aub.edu

Dr. Engel Thomas
Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

+49 8928 928 679
engel@tum.de

Gafner Bernhard
Aspect Structural Engineers
Effingerstrasse 23
3008 Bern, Schweiz

+41 79 677 61 00
bernhard@aspectengineers.com

Geiger Michael
Furche Geiger Zimmermann
Tragwerksplaner GmbH
Am Turbinenkanal 5
73240 Wendlingen, Deutschland

+49 7024 983 90 14
geiger@fuzi-tragwerke.de

Hartmann Vera
Sauerbruch Hutton Gesellschaft von
Architekten mbH
Lehrter Strasse 57
10557 Berlin, Deutschland

+49 3039 782 10
vh@sauerbruchhutton.com

Hock Tobias
Sinfiro GmbH & Co. KG
Ebertstrasse 2
72336 Balingen, Deutschland

+49 7433 999 80
tobias.hock@sinfiro.de

Hofer Andreas
Internationale Bauausstellung 2027 StadtRegion
Stuttgart (IBA'27)
Alexanderstrasse 27
70184 Stuttgart, Deutschland

+49 7119 958 730
andreas.hofer@iba27.de

Prof. Kaden Tom
Kaden+ GmbH
Alexanderstrasse 7
10178 Berlin, Deutschland

+49 3048 624 662
kaden@kadenplus.de

Kaufmann Johannes
Johannes Kaufmann und Partner GmbH
Sägerstrasse 6
6850 Dornbirn, Österreich

+43 5572 236 90
j.kaufmann@jkundp.at

Prof. Krötsch Stefan
Hochschule Konstanz
Alfred-Wachtel-Str. 8
78462 Konstanz, Deutschland

+49 7531 206 188
stefan.kroetsch@htwg-konstanz.de

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

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

Locatelli Daniel
ICD Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 858 19 10
daniel.nlocatelli@gmail.com

Lotz Robert
Nassauische Heimstätte Wohnungs- und
Entwicklungsgesellschaft mbH
Schaumainkai 47
60596 Frankfurt am Main, Deutschland

+49 6967 867 415 38
mail@robert-lotz.de

Prof. Mueller Dennis
VON M
Rosenbergstrasse 67a
70176 Stuttgart, Deutschland

+49 7111 842 66 00
d.mueller@vonm.de

Müller Theresa
IABP Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 856 16 74
theresa.mueller@iabp.uni-stuttgart.de

Öhler Sven
Fraunhofer Institut für Bauphysik
Nobelstrasse 12
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7119 703 345
sven.oehler@ibp.fraunhofer.de

Opgenorth Nils
ICD Universität Stuttgart
Keplerstrasse 11
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 858 19 10
nils.opgenorth@icd.uni-stuttgart.de

Prins Stefan
Powerhouse Company
Antoine Platekade 1000
3072 ME Rotterdam, Niederlande

+31 1040 467 89
stefan@powerhouse-company.com

Reichelt Hendrik
Kaufmann Bausysteme GmbH
Baien 115
6870 Reuthe, Österreich

+43 5514 314 40 14
h.reichelt@kaufmannbausysteme.at

Renggli David
Renggli AG
St. Georgstrasse 2
6210 Sursee, Schweiz

+41 41 425 25 25
david.renggli@renggli.swiss

Schineis Regina
regina schineis architekten
Lederergasse 2
94032 Passau, Deutschland

+49 8537 931 260
regina@schineis.com

Schneider Daniela
Karlsruher Institut für Technologie
Englerstrasse 11
76131 Karlsruhe, Deutschland

+49 162 880 68 26
daniela.schneider@partner.kit.edu

Simon Kai
MPA Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart, Deutschland

+49 7116 856 07 39
kai.simon@mpa.uni-stuttgart.de

Spiehs Helmut
Binderholz Bausysteme GmbH
Solvay-Halvic-Strasse 46
5400 Hallein, Österreich

+43 6245 705 00
helmut.spiehs@binderholz.com

Steeger Felix
Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstrasse 2
39114 Magdeburg, Deutschland

+49 3918 864 526
felix.steeger@h2.de

Straubinger Philipp
best wood SCHNEIDER GmbH
Kappel 28
88436 Eberhardzell, Deutschland

+49 7355 932 02 93
philipp.straubinger@schneider-holz.com

Szymanski Martin
Bauer Holzbau GmbH
Rötstrasse 11
74589 Satteldorf-Gröningen, Deutschland

+49 7955 385 510
m.szymanski@bauer-holzbau.de

Thurik Heinz
ZÜBLIN Timber GmbH
Industriestrasse 2
86551 Aichach, Deutschland

+49 8251 908 141
heinz.thurik@zueblin.de

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

+43 6646 189 280
bernd.troppmann@storaenso.com

Prof. Waechter Felix
Waechter + Waechter Architekten BDA
Fritz-Bauer-Strasse 11
64295 Darmstadt, Deutschland

+49 6151 429 50 20
felixwaechter@waechter-architekten.de

Wehrle Thomas
ERNE AG Holzbau
Werkstrasse 3
5080 Laufenburg, Schweiz

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

Wirtz Norbert
Steffen Holzbau S.A.
13, rue de Flaxweiler
6776 Grevenmacher, Luxemburg

+35 271 968 698
n.wirtz@steffen-holzbau.lu

Wulfrath Uwe
GWG – Gesellschaft für Wohnungs- und Gewerbebau Tübingen mbH
Eisenbahnstrasse 8
72072 Tübingen, Deutschland

+49 7071 799 00
u.wulfrath@gwg-tuebingen.de

Mittwoch, 10. Juli 2024

Bauwirtschaft: Neue Ansätze

Bauen mit weniger Normen – der neue Gebäudetyp-e

Prof. Dipl.-Ing. Stefan Krötsch
HTWG Konstanz
Konstanz, Deutschland



Bauen mit weniger Normen – der neue Gebäudetyp-e

1. Zukunftsfalle anerkannte Regeln der Technik

Planende und Bauschaffende in Deutschland stehen oft vor dem Problem, dass ein Bauwerk als juristisch mangelhaft eingestuft werden kann, obwohl es die Schutzziele des öffentlichen Baurechts erfüllt und der mit dem Bauherrn «vereinbarten Beschaffenheit» gemäß §633 BGB entspricht. Denn wenn es zu Streitigkeiten kommt, beziehen sich Gerichte und Gutachter häufig auf die sogenannten anerkannten Regeln der Technik (aRdT), die in ihren Anforderungen meist weit über die gesetzlich geforderten Mindeststandards hinausgehen. So soll festgestellt werden, ob ein Bauwerk «eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.» (§633 BGB).
In §13 Abs. 1 Satz 2 VOB/B ist die Einhaltung der aRdT sogar explizit zusätzlich zur vereinbarten Beschaffenheit gefordert: «Die Leistung ist zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit hat und den anerkannten Regeln der Technik entspricht.»
Die anerkannten Regeln der Technik sind jedoch alles andere als klar definiert, sondern gemäß EN 45020 eine «technische Festlegung, die von einer Mehrheit repräsentativer Fachleute als Wiedergabe des Standes der Technik angesehen wird.» Aus einer gemeinsamen Rechtstradition heraus gibt es den Begriff der aRdT sowohl in Deutschland als auch in Österreich. In Deutschland setzen sie sich aus den DIN-Normen, den ETB (einheitliche Technische Baubestimmungen des Instituts für Bautechnik), VDI-Richtlinien, VDE-Vorschriften, DVGW-Richtlinien, Herstellerrichtlinien und -vorschriften sowie auch mündlich überlieferte technische Regeln in traditionellen Gewerken wie z. B. dem Zimmererhandwerk zusammen. Damit sind die aRdT eine Sammlung von Regeln und Regelwerken, die nicht nur in ihrem Umfang gewaltig ist und ständig wächst, sondern auch nirgends als abgestimmtes Kompendium vorliegt. Daher werden die anerkannten Regeln der Technik meist situativ angewandt. Nicht selten widersprechen sich unterschiedliche Regelungen inhaltlich.
Dennoch haben die aRdT in der Rechtsprechung eine weitreichende Bedeutung, nicht nur wie oben beschrieben hinsichtlich des Werkvertragsrechts, sondern auch im Strafrecht als Maßstab für die Bestimmung pflichtwidrigen Handelns, insbesondere der Fahrlässigkeit.
Das alles führt dazu, dass die aRdT oft in vorauseilendem Gehorsam erfüllt und sogar übererfüllt werden, selbst wenn dadurch unsinnige Konstruktionen ausgeführt werden müssen oder hohe Kosten und ein hoher Ressourcenverbrauch ausgelöst wird. Denn es ist eine Entwicklung klar erkennbar: Der Umfang der Regelungen nimmt stetig zu, die Komplexität und das Anforderungsniveau steigt in fast allen Bereichen kontinuierlich an. Die Unübersichtlichkeit der Regelungen sorgt außerdem dafür, dass gleichwertige oder selbst höherwertige handwerkliche Ausführungen immer mehr durch Industrieprodukte verdrängt werden, weil die Nachweisführung der Konformität mit den aRdT zu aufwändig ist oder erscheint.
Nur ein kleiner Teil (ca. 10%) der anerkannten Regeln der Technik bilden die Technischen Baubestimmungen (TB), auf die sich die Musterbauordnung und die Landesbauordnungen (LBO) der deutschen Bundesländer beziehen. Diese sind in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (M-VV TB) bzw. rechtlich bindend in den einzelnen Bundesländern als Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB) definiert. Auf diese TB nehmen die Landesbauordnungen direkt Bezug, z. B. in Art. 81a BayBO oder § 73a LBO BW, und fordern sie damit bauaufsichtlich ein.
«90 % (der Normen und Richtlinien; Anm. Verfasser) hingegen sind privatrechtlicher Natur und werden als sog. «anerkannte Regeln der Technik» zum Standard. Ihre Einhaltung ist damit Voraussetzung für ein mangelfreies Bauwerk, ohne z. B. aus Gründen der Bauwerkssicherheit zwingend erforderlich zu sein.

Über die Jahrzehnte hat sich so ein Regelwerk aus DIN Normen, Richtlinien und Labels etabliert, das großenteils nicht der Qualitätssicherung des Bauens dient, sondern im Gegenteil eher ein Hemmnis darstellt. Mittlerweile wird so vor allem der Absatz von Produkten und Systemen der Baustoffindustrie gefördert.» [1]
Versuche, die Vielzahl und die Kakophonie dieser über die Hintertür verbindlichen Regelungen abzubauen und deren Inhalte auf ein notwendiges Mindestmaß zu beschränken, wie es unter dem Kampfbegriff des Bürokratieabbaus regelmäßig angekündigt wird, scheitern regelmäßig. Tatsächlich passiert genau das Gegenteil: Die Erweiterung der technischen Möglichkeiten schlagen sich kontinuierlich nicht nur in einer Vergrößerung des Regelwerks nieder, sondern meist auch in einer Verschärfung der geforderten Mindestanforderungen an Konstruktion und technische Gebäudeausrüstung. Außerdem gibt es auf Grund der Vielzahl, der Heterogenität und der Eigeninteressen der an der Entwicklung der anerkannten Regeln der Technik Beteiligten kaum eine Möglichkeit der gesellschaftlich transparenten oder politischen Steuerung des Entwicklungsprozesses. «Mittlerweile ist man bei über 3.000 zu beachtenden Normen angelangt.» [2] Dieser Umfang ist selbst von erfahrenen Planenden nicht mehr sinnvoll zu bewältigen.
Aber vor allem bindet der Zwang zur Einhaltung der aRdT – gerade in einer Zeit wirtschaftlicher Anspannung – zunehmend Ressourcen, die an anderer Stelle fehlen: «Eingespart werden kann nur noch an der Qualität des Bauwerks, z. B. bei der Wahl der Materialien oder unter nachhaltigen räumlichen und gestalterischen Aspekten. Ergebnis ist mittlerweile eine Neubauroutine, die eine qualitätsarme Gleichförmigkeit bei gleichzeitiger Einhaltung von Standards aufweist. Ein Zustand, der jeglicher Innovationskraft abträglich ist.» [3]

2. Initiative Gebäudetyp-e

Vor diesem Hintergrund trifft die Initiative zur Einführung des «Gebäudetyp-e» auf fruchtbaren Boden, was sich an der starken Resonanz in der fachlichen, öffentlichen und politischen Diskussion in Deutschland ablesen lässt.
Unter den Rahmenbedingungen des Gebäudetyp-e soll es Bauherren und Planern möglich sein, sich selbst auf die für notwendig erachteten Standards zu verständigen. Die in der jeweiligen Landesbauordnung festgelegten Schutzziele bleiben davon unberührt. Das bestehende Regelwerk der aRdT muss dazu nicht angepasst werden, sondern wird zu Gunsten spezifisch vereinbarter Anforderungen gesetzeskonform umgangen. Um das Unterlaufen von Ausführungsqualität und Verbraucherinteressen zu verhindern, ist es geplant, den Gebäudetyp-e zunächst nur für fachkundige Bauherren zuzulassen.
Der Gebäudetyp-e entstand aus einer Initiative der Bayerische Architektenkammer (ByAK) zurück, die die 2022 frisch gewählte Präsidentin Prof. Lydia Haack zusammen mit dem Geschäftsführer RA Fabian Blomeyer in kürzester Zeit zu einer bundesweiten Initiative machte, die inzwischen im Schulterschluss aller Architekten- und Ingenieurekammern in Deutschland sowie vieler weiterer Unterstützer getragen wird. Grundlage der Initiative waren einerseits die Überlegungen zu einer «Gebäudeklasse e» einer Arbeitsgruppe der ByAK unter Leitung von Florian Dilg und Julia Mang-Bohn. Andererseits hatten Diskussionsbeiträge wie die Publikation «Standards im Wohnungsbau – Kontroverse zur aktuellen Rechtslage» den Weg zur kritischen Auseinandersetzung mit immer aufwendigeren Regelungen und Normen bereitet. Hier wurde bereits 2016 unter Anderem gefordert, die «Regelwerke konsequent auf sinnvolle Mindeststandards auszurichten». [4]
Um Bauen gemäß Gebäudetyp-e zu ermöglichen, müssen sowohl auf Landes- als auch auf Bundesebene Anpassungen in der Gesetzgebung vorgenommen werden. Wie sich jedoch in den letzten beiden Jahren gezeigt hat, ist die Politik dankbar für die Vorschläge, die das Potenzial haben, das Bauen einfacher zu machen und den Bau dringend benötigten Wohnraums zu ermöglichen.
Unter Beteiligung der Bundesarchitektenkammer (BAK) und anderer Berufsverbände finden aktuell Gespräche mit dem Bau- und Justizministerium statt, um z. B. eine Öffnungsklausel im §633 BGB zu erwirken. Damit soll verhindert werden, dass der Gebäudetyp-e entgegen der politischen Absicht über die Hintertüre der juristischen Praxis scheitert.

Auf Länderebene konnten bereits verschiedene Erfolge erzielt werden. In Berlin ist Ermöglichung des Bauens gemäß Gebäudetyp-e Teil des Koalitionsvertrags. [5] In Sachsen wurde die LBO bereits Anfang 2024 entsprechend angepasst. In Bayern wurde bereits in der Novelle im September 2023 die Bayerische Bauordnung (BayBO) entsprechend angepasst, unter Anderem, indem der Artikel 63 (Abweichungen) von einer kann in eine soll-Bestimmung umgewandelt wurde: «Die Bauaufsichtsbehörde soll (statt vorher: kann) Abweichungen von Anforderungen dieses Gesetzes und aufgrund dieses Gesetzes erlassener Vorschriften zulassen, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung (…) mit den öffentlichen Belangen (…) vereinbar sind.»
Die LBO Baden-Württemberg ist bereits seit der Novelle von 2019 z. B. mit der sogenannten «Experimentierklausel» auf die Umsetzung von Projekten gemäß Gebäudetyp-e vorbereitet. Die Formulierung in § 56 (Abweichungen, Ausnahmen, Befreiungen) geht noch weiter als in Bayern: «Abweichungen von technischen Bauvorschriften sind zuzulassen, wenn auf andere Weise dem Zweck dieser Rechtsvorschriften entsprochen wird.»
In Bayern geht das Bauen mit dem Gebäudetyp-e inzwischen in die praktische Erprobung. Seit Ende 2023 werden 19 von ByAK vorgeschlagene Projekte unter Schirmherrschaft der Landesregierung umgesetzt. Dabei werden so unterschiedliche Typologien wie Wohnbauten, Schulen und Verwaltungsbauten umgesetzt. Zwei der Projekte bilden mit einer Aufstockung und einer Umnutzung das Bauen im Bestand ab, wofür der Gebäudetyp-e ein besonderes Potential erwarten lässt.

3. Schaffen eines neuen Möglichkeitsraums

Das Bauen – im Speziellen der Wohnungsbau – in Deutschland befindet sich in einer multiplen Krise. Einerseits ist der Bedarf an bezahlbarem Wohnraum gewaltig, andererseits ist der Bau- und Gebäudesektor für einen Großteil der Klima- und Umweltwirkungen verantwortlich. Einfache Rezepte wird es für diese Herausforderungen nicht geben. Allerdings sollten der tatkräftigen Lösung der anstehenden gesellschaftlichen Probleme nicht auch noch juristische Stolpersteine im Weg liegen, indem Anforderungen zu erfüllen sind, die nicht notwendig sind. Dafür bietet der Gebäudetyp-e einen neuen Möglichkeitsraum. Und dieser Möglichkeitsraum bietet nicht nur das Potenzial für das Weglassen von Überflüssigem, sondern auch für Innovationen, die per definitionem noch nicht über Regelwerke abgebildet sein können. Das «e» in Gebäudetyp-e lässt sich nämlich nicht nur als Symbol für «einfach», sondern beispielsweise auch für «experimentell» verstehen. Und auch für experimentelle Gebäude benötigen die Beteiligten Rechtssicherheit im Rahmen des Möglichen.
Damit einher geht jedoch auch eine erhöhte Verantwortung der Bauherren, Planenden und Bauausführenden. Statt den Vorgaben von Regelwerken zu folgen, bietet das Vorgehen gemäß Gebäudetyp-e das eigenverantwortliche Denken und Planen, das für das Selbstverständnis freier Berufe wie Architekt*in und Ingenieur*in kennzeichnend ist. Dafür ist es unerlässlich, die Potentiale und Risiken zusammen mit den Bauherren im Vorfeld nüchtern abzuwägen und sich über die Projektziele im Klaren zu sein. Im Gegenzug ergeben sich entwerferische und planerische Freiheiten, die zu kostengünstigeren Lösungen führen können. Architektonische Gestaltung, Ausführungsqualität und Innovationen können gefördert werden, indem Aufwand und Anforderungen nach den Bedürfnissen der spezifischen Aufgabe gewichtet werden können.
Im Holzbau könnte ein besonderes Potential darin liegen, Bauteile wie Geschossdecken nicht ausschließlich nach der Gebrauchstauglichkeit, sondern situativ nach Gebrauchstauglichkeit oder Standsicherheit. Risse oder Fugen bekleidenden Oberflächen wären dann von Anfang an zu antizipieren und einzuplanen.
Auch der Schallschutz bietet die Gelegenheit, die in Deutschland üblichen Anforderungen zu hinterfragen: Denn Deutschland leistet sich hier Standards wie kaum ein anderes Land in der EU. Das wiederum könnte gerade Deckenkonstruktionen im Holzbau technisch wesentlich einfacher machen, wenn aufwendige Schallentkopplungen an den Auflagern eingespart werden könnten.

Die Anforderungen an Bauteile hinsichtlich des Brandschutzes könnten in Abhängigkeit von Verbesserungen an anderer Stelle verringert werden, z. B. als F30-Konstruktionen für tragende und aussteifende Bauteile in Gebäudeklasse 4 und 5 bei zwei baulichen Rettungswegen.
Man könnte davon Abstand nehmen, die Anlagentechnik stets an den ungünstigsten anzunehmenden Witterungsbedingungen auszulegen und damit meist stark überdimensioniert und teuer auszuführen.
Hinsichtlich der Barrierefreiheit könnte z. B. die Ausführung abweichender Griffhöhen an den Hauptnutzergruppen orientiert werden oder Bewegungsflächen situationsbezogen geplant werden.
Nicht zuletzt könnten Konstruktionen aus wiederverwendeten Bauteilen entstehen, um kreislaufgerechte Stoffströme im Bauwesen umzusetzen, dem heute noch hohe juristische Hindernisse im Weg stehen.
Aber nicht nur die Bauherren und Planende können von diesem Modell profitieren, sondern auch Handwerksbetriebe. Denn es entsteht ein neues Potenzial für handwerkliche Ausführungen, die deren Wertschöpfung erweitern und verlorene Tätigkeitsbereiche zurückerlangen. Gerade beim Bauen im Bestand ist zu erwarten, dass die Vereinfachung angepasster handwerklicher Ausführungen durch Reduzieren der Anforderungen ein gewaltiges Potential bietet, unsinnige Konstruktionen zur Ertüchtigung auf ein nicht benötigtes Niveau zu vermeiden.
Das Schaffen neuer Möglichkeitsräume hat aber nicht nur die oben erwähnten praktischen Vorteile. Es spiegelt vielmehr die Zukunftsfähigkeit einer Gesellschaft wider. Um zukunftsfähig zu sein ist es unabdingbar, sich aus dem allzu engen Korsett selbstgesteckter Beschränkungen zu befreien. Denn die Aussicht, keinen Handlungsspielraum zur Gestaltung und Umsetzung von positiven Visionen zu haben, führt zu Defätismus und Pessimismus. Die Politikwissenschaftlerin und Zukunftsforscherin Florence Gaub beschreibt diesen Zusammenhang so: «Pessimismus oder Optimismus in Bezug auf die Zukunft haben weniger damit zu tun, welches Maß an Katastrophen oder Reichtum wir in ihr erwarten, als damit, wie viel Einfluss wir auf diese Zukunft zu haben meinen. Je mehr Einfluss wir haben, desto optimistischer sind wir.» [6]
Und Optimismus, der zu positiver Veränderung motiviert, ist gerade in einer Zeit der Verunsicherung und der Transformation von größter Bedeutung. Gerade in die Architektur hat dabei die Aufgabe, «ein motivierendes und begeisterndes Zukunftsbild zu entwerfen. (…) Architektur kann in Städten und Regionen ein starker Motivator für ein ökologisches Umdenken sein, das nicht als Verzicht, sondern als Gewinn sowohl für den Einzelnen als auch für die Gesellschaft erfahrbar wird.» [7]
Der Gebäudetyp-e könnte dazu die technischen und juristischen Blaupausen liefern.

4. Literaturverzeichnis

[1] Prof. Dipl.-Ing. AA Lydia Haack, Statement ByAK – Zukunft planen. Expertenanhörung «Gebäudetyp E am 28.06.2022 im Bayerischen Landtag», Seite 1

[2] Prof. Dipl.-Ing. AA Lydia Haack, Statement ByAK – Zukunft planen. Expertenanhörung «Gebäudetyp E am 28.06.2022 im Bayerischen Landtag», Seite 2

[3] wie [2]

[4] Ina Laux, Rainer Hofmann, Peter Scheller, Karin Schmid: Standards im Wohnungsbau – Kontroverse zur aktuellen Rechtslage, BDA Bayern, München, 2016, Seite 17

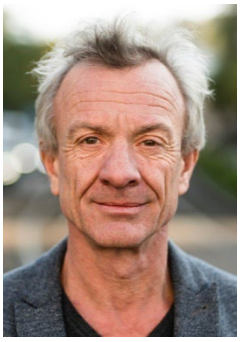
[5] vgl. Lars Klaaßen, E wie Innovation, Deutsches Architektenbaltt, Heft 06-2024, Seite 22

[6] Florence Gaub: Zukunft – eine Bedienungsanleitung, dtv Verlagsgesellschaft mbH & Co KG, München, 2023, Seite 21 f

[7] Das Haus der Erde – Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land, BDA, Berlin 2019, Postulat II

Holzbau als Leitmotiv der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart

Andreas Hofer
Internationale Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart (IBA'27)
Stuttgart, Deutschland



Holzbau als Leitmotiv der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart

100 Jahre nach dem Bau der ikonischen Weissenhofsiedlung auf dem Stuttgarter Killesberg soll die Internationale Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart (IBA'27) erneut einen Meilenstein für die Zukunft des Bauens setzen. Während es 1927 darum ging, der modernistischen Avantgarde ein Schaufenster zu bieten, haben wir es heute mit anderen Prozessen und inhaltlichen Fragen zu tun. Gleichwohl fasziniert die Getriebenheit, mit der eine junge Generation von gegen 20 Architekten unter der Regie von Mies van der Rohe das radikal Neue zeigte und in der heute unvorstellbar kurzen Zeit von einem Jahr vom Gemeinderatsbeschluss bis zur Eröffnung der Ausstellung umsetzte. Auch Themen wie industrielles und serielles Bauen, Bezahlbarkeit, Gesundheit und die Frage nach der «richtigen» Wohnform für eine Gesellschaft im Wandel müssen heute, gleich wie vor hundert Jahren gestellt werden.

Als vor zehn Jahren die Idee auftauchte, das Weissenhof-Jubiläum als Anlass für eine weitere Bauausstellung zu nehmen, drehten sich die Diskussionen um erwartete strukturelle Veränderungen in der Automobilindustrie. Die absehbare Umstellung auf die Elektromobilität verlangt umfassende Änderungen der produktiven Prozesse, wird aber weit über die Fabrik hinaus wirtschaftliche und gesellschaftliche Folgen haben. Dazu kommt, dass das Produkt Automobil Teil einer Mobilitätskultur ist, die deutsche Städte beim Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg geprägt hat und nun zu einer Belastung und Herausforderung geworden ist. Auf dem Weg in die Stadt der Zukunft müssen sich die Mobilität und die Häuser verändern. Beide Bereiche zusammen sind die wichtigsten Verbraucher von fossiler Energie und somit die größten Treiber des Klimawandels.

Die Initiierung des Architektur- und Städtebauprojekts Internationale Bauausstellung war also auf Engste mit strukturellen Zukunftsfragen der Region verknüpft. Während zehn Jahren (2017 bis 2027) soll die IBA beispielhaft Transformationsprozesse initiieren und begleiten und im Ausstellungsjahr mit gebauten Beispielen präsentieren. In einem anhaltenden Boom in der Bauwirtschaft und angesichts des Reichtums der Region wurde die IBA'27 – im Gegensatz zu anderen IBAs wie zum Beispiel der IBA-Emscherpark im Ruhrgebiet um die Jahrtausendwende – bewusst nicht mit Investitionsmitteln ausgestattet. Sie sollte im Moment der wirtschaftlichen Stärke Zukunftsfelder öffnen. Diese Strategie hieß präemptiver Strukturwandel. Anfang 2018 wählte der Aufsichtsrat, der für diesen Zweck von Region, Stadt, den Universitäten und Berufsverbänden in Stuttgart gegründeten und für zehn Jahre finanzierten GmbH den Zürcher Architekten Andreas Hofer zum Intendanten und Geschäftsführer. Die enge Verknüpfung mit strukturpolitischen, wirtschaftlichen und technologischen Fragen nutzte die IBA, um ein ambitioniertes Zielbild für die IBA-Projekte (derzeit 26) zu formulieren und ein weites Netzwerk (derzeit etwa 100 Vorhaben) zwischen Projektentwicklung, Forschung, Politik und Bauindustrie aufzubauen.

Da die IBA nicht ein definiertes Bauprogramm umsetzt, sondern situativ auf planerische Herausforderungen und bauliche Projekte in der Region reagiert, gibt ihr Portfolio ein eindrückliches Bild der Problemlagen und Potentialräume. Die Bauwirtschaft steht offensichtlich vor fundamentalen Veränderungen, deren Auswirkungen sich zurzeit noch nicht in allen Aspekten fassen lassen. Bevor wir uns konstruktiven und bautechnischen Fragen zuwenden, soll dieser größere Rahmen skizziert werden. Technologie soll Probleme lösen und nicht Selbstzweck sein.

1.1. Klimawandel, CO_2-Reduktion und Klimaadaption

Obwohl seit Jahrzehnten in verschiedenen Facetten diskutiert und obwohl mit Energiegesetzen, Einsparverordnungen und Standards teilweise schon Maßnahmen ergriffen wurden, der Klimawandel, seine Eindämmung und die Anpassung an seine Folgen bestimmen das Handeln der nächsten Generation. Dabei rücken neben den Verbräuchen im Betrieb zuse-

hends die Emissionen bei der Erstellung – die graue Energie der Baumaterialien und Bauprozesse in den Vordergrund. Abgesehen davon, dass diese bei energieeffizienten Gebäuden die Dimension der gesamten Betriebsenergie über die Lebensdauer erreichen, fallen sie jetzt an, sind also unmittelbar klimarelevant. Steigende Temperaturen und dramatische Veränderungen der Niederschlagsmuster verlangen einen tiefgreifenden Stadtumbau. Die grün/blaue Infrastruktur spielt dabei eine zentrale Rolle. Entlastungen beim Wärmebedarf sind durch steigende Durschnittstemperaturen absehbar, es gilt allerdings zu verhindern, dass steigende Kühllasten diese kompensieren. Einfache und passive Strategien der baulichen Klimaresilienz müssen entwickelt und schnell umgesetzt werden.

1.2. Demografie, älter werdende Gesellschaft, Fachkräftemangel und Migration

Das quantitative Versorgungsproblem, das in erfolgreichen Städten zu chronischem Wohnungsmangel und stark steigenden Preisen führt, lässt sich nicht lindern, ohne Wohnungstypologien, die Immobilienökonomie, Fördersysteme und städtebauliche Bilder in Frage zu stellen. Die gestiegenen Preise und Finanzierungskosten zwingen zu Effizienz- und Suffizienzstrategien, die zumindest einen Teil der bestehenden Flächen freispielen. Daniel Fuhrhop schätzt diese Potentiale so groß ein, dass Neubau auf absehbare Zeit gar nicht nötig ist [1]. Stark steigende Angebotsmieten und Trägheitseffekte im Wohnungsmarkt verhindern aber, dass die Anpassung der Wohnflächen an den individuellen Bedarf schnell erfolgt. Unabhängig von der Entwicklung im Neubausegment, können selbst die nötigen Umbauten des Bestands mit den verfügbaren Arbeitskräften nicht bewältigt werden. Eine Politik, die Migration als Strategie für diesen Wandel im gesellschaftlichen Konsens gestalten könnte, ist nicht absehbar. Somit steigt auch von dieser Seite der Druck, Bauprozesse effizienter zu gestalten und digitale und roboterisierte Techniken auf die Baustelle zu bringen.

1.3. Stadtplanung, Mobilität und die Auflösung der fordistischen Stadt

Bevölkerungswachstum, steigende Flächenansprüche, eine Differenzierung der Funktionen in Gebäuden und Baugebieten und die in der Folge notwendige Infrastruktur haben dazu geführt, dass das in Europa in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts verbaute Volumen größer ist als der über Jahrhunderte gewachsene Bestand. In den stark wachsenden Ländern des Mittleren und Fernen Ostens sind die Bauvolumen schwindelerregend und in Afrika werden sie es in den nächsten Jahrzehnten sein. Dieses Wachstum pulverisiert Effizienzgewinne und treibt die Wirtschaft und die Umwelt an Kapazitätsgrenzen. Uns fehlen die Ressourcen für ein weiter so. Eine IBA kann diese globalen Probleme nicht lösen, muss aber in ihrem begrenzten Raum zukunftsfähige Strategien exemplarisch nachweisen. Im Falle der Region Stuttgart heißt dies: Innenentwicklung vor Außenentwicklung, Funktionsmischung und Flexibilität, Ressourceneffizienz und Minimierung der CO_2-Emissionen, kurze Wege und neue Formen der Mobilität.

2. Das IBA'27-Portfolio als Spiegel aktueller Herausforderungen

Die 26 IBA'27-Projekte bilden nicht einen Querschnitt des aktuellen Bauschaffens ab, sondern sind einerseits eine positive Selektion von Bauträgerschaften, die sich mit Zukunftsfragen beschäftigen möchten und andererseits besonders herausfordernde Projekte, bei denen sich Bauträgerschaften durch die Unterstützung der IBA'27 eine erhöhte Realisierungschance versprechen. Gleichwohl erstaunt, wie viele Gemeinsamkeiten die Projekte verbinden und wie ähnlich die Herausforderungen und Fragestellungen sind. Nach der Einreichung der Vorhaben bei der IBA'27, die seit 2018 laufend und ohne Einsendefrist erfolgt, finden Gespräche über den geplanten Prozess, die angestrebten Ziele und den

[1] Daniel Fuhrhop: Verbietet das Bauen! – Streitschrift gegen Spekulation, Abriss und Flächenfraß. ISBN: 978-3-96238-194-3, Oekom Verlag, 2020

Realisierungszeitraum statt. Ein IBA'27-Projekt sollte sich in jeder Beziehung ausgesprochen ambitioniert mit sozialen, ökologischen und ökonomischen Fragen auseinandersetzen, in einem transparenten Prozess entwickelt werden, mit wettbewerblichen Verfahren seine architektonische Form finden und zumindest in Teilen bis im Jahr 2027 realisiert sein. Die Projektpartner vereinbaren diese Eckpunkte mit der IBA'27 in einer Kooperationsvereinbarung. Nach einem positiven Gutachten durch das Kuratorium der IBA'27 beschliesst der Aufsichtsrat der IBA'27 die Projekte.

2.1. Transformation von Wohn- und Arbeitsgebieten

Alle 26 IBA'27-Projekte in der Region Stuttgart beschäftigen sich auf unterschiedliche Weise mit Transformation. Dies kann ein peripheres, in die Jahre gekommenes Wohngebiet sein, in dem zeitgemässer, barrierefreier Wohnraum fehlt, ein Gewerbegebiet, in dem es an freiräumlicher Qualität mangelt, ein Industriedenkmal oder ein Großklinikum, das eine neue Funktion sucht. In all diesen Fällen stellt sich die Frage nach der angemessenen Dichte, nach dem Umgang mit dem Bestand, der energetischen Versorgung und der ökologischen und freiräumlichen Qualität der ergänzenden Bauten.

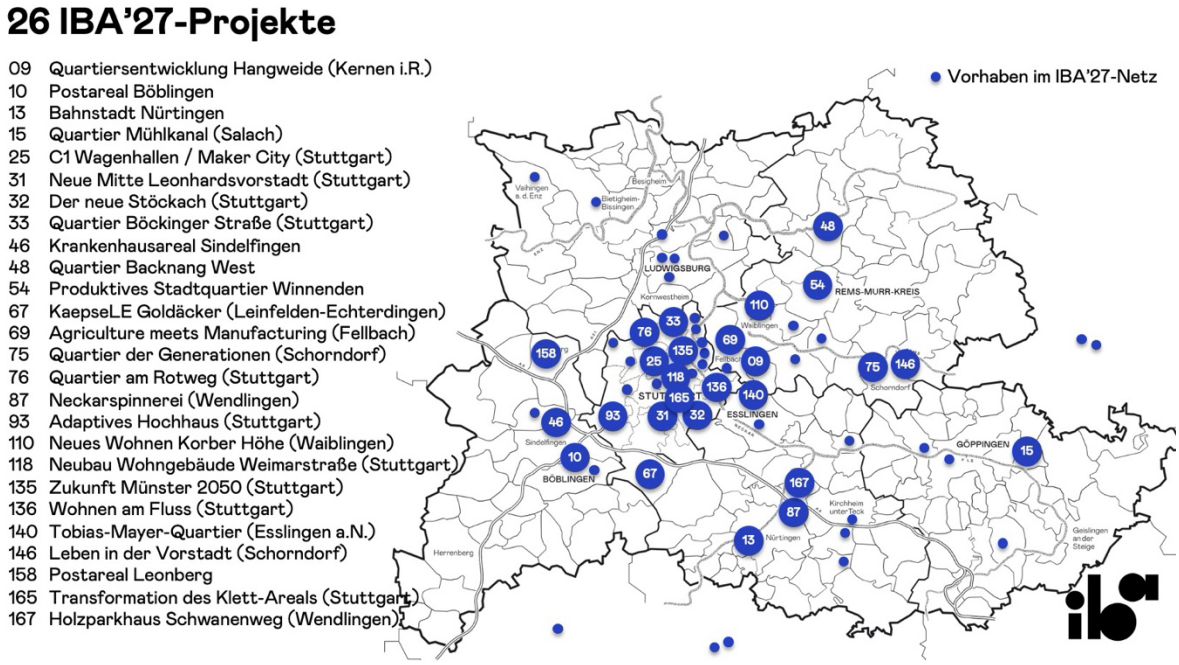


Abbildung 1: Karte der IBA'27-Projekte in der Region Stuttgart, IBA'27

2.2. Das Urbane Gebiet als planerisches Paradigma

Das 2017 im deutschen Planungsrecht eingeführte Urbane Gebiet bildet in mehr als der Hälfte der IBA'27-Projekte den planerischen Rahmen. Dies weist auf die Dringlichkeit neuer planerischer Ansätze hin. Wenn wir bauen, sollte dies dicht, durchmischt und im Quartiermaßstab geschehen. Es zeigt sich allerdings, dass die rechtliche Umsetzung des Urbanen Gebiets in Bebauungspläne für die Kommunen nicht einfach ist. Es fehlt die Erfahrung und die Rechtspraxis. Wie kann Nutzungsmischung so gesichert werden, dass Lärmklagen der Wohnnutzung dauerhaft verhindert werden können? Die Angst vor Klagen verunsichert Investoren und erschwert die Vermarktung der gewerblichen Flächen.

Urbanes Gebiet	Holz-/hybrid	Gebäudetyp E /seriell	Neue Wohnformen	Mobilitäts-konzept	Freiraum/ blau/grün
15	20	11	21	21	22

Abbildung 2: Eigenschaften der 26 IBA'27-Projekte

2.3. Holz spielt eine tragende Rolle

Bei 20 von 26 Projekten sind Holz- oder Holzhybridbauten geplant. Der Anteil von Holzbauten in Deutschland hat zwar in den letzten Jahren stetig zugenommen, lag aber im Jahre 2022 erst bei 22 Prozent [2]. Die IBA'27-Projekte sind zurzeit in der Phase der Baurechtschaffung und der konstruktiven Durcharbeitung. Dabei zeigen sich, dass die Herausforderungen in der Umsetzung nach wie vor hoch sind. Dies betrifft den Brandschutz, die Bewilligungsprozesse und die ökonomische Konkurrenzfähigkeit zu konventionellen Bauweisen. Die IBA'27 unterstützt und vernetzt die Projekte bei der Lösung dieser Probleme. Dabei nutzt sie Kontakte zu erfahrenen Spezialisten, politischen Behörden und Verbänden und Fachgremien wie der Holzbauoffensive Baden-Württemberg. Die Qualitäten und Herausforderungen spezifischer IBA'27-Projekte werden im Vortrag beispielhaft ausgeführt.



Abbildung 3: KaepseLE, Leinfelden-Echterdingen, Duplex Architekten, Zürich, VIRWorks

[2] Holzbau Deutschland, Bund deutscher Zimmermeister, Presseinformation 16.8.2022:
Immer mehr Gebäude in Holzbau entstehen.
https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/presseinformation/ansicht/detail/immer_mehr_gebaeude_in_holzbauweise_entstehen/#:~:text=Auch%20bei%20Neubauten%20von%20Nichtwohngebäuden,20%2C9%20Prozent)%20gestiegen.



Abbildung 4: Wohnhaus Weimarstraße, Florian Nagler Architekten, München, Vermögen und Bau, Stuttgart



Abbildung 5: IBA-Haus der SWSG an der Böckingerstraße in Stuttgart Rot, Hild+K Architekten, München



Abbildung 6: Holzparkhaus Wendlingen, Herrmann+Bosch Architekten, Stuttgart

2.4. Transformationsschmerzen

Die Projekte der IBA'27 zeigen eindrücklich, wie Bauträgerschaften und die Bauwirtschaft den Wandel gestalten. Die Zusammenstellung in der Abbildung 2 führt neben dem Holzbau weitere Handlungsfelder auf, in denen dringender Veränderungsbedarf besteht. Die Schwierigkeiten in der Umsetzung dürfen allerdings nicht unterschätzt werden. Bauen braucht unter den aktuellen wirtschaftlichen Bedingungen besondere Anstrengungen. Dabei droht ein Rückfall in scheinbar bewährte Muster, um administrative und ökonomische Risiken zu mindern. Die Angst vor Mängeln und Klagen erweisen sich als große Innovationshemmer. Ein Sonderformat wie eine Internationale Bauausstellung kann zumindest einen Motivationsschub auslösen, der die Suche nach innovativen Lösungen unterstützt. Es wird sich in nächster Zeit zeigen, ob dieser ausreicht, um die Widerstände in einer konservativen Branche zu überwinden. Den vielfältigen Anstrengungen mit Holzbauinitiativen, Förderprogrammen, Forschung und Werbung die Bauwirtschaft auf einen nachhaltigeren Pfad zu bringen, stösst in der alltäglichen Praxis noch auf zu viele Hindernisse.

Block A1

Green Deal | Holzbau |
Wohn- und Immobilienwirtschaft

Stand der ESG-Transformation und die Auswirkungen auf die Immobilienwirtschaft

Emanuel Chibesakunda
Partner, PwC GmbH WPG
München, Deutschland



1. ESG wird die Immobilienbranche nachhaltig verändern

Die Wirtschaft unterliegt einer rasenden Transformation in Richtung Nachhaltigkeit. Diese Entwicklung macht auch vor dem Real-Estate-Sektor nicht Halt – denn die Branche ist einer der wesentlichen CO_2-Emittenten. Entsprechend fordern Öffentlichkeit, Investoren und Politik Anpassungen in den Geschäftsmodellen der Immobilienunternehmen. Diskussionen über Enteignungen in Berlin, Mietstundungen während der COVID-19-Pandemie oder über den Klimawandel und nachhaltiges Bauen zeigen: Bereits heute beeinflussen die verschiedensten Stakeholdergruppen wie Investor:innen, Mitarbeiter:innen, Mieter:innen, Öffentlichkeit und Politik die Geschäftsaktivitäten der Branche.

Diese Entwicklung stellt die Branche vor signifikante Herausforderungen. Die größte Hürde stellt die Umsetzung der regulatorischen Anforderungen auf EU- und Länderebene dar. Aber auch das Datenmanagement für eine erhöhte Transparenz in Sachen Nachhaltigkeit fordert die Real-Estate-Branche heraus, ebenso wie die Aufgabe, Nachhaltigkeit im Unternehmen vernetzt anzudenken.

2. Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind wesentliche Herausforderungen unserer und nachfolgender Generationen

Die Integration von Nachhaltigkeit ist längst kein Nischenthema mehr. Unlängst haben die verschiedensten Branchen erkannt, dass Nachhaltigkeit nicht nur positiv für unsere Umwelt ist, sondern auch die Grundlage für ein profitables Geschäftsmodell sein kann. Gerade die Real-Estate-Branche steht vor einer massiven Transformation. Offensichtlich wird der hohe Anteil des CO_2-Ausstoßes, der direkt und indirekt mit Immobilien in Zusammenhang steht, über die nächsten Jahre einen konkreten Handlungsbedarf bei umweltbezogenen Parametern erfordern. Doch auch Diskussionen über sozialverträgliche Projekte sowie innovative Lösungen einer neuen, weitaus mehr fordernden Generation Z hinsichtlich nachhaltigen Handelns werden die Branche künftig beeinflussen.
Investor:innen, Fonds- und Asset-Manager:innen, Bestandshalter:innen und Entwickler:innen sind insbesondere aufgrund zweier miteinander verbundener Trends betroffen:

1. Investor:innen und Mieter:innen verlangen nachhaltige und auf die Zukunft ausgerichtete Lösungen.
2. Regulatorische Nachhaltigkeitsanforderungen werden weltweit ständig verschärft.

Sich ändernde Präferenzen bei einer neuen Generation von Investor:innen, Mitarbeiter:innen und Mieter:innen tragen ebenfalls dazu bei, dass neue Produkte und Objektentwicklungen den Anforderungen gerecht werden müssen. Für Fondsprodukte bedeutet dies auf der einen Seite, dass diese transparent machen, ob und zu welchem Erfüllungsgrad Nachhaltigkeitsfaktoren in die Anlagestrategien, lnvestitionsprozesse und in das Risikomanagement integriert worden sind.
Auf der anderen Seite werden auch auf der Asset-Ebene nachhaltige und innovative Auswahlkriterien immer wichtiger, um Zustimmungserfordernissen bei der Objektauswahl gerecht zu werden, Investitionen zu sichern und Bedürfnissen von Mieter:innen entgegenzukommen.

Darüber hinaus hat Nachhaltigkeit weltweit bei Gesetzgebungsverfahren wesentlich an Bedeutung gewonnen. Erhöhte Transparenzanforderungen sowie die Regulierung im Beratungsprozess in der EU vor dem Hintergrund des Green Deal erhöhen die Nachfrage nach nachhaltigen Anlagemöglichkeiten zusätzlich.
Die USA, Indien und China haben umfangreiche Investitionsprogramme zur Verbesserung der Nachhaltigkeit angekündigt und stehen in ihren Volkswirtschaften ebenfalls vor massiven Transformationen. China hat sich dabei auf ein ambitioniertes Umweltziel für das Jahr 2060 festgelegt.

Die EU hat mit ihrem umfangreichen Programm des EU-Aktionsplans zum Thema Sustainable Finance die gesamte Wertschöpfungskette verschiedener Branchen – und somit auch der Immobilienwirtschaft – abgedeckt und möchte durch erhöhte Transparenzanforderungen sowie organisatorische Integrationen Kapitalströme in eine nachhaltige Wirtschaft lenken.

Die stark steigende Nachfrage nach nachhaltigen Produkten sowie zusätzliche regulatorische Anforderungen stellen zudem Asset-Manager:innen, Projektentwickler:innen und Investor:innen zunehmend vor neue Herausforderungen und erfordern Überlegungen zur strategischen Neuausrichtung sowie ein Überdenken des eigenen Ambitionsniveaus, sowohl auf Unternehmens- als auch auf Fondsebene.

3. Eine ganzheitliche Transformation durch die richtige ESG-Strategie

Unter Berücksichtigung von Umwelt- und sozialen Auswirkungen sowie guten Governance-Praktiken eröffnen sich Unternehmen zahlreiche Chancen. Eine ganzheitliche ESG-Strategie (Umwelt, Soziales und Unternehmensführung) trägt nicht nur dazu bei, potenzielle Risiken wie regulatorische Verstöße oder Greenwashing zu reduzieren. Vielmehr können Unternehmen dadurch langfristig ihr Wachstum und ihren Unternehmenswert steigern, denn private und institutionelle Investoren berücksichtigen immer stärker ESG-Kriterien bei ihren Entscheidungen und bevorzugen Unternehmen, die nachhaltig und verantwortungsvoll wirtschaften.

Eine ganzheitliche ESG-Transformation birgt somit ein echtes Wertsteigerungspotential in sich, was durch den Umstand verstärkt wird, dass sich die ESG-Vermögenswerte im europäischen Immobilienmarkt seit 2015 mehr als verdoppelt haben und der Aufschwung nach derzeitigen Prognosen weiterhin enorm zunehmen wird. Wer wettbewerbsfähig bleiben will, muss sich demnach mit seiner eigenen ESG-Strategie intensiv auseinandersetzen.

Ob es sich um ein Immobilienunternehmen, Investmentgeschäfte in Immobilien oder um das Niederlassungsgebäude von Firmen handelt: Real Assets haben ein großes Potential, zu einer erfolgreichen ESG-Strategie beizutragen.

Die vier Grundprinzipien einer ganzheitlichen ESG-Strategie:

1. Ein positiver Beitrag für Umwelt und/oder Gesellschaft unter Einhaltung von Mindeststandards in den Bereichen Umweltschutz sowie sozialer Gerechtigkeit.
2. Ein ganzheitlicher Lebenszyklusansatz, bei dem die Auswirkungen von Investitionen, Maßnahmen und Prozessen auf die Umwelt und Gesellschaft möglichst umfassend betrachtet werden.
3. Das Prinzip der doppelten Materialität, bei dem nicht nur berücksichtigt wird, welche Nachhaltigkeitsrisiken auf eine Wirtschaftstätigkeit hinwirken, sondern des weiteren die Auswirkungen der Wirtschaftstätigkeit auf die Umwelt und Gesellschaft zu prüfen und darzulegen sind.
4. Eine detaillierte Datengrundlage bzw. Transparenz hinsichtlich der drei vorgenannten Dimensionen.

Vor allem der soziale Aspekt hat in jüngster Zeit an Bedeutung gewonnen. So sind Unternehmen im Sinne der Mitarbeitenden Bindung zunehmend daran interessiert, das Wohlbefinden der Mitarbeitenden im Arbeitsalltag zu erhöhen. Das Urban Land Institute hat bereits im Jahr 2014 eine Studie veröffentlicht, aus der hervorgeht, dass WELL-zertifizierte Gebäude aufgrund steigender Nachfrage eine höhere Marktfähigkeit aufweisen, wodurch der Gebäudewert positiv beeinflusst wird.

Hierin liegt auch ein Ansatzpunkt zur Integration von Biodiversität am und um das Gebäude, um konkrete ökologische Aspekte der ESG-Strategie umzusetzen. Freie Flächen können etwa durch Bepflanzung aufgewertet werden und so einen positiven Beitrag leisten, indem die Artenvielfalt gefördert wird oder sich die besonderen Eigenschaften wie der Kühlungs- oder Luftfilterungseffekt der Pflanzen zunutze gemacht werden. Grünflächen

können als Treffpunkt für soziale Interaktionen dienen. Gemeinschaftsgärten oder gemeinschaftliche Aktivitäten rund um Biodiversität können das Gemeinschaftsgefühl stärken und den Austausch zwischen den Bewohner:innen oder Nutzer:innen fördern.

Das Unternehmen leistet damit gleichzeitig einen positiven Beitrag für die Umwelt («E» bei ESG), indem es zur Verbesserung des Mikroklimas beiträgt, den Energieverbrauch des Gebäudes reduziert und durch Entsiegelung der Flächen Regenwasserrückhaltung und –filtration ermöglicht, was wiederum die Wasserqualität verbessert.

Im Gegensatz zu Dämmungen und Heizungssystemen am Gebäude handelt es sich hierbei um Wertsteigerungspotenziale, die direkt nach außen hin sichtbar sind. Unternehmen können durch solche Konzepte erreichen, dass ihr Beitrag zu höheren Umweltstandards und zu sozialer Gerechtigkeit nochmals von einem anderen Adressatenkreis wahrgenommen wird.
Weiterhin ermöglicht die Implementierung von Strukturen zur Steigerung der Biodiversität, mit verschiedenen Stakeholdergruppen wie Anwohner:innen, Mieter:innen, Gemeinden oder Umweltorganisationen in den Dialog zu treten und deren Bedürfnisse und Interessen zu berücksichtigen.

Derartige Maßnahmen sind geeignet, das Image bzw. die Reputation und damit auch die Wettbewerbsfähigkeit des Gebäudes zu steigern.

4. Anpassung an physische und transitorische Klimarisiken

Als Folge des Klimawandels werden sich die Wetterbedingungen in Deutschland stark verändern. Dadurch wird es zukünftig je nach Region zu einer Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Hochwasser, Sturm, Hitze oder Trockenheit kommen.
Um den nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels frühzeitig zu begegnen, sind Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel erforderlich. Dabei besitzt gerade die Begrünung von Städten ein großes Potential, die Auswirkungen von Hitze oder Starkregen in den Städten abzumildern. Hierbei kann insb. der Immobiliensektor dazu beitragen, klimaresiliente Städte zu entwickeln, da dieser mittels präventiver Anpassungsmaßnahmen am Gebäudebestand sowie im Neubau aktiv Einfluss auf die Entwicklung der Städte nehmen kann.

Aufgrund der zukünftig zunehmenden Starkregenereignisse benötigen die Städte der Zukunft mehr Versickerungsflachen, um Kanalsysteme zu entlasten und Hochwasserspitzen abzufangen. Je nach Art und Bepflanzung können hier bspw. Dachbegrünungen einen Wichtigen Beitrag leisten, da diese je nach Bauart zwischen 60 und 90% der Niederschlagsmengen zurückhalten können. Zudem sollte bei Neubauten darauf geachtet werden, so wenig Flachen wie möglich zu versiegeln und bei Bestandsgebäuden bereits versiegelte Flächen nach Möglichkeit wieder zu entsiegeln, um zukünftig ausreichend Versickerungsflächen zur Verfügung zu haben.

Ferner werden in Zukunft auch die Hitzetage und daraus resultierende Trockenheit zunehmen. So spielt bspw. die Entsiegelung auch eine wichtige Rolle, um den sinkenden Grundwasserspiegeln entgegenzuwirken. Die Begrünungen von Dachflächen, Fassaden sowie Außenflächen tragen maßgeblich zur Kühlung der Städte bei und können somit die Anzahl der Tage mit akutem Hitzestress reduzieren.

Der Immobiliensektor kann somit in Form von Begrünungen – sei es auf Dächern, an Fassaden oder auf den Außenflachen – einen wesentlichen Beitrag zur Anpassung der Städte an den Klimawandel leisten.

Für Investor:innen bedeutet dies, dass an den Klimawandel angepasste Gebäude in Zukunft geringeren Risiken ausgesetzt sind. Beispielsweise können Wasserschäden am Gebäude durch Starkregenereignisse minimiert und einer Überhitzung der Fassaden und Innenraume entgegengewirkt werden. Die Gebäudesubstanz wird vor größeren und kleineren Schäden geschützt und somit resilienter. Auch im Sinne der Taxonomie können

Maßnahmen wie Begrünungen am und um das Objekt als Maßnahme für das Klimaziel «Anpassung an den Klimawandel» geltend gemacht werden, was wiederum positiv auf die ESG-Strategie einzahlt.

Eine frühzeitige Anpassung an künftige Gesetzesänderungen und den wachsenden gesellschaftlichen Druck lässt Immobilieneigentümer:innen flexibel reagieren. Dadurch können ggf. Imageverluste und Änderungen im Nachfrageverhalten bei Verschiebungen von Marktpräferenzen aufgefangen werden.

5. Circular Economy als Chance für den Sektor

Die Bau- und Gebäudewirtschaft steht derzeit vor zahlreichen Herausforderungen. Neben den bereits angesprochenen Problemen spielen Lieferengpässe bei Rohstoffen und Materialien sowie der finanzielle Druck durch Inflation und Unsicherheit in der Wirtschaft eine große Rolle. Dazu kommt, dass auf den Bausektor knapp 40 Prozent der Treibhausgasemissionen entfallen. In dieser herausfordernden Umgebung bietet das Konzept der Kreislaufwirtschaft, oder Circular Economy wertvolle Lösungsansätze.

Die Circular Economy bietet zahlreiche Ansatzpunkte für eine nachhaltige Ausrichtung des Sektors. Gebrauchte Materialien und Bauteile können recycelt und in neuen Bauprojekten eingesetzt werden. Das reduziert anfallenden Abfall und spart wertvolle Ressourcen. Daneben können modulare Bautechniken zur Anwendung kommen, die einen einfachen Austausch und die Wiederverwendung von Bauteilen ermöglichen. Der Effekt: Die Lebensdauer von Gebäuden wird maßgeblich verlängert.

Es gibt zahlreiche Designstrategien, die bereits vor dem Bau überflüssige Rohstoffgewinnung und Abfall vermeiden können, sowie Gebäude auf eine langfristige und flexible Nutzung auslegen. Neben der Vermeidung von Schadstoffen und Verunreinigungen kann eine integrative Planung nicht nur die Nutzungsphase antizipieren, sondern auch die Lagerung der Materialien berücksichtigen und deren Eigenschaften erfassen, um so einen Austausch zu erleichtern.
Durch flexible Gebäude und eine Modularisierung sowie die Reduzierung der Materialvielfalt kann eine Umnutzung und ein vereinfachter Umbau und Austausch bereits in der Planungsphase mit einbezogen werden. Mögliche Geschäftsmodelle umfassen hier exemplarisch Sharing-Modelle, bei welchen beispielsweise Fassaden, Decken, Bodenbeläge oder Zimmerpflanzen als funktionale Dienstleistung eingekauft werden und die Wartung und der Austausch vom jeweiligen Anbieter vorgenommen werden.
Auch der Einsatz von wiederverwendbaren oder recycelten Rohstoffen und Materialien ist entscheidend für die Transformation hin zu einem kreislauffähigen Gebäudebestand. Langlebig ausgerichtete Holzgebäude mit Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern haben das Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung und können somit einen wichtigen Beitrag auf dem Weg zur Klimaneutralität leisten.

Der ganzheitliche Ansatz der Kreislaufwirtschaft trägt nicht nur zu mehr Nachhaltigkeit bei, sondern kann auch die Kosten senken und die Effizienz steigern. Durch den Einsatz erneuerbarer Energien und intelligenter Technologien können Bauprojekte zusätzlich umweltfreundlicher und energieeffizienter umgesetzt werden.

Nachhaltiges Bauen und nachhaltige Immobilien sind keine neuen Themen für die Real-Estate-Branche. Neu ist jedoch die Dynamik, die in den vergangenen zwei Jahren rund um Nachhaltigkeit entstanden ist. Und auch während der COVID-19-Pandemie zeigte sich: Unternehmen, die eine hohe Resilienz aufweisen, können die Vorteile gegenüber Unternehmen, die sich zuvor nicht mit derartigen Krisenszenarien auseinandergesetzt haben, klar ausspielen.
Das Thema wird die Branche also auch in Zukunft begleiten, denn mit den Herausforderungen, die sich durch immer rasanter ändernde Umgebungsbedingungen ergeben, können neue Krisen auf die Immobilienwirtschaft zukommen. Unternehmen, die sich schon frühzeitig mit den möglichen Auswirkungen und dazu passenden Lösungen auseinandersetzen, haben daher einen klaren Wettbewerbsvorteil.

Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungs-wirtschaft an den Holzbau

Isabelle Bothe
Verband der Wohnungswirtschaft
Rheinland Westfahlen
Düsseldorf, Deutschland



Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau

1.1. Vorstellung des Verbandes

Heute umfasst die sozial ausgerichtete Wohnungswirtschaft bundesweit etwa 3.000 kommunale, genossenschaftliche, kirchliche, privatwirtschaftliche sowie landes- und bundeseigene Wohnungsunternehmen. Diese Institutionen verwalten etwa sechs Millionen Wohnungen, in denen über 13 Millionen Menschen leben. Im Jahr 2021 bewirtschafteten sie knapp 30 Prozenterrichteten über 32 Prozent aller Mietwohnungen in Deutschland und bilden damit das Rückgrat der Wohnraumverfügbarkeit in Deutschland.

Dem Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen, aus Nordrhein-Westfalen und dem nördlichen Rheinland-Pfalz sind hiervon 475 Mitglieder, davon über 300 Wohnungsgenossenschaften, zugeordnet. In NRW entspricht das 20 Prozent der bewirtschaften Mietwohnungen.

Teils blicken diese Wohnungsunternehmen und -genossenschaften auf eine lange Geschichte zurück, ebenso vielfältig sind die Bestände. Die zentralen Aufgabenbereiche dieser Unternehmen umfassen den bezahlbaren und klimagerechten Wohnungsneubau sowie die generationengerechte und vor allem energetische Modernisierung von Gebäuden. So investierten die Mitglieder der Wohnungswirtschaft deutschlandweit 20,4 Milliarden Euro jährlich in bezahlbaren Neubau und die Schaffung eines zukunftsfähigen Gebäudebestands im Jahr 2021.

1.2. Aktuelle Situation Hoher Wohnraumbedarf im urbanen Raum

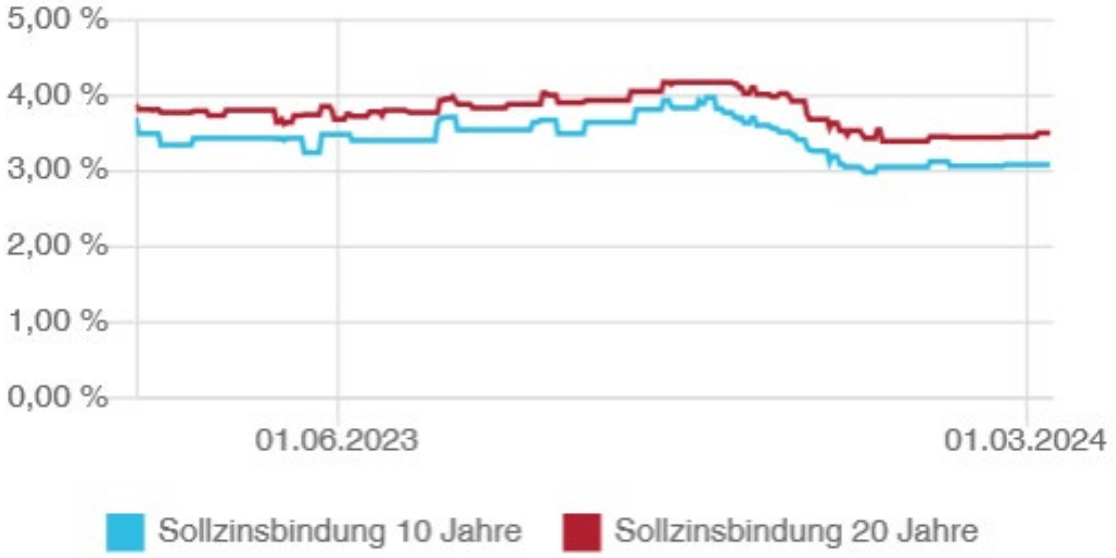
Seit 1990 ist der Bestand an Sozialwohnungen sukzessive um rund 60 Prozent gesunken. Ursächlich waren die vielerorts entspannten Wohnungsmärkte und eine hoher Suburbanisierungsgrad. Der Rückgang an geförderten Wohnungen, insbesondere seit 2018 durch auslaufende Mietpreisbindungen, hat die Situation weiter verschärft. Seitdem die Nachfrage durch eine hohe Binnenwanderung in die Metropolen und Verflechtungsräumen und eine wellenartige Zuwanderung aus dem Ausland, beginnend mit einem starken Zustrom von geflüchteten Menschen ab 2015, zunahm, werden die Wohnungsmärkte vor große nachfragebedingte Herausforderungen gestellt.

Obgleich die Anstrengungen von Seiten der Wohnungswirtschaft immens sind, ist die Wohnungsverfügbarkeit in den sogenannten Schwarmstädten angespannt: Das Wohnungsangebot ist begrenzt, die Nachfrage hoch und die Zahl der neu entstehenden Wohnungen unzureichend. Der Bedarf an bezahlbarem Wohnraum steigt vor allem in Schwarmstädten, Metropolen, Verflechtungsräumen und Universitätsstädten unverändert an. Besonders die mittleren bis unteren Einkommensschichten sowie vulnerable Bevölkerungsgruppen wie SeniorInnen, Alleinerziehende und Menschen mit Migrationshintergrund haben Schwierigkeiten, bezahlbaren, guten und lagegünstigen Wohnraum zu finden. In Anbetracht der derzeitigen Entwicklungen der Baufertigstellungsfragen scheint eine zeitnahe Entlastung des Wohnungsmarktes unwahrscheinlich. Es müsste großflächig neu gebaut werden, um die angespannten Wohnungsmärkte zu entlasten und das Angebot an bezahlbaren und klimagerechten Wohnungen bedarfsgerecht zu erweitern.

1.3. Herausforderungen der Wohnungswirtschaft Kosten & Zinswende

Die angespannte gesamtwirtschaftliche Situation beeinflusst die Wohnungswirtschaft erheblich. Trotz aller Bestrebungen stellen vor allem die steigenden Baukosten eine zentrale Herausforderung dar. Insbesondere die Preise für Materialien sind in den letzten Jahren gestiegen, was die Baukosten in die Höhe treibt. Die Bauwerkskosten für die Errichtung eines Quadratmeter Wohnraums in Deutschland haben sich in den letzten 25 Jahren verzweieinhalbfacht. Zusätzlich erschweren gestörte Lieferketten und der fortschreitende Fachkräftemangel die Situation. So erreichten die Baukosten für Wohngebäude gemäß Baukostenindex mit +17,6 Prozent einen historischen Anstieg zu Beginn von 2022. Zwar ist diese Entwicklung derweil wieder rückläufig, (aktueller Stand +2,8 Prozent) doch die schwankenden und bisweilen unberechenbaren Entwicklungen verunsichern den Markt zusätzlich.

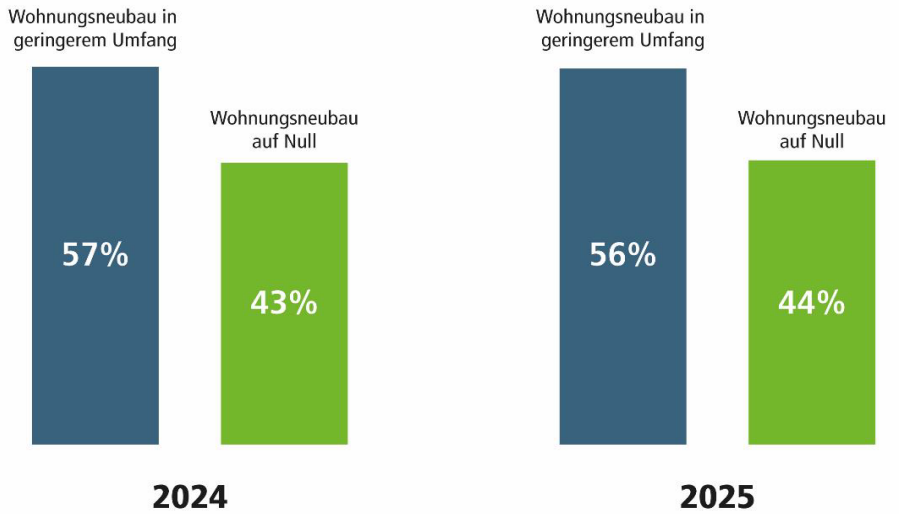
Lange Zeit beflügelte der geringe Basiszinssatz der EZB den Immobilienmarkt. Mit der Zinswende wurde es der sozial orientierten Wohnungswirtschaft jedoch zunehmend erschwert, bezahlbare Mietwohnungen neu zu errichten. Der Anstieg der durchschnittlichen Zinsen für Immobilienkredite mit 10-jähriger Laufzeit stieg binnen 12 Monaten von 0,85 Prozent auf 3,63 Prozent – Spitzenwert im Oktober 2022 bei 3,88 Prozent. Diese Entwicklungen schlagen sich in ausbleibenden Investitionen nieder. Prognostiziert wird aktuell eine im zweiten Halb-jahr 2024 leichte Trendumkehr der Leitzinssenkung.



Quelle: Dr. Klein, Barkow Consulting

Dazu kam die bisher hohe Konkurrenz um geeignete Bauflächen insbesondere auf angespannten Wohnungsteilmärkten bei gleichzeitig ungebremster Baulandpreisdynamik die dazu führte, dass gemeinwohlorientierte Wohnungsunternehmen und -genossenschaften mit renditeorientierten Projektentwicklern um die immer knapper werdenden innerstädtischen Flächen wetteifern müssen.

Aber nicht nur die Preis- und Zinsentwicklung selbst, sondern auch die Unberechenbarkeit der normativen Rahmenbedingungen sowie der Förderpolitik auf Bundesebene sorgen für Unmut in der Baubranche. Abgebildet werden kann diese Unsicherheit vor allem in den sinkenden Baugenehmigungen. Erwartet wird ein Rückgang um 133.000 fertiggestellte Wohnungen zwischen 2023 und 2024.



Quelle: GdW Erhebung, November 2023

1.5 Politische Maßnahmen & Instrumente

Die Wohnungswirtschaft spielt eine bedeutende Rolle für die soziale Gerechtigkeit durch die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum einerseits, stellt aber andererseits auch einen entscheidenden Faktor für die wirtschaftliche Stabilität dar. Damit weiterhin ausreichend bedarfsgerechter Wohnungsbau entstehet und dadurch auch wirtschaftliche Impulse auf die Bauwirtschaft erfolgen können, ist es notwendig, sowohl baugesetzliche Erleichterungen umzusetzen, als auch förderpolitische Maßnahmen zu ergreifen. Während die Neubauförderung auf Bundesebene aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive mit der Umstellung der KfW-Förderung seit 2022 unzureichend bleiben, lassen Weiterentwicklungen im Rahmen der BauGB-Novelle u.a. auf sich warten.

Auf der Ebene des Landes NRW stellt sich die Situation positiver dar. Die Novellierung der Bauordnungen, wie zum Beispiel das Gesetz Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen (Bau ModG NRW) und die Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (BauO NRW), hat den Bau von mehrgeschossigen Holzgebäuden und die erleichterte Aufstockung von Bestandsgebäuden ermöglicht. Spezifische Förderprogramme, wie zuletzt die Wohnraumförderungsbestimmungen 2024 in Nordrhein-Westfalen, sollen den Einsatz nachhaltiger Baustoffe wie Holz unterstützen.

So wurden die baurechtlichen Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in den urbanen Räumen von Nordrhein-Westfalen geschaffen. Mit dem Bau ModG NRW und dem Inkrafttreten der Landesbauordnung (LBO) können in NRW seit Anfang 2019 auch mehrgeschossige Holzgebäude der Gebäudeklasse (GKL) 4 und 5 gebaut werden. Zudem bringt die im Juli 2021 in Kraft getretene novellierte BauO NRW Erleichterungen bei Dachausbauten und Aufstockungen. Der Einsatz von Holz kann zudem mit einem Zusatzdarlehen in Höhe von 1,30 Euro je Kilogramm Holz gefördert werden (maximal 17.000 Euro je Wohneinheit). Voraussetzung für den Erhalt der Förderung ist, dass das eingesetzte Holz fest im Gebäude verbaut ist und aus nachhaltigen Quellen stammt. Insgesamt wird das Zusatzdarlehen für das Bauen mit Holz aus Sicht der Wohnungswirtschaft als ein wichtiges Signal zur Verwendung nachhaltiger und regenerativer Baustoffe verstanden.

Auf Bundesebene bieten mit Zusatzdarlehen finanzielle Anreize, um den Bau umweltfreundlicher und nachhaltiger Wohngebäude zu fördern. Das Instrument «Bundesförderung für effiziente Gebäude» (BEG) ist allerdings noch einigen Unstetigkeiten ausgesetzt. So wurde es im Juli 2022 zunächst deutlich gekürzt um zum 01.01.2024 erneut umfassend zu Ungunsten reformiert zu werden. Zusätzliche Fördermittel für nachhaltige Gebäude (NH-Klasse) mit dem «Qualitätssiegel Nachhaltiges Bauen» (QNG) wurden zwar berücksichtig, sind in der Umsetzung jedoch noch umständlich.

Auch die 2019 beschlossene Anpassung der Musterbauordnung drückt den politischen Willen aus, ungerechtfertigte Benachteiligungen für den Holzbau auszuräumen. Im Frühjahr 2023 gab es einen gemeinsamen Beschluss der Agrarministerinnen und -minister, die Holzbauquote im Wohnungsbau insgesamt auf 30 Prozent zu erhöhen.

Die Weichen der Wohnraumförderung auf Landesebene sind gestellt. Ausbaubedarf besteht nach wie vor in Bezug auf den Abbau baurechtlicher Hemmnisse und Kostenerleichterungen. Aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive brachte die Entwicklung der Bau- und Förderpolitik, vor allem auf Bundesebene, bislang aber nur mäßige Ergebnisse. Zwar gibt es klare Ziele, aber bislang ermöglichen die normativen Rahmenbedingungen, die wirtschaftlich notwendigen Handlungsweisen nicht.

2.

2.1. Nachhaltigkeit | Klimaneutralität & Dekarbonisierung

Die Vereinbarung von Klimaschutzmaßnahmen und der Bezahlbarkeit ist mit Abstand die größte Herausforderung für die bestandshaltende Wohnungswirtschaft. Schon seit Jahren leisten Wohnungsunternehmen kontinuierlich und auf vielen Ebenen ihren Beitrag bei der energetischen Modernisierung des Gebäudesektors. Ziel ist es, dem im Pariser Abkommen fixierten Zwei-Grad-Ziel mit einem klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 nachzukommen. Hierfür muss der Einsatz noch einmal erhöht und ein Großteil des Gebäudebestands saniert werden. Der Wechsel von Energieeffizienz hin zur Klimaneutralität ist ein Paradigmenwechsel, der mit neuen und hohen strategischen Konsequenzen verbunden ist. Der gesamte Gebäudebestand muss in dem Sinne analysiert und nicht mehr nur energieeffizienter, sondern dekarbonisiert werden. Dazu sind andere, umfangreichere Eingriffe in die Gebäudesubstanz notwendig.

Aktuell jedoch stagniert die Sanierungsrate. Sowohl Anzahl als auch Geschwindigkeit der Sanierungen reichen bislang nicht aus, um das gewünschte Ziel zu erreichen. Diese Transformation des Gebäudebestandes bedarf enormer Investitionen, die auf einen Betrag von jährlich 8 bis 14 Mrd. Euro geschätzt werden. Das bringt die Wohnungswirtschaft in einen Zielkonflikt: Zum einen dem sozial-gesellschaftlichen Auftrag nachzukommen und dem Wohnraummangel entgegenzuwirken und bezahlbar zu halten aber auch unter ständig verschärften Vorgaben den Klimaschutz voranzutreiben.

Infolge des gewachsenen Bewusstseins für die Notwendigkeit des Klimaschutzes in den letzten Jahren wächst auch zunehmend das Interesse am Holzbau für Wohnimmobilien. Der Holzbau bietet erhebliche Potenziale für mehr Klimaschutz im Bauwesen, da er energie- und emissionsintensive Baustoffe reduziert, CO_2 bindet und damit auch den Trend hin zu einer ganzheitlichen Betrachtung des Lebenszyklus von Gebäuden und Baustoffen bzw. die damit verbundenen Umweltauswirkungen adressiert. Dahingehend haben moderne Holzbauweisen das Potenzial, neue Standards in Planungsprozessen, Vorfertigung und Qualitätssicherung zu etablieren. So liegen die Genehmigungen im Wohnungsbau in Deutschland mittlerweile bei 13,8 Prozent für Neubauten mit Holz als überwiegend verwendetem Baustoff.

2.2. Serielles und modulares Bauen

Angesichts der Herausforderungen und Anforderungen des Wohnungsmarktes ist die Orientierung hin zu seriellem und modularem Bauen unumgänglich. Sei es schnelles Schaffen von mehr Wohnraum als Geschosswohnungsbau, die Aufstockung und Erweiterung von Bestandsgebäuden oder die Sanierung des Bestandes unter Einsatz moderner Technologien. Als Prämisse sollte bei Systemlösungen die Variantenvielfalt (Geschoss-, Dach-, Grundriss- und Fassadenvarianten) gesetzt werden. Hier wird die Ergänzung durch KI-basierte Systeme in der Zukunft möglicherweise zu einer Vereinfachung der Prozesse führen.

Mit einem hohen Maß an Vorfertigung bietet der Holzbau zahlreiche Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen in diesen Feldern. Durch die Verwendung standardisierter und industriell vorgefertigter Bauelemente können die Bauzeiten deutlich reduziert werden.

Zudem werden durch Massenproduktionen Skaleneffekte erzielt, die die Produktionskosten senken. Standardisierte Prozesse von in Fabriken vorgefertigten Modulen sind wetterunabhängig möglich und reduzieren Baufehler, da hohe Qualitätsstandards angesetzt werden können.

Effiziente Ressourcennutzung und Abfallreduktion tragen zu einer nachhaltigeren Bauweise bei, bei der energieeffiziente Materialien und Technologien die Umweltbelastung reduzieren. Die Möglichkeit zur leichten Demontage und Wiederaufbau unterstützt ebenfalls die bereits erwähnten Bestrebungen zu mehr Kreislaufwirtschaft.

In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass es noch kein flächendeckendes Angebot an herstellenden Holzbau-Betrieben gibt. Auch die Erfahrungen der Planenden sind noch nicht zahlreich. Spezialisten finden sich bislang eher im süddeutschen Raum. Nur allmählich entwickelt sich auch in Nordrhein-Westfalen eine Expertise.

Zudem können die Anbieter noch nicht flexibel genug auf die Bedürfnisse von Wohnungsunternehmen und -Genossenschaften eingehen. Standortbedingte Umplanungen oder Anpassungen gehen häufig mit hohen Zusatzkosten einher, die den Holzbau im Vergleich zur mineralischen Bauweise regelmäßig noch zu unwirtschaftlich machen. Gerade in den höheren Gebäudeklassen und für den bezahlbaren Wohnungsbau ist es deshalb notwendig, kooperativ zu arbeiten und Erfahrungswissen bei der Planung und Vorproduktion aufzubauen.

2.3. Sanierung & Erweiterung

Ein Großteil des Gebäudebestandes der Nachkriegszeit in den Städten ist geprägt von den Siedlungen der 1950er und 60er Jahre. Es handelt sich oft um drei- bis viergeschossigen Zweispänner mit Satteldächern in offener Zeilenbebauung inmitten großzügiger Außenanlagen, oftmals in innerstädtischer Lage. Sie wurden allesamt in einer Zeit vor einheitlichen energetischen Standards erbaut und entstanden schnell, in ähnlicher Bauweise und zahlreich. Typisch für die Bauweise dieser Zeit sind einfache Konstruktionen, die von Sparsamkeit und Materialknappheit geprägt waren.

Bei diesen historischen Beständen hatte sich über die Jahre ein gewisser Modernisierungsstau aufgebaut, der jedoch in den letzten zehn Jahren durch teilweise oder vollständige Sanierungen sukzessive abgebaut wurde. Trotz der bereits geleisteten Maßnahmen seitens der Wohnungsunternehmen und Genossenschaften bedarf es weiterer Aktionen, um diese Bestände bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu gestalten. Während der Großteil bereits über zentrale Heizungsanlagen verfügt, entsprechen einige Gebäude, insbesondere in Bezug aufbauphysikalische Eigenschaften nicht dem zeitgemäßen Standard.

Eine energetische Modernisierung, wie etwa Ertüchtigungen der Fassaden, Fenster, Dächer und Kellerdecken sowie die Erneuerung der haustechnischen Installationen ist heute vor dem Hintergrund der Klimaneutralität und den Bedürfnissen der Mieterinnen und Mieter nach komfortablem Wohnraum unumgänglich.

Die Behandlung des Gebäudebestands aus der Nachkriegszeit umfasst neben den energetischen Aspekten aber auch soziale und baukulturelle Gesichtspunkte. Zumeist sind diese Zeilenbauten, als Zeugen ihrer Zeit, zwar lediglich dem Wohnen vorbehalten und nicht Teil von differenziert genutzten Quartieren, leisten aber bis heute unverzichtbare Dienste. Die Ansätze, um Potentiale von Bestandsbauwerken auszuschöpfen, sind zahlreich. Sie erstrecken sich vom Rückbau von Satteldächern und gleichzeitigem Aufstocken mit Voll- oder Staffelgeschossen, über An- und Umbauten, bis hin zu Fassadensanierung unter Berücksichtigung ästhetischer Gesichtspunkte.

Verschiedene Studien, Pilotprojekte und Start-ups haben bereits potenzielle Lösungen für die Sanierung dieser Bestandsgebäude mit Hilfe von Holzbau und Holzbauelementen aufgezeigt. Ziel der Holzbauindustrie sollte sein, im Dialog mit der Wohnungswirtschaft weiterführende Verfahren für Großsanierungen im bewohnten Bestand zu erstellen. Diese

sollten nicht nur auf experimentellen Ansätzen basieren oder als Einzelfälle dienen, sondern müssen, um den Transformationsprozess in Gang zu setzen, in erweiterter Form umgesetzt werden, um die Potenziale der Bestandsgebäude zu nutzen.

Hierbei sollte darauf geachtet werden, die Eingriffe in das Wohnumfeld während der Sanierungsarbeiten geringzuhalten. Ein vielversprechender Ansatz sind dabei neue technische Möglichkeiten zur industriellen Vorfertigung vollständig aufeinander abgestimmter Sanierungselemente sowie die Integration digitaler Technologien in den Prozess im Rahmen serieller Sanierung.

3. Perspektiven & Chance

Die Wohnungswirtschaft steht vor zahlreichen Aufgaben, für die der Holzbau Lösungsansätze bietet, die es zu nutzen gilt. Die Entwicklung von Geschosswohnungsbauten aus Holz, mit auskömmlichem bauphysikalischem, brandschutztechnischem, statischem Verhalten und nicht zuletzt architektonischer und städtebaulicher Finesse, muss stärker in den Fokus gerückt werden. Solche Wohnräume könnten die nächste Generation von erschwinglichem Wohnraum bereitstellen, die die Branche auf zukünftige Herausforderungen vorbereitet. Ein besonderes Augenmerk kann hierbei auf die Weiterentwicklung bisher experimenteller Einzelprojekte oder Kleinserien bis hin zu Verfahren zu Großsanierungen auch im bewohnten Bestand gelegt werden.

Ob ein erneuter Siedlungsbau-Boom wie in den 1970er-Jahren realistisch oder überhaupt wünschenswert ist, bleibt fraglich. Unstrittig ist jedoch, dass neuer Wohnraum und innovative Konzepte notwendig sind, um Städte und Kommunen langfristig zukunftsfähig und lebenswert zu gestalten.

In welcher Form dieser stattzufinden hat, steht aus. Von Alleinstehenden bis zu Menschen in mannigfaltigen Familienkonstellation mit individuellen und unterschiedlichen Bedürfnissen und Hintergründen, die Nutzerinnen und Nutzer sind vielfältig und flexibel. So dürfen die Herausforderungen der Gegenwart nicht mit den alten Lösungsansätzen angegangen werden.

Die Debatte über die Schaffung von Wohnraum muss zwingend um nachhaltige, soziale und ästhetische Aspekte erweitert werden. Der Fokus muss künftig wieder stärker auf der Schaffung von klima- und generationengerechtem Wohnraum im bezahlbarem Preissegment in integrierten Lagen liegen. Die Schaffung von hochpreisigen, renditeorientierten Projektentwicklungen löst die Bedarfsüberhänge auf den Wohnungsmärkten, wie die vergangenen Jahre gezeigt haben, nicht.
Stattdessen müssen wir uns fragen, wie Räume und Häuser gestaltet werden können, um den gesellschaftlichen Wandel abzubilden und die Chancen dessen auszuschöpfen. Es ist an der Zeit, dass die Baubranche die aktuellen Herausforderungen mit neuen, innovativen Lösungen angeht.

Es gilt die Stärken des Werkstoffs Holz insbesondere beim Bauen in den urbanen Räumen – sei es im Bereich des mehrgeschossigen Wohnungsbaus, bei der Nachverdichtung oder beim Bauen im Bestand und der Modernisierung, auszustellen.

Ziel ist es die Vereinbarkeit von bezahlbarem Bauen, sozialverträglichen Mieten und Klimaschutz, die scheinbar im Widerspruch zueinanderstehen, durch die vermehrte Verwendung des Materials Holz anzugehen. Viele Akteure sind bereit, neue Prototypen zu entwickeln, die zeigen, welche Art von Häusern die Gesellschaft benötigt, um die Lebensräume der Zukunft zu gestalten.

Aus wohnungswirtschaftlicher Sicht können die Herausforderung Wohnungsversorgung unserer Zeit nur nachhaltig gelöst werden, wenn es einerseits auch eine Akzeptanz und Mitverantwortung auf Seiten der Nutzer von Wohnraum gibt und wenn andererseits klimarechtlichen und förderpolitischen Rahmenbedingungen zielorientiert sowie verlässlich gestaltet werden.

Holzbau aus der Sicht eines Immobilienentwicklers

Die UBM Development AG und der konsequente Weg zum erfolgreichen Holzbau-Developer

Dipl.-Ing. Bernhard EGERT, MBA
Head of Timber Construction
UBM Development AG
Geschäftsführer
UBM Deutschland GmbH
Wien, Österreich



Holzbau aus der Sicht eines Immobilienentwicklers

1. Über UBM Development

UBM Development entwickelt Immobilien für Europas Metropolen. Der strategische Fokus liegt auf Green Building und Smart Office in Großstädten wie Wien, Berlin, München oder Prag. Mit über 150 Jahren Erfahrung bietet die UBM von der Planung bis zur Vermarktung alle Development-Leistungen aus einer Hand an.

Die Aktien sind im Prime Market der Wiener Börse gelistet, dem Segment mit den höchsten Transparenzanforderungen. Der Hauptsitz der UBM Development AG befindet sich in Wien. Darüber hinaus verfügt das Unternehmen mit seinen Tochtergesellschaften über ein effizientes lokales Immo-Netzwerk in Zentraleuropa. Eine starke lokale Vernetzung und eine hohe Marktexpertise ermöglichen das zeitnahe Erkennen und Realisieren von Marktopportunitäten, um die zukünftige Pipeline zu sichern.

Die UBM hat sich 2020 das Ziel gesetzt, zum führenden Projektentwickler im Holzbau zu werden. Seit 2021 arbeiten wir daran, einen wesentlichen Teil unserer zukünftigen Projekte in Holz- und Holzhybridbauweise zu projektieren und errichten.
Heute – per Q1 2024 – stehen wir bei einer Holz-Projektpipeline von über 300.000 m² Geschossfläche in über 10 Projekten. Damit entstehen bis 2027 zukunftsweisende Wohnungen und Büros aus Holz in Wien, München, Frankfurt, Mainz, Düsseldorf und Prag.

Mit dem «Timber Pioneer» errichtete die UBM das erste Bürogebäude in Holz-Hybrid-Bauweise mitten im neuen Frankfurter Europaviertel.
Im zweiten Wiener Gemeindebezirk wird das Stadtentwicklungsgebiet «LeopoldQuartier» auf einem Areal von 23.000 m² zur Gänze in Holz-Hybridbauweise errichtet. Geplant sind Wohnungen, City Apartments, gewerblich genutzte Flächen und ein Kindergarten mit einem gesamten Ausmaß von rund 75.000 m² Bruttogeschoßfläche.

Neue Wohnbauprojekte in Mainz, München und Prag sind in Vorbereitung bzw. wurden bereits in Holzbauweise errichtet.

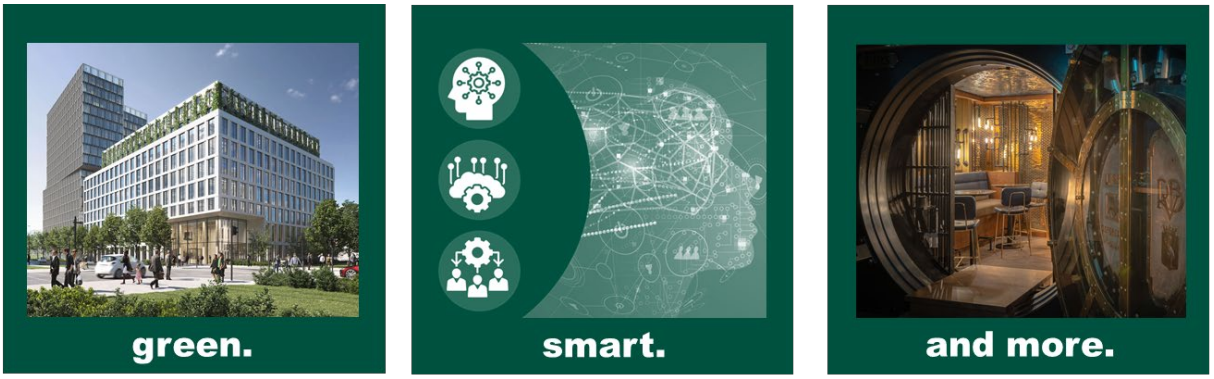


Abbildung 1: UBM Strategie *green.smart.and more.* [1]

2. Die 2020er Jahre – das grüne Jahrzehnt?

Aktuelle Krisen – Zukunftsfragen

Die letzten Jahre waren geprägt von sich nahezu überschlagenden Krisenmeldungen. Viele Jahre war es für die Politik und die Mehrzahl der Menschen nicht vorstellbar, dass Krieg in Europa herrschen kann und damit maßgebliche Verwerfungen in unserem Wirtschaftssystem einhergehen. Die akuten Probleme, Inflation, Energiepreise, Zinserhöhungen und nicht zuletzt die Nachwirkungen der Pandemie betreffen uns alle unmittelbar und werden uns auch die kommenden Monate intensiv beschäftigen. Dennoch, die wichtigsten Zukunftsfragen bleiben:

Wie meistern wir die Klimakrise und schaffen gesellschaftlichen Wohlstand bei geringerem Ressourcenverbrauch?

Wie kann unsere Gesellschaft ein Wirtschaftssystem schaffen, das langfristig für uns Menschen und unseren Planeten funktioniert?

Haben wir Antworten auf die Fragen von …



- unseren Kindern:

  Was machst Du persönlich dafür?
- unseren Aktionären:

  Wie sind Gewinne, steigende Unternehmenswerte und nachhaltiges Wachstum erreichbar?
- unseren Stakeholdern:

  Welche Rolle spielt euer Unternehmen dabei, die Pariser Klimaziele zu erreichen und wann ist es «Net Carbon Zero»?

Abbildung 2: Kinder für Klimaschutz

Die Immobilienwirtschaft trägt eine große Verantwortung

Die Bau- und Immobilienbrache ist für einen maßgeblichen Teil der weltweiten CO_2-Emissionen verantwortlich. Rund 38% des weltweiten CO_2-Ausstoßes ist der Branche zuzuordnen. Davon entfallen rund 74% auf den Betrieb und rund 26% auf die Errichtung bzw. den Rückbau. Die Größenordnung, welche auf die klassischen Baumaterialen zuzuordnen ist, beläuft sich auf rund 2 Milliarden Tonnen CO_2 jährlich.

Es steht außer Frage, dass sowohl in der Errichtung als auch im Betrieb von Gebäuden ein wesentlicher Schlüssel zur Emissionsreduktion und damit Eindämmung der Klimakrise liegt. Eine massive Veränderung ist im Immobiliensektor im Gange. Holzbau kann dabei ein wesentlicher Faktor sein.

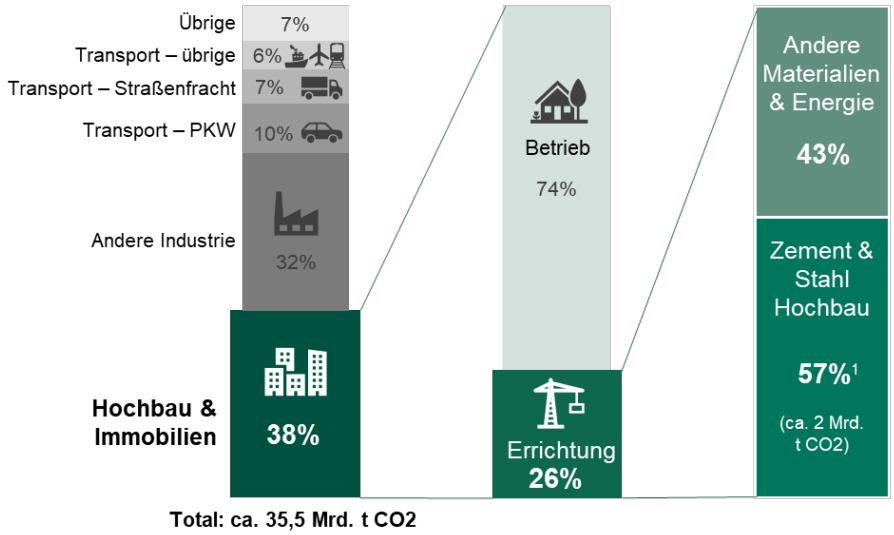


Abbildung 3: Globale CO_2-Emissionen [2]

Die Spielregeln verändern sich

Doch nicht nur das Wissen um die Problematik ist heute klarer als je zuvor, die Rahmen und Vorgaben für die Veränderungen nehmen konkrete Form an. Dies in einer Geschwindigkeit, die für viele in der Wirtschaft noch überraschend ist.
Rahmen- und Regelwerke sind bereits installiert und bekannt. Die Wichtigsten sind:

- UN SDGs – Sustainable Development Goals
- Paris Goals – geeinigte Ziele für den Klimawandel
- Green Deal der EU – das strategische Schlüsselprojekt für Europa

Die Maßnahmen des Green Deal der EU haben mittlerweile einen wesentlichen Einfluss auf die Rahmenbedingungen unseres Geschäftsumfeldes und die Bedeutung wächst stetig. Mit der Taxonomie-Verordnung liegen zwischenzeitlich messbare Kriterien vor.

Wir stehen mitten in der Einführung der neuen europäischen *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) Richtlinie. Diese ist seit Jahr 2024 stufenweise in der EU verpflichtend eingeführt und betrifft dann ab dem Jahr 2026 schätzungsweise 50.000 Unternehmen, welche rund 75% der Unternehmensumsätze in der EU abbilden. [3]

Ebenso ist die neue *Sustainable Finance Disclosure Regulation* (SFDR) gesetzlich beschlossen und ist auf Seite der Finanzmarktteilnehmer seit 2021 schrittweise umzusetzen.

All diese Verordnungen und Richtlinien stellen die Wirtschaft vor die Notwendigkeit, ihre Umweltziele und Emissionsreduktionen konkret zu machen und umzusetzen.

Die Veränderungen in unserem Wirtschaftsleben in den kommenden Jahren werden massiv sein. Sie bringen eine Reihe von Chancen für all die Unternehmen, die sich rechtzeitig darauf vorbereiten.

Die «Zwanziger» unseres Jahrhunderts können das historische Zeitfenster sein, welches die Art und Weise, wie wir Immobilienwirtschaft betreiben, zu einem nachhaltigen Modell verändert.

Profit und Nachhaltigkeit ergeben dauerhaft keinen Widerspruch mehr, im Gegenteil, sie sind unseres Erachtens der Imperativ dieses Jahrzehntes.

3. Holz – der Baustoff für das 21. Jahrhundert

Welche Potenziale bietet der Baustoff Holz für diese Veränderung und ist Holz tatsächlich der «neue» Baustoff für das 21. Jahrhundert?

Von den eingangs erwähnten CO_2-Emissionen einer Immobilie werden rund 26% auf die Errichtungsphase bzw. den Bau und rund 74% dem Betrieb eines Gebäudes zugerechnet. Dies entspricht auch den Ergebnissen der Berechnungen der Ökobilanzen von Neubauprojekten im Portfolio der UBM.

Somit stellt sich die Frage, wo liegt der größte CO_2-Hebel im Bau und wo im Betrieb?
Analysen zeigen, dass der größte Hebel bei der Wahl des Baumaterials liegt – und hier wiederum der Baustoff Holz eindeutig punktet:

- Holz ist ein nachwachsender Baustoff
- Holz speichert CO_2
- Holz erfordert geringere Transportwege

Durch den Einsatz von Holz als Baustoff im Hochbau kann der CO_2-Ausstoß in der Errichtungsphase in einer Größenordnung von 30-50% reduziert werden. Dies ist nach aktuellem Stand der Technik mit keinem anderen Baustoff möglich.
Die Vorteile des Baustoffes aus CO_2-Sicht liegen auf der Hand. Die technischen Eigenschaften von Holz sind hinlänglich wettbewerbsfähig gegenüber konventionellen Materialen. Sowohl die mechanischen Eigenschaften und die Brandbeständigkeit als auch die Langlebigkeit von

Holz sind hinreichend nachgewiesen, sodass der Einsatz von Holz sowohl im Geschosswohnungsbau als auch im Gewerbebau als technisch gleichwertig konkurrenzfähig angesehen werden kann.

Holzbau trägt durch die CO_2 -Speicherung im Holz nicht nur unmittelbar zur CO_2 -Reduktion im Bau bei, sondern bewirkt auch eine Reihe von positiven Veränderungen in der gesamten Prozesskette:

- Hohe Vorfertigung im Werk
- Geringere Transport-Erfordernisse auf der Baustelle
- Kürzere Bauzeit
- Hohe Systematisierung und damit sorgfältige Planung

Holzbau punktet hier zusätzlich ökologisch, sozial und monetär.

Holz bringt darüber hinaus «Soft Skills» mit, welche sich auf die Qualität von Immobilien positiv auswirken, beispielsweise:

- Neue Möglichkeiten der architektonischen Gestaltung
- Positive Auswirkungen auf das Raumklima



Abbildung 4: Timber Pioneer Holzbürohaus – Lobby und Bürogeschoß [4]

Natürlich gibt es beim Einsatz von Holz auch eine Reihe von Herausforderungen, die wir nicht außer Acht lassen können. Aus unserer Sicht sind am wesentlichsten folgende anzuführen:

- Unterschiedliche Genehmigungslage in verschiedenen Ländern/Bundesländern
- Kapazitäten/Vorlaufzeiten der Errichter in der Baubranche
- Know-How bei der Planung von Holzbauprojekten
- Standardisierung von Systemlösungen



Um dem Baustoff Holz den breiten Durchbruch zu ermöglichen, sehen wir die Lösung der vorgenannten Punkte als dringend erforderlich an.

Aktuell ist die Entscheidung, in Holz zu bauen, noch mit einem höheren Aufwand in der Planung und Projektvorbereitung verbunden. Wir als UBM haben uns bewusst für diesen fortschrittlichen Weg entschieden, da wir von den zahlreichen Vorteilen des Baustoffs Holz überzeugt sind.

Abbildung 5: Holzquerschnitt

Wir sehen im Baustoff Holz den wesentlichsten Hebel zur Reduktion des CO_2-Ausstoßes in der Errichtungsphase einer Immobilie und somit ganz klar Holz als Baustoff für das 21. Jahrhundert.

Holz das neue Betongold?

Über viele Jahre haben sich Investitionen in Immobilien als ertragreich und krisensicher erwiesen. Der oft verwendete Begriff «Betongold» war für die letzten Jahrzehnte sicherlich zutreffend – ist aus unserer Sicht aber anzupassen.

Für die kommenden Jahre wird das neue «Holzgold» das alte «Betongold» ablösen. Gebäude aus Holz haben das Potenzial, zum gefragten Investment zu werden und damit werthaltiger zu sein als so manche Immobilie aus den letzten Jahrzehnten.

Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Die Investment-Kriterien aller institutionellen Marktteilnehmer werden zunehmend nachhaltiger. Der Markt für «Sustainable Finance» hat eine Dynamik entwickelt, die vor wenigen Jahren noch schwer vorstellbar war.

Noch 2015 wurden weltweit kaum 100 Milliarden USD in «Sustainable Finance» investiert. Die Instrumente wie Green Bonds und Green Loans stellten eine zu vernachlässigende Größe in den Anlageklassen dar. 2021 wurden bereits über 1.600 Milliarden USD in nachhaltige Finanzinstrumente investiert, und der Trend wird sich in den kommenden Jahren fortsetzen. [5]

Neben den grünen Finanzinstrumenten erweitert sich dieser Markt um ESG-linked Investments als Investitionen in Unternehmen und Immobilien, die sowohl Umweltkriterien als auch soziale Aspekte und Governance Aspekte berücksichtigen.

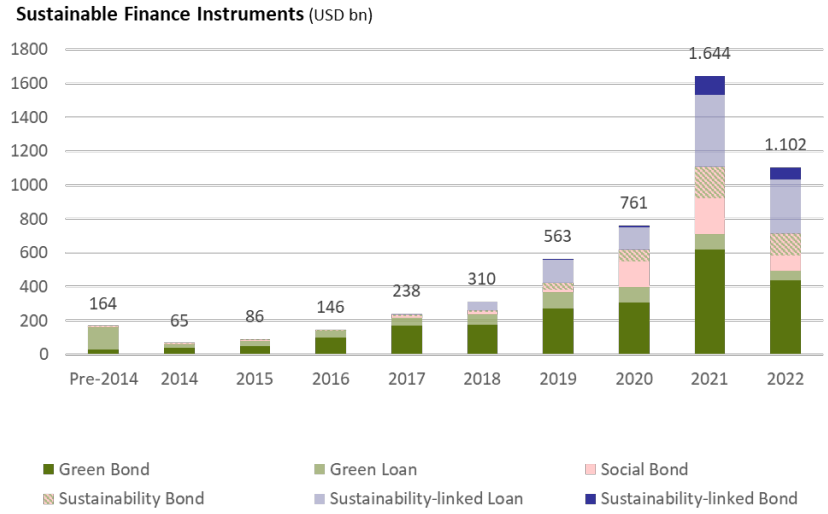


Abbildung 6: Sustainable Finance Instruments [5]

Klar ist, der Kapitalmarkt – ein wesentlicher Treiber der Immobilienwirtschaft – fordert zunehmend «grüne» und nachhaltige Investitionsmöglichkeiten. Wohl jeder Immobilien Fondmanager ist aufgerufen, sein Portfolio messbar nachhaltiger zu gestalten, um für die Anleger langfristig attraktiv zu sein.

Immobilien in Holzbauweise können klare Antworten auf die nachhaltigen Investitionskriterien geben. Sowohl hinsichtlich ihrer Klimarelevanz – der CO_2 Einsparungen –, als auch der Erfordernisse hinsichtlich Kreislaufwirtschaft und Biodiversität.

Wir sehen schon heute eindeutig die hohe Nachfrage der Investoren nach Projekten in Holz- bzw. Holzhybridbauweise.

4. Nachhaltigkeit und Transparenz

Der Einsatz von Holz als nachhaltiger Baustoff erscheint selbsterklärend. Seine Eigenschaften als nachwachsender Rohstoff, als CO_2-Speicher und als regional vorhandene Ressource liegen auf der Hand.

Der Nachweis der positiven Eigenschaften von Holzbau für jedes einzelne Bauvorhaben ist dennoch von maßgeblicher Bedeutung.

Transparenz ist die Voraussetzung, um die bereits vorher erwähnten Richtlinien und Verordnung in Zukunft erfüllen zu können.

Die Taxonomie-Verordnung nennt 6 Ziele in Bezug auf Nachhaltigkeit:



Abbildung 7: die sechs Umweltziele der Taxonomie [6]

Der Einsatz des Baustoffes Holz kann eine positive Antwort auf die meisten, wenn nicht sogar alle dieser Ziele geben und den Nachweis dazu antreten.

Neben den «direkten» Klimazielen (erstes und zweites Umweltziel der Taxonomie) sehen wir den positiven Effekt von Holz auch im Bereich «Kreislaufwirtschaft»: Holz ist nicht nur langlebig, sondern auch gut wiederverwertbar. Eine direkte Wiederverwendung der Bauteile ist ebenso möglich, wie eine Weiterverarbeitung zu einem Holzwerkstoff-Produkt sowie letztlich eine CO_2 neutrale thermische Verwertung am Ende des Lebenszyklus.

Zudem kann der Einsatz von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Biodiversität und der Ökosysteme leisten. Aus Sicht des Projektentwicklers spielen hier Transparenz und Nachweisführung eine wesentliche Rolle. Ähnlich wie

beim Bauen das Green-Building-Zertifikat die Fakten eines Gebäudes objektiviert, sehen wir auch die Zertifizierung des Baustoffes als zwingend an. Die derzeit am Markt bekanntesten Zertifikate dazu sind FSC und PEFC.

Wir werden bei unseren Projekten zukünftig nur Holz zum Einsatz bringen, das ein entsprechendes Nachhaltigkeits-Zertifikat vorweisen kann.

FSC
www.fsc.org
FSC® F000213
Das Zeichen für verantwortungsvolle Waldwirtschaft

PEFC zertifiziert
Dieses Produkt stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen
PEFC
PEFC/06-01-01
www.pefc.at

Die Transparenz und Objektivierung der Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft und Holzindustrie ist aus unserer Sicht eine wesentliche Forderung an die Branche, um den Erfolg des Baustoffes Holz auch langfristig zu ermöglichen.

Abbildung 8: FSC-Kennzeichen & PEFC-Siegel [7]

5. Unser Weg zum Holzbau-Developer

Die UBM geht bei Holzbau einen konsequenten Weg. Wir beziehen von der Standortsuche und vom ersten Entwurf an wesentliche Umwelt- und Klimaaspekte in die Projektentwicklung ein. Wo immer es bautechnisch möglich ist, entscheiden wir uns für Holz als Baustoff.

Nur 3 Jahre nach unserer Entscheidung zum Holzbau-Entwickler zu werden, haben wir eine Projektpipeline von mehr als 300.000 m² in Holz errichtet.
Mit unseren «Timber Family Projekten» sind wir aktuell in Frankfurt, München, Wien, Prag, Mainz und Düsseldorf in 6 Städten aktiv und leisten an manchen Orten Pionierarbeit.

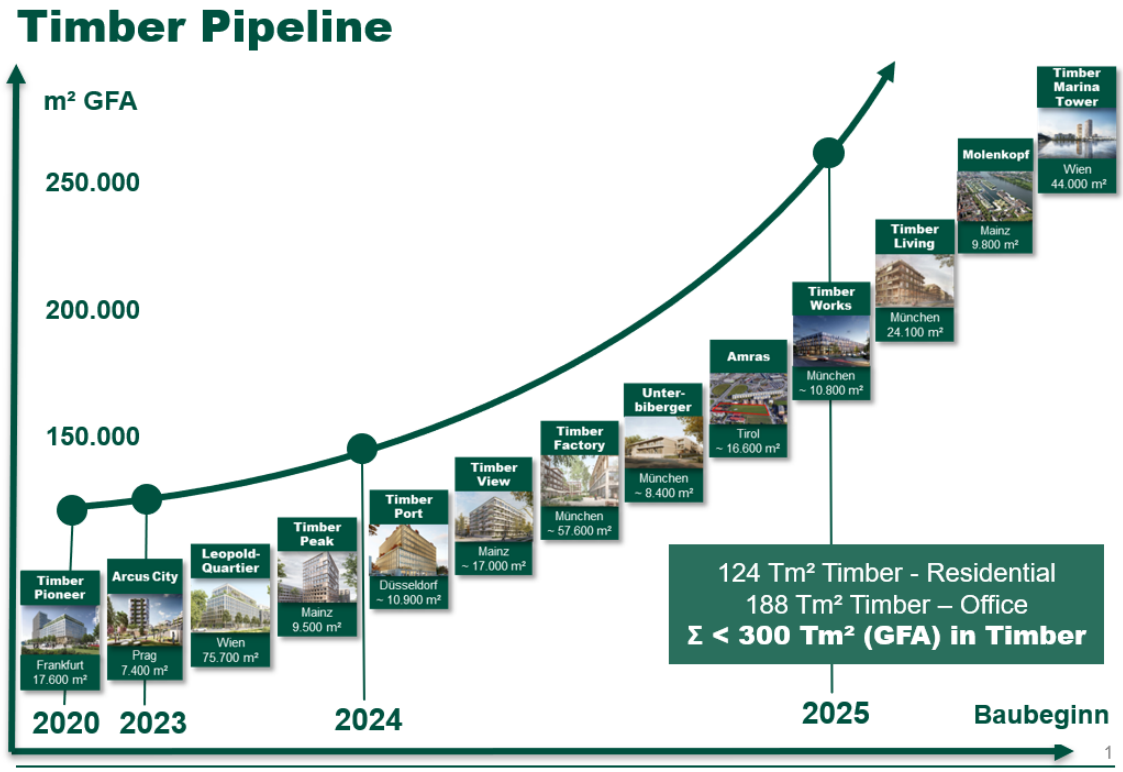


Abbildung 9: Holzbau-Pipelin

Timber Pioneer (DE, Frankfurt)

Pionierarbeit lohnt sich, das zeigt das 8-geschossige Leuchtturmprojekt in Frankfurt am Main. In einem boomenden Viertel der Metropole entstand der «Timber Pioneer» mit rund 15.000 m² vermietbarer Fläche. Er ist Frankfurts erstes Bürohaus in Holz-Hybrid-Bauweise und direkt neben dem ebenfalls von der UBM entwickelten F.A.Z. Tower gelegen.



Abbildung 10: Timber Pioneer Holzbürohaus – Erdgeschoß [8]

Rd. 1.800 m³ FSC-zertifiziertes Fichtenholz wurden hier verbaut. Das speichert langfristig etwa 1.800 Tonnen CO_2 im Gebäude.
Allein bei der Herstellung desselben Volumens an Zement würden 1.000 Tonnen CO_2 anfallen. Der hochmoderne Holz-Hybrid-Bau punktet mit enormen Einsparungen im Vergleich zur konventionellen Bauweise. Konkret sind das fast 1/3 beim Transport wegen des bis zu 70% leichteren Materials, 40% beim Gewicht der Gesamtkonstruktion, ca. 50% bei der Bauzeit durch vorgefertigte Bauteile sowie beeindruckende 80% bei der CO_2-Bilanz des Rohbaus.

Arcus City (CZ, Prag)

Auch in Tschechien leisten wir Pionierarbeit. Mit dem ersten Geschosswohnungsbau in Holzbau in Prag gibt es eine Reihe an genehmigungs- und brandschutztechnische Hürden zu nehmen.
Bei diesem Pionierprojekt entstehen auf rund 5.000 m² Geschossfläche insgesamt 62 Eigentumswohnungen. Die Vorfertigung und Montage läuft seit Juni.



Abbildung 11: Arcus City in Prag – Geschosswohnungsbauten in Holzbauweise

Timber Peak (DE, Mainz)

In Mainz wird das erste Holz-Hybrid-Hochhaus, der 40 m hohe Timber Peak, von der UBM entwickelt. Auf zwölf Stockwerken bietet das Gebäude rund 9.500 m² Bruttogeschossfläche mit flexiblen Grundrissen für die neue Art der Büronutzung – und spektakuläre Ausblicke auf den Hafen.



Abbildung 12: Timber Peak in Mainz [9]

Auf dem Gebiet des ehemaligen Zollhafens Mainz werden etwa 900 m³ Brettsperrholz und 150 m³ Brettschichtholz verbaut. Die Decken des zwölfgeschossigen Gebäudes werden als Holzbetonverbund-Fertigteilsystem mit sichtbarer Holzunterseite ausgeführt. Diese spannen vom Stahlbeton-Gebäudekern zu den fassadenseitigen sichtbaren Holzstützen mit einer freien Spannweite von ca. 6,5 m.

Die besondere behördliche und technische Herausforderung bei diesem Projekt besteht neben der Lage in einem durch Hochwasser gefährdeten Gebiet an den hohen Schallschutzanforderungen zufolge der angrenzenden Industriebetriebe sowie den engen Platzverhältnissen für Baugrube und Baustelleneinrichtung. Mit der modularen Bauweise können diese Anforderungen gut bewältigt werden und in guter Abstimmung mit dem Zollhafen und der Baubehörde konnte die Genehmigungsplanung zügig vorangetrieben werden.

Quartiersentwicklung in Holzbauweise

Wie wegweisend die UBM den Holzbau vorantreibt, zeigen auch die beiden Quartiersentwicklungen in Wien und München. In Wien entsteht das **LeopoldQuartier** auf einem rund 23.000 m² großen Areal nordwestlich der Wiener Innenstadt – dem ersten Bezirk – als erstes zentrales Stadtquartier Europas in Holzbauweise. Auf den 5 Baufeldern sind mit rd. 75.000 m² Geschossfläche Wohnungen, City-Apartments, Büros und eine KITA geplant.

In München entsteht auf 28.000 Quadratmetern die **Timber Factory**, ein gemischt genutztes Quartier mit Produktion, Gewerbehof, Büros und Einzelhandel. Das Areal ist Teil eines prosperierenden Stadtteils. Im Quartier werden durch Holzhybridbauweise und klimafreundliche Energieversorgung hohe Nachhaltigkeitsstandards gesetzt.

Know How als Schlüssel

Unter Federführung unseres UBM-internen Holzbau-Expertenteams analysieren wir im Detail jedes Projekt im Hinblick auf den optimalen Einsatz der zur Verfügung stehenden Materialien und Bauweisen. In dieser Varianten-Analyse fließen unterschiedliche Parameter ein, wie

- Bauzeit und Bauablauf
- Baustellenlogistik
- Vorfertigungsgrad
- Brandschutz & Bauphysikalische Anforderungen

- Vorgaben aus dem Bebauungsplan oder den Bauvorschriften
- Statische Rahmenbedingungen
- Optische Qualitätsanforderungen & architektonisches Gesamtkonzept
- Einbindung der haustechnischen Anlagen
- ESG-Nachhaltigkeitskriterien
- Flächeneffizienz, Flexibilität der Grundrisse & Rückbaubarkeit
- Vergabemodelle (early contracting involvement)
- Wirtschaftliche Parameter
- EU-Taxonomie

Output dieser Untersuchungen ist ein mit allen Fachabteilungen klar festgelegter Projektfahrplan für die optimale Umsetzung des Holzbauprojektes.

Herausforderungen gibt es!

Als einer der Pioniere im Bereich mehrgeschoßiger Holzbau haben wir aber bei unseren Projektumsetzungen einige Herausforderungen zu lösen. Da nicht immer auf langjährig erprobte Lösungen zurückgegriffen werden kann, sondern immer wieder Neuland betreten wird, ist unsere Kreativität gefordert.

Die verschiedenen Bauordnungen und die geforderten unterschiedlichen behördlichen Nachweisführungen erhöhen die Komplexität des Planungsprozesses. Speziell das Prüfingenieurwesen und die Zulassungsverfahren im Einzelfall für nicht normativ geregelten Bauweisen verzögern die Bewilligungsverfahren und bilden einen starren Rahmen mit wenig Flexibilität bezüglich optimierter Umsetzungsoptionen.

Im Bereich Brandschutz konnte in den vergangenen Jahren in Österreich insofern eine Verbesserung erzielt werden, dass nicht reine Anforderungen an Materialqualitäten vorgeschrieben werden, sondern Schutzziele definiert wurden. Die Summe der geplanten Maßnahmen zur Erreichung der vorgegebenen Schutzziele sind im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes frei wählbar und mit der Behörde abzustimmen.

In Deutschland sind derzeit noch Genehmigungen im Einzelfall vorgeschrieben und es kann nur in einem sehr geringen Umfeld auf bereits von einer anderen Baubehörde genehmigte und erfolgreich umgesetzte Bauweisen zurückgegriffen werden.

In dem boomenden Holzbaumarkt ist mittlerweile ein Wettbewerb der besten Köpfe ausgebrochen, da beginnend von der Architekturplanung über die Bauphysik, den Brandschutz, der Tragwerksplanung bis hin zur Ausführung zu wenig Ressourcen vorhanden sind. Auch in diesem Zusammenhang hat sich der Aufbau eines hausinternen Expertenteams als Vorteil erwiesen, um als Bauherr speziell für die Holzbauthemen ein kompetenter Ansprechpartner zu sein und eine optimale Projektabwicklung zu garantieren.

Neue Abwicklungsmodelle in Richtung Partnerschaftsmodelle mit Allianzverträgen ermöglichen effizientere Planungsabläufe und eine Verzahnung der Leistungsphasen, was wiederum eine Verkürzung der Vorlaufzeiten und somit eine wirtschaftlichere Abwicklung zufolge Reduktion der Durchlaufzeiten ermöglicht.

Der Holzbau erfordert mit der industriellen Vorfertigung ein Umdenken der Bauprozesse, was wiederum eine Chance für die schon lange notwenige Steigerung der Produktivität bedeutet.

6. «Act» – Potenziale von Holzbau nützen

Wir als UBM haben uns dazu entschlossen, die Herausforderungen anzunehmen, und die Chancen der Veränderung unseres wirtschaftlichen Wandels zu nutzen und unsere Strategie klar mit green. smart. and more. zu definieren.

Wir sind überzeugt, dass für einen Immobilienprojektentwickler die Investitionen in ernst gemeinte Nachhaltigkeit und Projekte, die tatsächlich einen «grünen» Mehrwert bieten, Erfolgs-Voraussetzung für dieses Jahrzehnt sind.

Holzbau ist einer der wesentlichen Eckpfeiler unserer strategischen Ausrichtung und wir sind überzeugt, die Potenziale dieses Baustoffes und der damit verbundenen Vorteile wirtschaftlich erfolgreich nutzen zu können.

Wir lesen und hören vielfach in der Berichterstattung zur Klimakrise, dass die Staaten, die Wirtschaft und die Gesellschaft vom Reden ins Handeln kommen muss.

Wir als UBM haben damit begonnen.



Abbildung 13: Baum mit Lichtblick

7. Quellenverzeichnis

[1] UBM Development; Michael Nagl; Roland Berger; bloomimages

[2] United Nations Environment Programme: Global Status Report for Buildings and Construction; IEA: Transport sector CO_2 emissions, 2020

[3] Rat der Europäische Union: Neue Vorschriften für die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen: vorläufige politische Einigung zwischen Rat und Europäischem Parlament, 21. Juni 2022

[4] UBM Development; Eike Becker Architekten

[5] Bloomberg, BloombergNEF: volume data as of September 30, 2022

[6] BMWI: Sustainable Finance-Taxonomie, 2020

[7] FSC Deutschland 2020 & PEFC Austria 2021

[8] UBM Development; bloomimages; Eike Becker Architekten

[9] UBM Development; Sacker Architekten

Block A2

Bauen mit Modulen

Einfluss der Gebäudehöhe auf den Schallschutz im modularen Geschossbau – aktuelle Messungen vom Luisenblock West, Berlin

Hendrik Reichelt
Kaufmann Bausysteme GmbH
Reuthe, Österreich



Einfluss der Gebäudehöhe auf den Schallschutz im modularen Geschossbau – aktuelle Messungen vom Luisenblock West, Berlin

1. Einleitung

Die Geschichte von KAUFMANN BAUSYSTEME GMBH beginnt mit Holz. Ganz natürlich. Statt von Innovation sprach man vor über 65 Jahren von Weiterentwicklung und von der bestmöglichen Nutzung des Werkstoffes Holz. Ganz im Sinne der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit. Daran hat sich bis heute nichts verändert.
Mit dem Projekt Hotel Ammerwald in Reutte, Österreich, gelang es 2009 das erste Großprojekt in Modulbauweise umzusetzen. Damit wurde der Startschuss für das serielle Bauen mit Holzmodulen gesetzt, wo zuvor der Holzmodulbau nur für kleine Anbauten oder Einzimmerappartments angewandt wurde. Weitere Projekte mit immer wiederkehrenden, gleichen Wohneinheiten für Hotels, Gesundheitszentren und Studentenwohnheimen konnten in der Folge umgesetzt werden. Mit dem Sudentenwohnheim «Woodie», einem 6-geschossigen Gebäude mit Brettsperrholz als sichtbares Material für die Tragstruktur, konnte das erste Holzgebäude in Gebäudeklasse 5 in Hamburg errichtet werden.



Abbildung 1: Hotel Ammerwald, Reutte; AT
©Adolf Bereuter



Abbildung 2: Woodie; Hamburg; DE
©Götz Wrage

Neben den, für sich als geschlossene Appartements, eingesetzten Raummodulen hat sich die Modulbauweise auch für die Herstellung von Wohnhäusern für Mehrzimmerwohnungen, sowie Schul- und Bürogebäuden etabliert. Das bisher größte von Kaufmann Bausysteme umgesetzte Bauprojekt ist das Bürogebäude auf dem Luisenblock West in Berlin. Das Bürogebäude (17.100 GBF) mit 400 Büros, bestehend aus 455 einzelnen Raummodulen, wurde in einer Bauzeit von weniger als 15 Monaten fertiggestellt und im Dezember 2021 an den Bauherrn übergeben.



Abbildung 3: Luisenblock West; Berlin; DE © Sauerbruch Hutton Gesellschaft von Architekten mbH

Alle diese seriell gefertigten Projekte sind für sich immer Prototypen gewesen, die für die Baugenehmigung den örtlichen Anforderungen an die Tragfähigkeit, den Brandschutz, die Energieeffizienz, … und den SCHALLSCHUTZ entsprechen mussten.
Der Nachweis für die Erfüllung der Schallschutzanforderungen kann bisher in der Holzmodulbauweise nur über Bauschallmessungen vor Ort erbracht werden. Für einen rechnerischen Nachweis steht derzeit kein bauaufsichtlich eingeführtes Bemessungskonzept zur Verfügung. Das planerische Risiko für den Schallschutz liegt somit bei der ausführenden Firma. Um dieses Risiko für Kaufmann Bausysteme stetig zu minimieren, werden schallschutzspezifische Fragestellungen bei laufenden Bauprojekten untersucht.
Bei dem Projekt Luisenblock West wurde der Einfluss der Geschoßhöhe auf den Luft- und Trittschallschutz der Geschoßdecken durch eine systematische Messreihe untersucht, die im vorliegenden Beitrag diskutiert wird.

2. Besonderheiten der Raummodulbauweise in Bezug auf den Schallschutz

Die dreidimensionalen Raummodule werden bei Kaufmann Bausysteme ausschließlich in holzmassivbauweise errichtet und in einer Werkhalle vorgefertigt. Der Vorfertigungsgrad kann hierbei bis hin zu der fest installierten Möblierung ausgeweitet werden. Jedenfalls können alle Oberflächen, Anschlüsse und Installationen in hoher Qualität vorgefertigt und die Montagezeiten auf der Baustelle auf ein Minimum reduziert werden. Die Module werden für gewöhnlich als Quader ausgeführt und bestehen aus vier rechteckigen Wandelementen, einem Boden- und einem Deckenelement. Wird aus mehreren Modulen ein Raum errichtet, zum Beispiel für ein größeres Büro oder Klassenzimmer, so werden Wandelemente durch Träger und Stützen ersetzt.

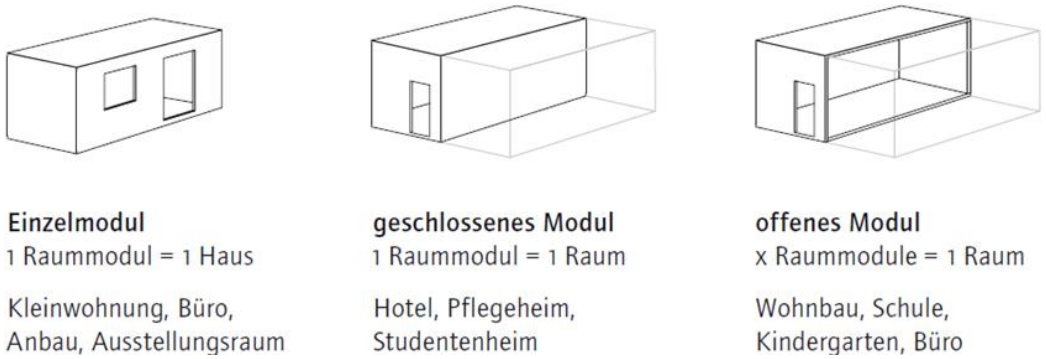


Abbildung 4: Module mit unterschiedlichen Öffnungen (Quelle: zuschnitt 67 Raumstapel S.6; proHolz Austria)

Durch die Fügung der Module auf der Baustelle zu einem Gebäude findet man im Gegensatz zum zweidimensionalen Elementbau immer «doppelte» Trennwände und -decken, die zueinander einen bestimmten Abstand haben. Dies mag auf den ersten Blick zu Mehrkosten führen. Diese werden jedoch durch andere Vorteile, wie eine kurze Bauzeit kompensiert. Zusätzlich sind Vorsatzschalen meist überflüssig. Daraus resultiert, dass die Oberflächen der tragenden Trennwände und -decken optimaler Weise in Holzsichtoberflächen, allenfalls mit einem Anstrich, ausgeführt werden.
Die Mehrschaligkeit der Wände und Decken wirkt sich auf die Direktschallübertragung (durgezogene Linie) positiv aus. Das Fehlen von Vorsatzschalen ist für die Schallübertragung über die Schallnebenwege (gestrichelte Linie) bei den Decken von Nachteil. Aus diesem Grund werden übereinanderliegende Module auf Elastomerlager gestellt. Der Vergleich der Regeldetails der konventionellen Brettsperrholzbauweise in Abbildung 5 und der Holzmodulbauweise in Abbildung 6 verdeutlicht wie bedeutend das Elastomerlager für die Unterbindung der Schallübertragung über die Schallnebenwege ist.

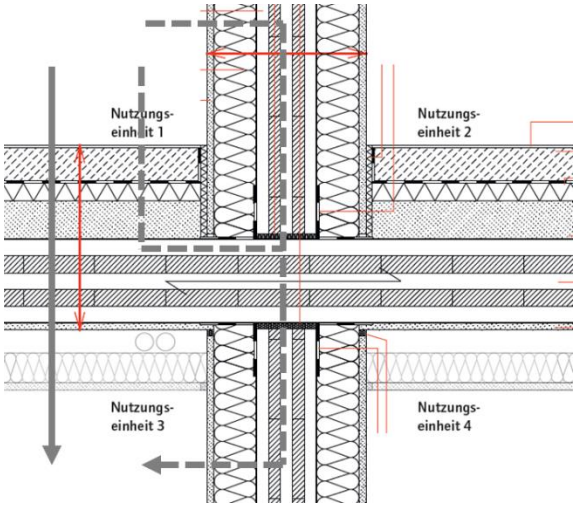


Abbildung 5: Knotendetail Massivholzbauweise
(Quelle: Bauteilfügung twmxgdm02 www.dataholz.eu)

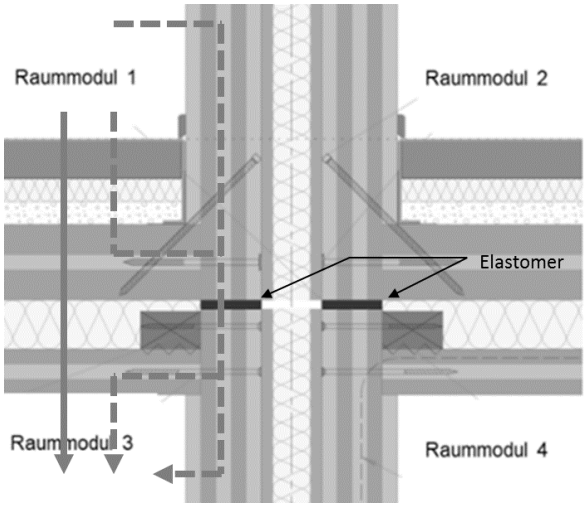


Abbildung 6: Knotendetail Holzmodulbauweise
(Quelle: Kaufmann Bausysteme GmbH)

Um eine optimale Entkopplung durch die Elastomerlager erzielen zu können, müssen diese Aufgrund der vorherrschenden statischen Belastung nach ihrer statischen Belastbarkeit ausgewählt werden. Als Modell für die Auslegung der Lager wird das Prinzip des Ein-Massenschwingers herangezogen und die vorherrschende Eigenfrequenz f_0 bestimmt, die wiederum als Indiz für die Wirksamkeit der Entkopplung herangezogen wird. Auf die genaue Schwingungslehre wird an dieser Stelle nicht eingegangen und auf [1] verwiesen. Die Eigenfrequenz f_0 ist bekanntermaßen proportional von der mitschwingenden Masse m (Gewicht der Module) und der Federsteifigkeit k (dyn. Steifigkeit des Elastomerlagers) abhängig. Dies bedeutet, dass mit steigender Auflast die Steifigkeit des Elastomerlagers erhöht werden kann um die gleiche Abstimmfrequenz zu erhalten. In der Baupraxis werden in einem Gebäude deshalb je Etage unterschiedlich steife Lager eingebaut, von weicher oben nach steifer unten.
Ob diese Theorie des Ein-Massenschwingers auf die Holzmodulbauweise anzuwenden ist wurde mit der im Folgenden diskutierten Messreihe untersucht.

3. Beschreibung der Messreihe am Bürogebäude Luisenblock West

Der Luisenblock West ist ein 7-geschossiges Bürogebäude (EG + 6 OG) in Massivholzmodulbauweise das in einer H-Form orientiert ist. An dem Erschließungskern in Beton-Massivbauweise (Querstich im H) schließen die Holzmodule in alle vier Richtungen an.

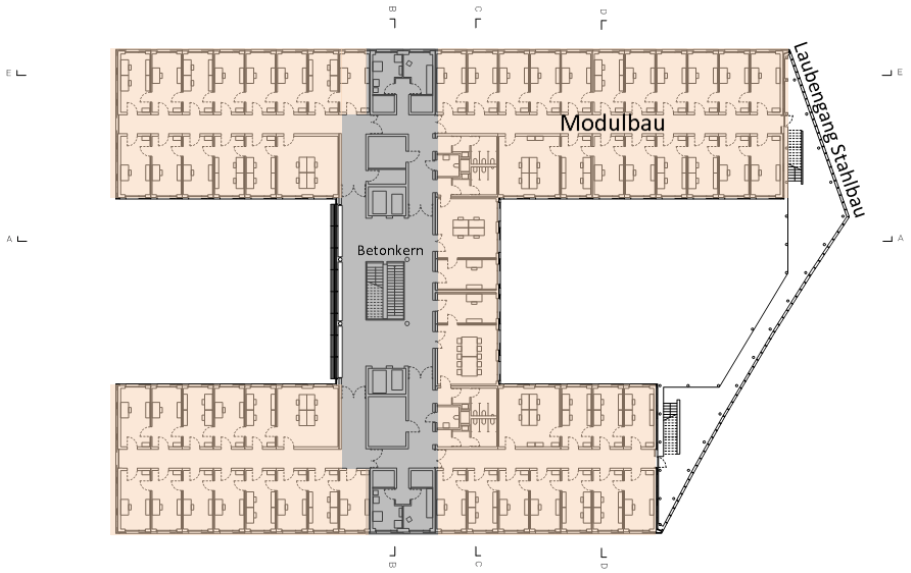


Abbildung 7: Grundriss Luisenblock West © Kaufmann Bausysteme GmbH

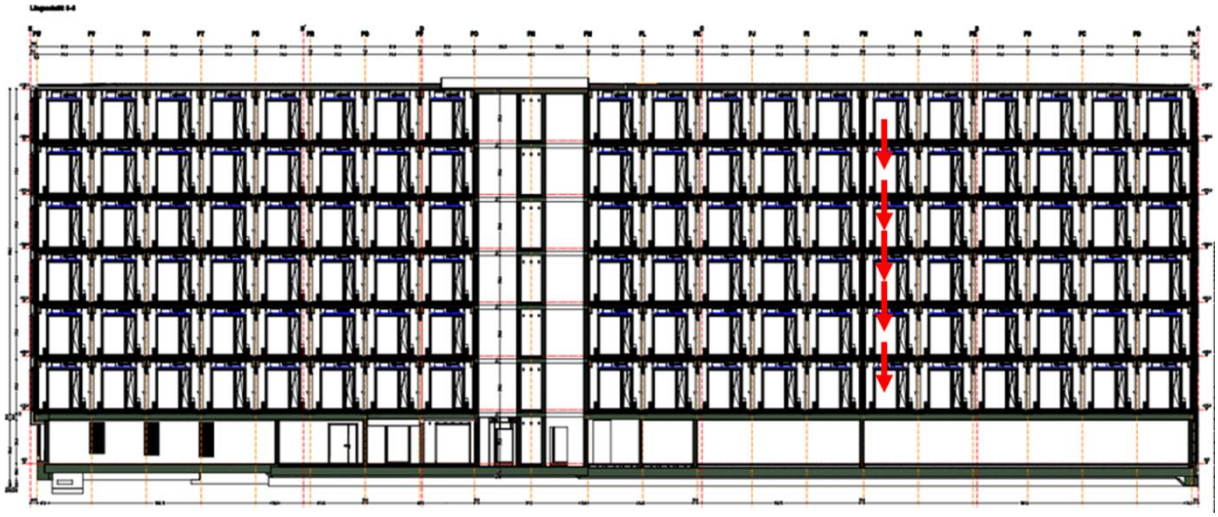


Abbildung 8: Längsschnitt Luisenblock West © Kaufmann Bausysteme GmbH

Zur Untersuchung des Einflusses der Gebäudehöhe auf den Luft- und Trittschallschutz in der Geschoßtrennung wurden insgesamt 44 Trittschallmessungen und 14 Luftschallmessungen an jeweils übereinanderliegende Büros durchgeführt (Siehe ↓ in Abbildung 8). Bei der Auswahl der übereinaderliegenden Räume für die Schallmessung wurde darauf geachtet, dass Module mit unterschiedlicher Orientierung im Gebäude ausgesucht wurden.
Die Anforderungen an den Trittschall wurden mit einem bewerteten Normtrittschallpegel $L'_{n,w} \leq 53\,dB$ und für den Luftschall mit einem bewerteten Bau-Schalldämmmaß $R'_{(w)} \geq 54\,dB$ vom Bauherren festgelegt.
Das holzbau handbuch Reihe 5 Teil 3 Folge 1 Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung [2] definiert das Schallschutzniveau mit Basis, Basis+ und Komfort in Tabelle 2 auf Seite 13. Anhand dieser Tabelle ist die Qualität der verbauten Situation im vorliegenden Projekt besser einzuordnen. Für sämtliche Messungen werden deswegen die Messergebnisse inkl. der Specktrumsanpassungswerte zur Berücksichtigung der Frequenzen ab 50 Hz mit ausgewertet.

Tabelle 2 | Normative Anforderung und Empfehlung für wichtige Zielwerte

		Schallschutzniveau		
	1	2	3	4
	Bauteil / Übertragungsweg:	**BASIS ≙ DIN 4109-1:2018**	**BASIS +**	**KOMFORT**
1	Wohnungstrennwand	$R'_w \geq 53$ dB	$R'_w \geq 56$ dB	$R'_w \geq 59$ dB
2	Reihenhaustrennwand	$R'_w \geq 62$ dB	$R'_w \geq 62$ dB $R_w + C_{50\text{-}5000} \geq 62$ dB [1) 5)]	$R'_w \geq 67$ dB $R_w + C_{50\text{-}5000} \geq 65$ dB [1) 5)]
3	Wohnungstrenndecke	$R'_w \geq 54$ dB	$R'_w \geq 57$ dB	$R'_w \geq 60$ dB
4	Wohnungstrenndecke Trittschallpegel	$L'_{n,w} \leq 53$ dB [3)]	$L'_{n,w} \leq 50$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 50$ dB [2)]	$L'_{n,w} \leq 46$ dB $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 47$ dB [2)]
5	Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
6	Decken unter Laubengängen (in alle Schallausbreitungsrichtungen)	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
7	Treppenlauf und Treppenpodest	$L'_{n,w} \leq 53$ dB	$L'_{n,w} \leq 50$ dB	$L'_{n,w} \leq 46$ dB
8	Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109			Anforderungen nach DIN 4109 inkl. Berücksichtigung $c_{tr,50\text{-}5000}$ für das opake Bauteil [4)]
9	Weitere Bauteile	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-5:2019 [6)]

[1)] ergänzender Luftschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken
[2)] ergänzender Trittschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken
[3)] Sonderregelung für Deckenkonstruktionen, die der DIN 4109-33:2016 zuzuordnen sind, ansonsten $L'_{n,w} \leq 50$ dB
[4)] Für Fensterflächenanteile über 30% gesonderte Betrachtung, reine Bauteilanforderung
[5)] Anforderung an die Doppelschalenwand, beide Wände
[6)] nach jeweils gültiger Fassung oder E-DIN 4109-5:2018

Abbildung 9: Tabelle 2 Normative Anforderungen und Empfehlungen für wichtige Zielwerte aus holzbau handbuch R3T3F1 [2]

3.1. Auswertung Trittschallmessungen

Für die Trittschallmessungen wurde an 7 Positionen (vgl. Abbildung 10) übereinanderliegenden Räumen vom 6. bis zum 1.(wo möglich auch ins EG) ausgewählt.



Abbildung 10: Positionen der Trittschallmessungen ©Kaufmann Bausysteme GmbH

Die Auswahl der Messpositionen wurde so getroffen, dass neben dem Einfluss der Geschoßhöhe weiter Faktoren untersucht werden können, die möglicherweise das Trittschallmessergebnis beeinflussen. Es wurde darauf geachtet, dass vergleichbare Situationen mindesten an zwei unterschiedlichen Stellen im Gebäude gemessen wurden.

- TS .233 Büro als Eckmodul mit Anschluss an die Fluchttreppe
- TS .277 Büro als Modul mit Anschluss an die Brandwand
- TS .241 Büro aus zwei Modulen mit Anschluss an Beton Kern
- TS .338 Büro aus zwei Modulen mit Anschluss an Beton Kern
- TS .330 Büro als Modul zwischen anderen Modulen
- TS .335 Büro als Modul zwischen anderen Modulen
- TS .333 Büro als Eckmodul

Zusätzlich wurden zur Kontrolle auch noch Stichprobenmessungen an weiteren Stellen im Gebäude gemacht.
Für die Auswertung der Messergebnisse wurden folgende Vergleiche angestellt und auf den Einfluss der Geschoßhöhe geachtet.

1. TS .233 mit TS .333 und TS .227
2. TS .330 mit TS .335
3. TS .241 mit TS .338
4. TS .233, .277, .330, .333, .335 mit TS .241, .338

Beispielhaft wird an dieser Stelle die Auswertung für den ersten Vergleich dargestellt. Die Tabelle 1,Tabelle 2 und Tabelle 3 zeigen die bewerteten Einzahlwerte der Messungen. Die Ergebnisse sind in Bezug zur Gebäudeausrichtung in absteigender Richtung angeführt. (oberste Zeile Messung vom 6. ins 5. Geschoss, nächste Zeile Messung vom 5. ins 4. Geschoss usw.)

Tabelle 1: Einzahlwerte Trittschallmessungen Position .233

Messung	M-Nr.	Senderaum (SR)	SR Stockwerk	SR Volumen	Empfangsraum (ER)	ER Stockwerk	ER Volumen	Fläche Trennbauteil	Lage der Räume zueinander	L'n,w	L'n,w+Ci	L'n,w+Ci50
TS	001	6.233	6	51 m³	5.233	5	49 m³	18 m²	übereinander	41	43	51
TS	002	5.233	5	49 m³	4.233	4	49 m³	18 m²	übereinander	42	44	49
TS	003	4.233	4	49 m³	3.233	3	49 m³	18 m²	übereinander	44	44	51
TS	004	3.233	3	49 m³	2.233	2	49 m³	18 m²	übereinander	41	43	51
TS	005	2.233	2	49 m³	1.233	1	49 m³	18 m²	übereinander	42	43	50
TS	006	1.233	1	49 m³	0.233	0	49 m³	18 m²	übereinander	43	44	49
							Anzahl	**6**	**Mittelwert**	**42,167**	**43,5**	**50,2**
									Max	44	44	51
									Min	41	43	49
									Standardabw.	1,169	0,548	0,98

Tabelle 2: Einzahlwerte Trittschallmessungen Position .333

Messung	M-Nr.	Senderaum (SR)	SR Stockwerk	SR Volumen	Empfangsraum (ER)	ER Stockwerk	ER Volumen	Fläche Trennbauteil	Lage der Räume zueinander	L'n,w	L'n,w+Ci	L'n,w+Ci50
TS	028	6.333	6	51 m³	5.333	5	49 m³	18 m²	übereinander	41	43	51
TS	031	5.333	5	49 m³	4.333	4	49 m³	18 m²	übereinander	43	45	52
TS	039	4.333	4	49 m³	3.333	3	49 m³	18 m²	übereinander	44	45	51
TS	042	3.333	3	49 m³	2.333	2	49 m³	18 m²	übereinander	44	46	52
TS	045	2.333	2	49 m³	1.333	1	49 m³	18 m²	übereinander	42	43	50
							Anzahl	**5**	**Mittelwert**	**42,8**	**44,4**	**51,2**
									Max	44	46	52
									Min	41	43	50
									Standardabw.	1,3038	1,342	0,84

Tabelle 3: Einzahlwerte Trittschallmessungen Position .227

Messung	M-Nr.	Senderaum (SR)	SR Stockwerk	SR Volumen	Empfangsraum (ER)	ER Stockwerk	ER Volumen	Fläche Trennbauteil	Lage der Räume zueinander	L'n,w	L'n,w+Ci	L'n,w+Ci50
TS	007	6.227	6	51 m³	5.227	5	49 m³	18 m²	übereinander	40	42	50
TS	008	5.227	5	49 m³	4.227	4	49 m³	18 m²	übereinander	41	44	53
TS	009	4.227	4	49 m³	3.227	3	49 m³	18 m²	übereinander	44	45	52
TS	010	3.227	3	49 m³	2.227	2	49 m³	18 m²	übereinander	43	44	51
TS	011	2.227	2	49 m³	1.227	1	49 m³	18 m²	übereinander	44	45	51
							Anzahl	**5**	**Mittelwert**	**42,4**	**44**	**51,4**
									Max	44	45	53
									Min	40	42	50
									Standardabw.	1,8166	1,225	1,14

Vergleicht man die Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ dieser 16 Trittschallmessungen sieht man, dass zwischen dem maximalen Wert mit 44 dB und dem minimalen Wert von 40 dB gerade einmal 4 dB unterschied sind. Eine Tendenz, dass die Gebäudehöhe eine Rolle spielt, kann aus diesen Messungen nicht wirklich abgeleitet werden. Vergleicht man die Norm-Trittschallpegel inkl. Spektrumanpassungswert $L'_{n,w} + C_{I50-2500}$ ist ein Zusammenhang mit der Geschoßhöhe in keinster Weise herzustellen. Die gleichen Erkenntnisse konnten bei den Vergleichen 2. bis 4. auch festgestellt werden.

3.2. Auswertung der Luftschallmessungen

Für die Luftschallmessungen wurde an 2 Positionen übereinanderliegender Räume vom 6. bis zum 1. Geschoß (wo möglich auch ins EG) ausgewählt:

- LS .335 Büro als Modul zwischen anderen Modulen
- LS .241 Büro aus zwei Modulen mit Anschluss an Beton Kern

Zusätzlich wurden noch Stichprobenmessungen an anderer Stelle im Gebäude gemacht (LS .227 und LS .330). Die Positionen sind im Grundriss in Abbildung 11 Abbildung 11: Positionen der Luftschallmessungen dargestellt.



Abbildung 11: Positionen der Luftschallmessungen ©Kaufmann Bausysteme GmbH

Der Vergleich aller 14 Luftschallmessungen (siehe Tabelle 1Tabelle 4 und Tabelle 5) zeigt für das bewertete Bau-Schalldämmmaß $R'_{(w)}$ einen maximalen Wert mit 66 dB und einen minimalen Wert von 58 dB. Die Messungen liegen somit bis zu 8 dB auseinander. Wird in der Bewertung der Spektrumsanpssaungswert $C_{50-5000}$ mit betrachte, liegt das Schalldämmmaß mit einem Maximum von 61 dB und einem Minimum von 55 dB 6 dB auseinander. Etwas verwunderlich ist, dass sich bei den Büros aus 2 Modulen beim $R'_{(w)}$ die größte Streuung (66 dB bis 58 dB) zeigt, jedoch unter Betrachtung des $C_{50-5000}$ der Unterschied nur noch bei 2 dB liegt (57 dB bis 56 dB). Grundsätzlich ist bei den Luftschallmessung ein geringer Zusammenhang zwischen dem Bau-Schalldämmmaß und der Gebäudehöhe erkennbar.

Tabelle 4: Einzahlwerte Luftschallmessungen bei Büros aus einem Modul

Messung	M-Nr.	Senderaum (SR)	SR Stockwerk	SR Volumen	Empfangsraum (ER)	ER Stockwerk	ER Volumen	Fläche Trennbauteil	Lage der Räume zueinander	R'w	R'w+C50
LS	036	6.330	6	51 m³	5.330	5	49 m³	18 m²	übereinander	63	61
LS	053	5.335	5	49 m³	4.335	4	49 m³	18 m²	übereinander	64	61
LS	052	5.330	5	49 m³	4.330	4	49 m³	18 m²	übereinander	65	60
LS	051	5.227	5	49 m³	4.227	4	49 m³	18 m²	übereinander	61	58
LS	057	4.330	4	49 m³	3.330	3	49 m³	18 m²	übereinander	61	58
LS	062	3.330	3	49 m³	2.330	2	49 m³	18 m²	übereinander	59	57
LS	059	3.227	3	49 m³	2.227	2	49 m³	18 m²	übereinander	59	56
LS	064	2.330	2	49 m³	1.330	1	49 m³	18 m²	übereinander	59	57
							Anzahl	**8**	**Mittelwert**	**61,375**	**58,5**
									Max	65	61
									Min	59	56
									Standardabw.	2,3867	1,93

Tabelle 5: Einzahlwerte Luftschallmessungen bei Büros aus zwei Modulen

Messung	M-Nr.	Senderaum (SR)	SR Stockwerk	SR Volumen	Empfangsraum (ER)	ER Stockwerk	ER Volumen	Fläche Trennbauteil	Lage der Räume zueinander	R'w	R'w+C50
LS	020	6.241	6	106 m³	5.241	5	101 m³	37 m²	übereinander	66	57
LS	050	5.241	5	101 m³	4.241	4	101 m³	37 m²	übereinander	58	56
LS	056	4.241	4	101 m³	3.241	3	101 m³	37 m²	übereinander	62	57
LS	058	3.241	3	101 m³	2.241	2	101 m³	37 m²	übereinander	62	57
LS	063	2.241	2	101 m³	1.241	1	101 m³	37 m²	übereinander	59	55
LS	065	1.241	1	101 m³	0.241	0	101 m³	37 m²	übereinander	59	55
							Anzahl	**6**	**Mittelwert**	**61**	**56,2**
									Max	66	57
									Min	58	55
									Standardabw.	2,9665	0,98

4. Schlussfolgerung

Die Frage ob die Geschoßhöhe auf den Luft- und Trittschallschutz in einem Modulgebäude von Kaufmann Bausysteme einen Einfluss hat konnte geklärt werden.
Im Bereich des Luftschallschutzes kann eine leichte Tendenz erkannt werden, dass die Gebäudehöhe einen Einfluss auf die Schalpegeldifferenz hat. Die Basis + Anforderung konnte jedoch für alle Luftschallmessungen bestätigt werden.
Die Ergebnisse der Trittschallmessungen haben gezeigt, dass der Einfluss der Geschoßhöhe auf die Qualität des Trittschalls keinen signifikanten Einfluss hat. Die Ergebnisse liegen deutlich unter dem, vom Bauherrn geforderten, bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w} \leq 53\,dB$. Mit dieser Bauweise sollte auch das Schallschutzniveau Basis + erreichbar sein da der bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w} + C_{I50-2500}$ inkl. Schallnebenwege im Bereich des geforderten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w} + C_{I50-2500} \leq 50\,dB$ für das reine Bauteil liegt. Die geringe Abweichung der Trittschallmesswerte von gesamt 4 dB deutet auf eine sehr robuste Bauweise hin und bestätigt die Leistungsfähigkeit der Modulbauweise.

5. Literaturverzeichnis

[1] Characteristics of acoustic layers for structural design of timber constructions; Hendrik Reichelt et al.; WCTE 2016 WIEN

[2] Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung; holzbau handbuch Reihe 3 / Teil 3 / Folge 1; 1. Auflage 03/2019; Holzbau Deutschland-Institut e.V

Block B1

Neue Möglichkeiten durch weitgespannte Holzdeckensysteme

Punktgestützt und biegesteif –

Unterzugsfreie Deckenkonstruktionen für den Skelettbau der Stadtwerke Kirchheim unter Teck

Dipl.-Ing. Michael Geiger
Furche Geiger Zimmermann
Tragwerksplaner GmbH
Wendlingen, Deutschland



Punktgestützt und biegesteif –

Unterzugsfreie Deckenkonstruktionen für den Skelettbau der Stadtwerke Kirchheim unter Teck

1. Zielsetzung

Skelettbauten in Form von punktgestützten Stahlbetonflachdecken finden wir in breiter Anwendung und seit langer Zeit vor. Insbesondere für Verwaltungsbauten, Krankenhäuser, u.a. bietet dieser Konstruktionstyp größte Flexibilität in der Raumgestaltung und bei der Ausführung von haustechnischen Deckeninstallationen.
Diese Bauweise wurde ebenso für das neue Verwaltungsgebäude der Stadtwerke Kirchheim unter Teck gewählt – allerdings nicht in Stahlbeton, sondern in Holz ausgeführt.



Abbildung 1: Skelettbau aus Stahlbeton beim Neubau Volksbank Mittlerer Neckar, Wendlingen

Die Stadtwerke Kirchheim formulierten nicht nur Flexibilität als Ziel, sondern stellten den Planern darüber hinaus die Aufgabe, ein nachhaltiges und innovatives Gebäude zu entwerfen. Flexibel und im Laufe der Nutzungsdauer veränderbare Raumaufteilungen sowie die Wahl des Baustoffes Holz erfüllen mehrere Anforderungen der Nachhaltigkeit.
Innovativ ist die Art der Fügung der Brettsperrholzplatten untereinander und die Art der Deckenstützung. Punktgestützt und biegesteif gefügte Brettsperrholzplatten – so der Inhalt dieses Beitrags.
Die Umsetzung des innovativen Tragwerkes wurde mit Fördergeldern des Landes Baden-Württemberg unterstützt.



Abbildung 2: Rendering vom Neubau Verwaltungsgebäude Stadtwerke Kirchheim unter Teck



Abbildung 3: oben Rendering Zielsetzung
unten Innenaufnahme Bauzustand (Stützen sind noch mit Bautenschutzfolie verkleidet)

2. Technische Umsetzung

2.1. Bisherige Lösungen

Skelettbauten aus Holz bestehen in der Regel aus Holzdecken, die linienförmig auf Holzunterzügen aufliegen. Diese wiederum werden von Einzelstützen getragen.

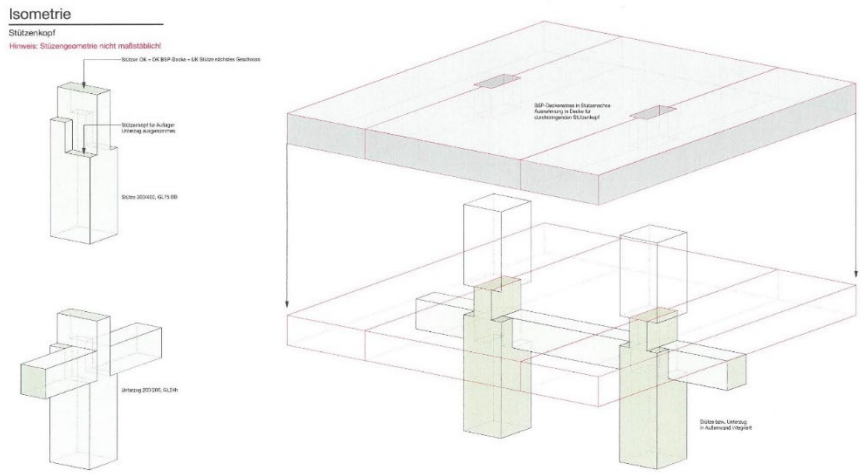


Abbildung 4: Skelettbau aus Einzelstützen, Unterzügen und Brettsperrholzplatten

Unter der Decke liegende Unterzüge bilden häufig eine Barriere für technische Installationen. Die Lösung dafür können in Deckenebene liegende Unterzüge sein, was eine seitliche und damit eine aufwändige Fügung von Decke an Unterzug bedeutet. Bei großen Spannweiten und / oder hoher Lasteinwirkung können Holzträger in diesem Fall durch Stahlträger ersetzt werden. Die Lastabtragung durch die Deckenplatte funktioniert bei dieser Lösung einachsig.

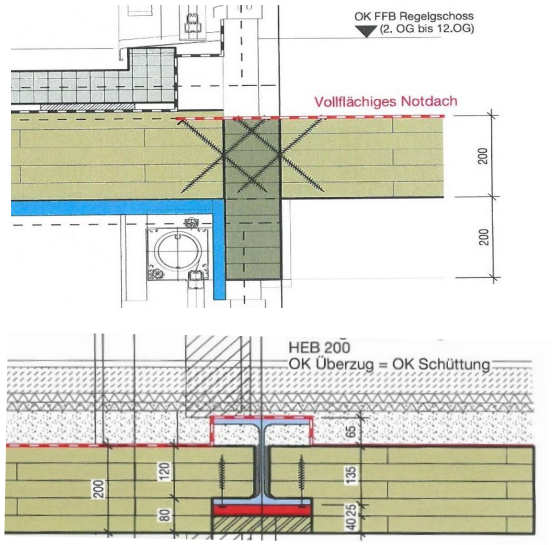


Abbildung 5: Unterzüge aus Holz oder Stahl

Punktgestützte und damit zweiachsig lastabtragende Brettsperrholzdecken werden zwar bereits gebaut, allerdings mit Stützenrastern, die sich im Rahmen von produzier- und transportierbaren Formaten bewegen.



Abbildung 6: Punktgestützte Brettsperrholzplatten – Stützenraster entspricht Plattenformat

2.2. Neue Lösung mit Spider und TC-Fusion

Um bei der Wahl des Stützenrasters unabhängig von den Plattenformaten zu sein, muss die Punktstützung in der Lage sein, große Lasten aufzunehmen und die Brettsperrholzplatten müssen auf der Baustelle biegesteif verbunden werden können.

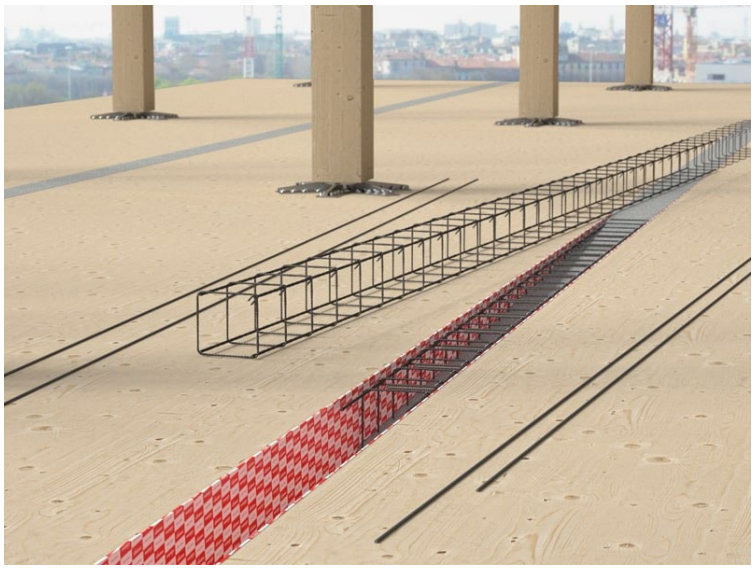


Abbildung 7: Punktstützung über Spider und biegesteifer Stoß über TC-Fusion

2.2.1. Spider

Die sechs «Ausleger» des stählernen Spiders und die zugehörigen Schrägschrauben sammeln die Deckenlasten rotationssymmetrisch ein und geben diese über den mittig angeordneten Zylinder an die Stütze weiter. Pressung quer zur Holzfaser tritt somit nicht auf.

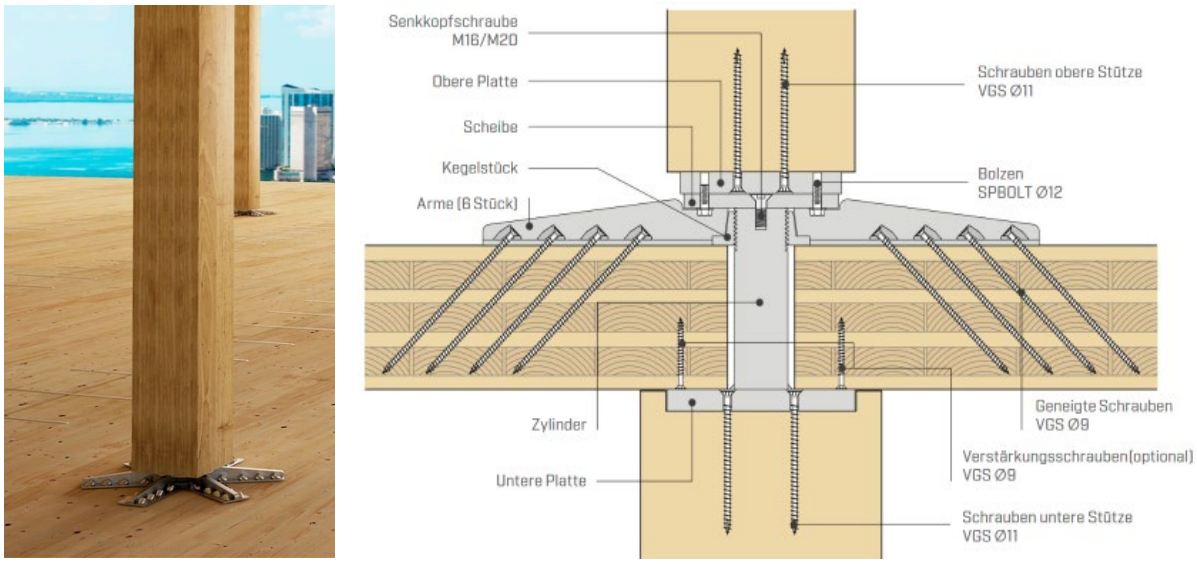


Abbildung 8: Spider Firma Rotho Blaas

2.2.2. TC-Fusion

Wird das Stützenraster größer gewählt als das Plattenformat, müssen die Stöße schub- und biegesteif ausgeführt werden. Ansonsten wird das System kinematisch.

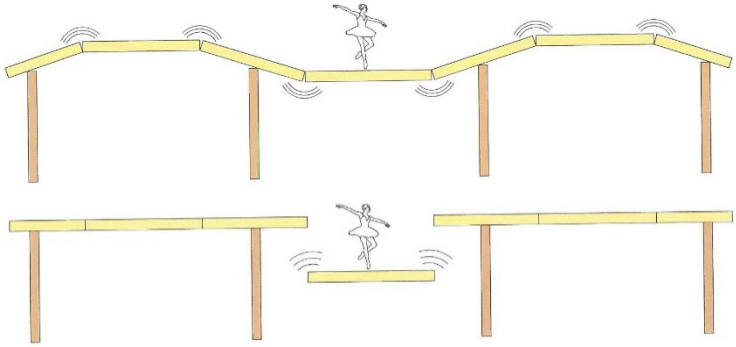


Abbildung 9: Statisches System

Viele Ausführungsmöglichkeiten von biegesteifen Stößen sind sehr material- und zeitaufwändig oder für eine einfache und witterungsunabhängige Montage auf der Baustelle nicht geeignet.

- Stahlplatten und 45° VGS
- Schäftung
- Vorgespannter Plattenstoß
- Eingeklebte Bewehrungseisen und Beton
- Stirnseitige Verklebung
- Eingeklebte Lochbleche

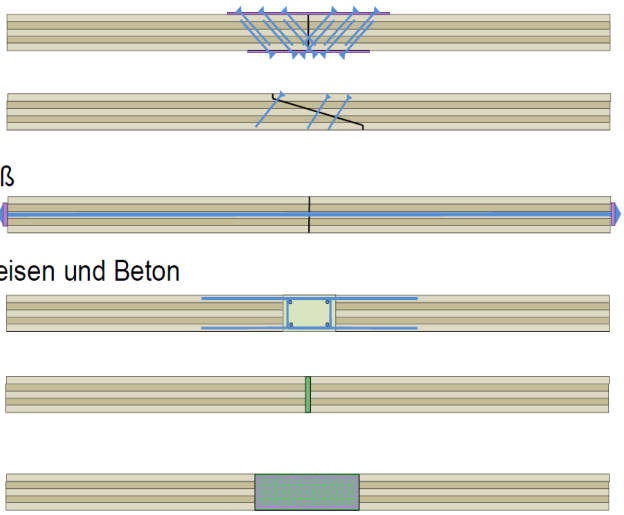
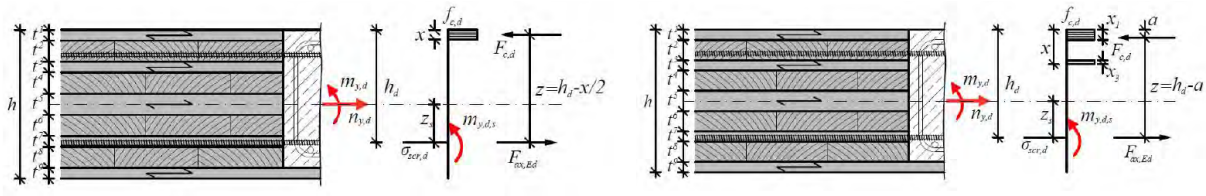


Abbildung 10: Übersicht biegesteife Stöße

TC-Fusion, auch Betongasse genannt, stellt hingegen eine technisch einfache Lösung dar. Vollgewindeschrauben oder Gewindestangen (RTR) werden in die Seitenflächen der Brettsperrholzplatten geschraubt und übergreifen sich im Querschnitt der späteren Betongasse. Ergänzt durch Längs- und Bügelbewehrung stellt der Betonquerschnitt eine robuste Verbindung dar, die Biegemomente und Längskräfte, sowie Schubkräfte in allen Richtungen aufnehmen kann.



Abbildung 11: TC-Fusion (Betongasse)



$$m_{y,d,s} = m_{y,d} + n_{y,d} \cdot z_s$$

$$x = h_d - \sqrt{\frac{f_{c,d} \cdot h_d^2 - 2 \cdot m_{y,d,s}}{f_{c,d}}}$$

$$z = h_d - x/2$$

$$m_{y,d,s} = m_{y,d} + n_{y,d} \cdot z_s$$

$$x = h_d - \sqrt{\frac{f_{c,d} \cdot (t_2^2 + 2 \cdot t_1 \cdot t_2 - 2 \cdot h_d \cdot t_2 + h_d^2) - 2 \cdot m_{y,d,s}}{f_{c,d}}}$$

$$x_1 = t_1$$

$$x_2 = x - x_1 - t_2$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot \frac{x_2^2 + 2 \cdot x_2 \cdot (t_2 + x_1) + x_1^2}{x_1 + x_2}$$

$$z = h_d - a$$

$$F_{ax,Ed} = \left(\frac{m_{y,d}}{z} + n_{y,d} \right) \cdot \frac{e}{b} \leq F_{ax,Rd} = \min\left(F_{w,d}; F_{tens,d} \right)$$

Abbildung 12: Bemessungskonzept

3. Vorfertigung und Montage vor Ort



Abbildung 13: Abkleben der Gasse und Einschrauben der Gewindestangen RTR

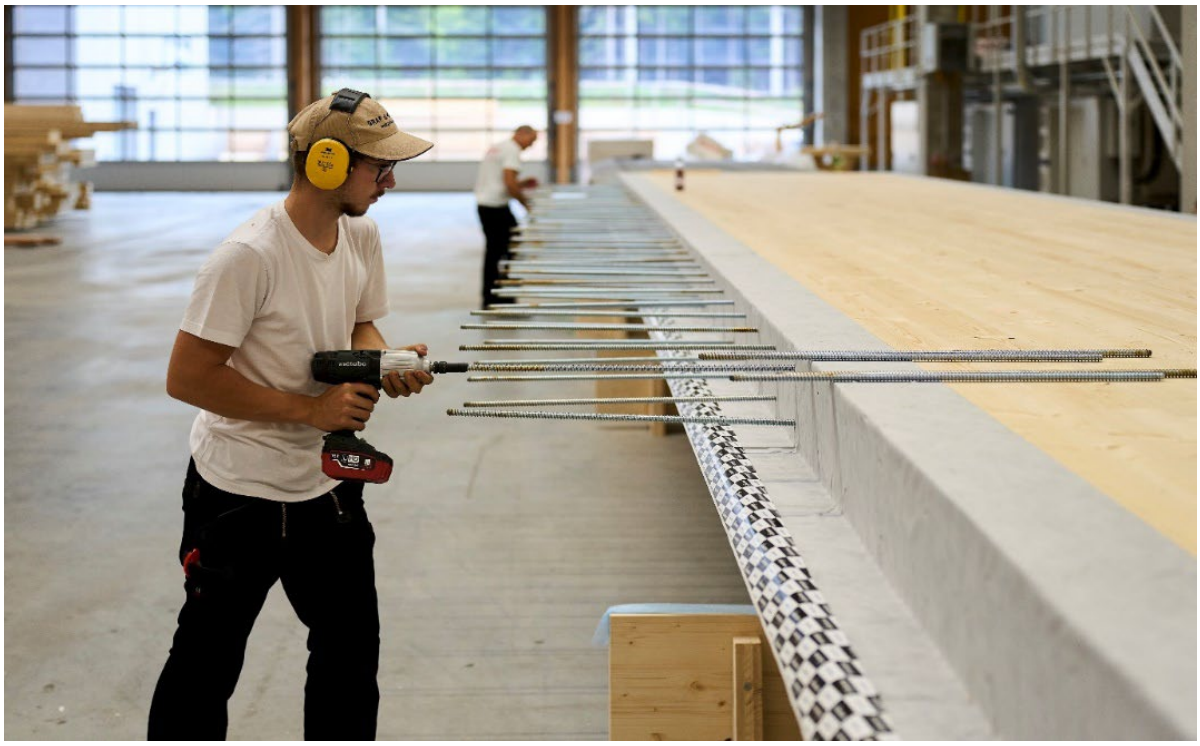


Abbildung 14: Einschrauben der Gewindestangen RTR

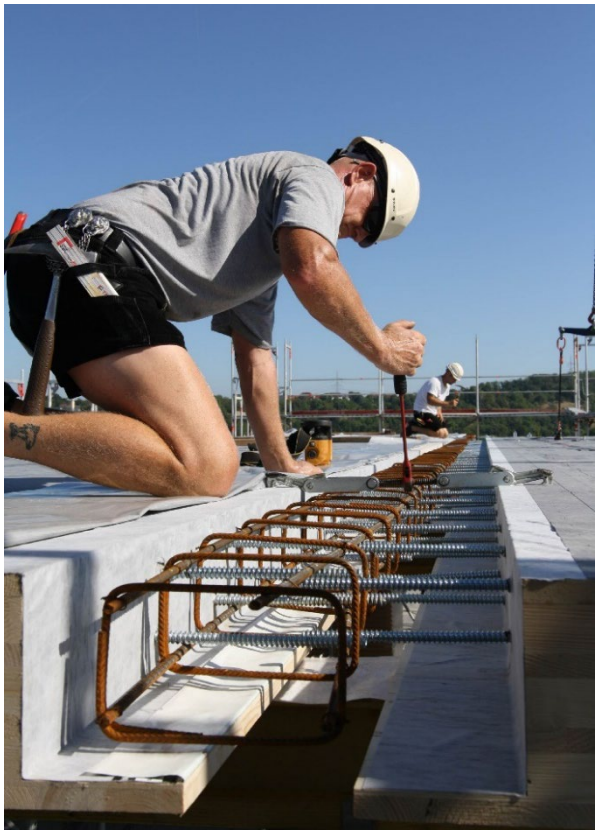


Abbildung 15: Montage vor Ort



Abbildung 16: Verguß der Gasse

4. Zusammenfassung

Mit den neuen Fügungstechniken Spider und TC-Fusion sind weitgespannte und unterzugsfreie Flachdecken aus Brettsperrholz realisierbar. Die Bauweise ist für vielgeschossige Skelettbauten geeignet.

Die Umsetzung auf der Baustelle ist technologisch einfach und witterungsunabhängig.

5. Literatur

[1] Abbildung 1: Skelettbau aus Stahlbeton beim Neubau Volksbank Mittlerer Neckar, Wendlingen (Quelle: Furche Geiger Zimmermann Tragwerksplaner GmbH)

[2] Abbildung 2: Rendering vom Neubau Verwaltungsgebäude Stadtwerke Kirchheim unter Teck (Quelle: BANKWITZ beraten planen bauen GmbH)

[3] Abbildung 3: oben Rendering Zielsetzung (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH) unten Innenaufnahme Bauzustand (Quelle: Furche Geiger Zimmermann Tragwerksplaner GmbH)

[4] Abbildung 4: Skelettbau aus Einzelstützen, Unterzügen und Massivholzplatten (Quellle: Furche Geiger Zimmermann Tragwerksplaner GmbH)

[5] Abbildung 5: Unterzüge aus Holz oder Stahl (Quelle: Furche Geiger Zimmermann Tragwerksplaner GmbH)

[6] Abbildung 6: Punktgestützte Brettsperrholzplatten – Stützenraster entspricht Plattenformat (Quelle: Atlas Mehrgeschossiger Holzbau)

[7] Abbildung 7: Punktstützung über Spider und biegesteifer Stoß über TC-Fusion (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

[8] Abbildung 8: Spider (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

[9] Abbildung 9: Statisches System (Quelle: Roland Maderebner Universität Innsbruck)

[10] Abbildung 10: Übersicht biegesteife Stöße (Quelle: Roland Maderebner Universität Innsbruck)

[11] Abbildung 11: TC-Fusion – Betongasse (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

[12] Abbildung 12: Bemessungskonzept (Quelle: Roland Maderebner Universität Innsbruck)

[13] Abbildung 13: Abkleben der Gasse und Einschrauben der Gewindestangen RTR (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

[14] Abbildung 14: Einschrauben der Gewindestangen RTR (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

[15] Abbildung 15: Montage vor Ort (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

[16] Abbildung 16: Verguß der Gasse (Quelle: Rotho Blaas Deutschland GmbH)

Verklebt – Stirnseitig verbundene BSP-Flächentragwerke im Campus Scolaire Eschdorf

Norbert Wirtz
Steffen Holzbau S.A.
Grevenmacher, Luxembourg



Sven Bill
CEO, Timber Structures 3.0 AG
Pratteln, Schweiz



Verklebt – Stirnseitig verbundene BSP-Flächentragwerke im Campus Scolaire Eschdorf

1. Steffen Holzbau S.A.

Steffen Holzbau ist eines der größten und renommiertesten Holzbauunternehmen Luxemburgs und steht für innovative Holzbauprojekte auf höchstem Niveau. Moderne Architektur, innovative Baustoffe sowie energieeffizientes und nachhaltiges Bauen spielen eine große Rolle. Seit über 30 Jahren entwickelt Steffen Holzbau für jedes Projekt den passenden Materialmix – perfekt durchdacht und professionell ausgeführt.

2. Projektvorstellung Campus Scolaire et Sportif Eschdorf

Das Campus Scolaire et Sportif in Eschdorf ist ein modernes Schul- und Sportzentrum der Gemeinde Esch-Sur-Sûre in Luxembourg, das im Jahr 2024 fertiggestellt wurde. Steffen Holzbau war neben der umfassenden Planung und Konstruktion der Sporthalle in einer Arbeitsgemeinschaft mit der Firma JANS für die Ausführung der Holzdecke, der Dacheindeckung und der Fassade zuständig. Darüber hinaus realisierte Steffen Holzbau auch einen Fahrradunterstand, sowie ein innovatives Vordach. Derzeit steht noch die Fertigstellung der Bobbycargarage aus, die im Laufe des Jahres 2024 montiert und abgeschlossen werden soll.

Die herausragende Besonderheit dieses Projekts ist das Vordach. Die innovative Konstruktion wurde erstmals in dieser Form im BENELUX Raum realisiert. Das Vordach besteht aus Brettsperrholz, das stirnseitig zu einem Flächentragwerk verbunden ist und von robusten Stahlstützen getragen wird. Es stellt ein exzellentes Beispiel für innovatives und nachhaltiges Bauen dar und vereint Funktionalität mit einem ansprechenden Design.
Im Folgenden wird der Prozess von der ursprünglichen Planung über die Entwicklung der neuen Umsetzungsidee bis hin zur Fertigstellung aufgezeigt und auf die Vorteile der neuen Umsetzung eingegangen.



Abbildung 1: Campus Scolaire et Sportif Eschdorf (© Thomas Urbany)



Abbildung 2: Vordach aus Brettsperrholz mit Stahlstützen (© Thomas Urbany)

3. Das Vordach

3.1. Die ursprüngliche Planung

Das Design des Vordachs mit den Stahlstützen erinnert an die Optik eines «Mikadohaufens», welches farblich die bunte Holzfassade des Schulgebäudes aufgreift. Die Besonderheit stellt die Decke bestehend aus einem Brettsperrholz-Flächentragwerk mit Licht-kuppeln dar. Anfangs war das Vordach als Stahlgerippe zur Lastenabtragung mit insgesamt 22 zusammengeschweißten Stahlstreben geplant, welche so angeordnet waren, dass diese auf den schrägen Stützen aufliegen konnten. Insgesamt sollte der Stahlrahmen dann an 44 Stellen und zusätzlich mit den 45 Stützen verschraubt werden. Auf dem Stahlrahmen wären anschließend die Brettsperrholzelemente mit Lichtkuppeln montiert worden.

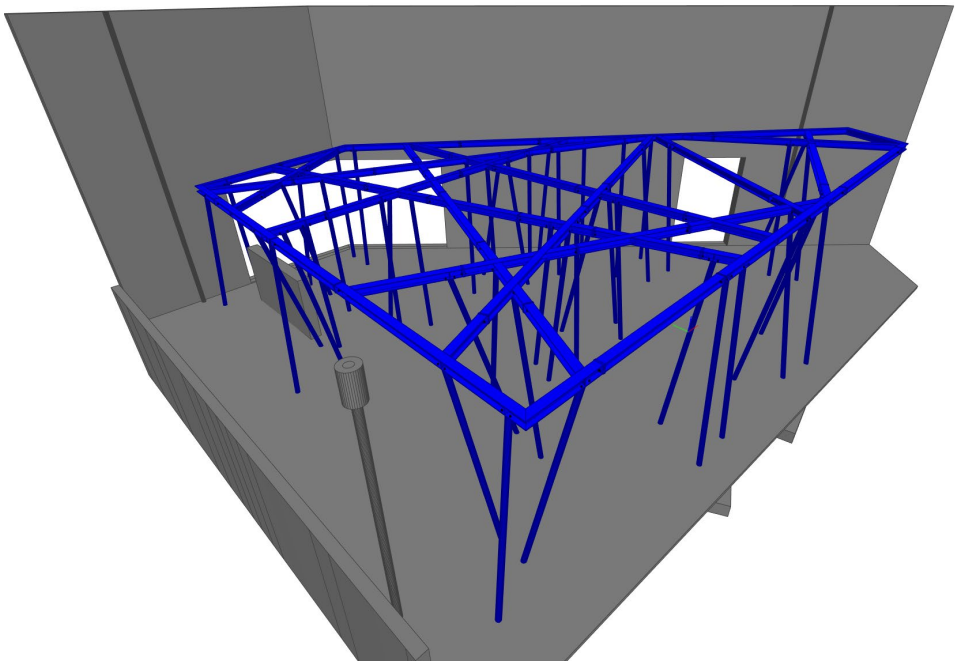


Abbildung 3: ursprüngliche Tragstruktur des Vordachs

3.2. Die neue Umsetzungsidee

Die Konstruktion war seitens Steffen Holzbau bereits bestellfertig geplant. Durch die jährliche Netzwerkveranstaltung Holzbau & Friends ist Steffen Holzbau in einem Vortrag von TS3 (mehr dazu ab Kapitel 4) auf deren neue Technologie aufmerksam geworden. Als innovatives Unternehmen mit dem ständigen Blick nach neuen und nachhaltigen Baustoffen und dem Anspruch, für jedes Projekt eine optimale Umsetzung zu realisieren, wollte Steffen Holzbau das Projekt, trotz bereits fertiger Planung, mit der TS3-Technologie umsetzen. Ein bereits umgesetztes Referenzprojekt von TS3 in der Schweiz unterstützte dabei, den Architekten von Planet+ von der neuen Umsetzung zu überzeugen. Auch das bauseitige Ingenieurbüro Deadalus Engineering hat den Weg mitgetragen und die Statik der Klebefugen gerechnet sowie die Stützen und Fundamente geprüft.

3.3. Die Umsetzung

Anstelle des Stahlgerippes kamen bei der neuen Umsetzung Brettsperrholzplatten zum Einsatz, die mittels TS3-Technologie stirnseitig verbunden wurden.
Von der ursprünglichen Planung und Anordnung der Stützen wurden 4 Stützen in der Lage am Kopf geändert, da diese sonst im Bereich der Durchbrüche der Lichtkuppeln gelegen hätten. Die Größe der einzelnen Platten wurden so definiert, dass nicht zwei Platten gleichzeitig auf einer Stütze aufliegen. Zudem wurde bei der Größe beachtet, dass diese logistisch ohne Sondertransport zur Baustelle geliefert werden konnten.

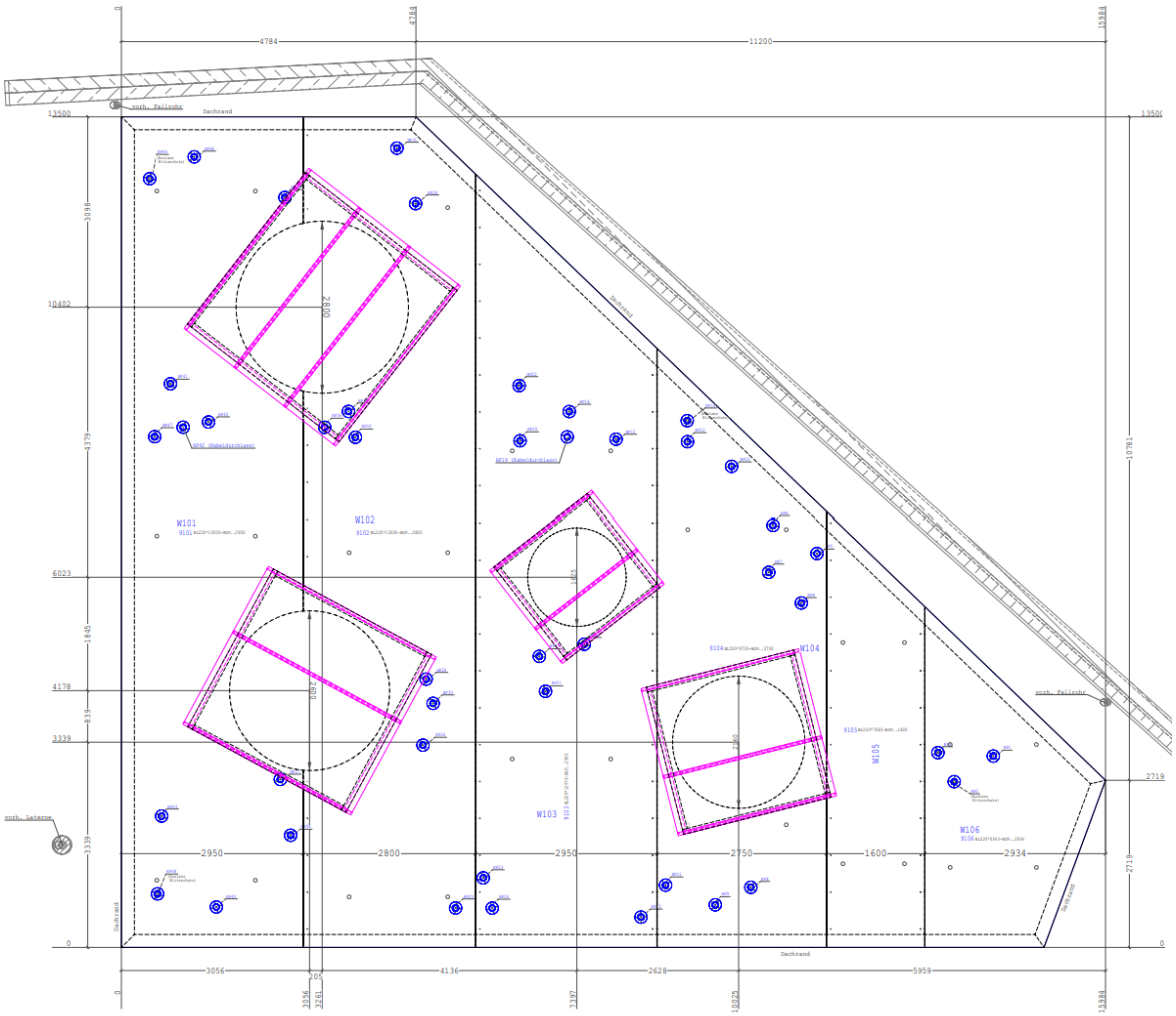


Abbildung 4: Grundrissplanung neue Umsetzung

3.4. Die Vorteile

Ein besonderer Vorteil der neuen Konstruktion ist die deutlich schnellere Montage und die damit verbundene Zeitersparnis. Insgesamt dauerte die Montage der BSP-Elemente inkl. Verkleben der Stöße einen Arbeitstag, was im Vergleich zur ursprünglichen Stahlkonstruktion eine Zeitersparnis von drei bis vier Arbeitstagen bedeutete.

Außerdem konnte das BSP-Flächentragwerk kostenneutral zum vorherigen System erstellt werden.

Zusätzlich konnten durch den Verzicht auf die 5,2 t Stahl des Stahlgerippes CO_2-Emmissionen eingespart werden. Zwar wurde eine stärkere BSP-Decke (Mehrmenge BSP = 17,79m³) verbaut, jedoch weist Holz als nachwachsender Rohstoff eine deutlich positivere CO_2-Bilanz im Vergleich zu Stahl auf.



Abbildung 5: Weitere Ansicht des Vordachs aus Brettsperrholz mit Stahlstützen (© Thomas Urbany)

4. Timber Structures 3.0 AG

«Ein punktgestütztes, zweiachsig tragendes Flachdeckensystem in Holz» war das Ziel, das sich die Holzbauingenieure von Timbatec aus der Schweiz um Stefan Zöllig gesetzt hatten. Sie hatten mehrere Projektwettbewerbe gegen den klassischen Stahlbeton verloren, der mit einem einfachen Stützenraster in Verbindung mit einer Flachdecke in der Lage war, die Statik des Bauwerks auf sehr effiziente Weise zu lösen. Der klassische Holzbau ist zu diesem Zeitpunkt hier an seine Grenzen gestoßen. Im Holzbau waren bisher linienförmige Stützen wie Unterzüge oder tragende Wände notwendig, da Deckenplatten oder Hohlkastenelemente mehrheitlich einachsig tragend eingesetzt werden konnten.

Ab 2010 entwickelte federführend Timbatec gemeinsam mit der ETH Zürich, der Berner Fachhochschule und weiteren Wirtschaftspartnern deshalb ein zweiachsig, bzw. flächig tragendes, punktgestütztes Deckensystem aus Holz. Der Entwicklungsaufwand war grösser, als ein Holzbauingenieurbüro allein stemmen konnte. Das Geschäftsmodell war ein anderes, die Lieferanten und Kunden anders gelagert, die Risiken und der Finanzbedarf grösser. 2014 wurde beschlossen, für die neuen Technologien eine eigene Firma zu gründen, die Timber Structures 3.0 AG, kurz TS3. Gemäss der Philosophie: TS1 steht für Vollholz (rund oder gesägt); TS2 für verklebte Holzbauteile (Brettschichtholz und

Brettsperrholz) und TS3 für die dritte Generation im Holzbau, die völlig neue Formen und Dimensionen ermöglicht. Zentrale Technologie ist die stumpfe stirnseitige Verklebung von Holz, hauptsächlich Brettsperrholzplatten. In den Jahren 2013-2023 wurden rund 40 Bauprojekte mit insgesamt 25'000 m^2 Flachdecken mit den TS3-Technologien in der Schweiz, Österreich und Kanada realisiert. Weitere 35 Projekte mit insgesamt 50'000 m^2 Flachdecken sind bis Ende 2024 beauftragt.

5. Entwicklung der TS3-Verbindung

Die Fragen der Holzbauingenieure waren:

«Wie schaffen wir es, die Vorteile von Stahlbetonkonstruktionen auch im Holzbau zu nutzen?»

«Können wir in Beton denken, aber mit Holz bauen?»

Die Antwort war eine Systemlösung, die es erlaubt, Geschossdecken aus Holz zweiachsig bzw. flächig tragend zu konstruieren und lediglich punktuell abzustützen. Die Voraussetzung dafür war ein zweiachsig tragender Holzwerkstoff. Zunächst standen aufgelöste Trägerrost-Kastensysteme im Fokus. Doch bisher konnte keine industrielle Produktion etabliert werden, die für eine wirtschaftliche Herstellung unabdingbar wäre. Ausserdem war mit Brettsperrholz bereits ein zwar materialintensives, aber wirtschaftliches Produkt am Markt etabliert. Dieses zeigte bei Durchstanzversuchen für punktuelle Krafteinleitung hervorragende Werte. Zur Erzielung der zweiachsigen Durchlauftragwirkung müssen die durch die Herstellung limitierten Plattengrössen auf der Baustelle biegesteif miteinander verbunden werden. Hierfür war bis dato keine praktikable Methode vorhanden.

Aus einem Variantenstudium zur seitlichen Verbindung von Brettsperrholz-Platten folgte die Erkenntnis, dass eine reine Klebeverbindung ausreichend ist, um Stahlbetonkonstruktionen ernsthaft konkurrenzieren zu können. Mit der Untersuchung verschiedener Stoss-Geometrien zeigte eine reine stumpfe Stirnholzverklebung mit Fichtelamellen (SS-F-V) mit 14,7 N/mm^2 (auf Mittelwertniveau) ein ausreichendes Festigkeitspotenzial, um punktgestützte Holz-Geschossdecken mit einem Stützenraster von 8 m x 8 m bei 500 kg/m^2 Nutzlast zu bauen, siehe Abbildung 6 [1].

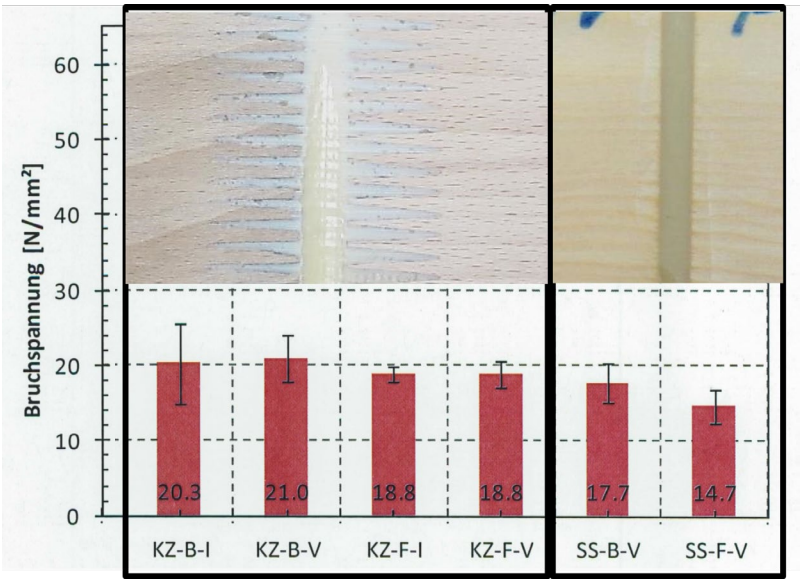


Abbildung 6: Vergleich Verbundfestigkeit von profilierten und stumpf gestossenen Fügeflächen, in der Nomenklatur steht KZ steht für Keilzinkenstoss, SS für Stumpfstoss; B für Buchenholz, F für Fichtenholz, [1]

Zur laufenden Vertiefung und Leistungssteigerung wurden mehrere Forschungsprojekte mit Unterstützung des Schweizerischen Wald- und Holzforschungsfonds sowie der Innosuisse und des Technologiefonds durchgeführt. 8 Bachelor-, 15 Masterarbeiten sowie vier Dissertationen brachten Erkenntnisse über verschiedene Klebstoffsysteme [2], Holzeigenschaften [3], Bearbeitungsparameter der Fügeflächen, Produktionsbedingungen etc. In

Dutzenden Prüfserien, überwiegend bei Zug- und Biegeversuchen wurden tausende von Bruchspannungswerten generiert. Langzeitversuche und Baustellenbedingungen (Kälte [4], Feuchte, Sonneneinstrahlung, Bewegungen etc.) lieferten zusätzliche Erkenntnisse, um das Holzbausystem TS3 heute sicher anwenden zu können.

Die erste Entwicklungsstufe des TS3-Systems wurde mit der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) und der allgemeinen Bauartgenehmigung (aBG) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), welche nach 6 Jahren Erarbeitungszeit Ende 2023 ausgestellt wird, abgeschlossen. Aufgrund der langen Bearbeitungszeit des Zulassung Gesuchs bildet die aktuelle Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung und Allgemeine Bauartgenehmigung bereits nicht mehr den aktuellen Stand der Technik ab. Nach vielen neuen Erkenntnissen aus der praktischen Anwendung sowie aus den vielen Zulassungs- und Forschungsaktivitäten wird bereits die nächste Zulassungsstufe angestrebt. Hierfür wird auf Basis des aktuellen Wissensstands ein EAD erarbeitet. Mit der hieraus entstehenden ETA wird das TS3-System in geografischer wie auch in technischer Hinsicht noch breiter angewendet werden können.

6. Die TS3-Verbindung

Die TS3-Technologie ist ein Bausystem mit einer biegesteifen Verbindung in der Ebene zwischen Brettsperrholzplatten. Die TS3-Verbindung mittels Fugenverguss ermöglicht den Bau von unterzugsfreien Skelettbaustrukturen aus Holz mit schlanken, punktgestützten Platten. Die TS3-Fuge, das Kernstück der Technologie, ist standardmässig 4 mm breit und verfügt auf einer Seite an der Unterkante jeweils über einen Absatz von 20 mm, der die Fugendicke definiert und in Kombination mit einem Dichtungsband die Abdichtung, wie auch einen sauberen Abschluss in Sichtqualität gewährleistet, siehe Abbildung 7.

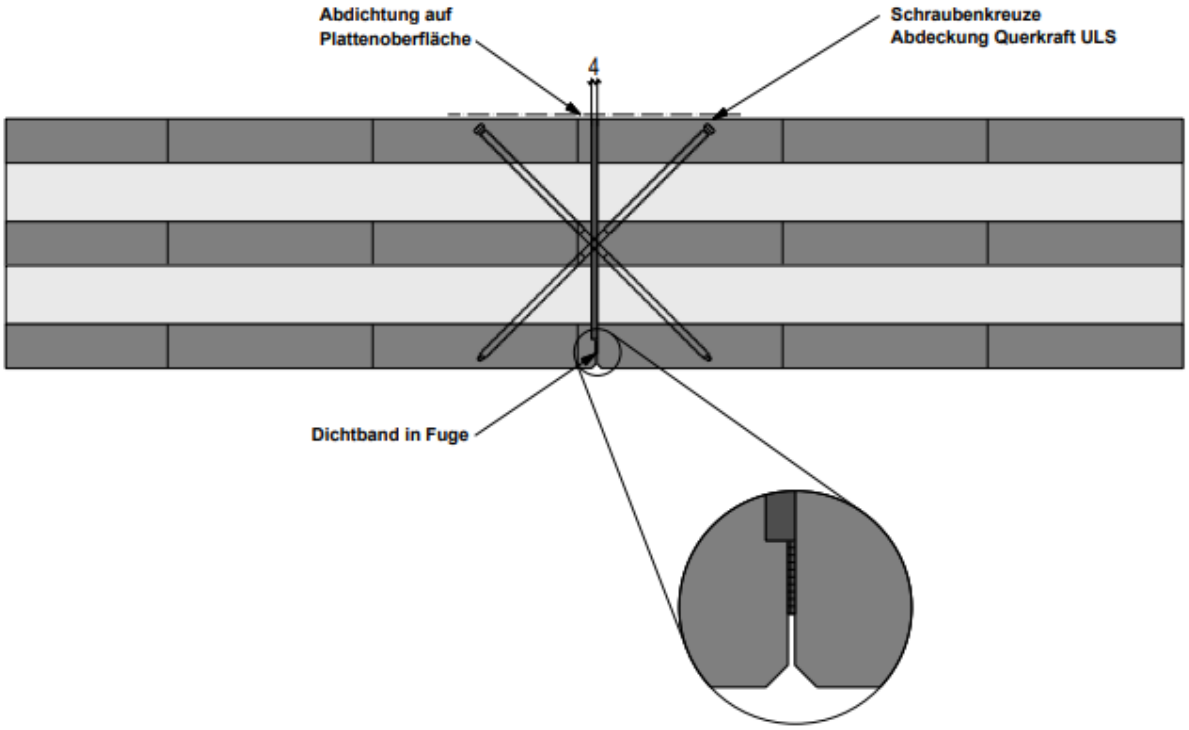


Abbildung 7: Schematische Darstellung der TS3-Fuge.

Zur Qualitätssicherung wird die Fuge vor dem Verguss in 60 – 100 cm lange Segmente unterteilt. Auf der Baustelle wird jedes Segment einzeln mit einem speziellen 2-Komponenten-Giessharz verfüllt. Die entsprechenden Einfülllöcher werden vorgängig auf einer Abbundanlage gebohrt und führen in die zweitunterste Plattenlage, vgl. Abbildung 8. Durch das Verfüllen der Fugen von unten nach oben wird sichergestellt, dass keine Lufteinschlüsse entstehen und die Fugen vollständig mit Gießharz gefüllt sind.

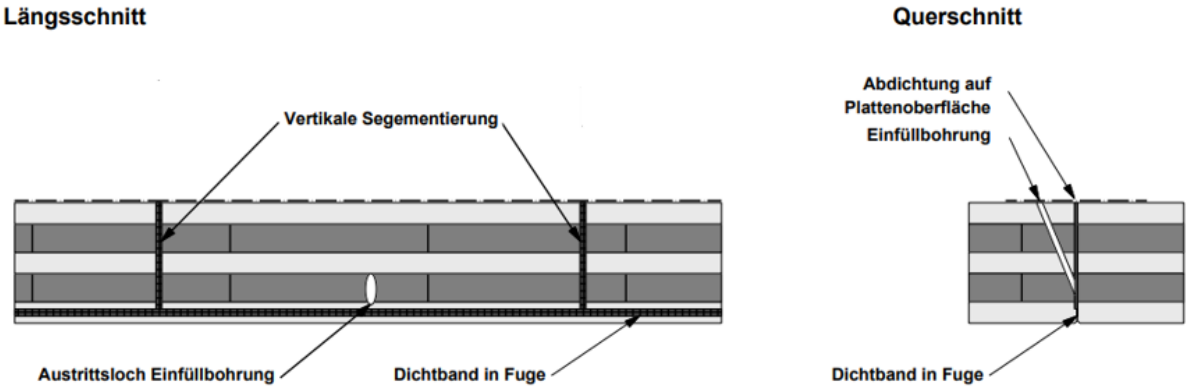


Abbildung 8: Segmentierung der TS3-Fugen.

TS3 befähigt seine Partnerbetriebe durch Schulungen und technische Dokumentationen zur eigenständigen Planung und Ausführung von TS3-Projekten, einschließlich der TS3-Fugen. TS3 bietet seinen Partnerbetrieben jederzeit beratende Unterstützung an.

Zur Sicherstellung der Fugenqualität werden einheitliche Qualitätskriterien und -massnahmen definiert:

- *Vorgaben, Kontrolle und Dokumentation*
  Die Einhaltung der vorgegebenen Materialeigenschaften und Ausführungsbedingungen wird durch systematische Kontrollen sichergestellt und dokumentiert.
- *Intelligentes Ausführungsprinzip*
  Die Segmentierung der Fuge stellt sicher, dass die Topfzeit des Giessharzes eingehalten wird und Auffälligkeiten beim Verguss schnell erkannt werden. Jedes Segment wird von unten her aufgefüllt, bis aus den Entlüftungslöchern Giessharz ohne Blasen austritt. Durch die Verdrängung der Luft nach oben können Lufteinschlüsse in der Fuge ausgeschlossen werden.
- *Qualitätsprüfungen*
  Von den fertigen TS3-Fugen werden gemäss Vorgaben in der abZ/aBG systematisch Prüfkörper entnommen und einer Festigkeitsprüfung im Labor zugeführt.

7. Ausführung der TS3-Verbindung

Die TS3-Fuge wird in zwei Arbeitsschritten ausgeführt:

1. Vorbehandeln der Fügeflächen im Werk
2. Vergiessen der TS3-Fugen auf der Baustelle.

Nach dem Abbund der Brettsperrholz-Deckenelemente werden die Fügeflächen im Abbundwerk vorbehandelt. Die Fügeflächen werden mit dem 2K PUR «TS3 PTS PT192» und geeigneten Spachtelwerkzeugen versiegelt. Diese Vorbehandlung erfüllt gleichzeitig mehrere Zwecke. Sie ermöglicht zunächst die Haftung des Giessharzes auf der Holzstirnseite unter optimalen Werksbedingungen. Im Weiteren wird die frische Schnittkante in ihrem für die Verklebung optimalen Zustand konserviert. Zusätzlich werden die Fügeflächen während des Transports zur Baustelle vor äusseren Einflüssen wie z.B. Feuchteveränderungen geschützt.



Abbildung 9: Fügefläche mit Dicht- und Segmentierungsbänder

Nach der Vorbehandlung und dem Anbringen von Dicht- und Segmentierungsbänder werden die Elemente für den Transport wasserdicht verpackt. Auf der Baustelle werden die Platten ausgepackt, visuell kontrolliert und mit dem Kran gemäss Verlegeplan an die korrekte Position eingehoben. Die Auflagerung erfolgt auf Wänden, Stützen oder falls erforderlich auf Lehrgerüsten und werden ggf. mit Sprießen unterstützt. Die Oberseite der TS3-Fugen wird mit transparentem Klebeband abgedichtet, vgl. Abbildung 10. Das 2K-PUR-Giessharz TS3-PTS CR192 wird durch die vorgesehenen Einfüllbohrungen injiziert, siehe Abbildung 11. Das Giessharz erreicht nach zwei Tagen 80 % und nach 10 Tagen 100 % seiner Endfestigkeit. Temperaturen deutlich unter- oder oberhalb von 20 °C verlangsamen, resp. beschleunigen die Aushärtung. Für kühle Temperaturen wurden durch TS3 entsprechende Massnahmen entwickelt, um die erforderlichen Festigkeiten zu erreichen.



Abbildung 10: Abgeklebte TS3-Fuge

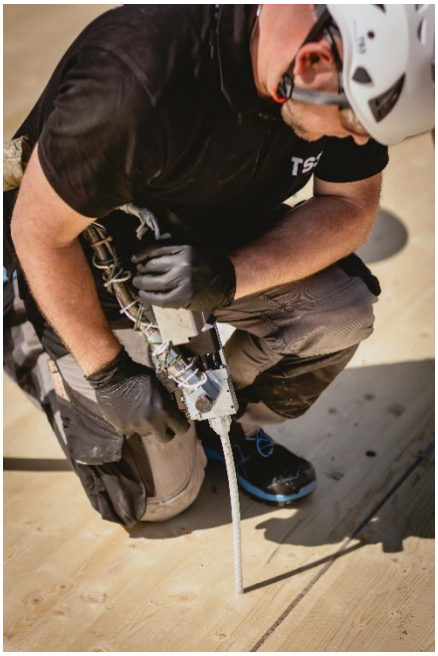


Abbildung 11: Vergiessen der TS3-Fugen durch die werksseitig erstellten Einfüllbohrungen.

8. Anwendungsbeispiele

8.1. Grundrissgestaltung

TS3 ist speziell geeignet für Geschossdecken und Dächer in Mehrfamilienhäusern, auch für solche mit sehr unregelmässigen Grundrissen. Auskragende Ecken ohne Eckstützen oder Stützen, die nicht auf einer Linie stehen, können mit den grossformatigen TS3-Decken einfach überspannt werden, vgl. Abbildung 12. Auch Übergänge von Innen nach Aussen, z.B. bei Balkonen oder Loggien sind mit TS3 statisch, aber auch bauphysikalisch einfach zu lösen. Während bei Stahlbetondecken thermische Kragplattenanschlüsse erforderlich wären, führen die TS3-Brettsperrholzplatten ohne weitere Massnahmen von Innen nach Aussen.

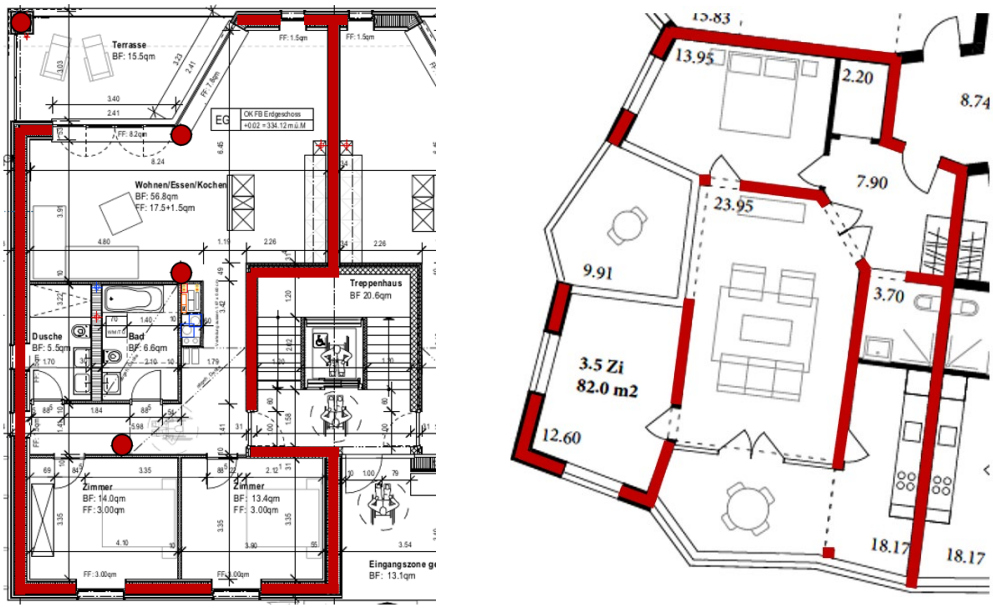


Abbildung 12: Unregelmässige Grundrisse mit Decken-Auflagern auf tragenden Wänden und einzelnen Stützen.

Auch für nutzungsflexible Gebäude mit quadratischen Stützenrastern ohne tragende Innenwände sind die TS3-Technologien geeignet. So wurde unter anderem das Gewerbegebäude der Firma Handl in Pians im Tirol A mit einem Stützenraster von 7 x 7 Metern konstruiert, siehe Abbildung 13. Die 240 mm dicke Brettsperrholz-Dachplatte des 2020 neu gebauten Gastroteils wurde einzig auf Stützen im genannten Raster montiert. Sie dient bei einer späteren Aufstockung als Geschossdecke.

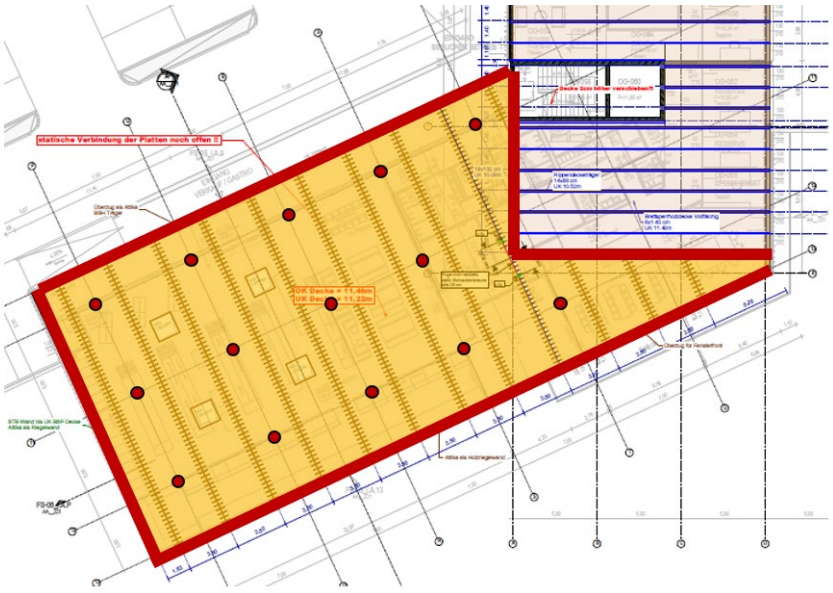


Abbildung 13: Grundriss TS3-Decke mit Stützenraster 7 x 7 m

8.2. Mehrfamilienhaus Fasanenhof Frenkendorf BL, Schweiz

Anzahl Geschosse:	4
Anzahl Wohnungen:	15
Baujahr:	2021
Brutto Geschossfläche:	1221 m^2
Brettschichtholz:	293 m^3
TS3-Technologie:	567 m Fugen
Bauherrschaft:	privat
Architektur:	Scherer Architekten, Frenkendorf
Holzbauingenieur:	Timbatec Holzbauingenieure, Bern
Bauphysik:	Timbatec Holzbauingenieure, Bern
Holzbau:	Stamm Bau, Arlesheim



Abbildung 14: Ansicht Fasanenhof

In Frenkendorf entstand das erste viergeschossige Gebäude mit der TS3-Technologie als Skelettbau mit Stützen und Platten aus Holz, s. Abbildung 15. Dank TS3 konnte das zunächst in Stahlbeton geplante Gebäude kurz vor der Auftragsvergabe in kurzer Zeit auf Holz umgeplant und realisiert werden. Einzig der Treppenhauskern wurde betoniert. Hier wurde jedoch die bis anhin übliche Reihenfolge gedreht: Der Holzbau wurde zuerst aufgerichtet und diente später als verlorene Schalung für den flüssigen Beton. Die Aussenwände und die Wohnungstrennwände wurden tragend ausgebildet. Alle Innenwände wurden nichttragend ausgebildet. Sie können jederzeit ausgebaut oder versetzt werden. Die geplanten Grundrisse, Stützenabstände und Bauteildimensionen konnten von der ursprünglich geplanten Stahlbeton-Bauweise übernommen werden. Die Geschossdecken bestehen aus grossformatig zugeschnittenen Brettsperrholzplatten, die mit der TS3-Technologie stirnseitig miteinander verbunden sind.

Den Gebäudenutzern ermöglicht der Einsatz von Holz und der TS3-Technologie nebst einem angenehmen Raumklima eine maximale Nutzungsflexibilität. Für den Bauherr verkürzte sich die Bauzeit durch den Wegfall von Austrocknungs- und Aushärtungszeiten. Das ganze Gebäude konnte durch vorgefertigte Bauteile und der exakten Planung innert drei Wochen aufgerichtet werden.



Abbildung 15: Ansicht Wohnzimmer mit Übergang zum Balkon Fasanenhof

8.3. Überdachung Strandbad Hopfräben Brunnen SZ, Schweiz

Anzahl Geschosse:	1
Anzahl Dachflächen:	3
Dachfläche:	899 m^2
Brettsperrholz:	163 m^3
TS3-Technologie:	265 m Fugen
Architektur:	Steiner Architektur, Brunnen
Holzbauingenieur:	Besmer Holzingenieure, Sattel
Bauherrschaft:	Gemeinde Ingenbohl, Brunnen
Holzbau:	Dettling Holzbau, Brunnen



Abbildung 19: Schwebendes Dach über dem Eingangsbereich des Strandbads

Der Eingangsbereich der Badeanlage Brunnen SZ wurde neu gestaltet. Vier pavillonartige Gebäude für Restaurant, Umkleide, Toiletten und Betriebsräume wurden mit TS3-Brettsperrholzplatten überdacht. Am augenfälligsten zeigt sich diese Konstruktion beim organisch geschwungenen, schwebenden Hauptdach auf «tanzenden» Stützen über dem Eingangsbereich und den Aussensitzplätzen des Restaurants. Dieses Dach mit 250 m^2 Fläche wurde aus 7 einzelnen CLT-Platten zusammengesetzt. Durch die stirnseitige TS3-Fugenverbindung der CLT-Platten erscheint das schwebende Dach als eine einzige Einheit ohne sichtbare Fugen. Die 210 mm dicken 7-Schicht-CLT-Platten liegen auf schlanken Stahlstützen mit einem Raster von rund 4 x 5 bzw. 5 x 6 Metern auf.

9. Literatur

[1] Zöllig, S., Frangi, A., Franke, S., Muster, M. (2016) Timber structures 3.0 – New technology for mulit-Axial, Slim, high performance timber structures, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2016), Wien, August 2016

[2] Themessl A.M., Lehmann M., Salzgeber D, Franke S. (2018) Butt joint gluing of cross laminated timber, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2018), Seoul, August 2018.

[3] Bissig D., Frangi A. (2022) Variantenstudium zur Entwicklung einer zweiachsig tragenden Hohlkastendecke aus Holz, Doktorandenkolloquium Stuttgart

[4] Lins D., Franke S. (2023) Influence of low curing temperatures on the strength development of end-grain bonded timber, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023), Oslo, June 2023.

Effizient – Hohlkastenelemente für große Spannweiten für das Gesundheitszentrum Biberach

Martin Aßfalg
Weizenegger GmbH
Bad Wurzach, Deutschland



Effizient – Hohlkastenelemente für große Spannweiten für das Gesundheitszentrum Biberach

1. Einsatz und Verarbeitung der Hohlkastenelemente

1.1. Firmenvorstellung: WEIZENEGGER

Die WEIZENEGGER Unternehmensgruppe mit Hauptsitz in Bad Wurzach zählt aktuell rund 60 engagierte Mitarbeitende und ist ein renommierter Akteur im Holzbau. Die Firma gliedert sich in drei spezialisierte Sparten:

Aschenbrenner & Weizenegger GmbH: Mit Sitz in Kißlegg, konzentriert sich diese Sparte auf Arbeiten an Bestandsgebäuden. Hier stehen traditionelle Zimmererarbeiten im Vordergrund, die durch moderne Techniken und Materialien ergänzt werden.

Weizenegger GmbH: Diese Sparte widmet sich vor allem der Verwirklichung von Eigenheimträumen für Privatpersonen. Von der Planung bis zur Schlüsselübergabe werden individuelle Wohnlösungen realisiert, die höchsten Ansprüchen an Qualität und Nachhaltigkeit gerecht werden.

Weizenegger Objektbau GmbH: Im Fokus dieser Sparte stehen Projekte im kommunalen, gewerblichen und Wohnungsbau. Als erfahrener Generalunternehmer übernimmt WEIZENEGGER die komplette Bauabwicklung und bietet maßgeschneiderte Lösungen für verschiedenste Bauvorhaben.

Gegründet im Jahr 1914 als Sägewerk, hat sich WEIZENEGGER über die vergangenen 110 Jahre kontinuierlich weiterentwickelt. Heute umfasst das Leistungsspektrum des Unternehmens neben dem Schlüsselfertigbau auch umfassende Architekturleistungen und Energieberatung. Diese ganzheitliche Herangehensweise ermöglicht es WEIZENEGGER, Bauprojekte effizient und nachhaltig zu realisieren.

Dank jahrzehntelanger Erfahrung und einem tiefen Verständnis für den Werkstoff Holz ist WEIZENEGGER in der Lage, sowohl traditionelle als auch moderne Bauweisen meisterhaft zu kombinieren. Dies macht das Unternehmen zu einem verlässlichen Partner für Bauherren und Architekten gleichermaßen. Mit einem starken Fokus auf Qualität, Innovation und Kundenzufriedenheit hat sich WEIZENEGGER einen herausragenden Ruf in der Branche erarbeitet und bleibt ein Vorreiter im Holzbau.

Weitere Informationen zu WEIZENEGGER finden Sie hier:

1.2. Projektvorstellung: Aufstockung des ZAMD bei Boehringer

Seit 1946 hat Boehringer Ingelheim einen bedeutenden Standort in Biberach. Hier ist das Unternehmen in der Forschung, Entwicklung und Herstellung biopharmazeutischer Wirkstoffe tätig und beschäftigt mittlerweile 7.500 Mitarbeiter.

2016 wurde das ebenerdige ZAMD Zentrum für Arbeitsmedizin und medizinische Dienste der Firma Boehringer in Biberach errichtet. Es handelte sich um einen eingeschossigen Stahlbetonskelettbau, der bereits für eine zukünftige Aufstockung ausgelegt war. Im Erdgeschoss befinden sich Praxisräume und eine Werkarztstation. Die Aufstockung soll Reha- und Fitnessräume umfassen, wie von der a-architekten Lautenschlager GmbH konzipiert. Die ursprünglichen Abmessungen des Bestandsgebäudes betrugen 65m x 15m.

Im Dezember 2021 wurde die Planung der Aufstockung aufgenommen, wobei WEIZENEGGER ins Spiel kam. Die Montage des Holzbaus begann im Mai 2022, und die Fertigstellung sowie Inbetriebnahme konnten im Januar 2023 erfolgen. Das Gesundheitszentrum umfasst eine Bruttogrundfläche von 1.003 Quadratmetern, und die Abmessungen der Aufstockung sowie des neuen Treppenhauses betragen 62m x 15m.

WEIZENEGGER war verantwortlich für den Rückbau des Dachs und der Fassade sowie für den schlüsselfertigen Bau der Aufstockung. Die Aufstockung erfolgte in Holzrahmenbauweise und erfüllt die Anforderungen F30 und B2. Der Eingangsbereich wurde in Stahlbeton ausgeführt, und die Deckenkonstruktion als Zweifeldträger ist für zusätzliche Belastungen wie Begrünung, Schneelast und Wartungsbegehungen ausgelegt. Im Bereich des Sportraums wurde ein Einfeldsystem mit einer Spannweite von 15m integriert.

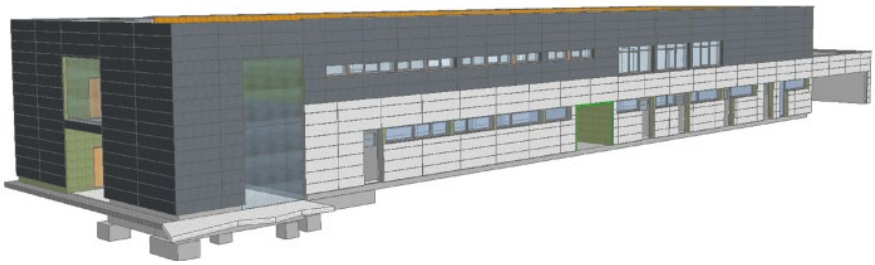


Abbildung 1: WEIZENEGGER-Konstruktionsplanung des finalen Gesundheitszentrums

1.3. Die Umsetzung des Projekts

Als Generalunternehmer und Gesamtbauleiter hat WEIZENEGGER die Aufstockung des Gesundheitszentrums bei Boehringer Ingelheim in Biberach realisiert. Eine besondere Herausforderung war die stützenfreie Konstruktion des Sportraums mit einer beeindruckenden Spannweite von 15 Metern.

Die tragenden Wände wurden gemäß den Anforderungen F30 raumabschließend ausgeführt. Nichttragende Wände bestehen aus einem Trockenbausystem ohne Brandschutz, jedoch ebenfalls raumabschließend und rauchdicht. Die Außenwände wurden gemäß ABG F30B errichtet und verfügen über eine vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF) mit nicht brennbarem Flächendämmstoff.

Das Treppenhaus wurde in Sichtbeton ausgeführt, inklusive Wand, Decke und Treppe. Die Hohlkastendecke besteht aus CLT-Boxen mit Gefälledämmung, Abdichtung und einer extensiven Dachbegrünung. Im Inneren wurden Hohlraumböden mit Estrichdecklage installiert, während Technikbereiche mit einem Doppelbodensystem ausgestattet sind. Im Fitnessbereich kam ein spezieller Sportboden zum Einsatz. Eine moderne raumlufttechnische Anlage sorgt für optimale Luftqualität.

In den Nassbereichen wurde eine integrierte Fußbodenheizung installiert. Zudem wurden Heiz- und Kühlsegel zur Klimatisierung der Räume eingebaut. Die gesamte Anlage ist an die bestehende Heizungsanlage des Gebäudes angebunden, um eine effiziente Energieversorgung zu gewährleisten.

Durch die präzise Planung und Ausführung von WEIZENEGGER konnte das Projekt termingerecht und in höchster Qualität abgeschlossen werden, was das ZAMD zu einem modernen und funktionalen Gesundheitszentrum macht.



Abbbildung 2: WEIZENEGGER bei der Montage der Hohlkastenelemente

Effizient – Hohlkastenelemente für große Spannweiten für das Gesundheitszentrum Biberach

Philipp Straubinger
best wood SCHNEIDER
Eberhardzell, Deutschland



Effizient – Hohlkastenelemente für große Spannweiten für das Gesundheitszentrum Biberach

1. Hohlkastenelement CLT-BOX

1.1. Firmenvorstellung: best wood SCHNEIDER

Best wood SCHNEIDER – Ökologische und innovative Baustoffe für den modernen Holzbau. Mit über 600 Mitarbeitern an drei Standorten produziert das mittelständische Unternehmen best wood SCHNEIDER an den Produktionsstandorten Eberhardzell und Messkirch in Süddeutschland Produkte für den Holz- und Passivhausbau. Die Vertriebsniederlassung für die Schweiz befindet sich in Märstetten.
Der ökologische Produktionskreislauf, welcher besonders energieeffizient und ressourcenschonend arbeitet, steht dabei stets im Vordergrund. Die Produktpalette kann in zwei Bereiche aufgeteilt werden. Zum einen gibt es den Bereich für die Massivholzprodukte wie Brettschichtholz, Konstruktionsvollholz und Brettsperrholz für Decken-, Wand- und Dachsysteme. Den zweiten Bereich bilden die Holzfaserdämmstoffe und Pellets.

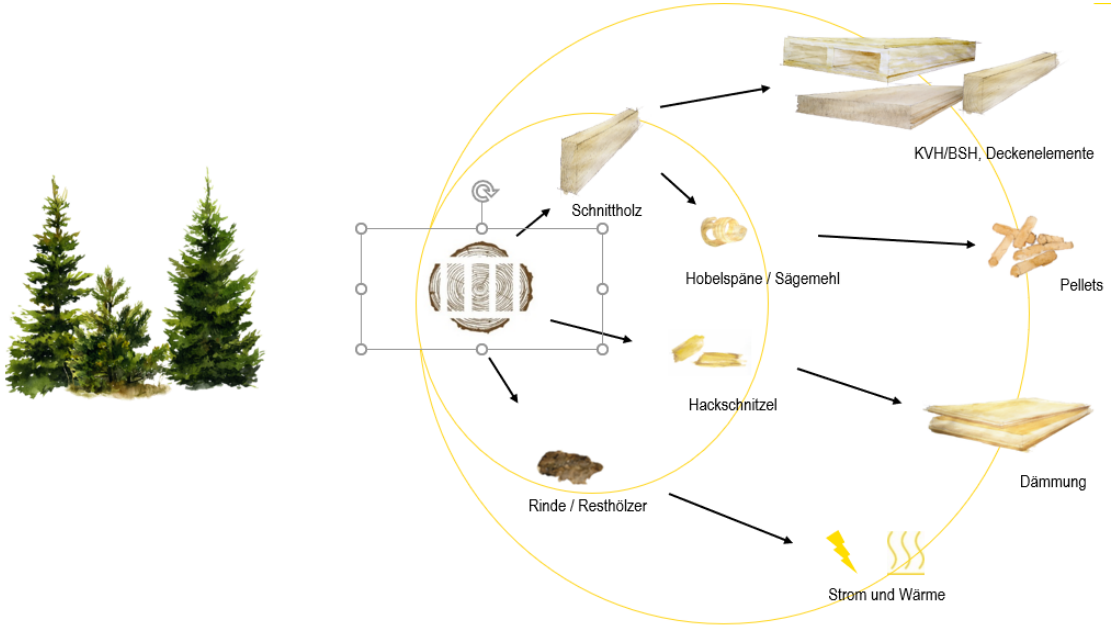


Abbildung 1: Rohstoffkreislauf

1.2. Eigenschaften CLT BOX

Die best wood CLT BOX besteht aus einer unteren CLT-Platte mit drei aufgeklebten Rippen aus Brettschichtholz und einer oberen CLT-Platte. (CLT= Brettsperrholz). Das Hohlkastenelement ist ein statisch wirksames und gleichzeitig raumbildendes Element. Durch die flexiblen Abmessungen und die hervorragenden bauphysikalischen Eigenschaften ist es für nahezu alle Deckenanforderungen geeignet. Durch die Kombination der Eigenschaften entsteht ein vielseitiges und leistungsfähiges Bauprodukt.

Die Kombination aus CLT und den Rippen bewirkt eine sehr hohe statische Tragfähigkeit bei vergleichsweise geringem Eigengewicht. Der kreuzweise Lagenaufbau der CLT-Platten führt zu einem hohen Maß am Dimensionsstabilität. Schwinden und Quellen ist dadurch auf ein Minimum reduziert.

Der hohe Vorfertigungsgrad, die unterseitige Sichtqualität und der Abbund im Werk sorgt für eine schnelle und wirtschaftliche Montage auf der Baustelle. Neben dem geschlossenen Hohlkastenelement gibt es noch weitere Ausführungen. Die beiden Varianten CLT BOX oben offen und CLT BOX unten offen eignen sich für die Verlegung von Versorgungsleitungen in Längsrichtung.



CLT BOX FS | CLT BOX | CLT BOX oben offen | CLT BOX unten offen

Abbildung 2: Varianten CLT BOX

Die Elemente können in einer Länge von 2,30-16,00m und einer Breite von 900-1200mm produziert werden. Die Bauhöhe beträgt 220-490mm bei Rippenstärken von 80, 100 oder 120mm und der unteren CLT-Platte von 60 oder 90mm je nach statischen Erfordernissen und Anforderungen an den Brandschutz.

1.3. Statik

Durch die hohe statische Tragfähigkeit sind große Spannweiten und stützenfreie Räume möglich. Die hohe Gesamtsteifigkeit wirkt sich im Vergleich zu Flachdecken aus Brettschichtholz oder Brettsperrholz ebenfalls günstig auf die zu erwartenden Durchbiegungen aus. Für die Bemessung wird von einem zusammengesetzten Querschnitt mit den Festigkeitswerten für Brettschichtholz Gl24h und Vollholz C24 ausgegangen.

1.4. Schallschutz

Bei Schallschutzanforderungen an die Deckenelemente kann in die CLT BOX – FS werkseitig eine Holzfaser-Akustikplatte eingebracht werden. Auf der Baustelle wird dann über Einfüllöffnungen eine lose Schüttung eingebracht. In Verbindung mit unterschiedlich abgestimmten Fußbodenaufbauten sorgt dies für einen hervorragenden Schallschutz und verbessert die Trittschalldämmung im tieffrequenten Bereich. So können sogar die Anforderungen des Niveau KOMFORT nach Informationsdienst Holz erfüllt werden. Einen Bauteilkatalog finden Sie auf www.schneider-holz.com.

1.5. Brandschutz

Für tragende, raumabschließende Decken- und Dachkonstruktionen ist die CLT BOX FS als sichtbares Holzelement bis Klasse REI90 ausführbar.

Untere CLT-Platte in 60mm → F60-B

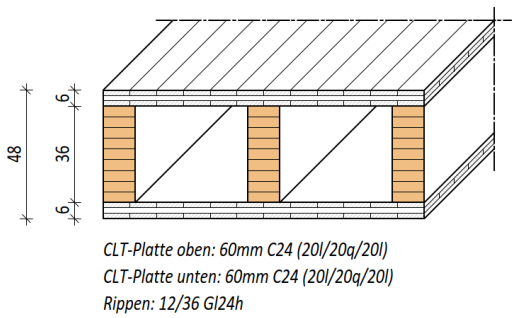
Untere CLT-Platte in 90mm → F90-B

Prüfzeugnisse finden Sie auf www.schneider-holz.com

2. CLT BOX am Beispiel Gesundheitszentrum

2.1. Statisches System und Bemessung

Die Dachkonstruktion wurde als Einfeldträger mit einer Spannweite von 14,60m ausgeführt. Für die ständigen Lasten aus Dachaufbau und Ausbaulasten sind g_k=0,75 kN/m² (75kg/m²) und für die veränderliche Last aus Schnee s_k=0,72kN/m² (72 kg/m²) angesetzt worden. Hinsichtlich des Brand- und Schallschutzes bestehen keine Anforderungen, das Element erfüllt in dieser Ausführung die Anforderung F60-B. Die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit führt zu einer Elementhöhe von 480mm mit den folgenden Abmessungen und Ausnutzungen:



Spannungsnachweise Tragfähigkeit:

Biegespannung: 32%

Schubspannung: 13%

Rollschubspannung: 13%

Spannungsnachweise Gebrauchstauglichkeit:

U_{inst}= 28,06mm bei l/300= 48,70mm n=58%

U_{fin}= 40,02mm bei l/200= 73,00mm n=55%

$U_{net,fin}$= 31,89mm bei l/300= 48,70mm n=66%

Abbildung 3: Querschnitt CLT BOX

An den Ergebnissen ist deutlich zu erkennen, dass die maximalen Ausnutzungen (Biegespannung maßgebend) bei der Tragfähigkeit nur ca. 1/3 der zulässigen Spannungen beträgt. Beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, in diesem Fall nur die Verformungen, ist das Kriterium für die gesamte Enddurchbiegung die maßgebliche Größe. Der Eurocode lässt in diesem Fall bis zu 48,70mm (l/300) zu. Generell empfiehlt es sich, Überlegungen zur vorhandenen Durchbiegung anzustellen. Vor allem bei ggf. verformungsempfindlichen Bauteilen wie technische Gebäudeausrüstung oder das Erscheinungsbild (optische Wahrnehmung).

2.2. Vergleich Deckensysteme

Die untenstehende Abbildung zeigt einen Vergleich der Deckensysteme. Betrachtet wurde lediglich der Grenzzustand der Tragfähigkeit. Die Ergebnisauswertung zeigt deutlich, dass Hohlkastenelemente im Vergleich zu konventionellen Brettschicht- und Brettsperrholzdecken höhere Steifigkeiten aufweisen.

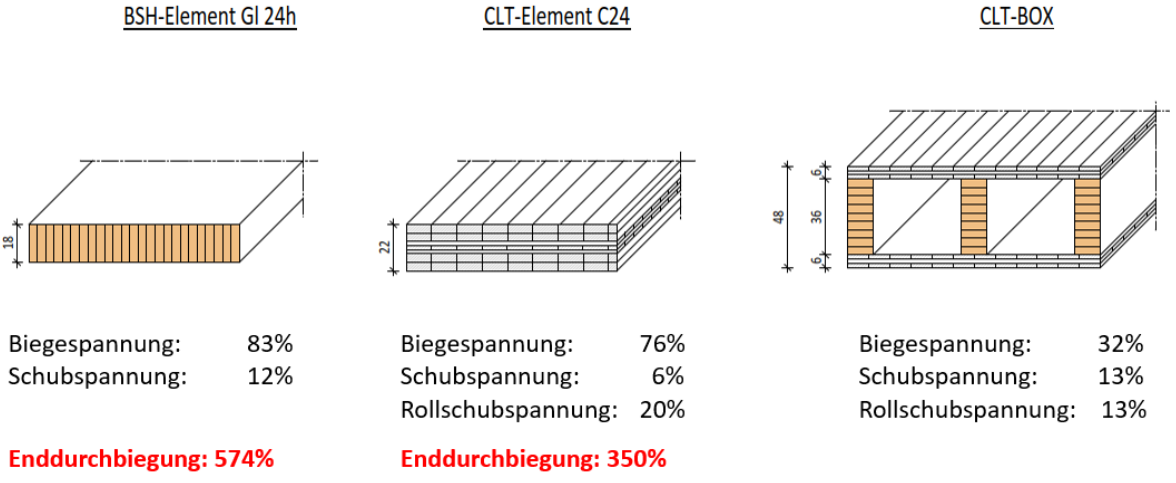


Abbildung 4: Vergleich Deckensysteme

2.3. Regeldetail Anschluss an Stahlbetonwand

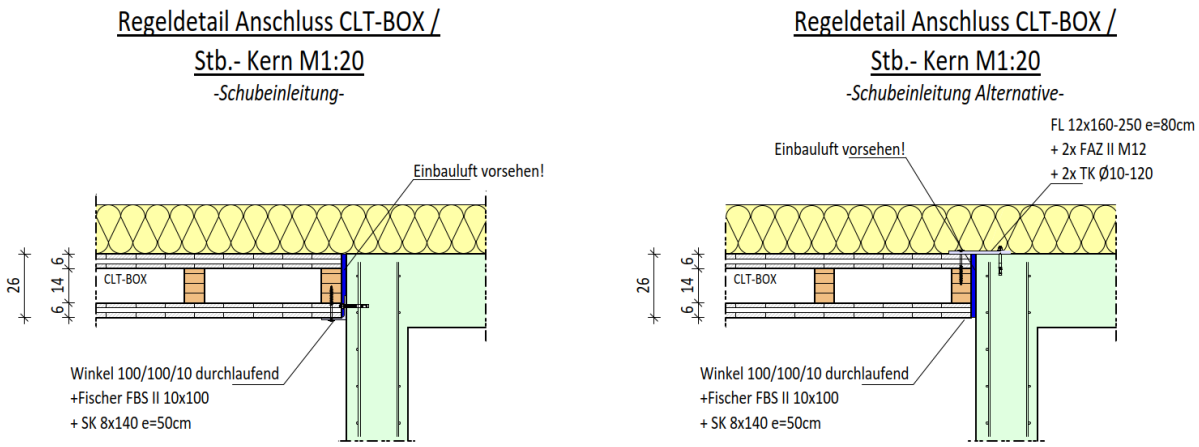


Abbildung 5: Regeldetail Anschluss Deckenscheibe an Stahlbetonwand

2.4. Regeldetail Überzug

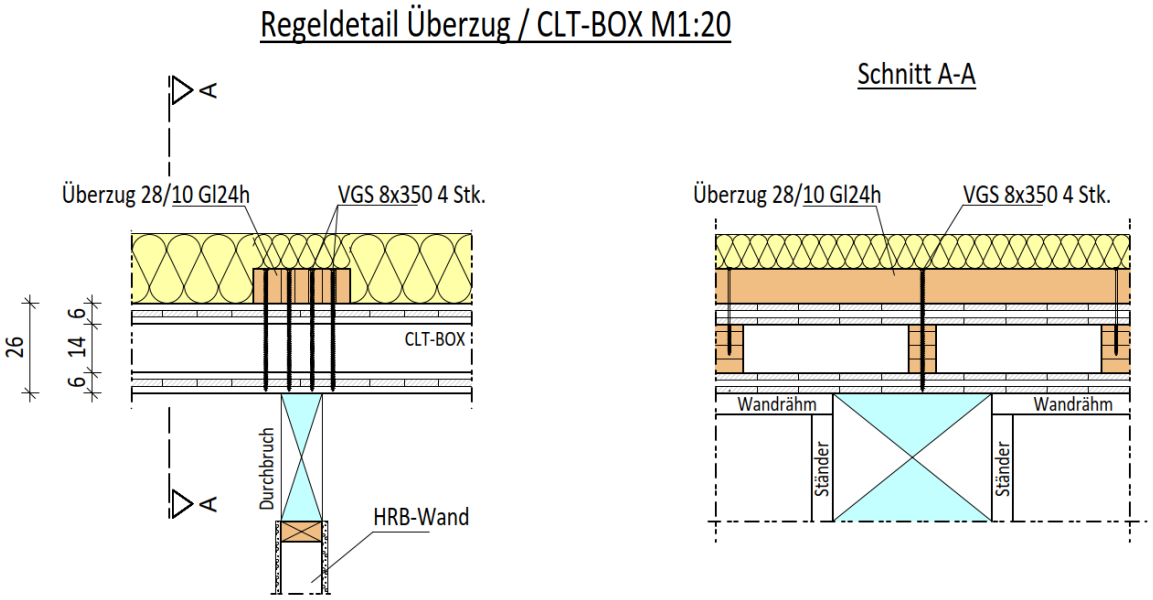


Abbildung 6: Regeldetail Überzug / CLT BOX

2.5. Regeldetail Anschluss HRB-Wand und Deckenstoß

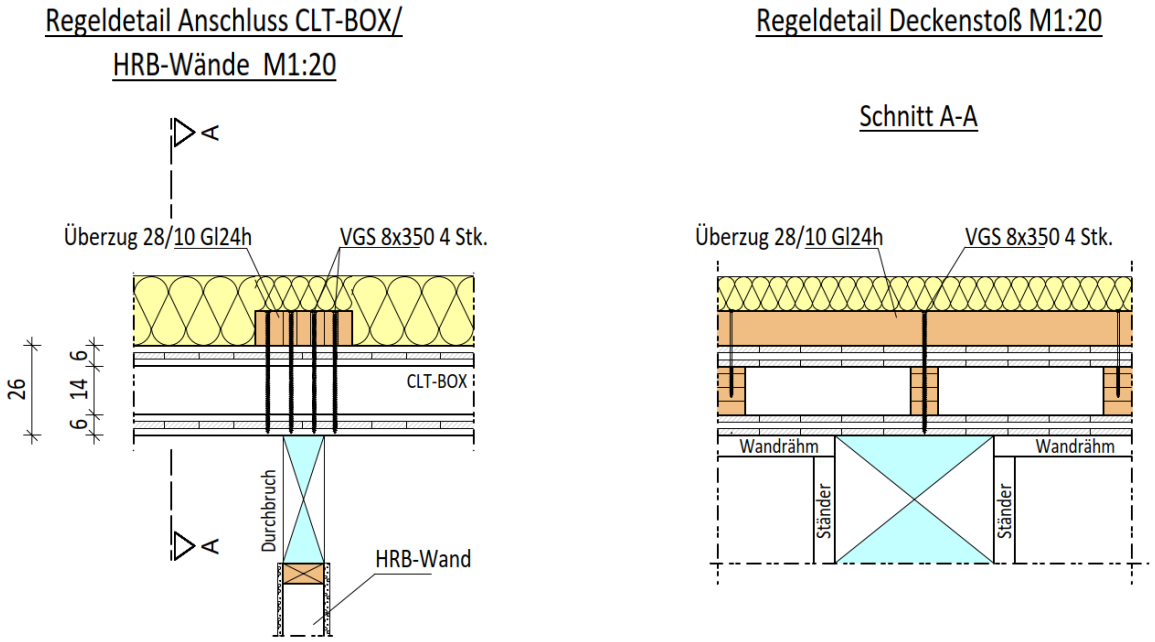


Abbildung 7: Regeldetail Anschluss HRB-Wand und Deckenstoß

3. Resümee

- hohe statische Tragfähigkeit der CLT BOX bei vergleichsweise geringem Eigengewicht
- bis zu 40% Materialeinsparung im Vergleich zu Holzmassivdecken
- große Spannweiten und die Möglichkeit für stützenfreie Räume
- hervorragend für den mehrgeschossigen Wohnungsbau geeignet
- Brandschutz bis Klasse REI90 möglich
- verbesserte Trittschalldämmung im tieffrequenten Bereich
- hoher Vorfertigungsgrad und einfache Verbindung der Elemente für eine schnelle und wirtschaftliche Montage auf der Baustelle
- Möglichkeit der temporären Bauzeitenabdichtung ab Werk
- Bemessung mit der Bemessungssoftware best wood STATICS als kostenloses Onlinetool



Abbildung 7: CLT-BOX, Quelle: WEIZENEGGER

Block B2

Aufwertung durch Nachverdichtung

Franklin Village – Räume für Menschen

Vera Hartmann
sauerbruch hutton
Berlin, Deutschland



© Marlene Charlotte Limburg

Franklin Village – Räume für Menschen



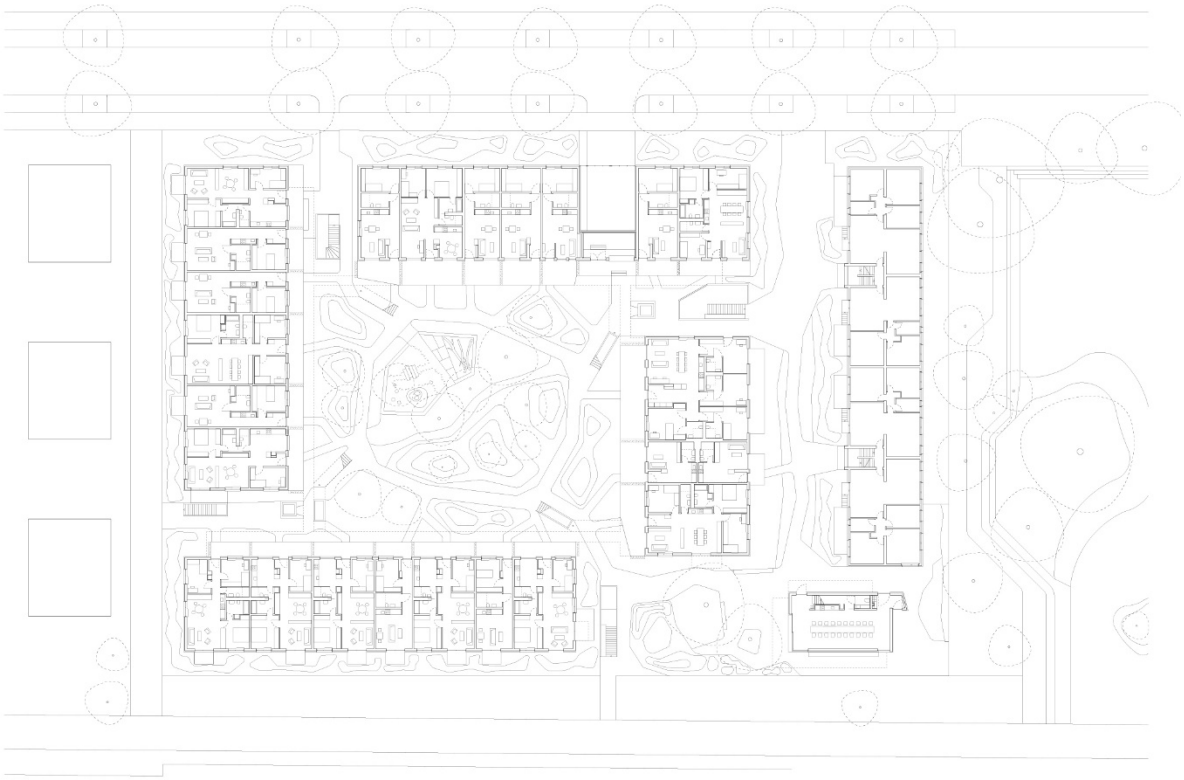
Visualisierung, © sauerbruch hutton

Dieses Projekt ist Bestandteil der Revitalisierung des in den 1950er Jahren entstandenen Benjamin Franklin Village im Nordosten Mannheims, eines der größten ehemaligen Wohngebiete der in Europa stationierten US-Streitkräfte. Eingebettet in eine weitläufige Parkanlage entsteht hier durch Konversion und Nachverdichtung ein Stadtteil für rund 10.000 Menschen, dessen Nutzungsvielfalt von Arbeits-, Betreuungs- und Ausbildungsstätten bis hin zu Kultur-, Freizeit- und Naherholungsmöglichkeiten reicht.

Der Entwurf folgt dem Grundgedanken einer umfassenden Zielgruppenvielfalt bei sozialer Durchmischung. Vier Neubauten mit diversen Wohntypologien, von Clusterwohnungen über klassisches Familienwohnen bis hin zum kleinen Apartment, gruppieren sich um einen gemeinsamen Innenhof. Ihre Erschließung erfolgt über stützenfreie und mit etwas Abstand vor der Außenwand angehängte Laubengänge, die auf breiten Terrassen eine Aneignung durch die Bewohner und spontane Begegnungen im Alltag ermöglichen. Die Farbgebung der Untersichten und Schotten akzentuiert diese besonderen Räume zusätzlich.

Solche gemeinschaftlich genutzten Flächen sind Herzstück und Katalysator einer Kultur solidarischen Zusammenlebens im Quartier. Das Quartiersforum bildet als «erweitertes Wohnzimmer» mit Küche, Lounge, Coworking Space, Werkstätten und einer Dachterrasse einen Kristallisationspunkt für das Miteinander in der Nachbarschaft.

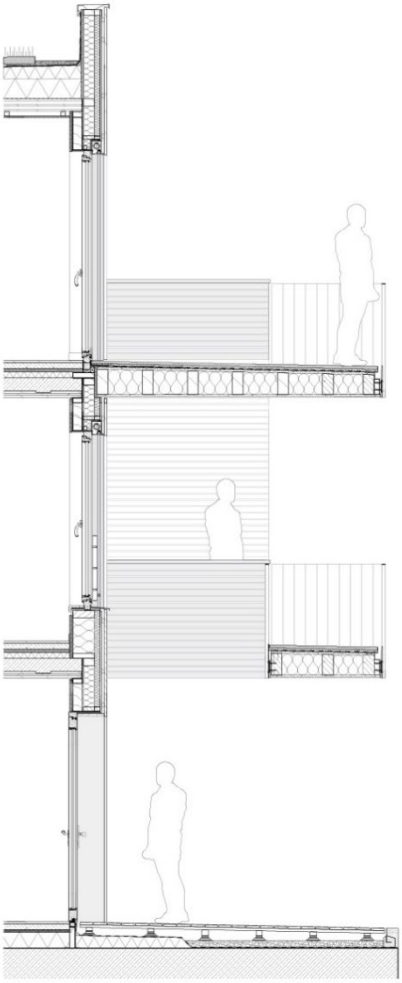
Die Neubauten sind in Holzrahmenkonstruktion mit Holz-Beton-Verbunddecken erstellt. Zusätzlich wurde ein Bestandsgebäude an der Nordostseite des Grundstücks saniert und durch eine zweigeschossige Aufstockung in Holzbauweise erweitert. Das Achsraster der Holzrahmenkonstruktion bildet eine konstruktive Grundlage, die auf einfache Weise eine hohe Grundrissvariabilität ermöglicht. Jeder Wohnungstyp wurde in zwei verschiedenen Größen angelegt, so dass Grundrisse mit Nord-Süd-Ausrichtung durch ihre geringere Tiefe das Tageslicht besser ausnutzen. Insgesamt wurde eine Vielfalt von Wohnungsgrößen wirtschaftlich umgesetzt, die mit den Flächenanforderungen unterschiedlicher Wohn- und Lebensbedürfnisse korrespondiert und Anpassungsmöglichkeiten für die Zukunft bietet.

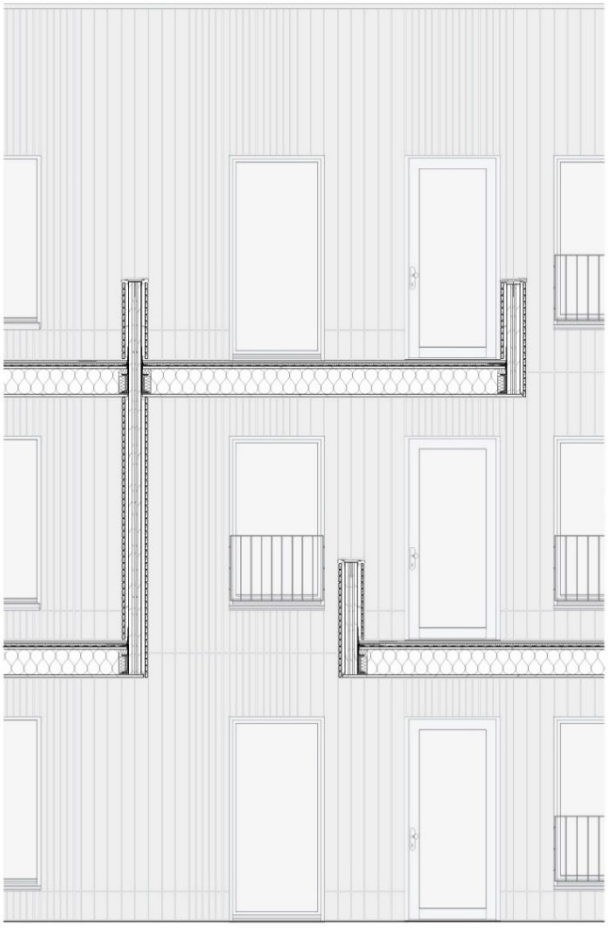


Grundriss Erdgeschoss



© Sarah Hähnle

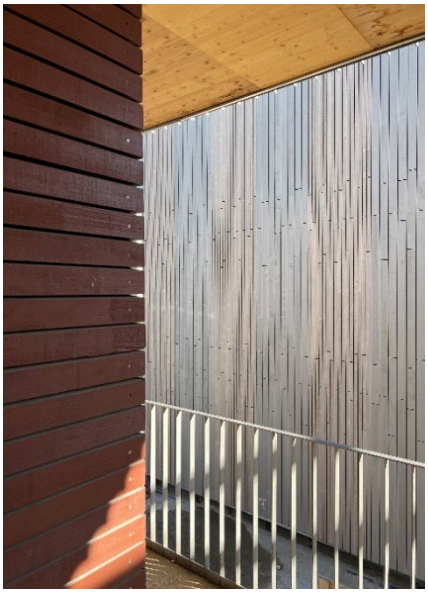




Fassadenschnitt



© sauerbruch hutton



© sauerbruch hutton

Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas

Heinz Thurik
ZÜBLIN Timber GmbH
Aichach, Deutschland



Gare Maritime - Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas

1. Status Quo – Eine Brache im Zentrum Europas

Im Herzen der belgisch-europäischen Hauptstadt Brüssel gelegen, fristete bis 2018 der ehemals größte Güterbahnhof Europas als ungenutzte Industriebrache ein kaum beachtetes Dasein. Auf dem Gelände des einstigen Industriestandorts Tour & Taxis gelegen, besteht das ehemalige Bahnensemble Gare Maritime aus sieben miteinander verbundenen historischen Bahnhofshallen.

Ein wahres Schmuckstück hielt hier bis vor Kurzem den Dornröschenschlaf: In der Epoche des Jugendstils erbaut und Anfang des 20. Jahrhunderts eröffnet, prägen Ziegelmauerwerk und Stahlguss-Fachwerkträger und -Säulen die mächtigen Hallen.

Selbstredend in Zeiten der Urbanisierung, dass eine belgische Immobiliengesellschaft (Extensa Group) Chancen in der Entwicklung dieses 45.000 m² umfassenden Ensembles erkannte.



Abbildung 1: Ehemaliger Güterbahnhof Gare Maritime (Quelle: Extensa Group)

2. Vision – Flanieren und Arbeiten in Wohlfühlatmosphäre

Ein intensiver Findungsprozess in Sachen Nutzung, gepaart mit Stadtentwicklungsfragen, Architektur und natürlich auch ökonomischen Aspekten resultierte im aktuellen Konzept des Büros NEUTELINGS RIEDIJK ARCHITECTS / Rotterdam.

Keine reine Gewerbeimmobilie oder Shoppingmall sollte es werden, sondern ein lebendiger Komplex aus Büro-, Einkaufs-, Gastronomie- und Veranstaltungsnutzung. Ein Ort zum Verweilen und Flanieren, Boulevards mit Grünanlagen und einem eigenen, den Jahreszeiten angepassten Mikroklima – immerhin bedecken die Hallen eine Fläche von 270 m Länge und 140 m Breite.

Konsequent wurde dieser Ansatz der Wohlfühlatmosphäre auch in bautechnischer Hinsicht verfolgt und umgesetzt. Dass der Baustoff Holz ins Spiel kam, liegt, aufgrund seiner bekannten optischen und haptischen Eigenschaften, auf der Hand. Dass er jedoch auch konsequent umgesetzt werden konnte, ist – hauptsächlich – der Leidenschaft und der Hartnäckigkeit des Oberen Managements der Extensa Group zu verdanken. Neben dem Imagegewinn für den Bauherrn, der sich aus dem Einsatz des nachhaltigen und CO_2-speichernden Baustoffs Holz ergibt, trugen die trockene Bauweise und vor allem die kurze Bauzeit zur Rentabilität bei, indem die ersten Flächen bereits 6 Monate nach Beginn der Holzbaumontage vermietet werden konnten. Selbst unbehandelte sichtbare Holzoberflächen wurden in weiten Bereichen realisiert, um die Haptik des Werkstoffs ungefiltert erlebbar zu machen.



Abbildung 2: Visualisierung Gare Maritime, Flaniermeile (Quelle: Extensa Group)

Während viele Projektentwickler den Einsatz von Holz nach wie vor auf dem ökonomischen Prüfstand haben, ihn diskutieren und mutlos zerreden, wurden beim Gare Maritime konsequent Fakten geschaffen – den Holzbau und das Klima freut's.

3. Aufgabenstellung - Erst Planen, dann Bauen

Als im September 2017 das Projekt an eine Handvoll ausgewählter Holzbauunternehmen angetragen wurde, war die Konstruktion in weiten Teilen schon entwickelt. Das Team rund um den Bauherrn Extensa Group mit NEUTELINGS RIEDIJK ARCHITECTS / Rotterdam als leitende Architekten und NEY & Partners / Brüssel als Tragwerksplaner hatte bereits ganze Arbeit geleistet.

Die Bauaufgabe präsentierte sich in Form von 10 viergeschossigen Blöcken, leider nur mehr oder weniger gleich, die in zwei Strängen in den äußeren Haupthallen aufgereiht sind. Grundprinzip der an der höchsten Stelle ca. 24 m hohen Blöcke mit einer Grundfläche von ca. 45 m im Quadrat ist eine Skelettkonstruktion aus Brettschichtholzstützen und -Unterzügen in drei Ebenen. Zwischen die Unterzüge gehängte bzw. aufgesetzte BSH-Rippen tragen im Verbund mit der darüberliegenden Brettsperrholzplatte die Deckenlasten ab. Pro Block beherbergt ein zentraler, bis unters Hallendach reichender Kern aus Brettsperrholz (Grundfläche ca. 8m x 10m) ein komplett hölzernes Treppenhaus und Technikräume. Zwei kleinere Kopfbauten ergänzen das Ensemble.

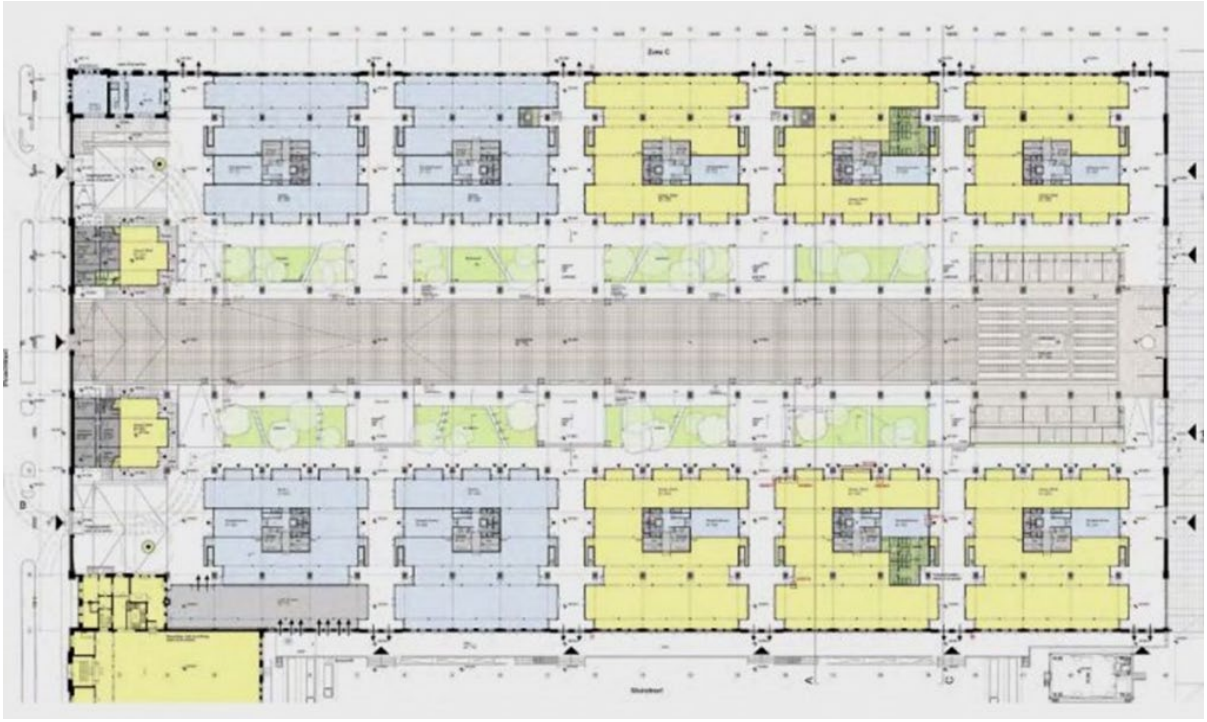


Abbildung 3: 10 Blöcke und 2 Kopfbauten im Grundriss (Quelle: Extensa)

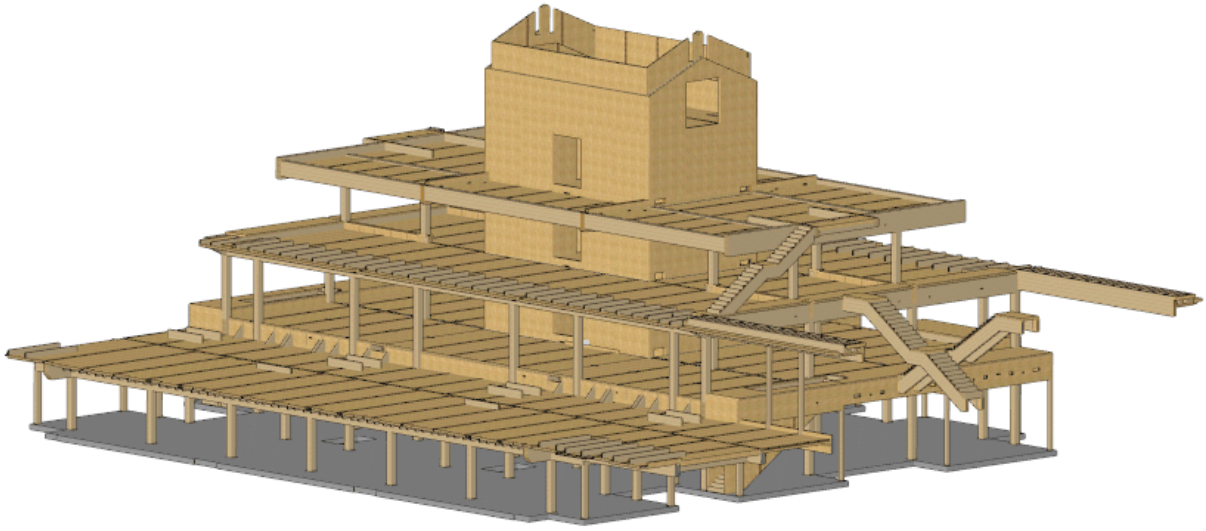


Abbildung 4: BIM-Modell eines Blocks mit zentralem BSP-Kern (Quelle: ZÜBLIN Timber)

Spannender großvolumiger Holzbau war der Tenor, ein interessantes Projekt. Ein erster Wehmutstropfen jedoch waren die der Anfrage beiliegenden Ausschreibungsunterlagen in holländischer Sprache; hunderte von Seiten Pläne und Dokumentationen. Selbst nach intensiver Durchsicht dieser Informationen war ein gewisses Risiko nicht von der Hand zu weisen, Details im Gezeichneten oder Geschriebenen in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit falsch interpretiert, sprachlich falsch erfasst oder schlichtweg übersehen zu haben.

Im Zuge der Akquise zeigte sich ein Wettbewerbsumfeld der nicht alltäglichen Art: Einer der Mitbewerber um die Holzbauleistungen, ein belgischer Brettschichtholzproduzent und Holzbauunternehmer, entpuppte sich als Mitglied der Firmengruppe des Bauherrn. Hätten wir das im Vorfeld gewusst….

Eine Reihe von persönlichen Treffen mit der Bauherrschaft und dem Planerteam zur Firmen- und Angebotspräsentation erzeugten jedoch Vertrauen auf beiden Seiten und führten 6 Monate nach dem ersten Kontakt zur Beauftragung von Ingenieursleistungen im Zuge einer, der Ausführungsphase vorgeschalteten, Optimierungsphase.

4. TEAMS WORK – Gemeinsame Optimierungsphase

Die ursprünglichen für diese Phase vorgesehenen 12 Wochen entpuppten sich als nicht erreichbares Ziel. Unter der Leitung des Generalunternehmers CFE Bouw Vlaanderen, ebenfalls Mitglied in der Firmengruppe des Bauherrn, wurde der vorliegende Planungsstand aufgegriffen und in einem Zeitraum von 16 Wochen weiter detailliert und optimiert. Sämtliche an den Holzbau angrenzenden Gewerke saßen in dieser Phase virtuell oder persönlich gemeinsam am Tisch und erarbeiteten ihre 3D-Modelle, die vom BIM-Manager des Generalunternehmers zusammengeführt wurden.

Herausfordernd war vor allem die äußerst umfangreiche TGA, die eine enormen Anzahl von Durchdringungen in den Unterzügen und in den BSH-Rippen der Decken forderte. Bei einer Spannweite von größtenteils 7,20 m gepaart mit R60-Anforderung konnte der ursprünglich gewählte Rippenquerschnitt von 10/60 cm unter Anwendung von ein paar Kniffen verifiziert werden. So hebt z. B. der bauseits nachträglich aufgebrachte Brandschutzanstrich die Bauteile von der Klasse R30 auf R60.

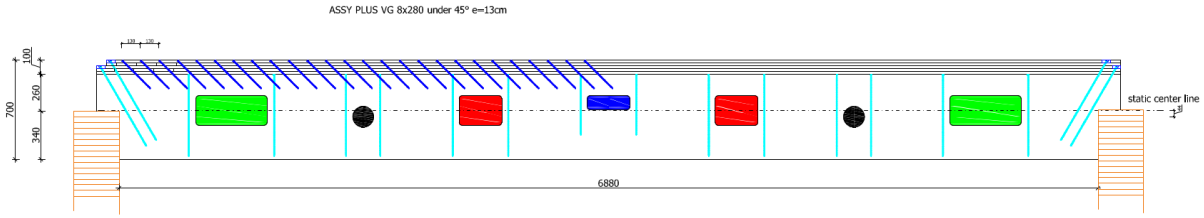


Abbildung 5: Deckenschnitt, Rippe mit TGA-Öffnungen (Quelle: ZÜBLIN Timber)

An manchen Knotenpunkten Stütze-Unterzug musste auf eingeklebte Stahlteile zurückgegriffen werden um der hohen Anschlusskräfte Herr zu werden.

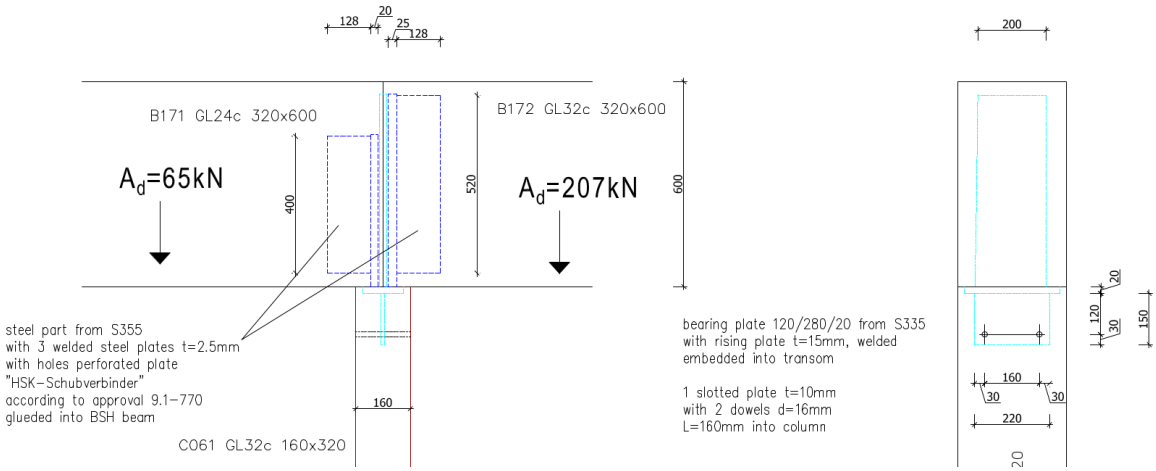


Abbildung 6: Knoten Stütze-Unterzug mit eingeklebtem Stahlteil (Quelle: ZÜBLIN Timber)

Überhaupt stellte die Bemessung der BSH-BSP-Rippendecken einen Hauptpunkt im Zuge der Optimierungsphase dar. Die ursprünglich in großen Bereichen im geklebten Verbund vorgesehenen Rippenplatten wurden in eine verschraubte Variante umgerechnet. Somit konnte die Anzahl der Transporte für die Decken um ca. 50% reduziert werden – ein großes Plus bei Kosten und Klimaschutz. Bei 60 cm Rippenhöhe leuchtet ein, dass die mögliche transportierbare Deckenfläche pro LKW recht gering ist, wenn man sich fertig vorproduzierte Rippenelemente aufeinander gestapelt auf dem LKW vorstellt.

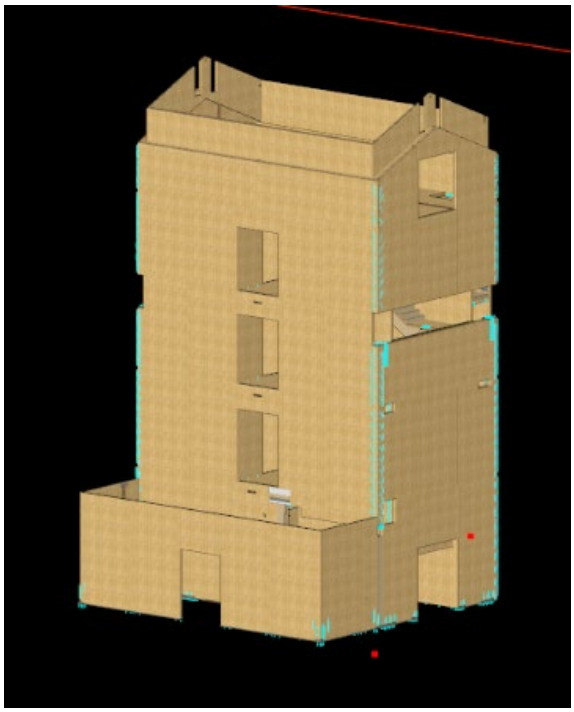


Abbildung 7: BSP-Kern eines Blocks
(Quelle: ZÜBLIN Timber)

Die bestehenden Bahnhofshallen durften nicht zur Aussteifung der Holzkonstruktion herangezogen werden und – noch relevanter – das BSH-Skelett sollte aus ästhetischen Gründen an keiner Stelle mit Kreuzen oder Scheiben gefüllt werden. Das machte die Aussteifung der gesamten Konstruktion zu einer weiteren Herausforderung für die ZÜBLIN Timber-Tragwerkplaner.

Den schlanken BSP-Kernen in den Blockmitten, selbst durchzogen von Türöffnungen und Durchdringungen für die Haustechnik musste die Aussteifung zugewiesen werden. Dieser Punkt war in der Vorplanung nicht betrachtet worden und führte nun zu massiven Stahlteilen und Zugverankerungen, mit denen im Vorfeld – auch kalkulatorisch – niemand gerechnet hatte.

Dass ein BIM-geplantes Projekt einerseits in der Bauphase vor ungeliebten Überraschungen schützt, andererseits jedoch die Planungsphase intensiviert durften alle Beteiligten im Rahmen der Kollisionskontrollen erleben. Wenn das Zusammenführen der 3D-Modelle der Fachplaner in einem einzigen Block an die 1000 Bauteilkollisionen hervorruft, von denen einige hundert relevanter Natur sind, werden die Besprechungstage lang.
Aber besser am Computer gelöst, als auf der Baustelle – Kompromissbereitschaft der Fachplaner heisst hier das Zauberwort.

Am Ende der Optimierungsphase stand ein gemeinsames 3D-Modell, auf das jedes Gewerk mit der Werkstattplanung aufsetzen durfte und konnte.

Die während dieser Zeit zutage getretenen Mehrleistungen konnten auf der anderen Seite durch Prozess- und Konstruktionsoptimierungen kompensiert werden. Das Ziel einer Baukostenreduzierung insgesamt konnte zwar nicht erreicht werden, gleichzeitig ist doch das gehaltene Startbudget als Erfolg zu werten.

Ein enormes Pensum an geleisteter Ingenieursarbeit – und das erkämpfte gegenseitige Vertrauen mündete im September 2019, genau ein Jahr nach erstem Kontakt zur Bauherrschaft, in die Auftragserteilung für ZÜBLIN Timber. Leistungsumfang des 12 Mio € Projektes ist die Werkstattplanung, Herstellung, Lieferung und Montage der Holzkonstruktion.

5. 9.260 m3 Holz – 230 LKWs in 230 Tagen

Das montierte Holzvolumen summiert sich auf gesamt 9.260 m³: 3.030 m³ BSH, 6.020 m³ BSP, 135 m³ KERTO-Furnierschichtholz und 70 m³ Baubuche. Dieses Volumen zzgl. aller Stahlteile und Verbindungsmittel wurde auf 230 LKWs verteilt nach Brüssel transportiert. Als im November 2018 die Montage begann, stellte vor allem die Baustellenlogistik eine doch etwas unterschätzte Herausforderung dar. Schnell wurde jedoch reagiert und auf Basis einer exakten Logistikplanung der Baustelle waren die Montageteams vor Ort in der Lage, ihre benötigten Bauteile inmitten der enormen Holzmengen, die angeliefert wurden, aufzufinden.

Mit diesem Schritt war die gesamte Prozesskette von der AV über Materialbeschaffung und Produktion, Transport, Logistik auf der Baustelle und Montage komplett geschlossen und transparent und konnte genau an die Montagegeschwindigkeit angepasst werden.

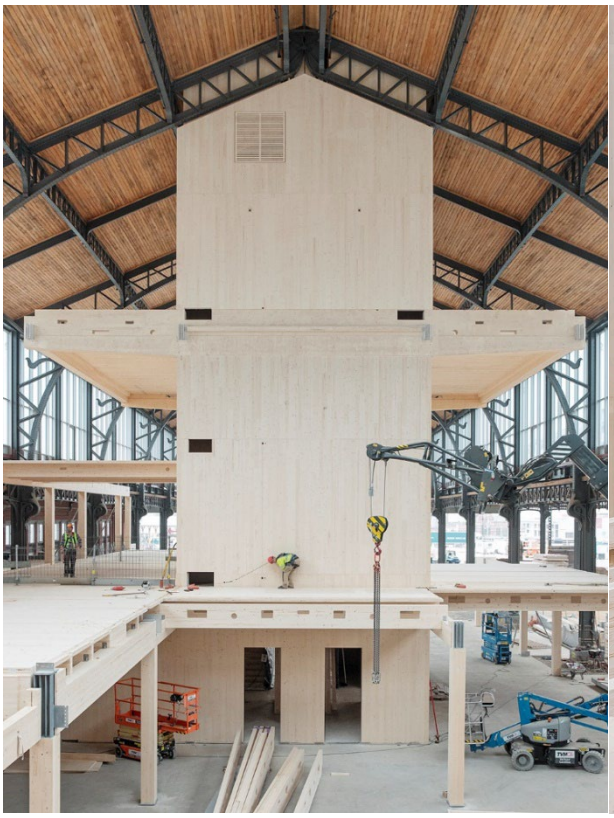


Abbildung 9: viergeschossiger BSP-Kern (Quelle: ZÜBLIN Timber)

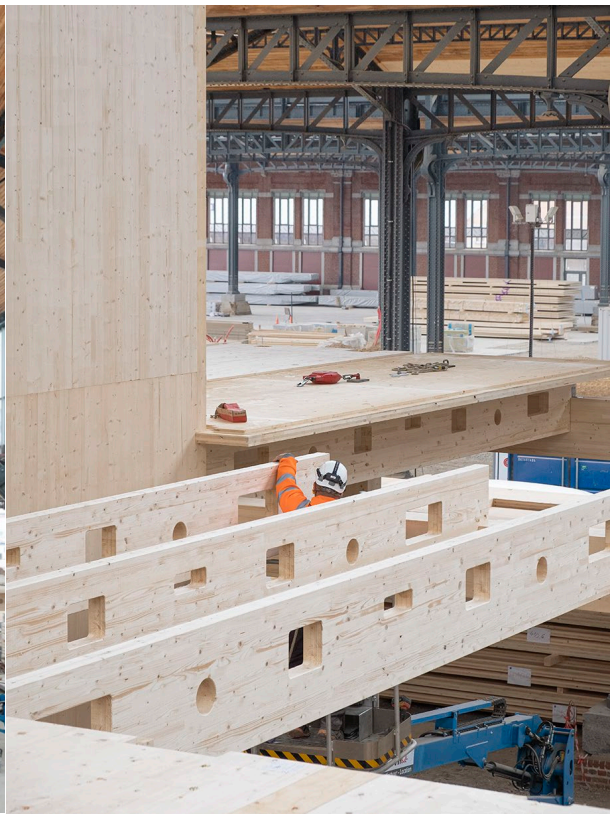


Abbildung 8: Montage BSH-Rippen (Quelle: ZÜBLIN Timber)

Durchschnittlich vier Montageteams arbeiteten an jeweils einem Block. Gesamt wurden 30 – in Hochzeiten bis zu 40 – Monteure parallel auf der Baustelle eingesetzt, um den vom Auftraggeber äußerst eng gesteckten Zeitrahmen einhalten zu können. Immerhin wollte dieser schnellstmöglich in die Vermietung gehen.
Neben den Monteuren waren im Baustellenteam noch ein Projektleiter, zwei Bauleiter und ein Praktikant mit von der Partie, die es alle gemeinsam schlussendlich ermöglichten, dass die Holzbaumontage termingerecht im September 2019 abgeschlossen werden konnte.

Die Nachfolgegewerke tun momentan ein Übriges, um die Holzkonstruktionen der einzelnen Blöcke in den schmucken Jugendstilhallen weiter zu veredeln. So wird im Innenausbau in großen Bereichen mit Eichen-Massivholz und -Brettschichtholz gearbeitet, ebenso bestehen die Fenster- und Fassadenflächen aus einer Eiche-Glas-Kombination. Deutlich ist schon jetzt zu erkennen, dass hier Im Herzen der europäischen Hauptstadt etwas Schönes für die Einwohner und Touristen entstehen wird.

6. Fazit und Lessons Learned

Kurzgesagt, wieder einmal viel gelernt – Altes und Neues: So z.B. dass die besten Bauteile nichts nützen, wenn man sie auf der Baustelle zu lange suchen muss, es wieder einmal besser läuft wenn ausreichend manpower von Beginn an am Projekt mitarbeitet, das Spannungsfeld zwischen Akquise- und-Ausführungsteam immer bestehenbleiben wird, BIM-Modelle die Projektarbeit insgesamt wirklich erleichtern können, die Lufthansa als Quasi-Monopolist für den Flug München-Brüssel ganz schön hinlangt, eine Montage im Winter unter Dach mehr Spaß macht als im Freien, etc., etc. .

Wichtiger jedoch sind die beteiligten Menschen. Mannigfaltige Gründe sprechen für einen schönen Holzbau, jedoch ist es, wie beim Gare Maritime, oftmals die Leidenschaft von Einzelpersonen (hier z. B. auf Seiten des Bauherrn), die herausragende Projekte entstehen lässt. Finden diese Menschen mit Architekten, Ingenieuren und ausführenden Firmen Gleichgesinnte, die diese Leidenschaft teilen, ist das schon die halbe Miete.

Und auch wenn es manchmal hoch her geht und «richtig Druck auf dem Kessel» ist, macht der Ton im Umgang miteinander die Musik. Mit gegenseitigem Respekt, Fairness im Umgang und konstruktivem Nach-Vorne-Denken fuhren alle Beteiligten besser als mit Schuldzuweisungen und der Suche nach Nachtragsmöglichkeiten.

Und so kann dann Holzbau wie Radfahren sein:
Macht Spaß, ist schnell, effizient… und nachhaltig! (frei nach P. Milcius)

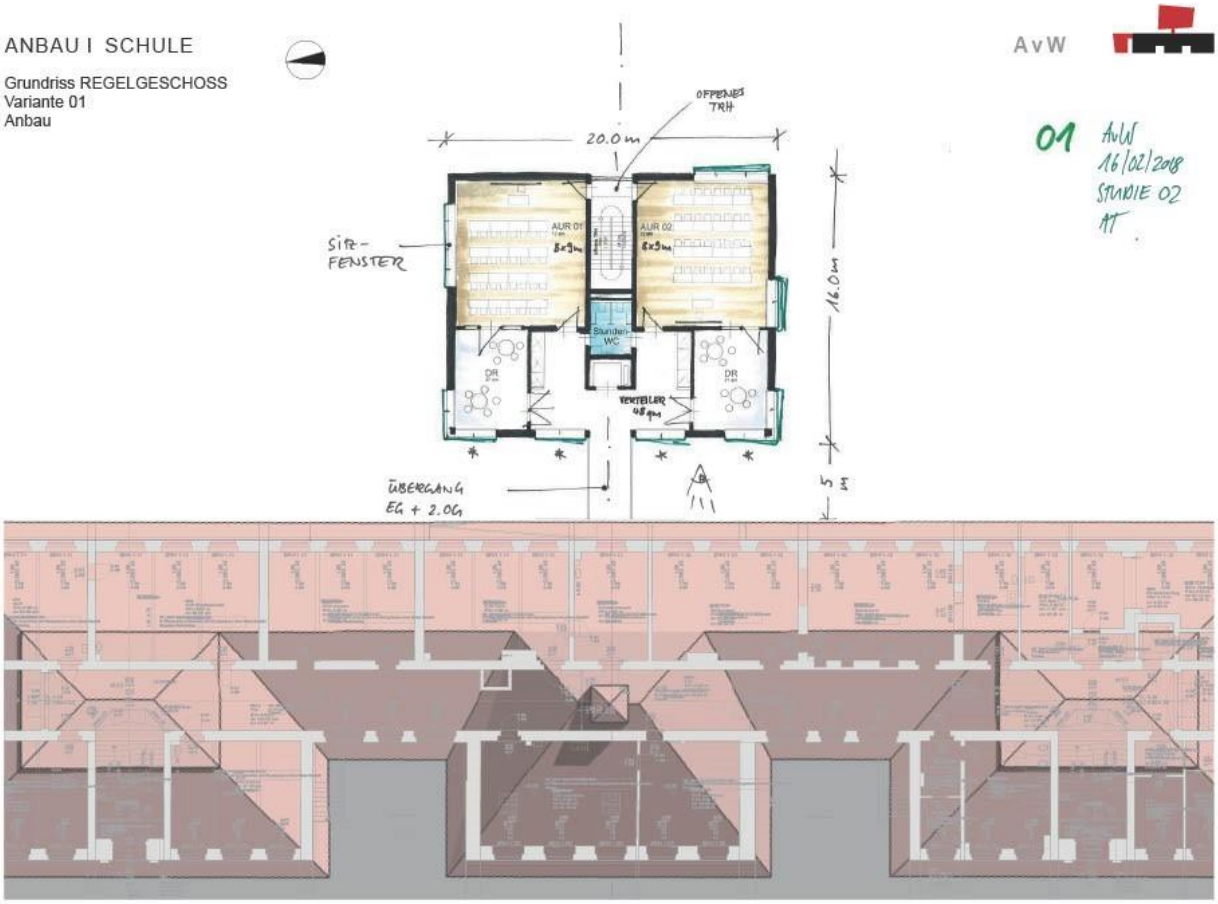
Verdichtung im urbanen Raum

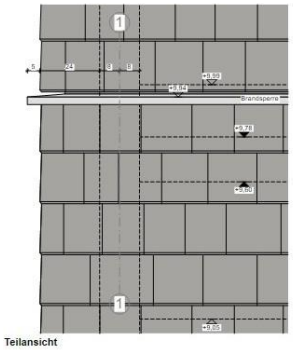
Tom Kaden
TU Graz / Kaden +
Graz / Berlin



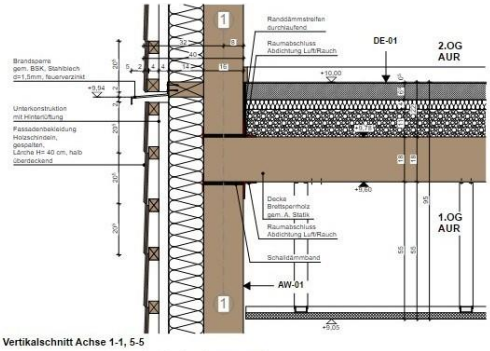
Verdichtung im urbanen Raum



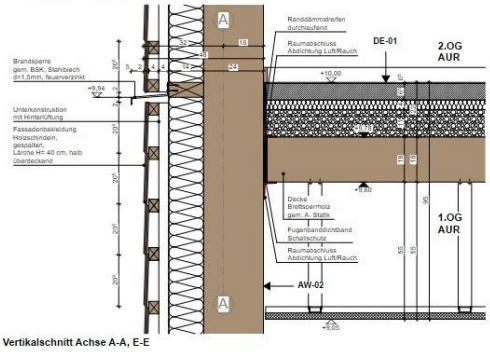




Teilansicht



Vertikalschnitt Achse 1-1, 5-5



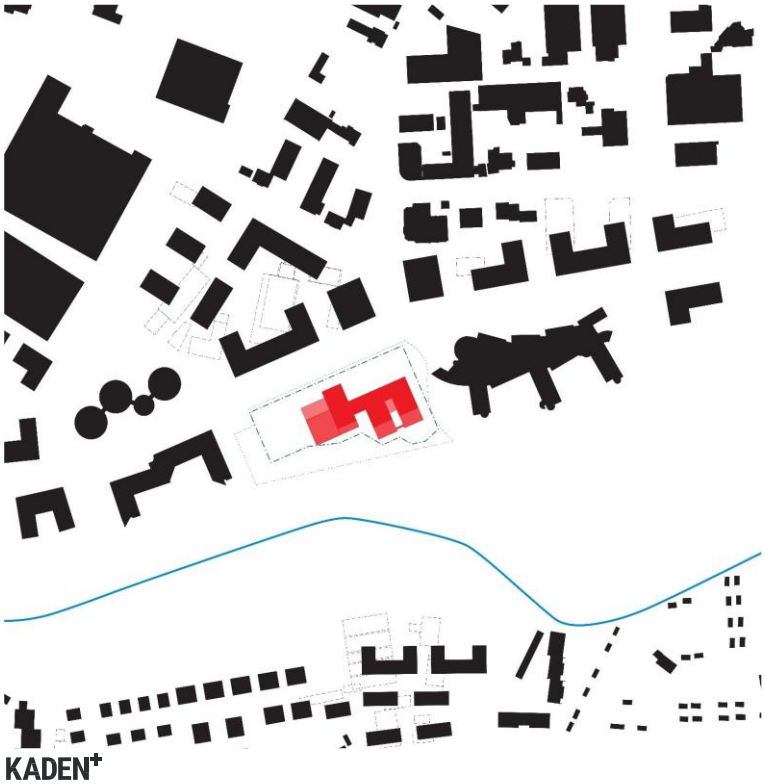
Vertikalschnitt Achse A-A, E-E











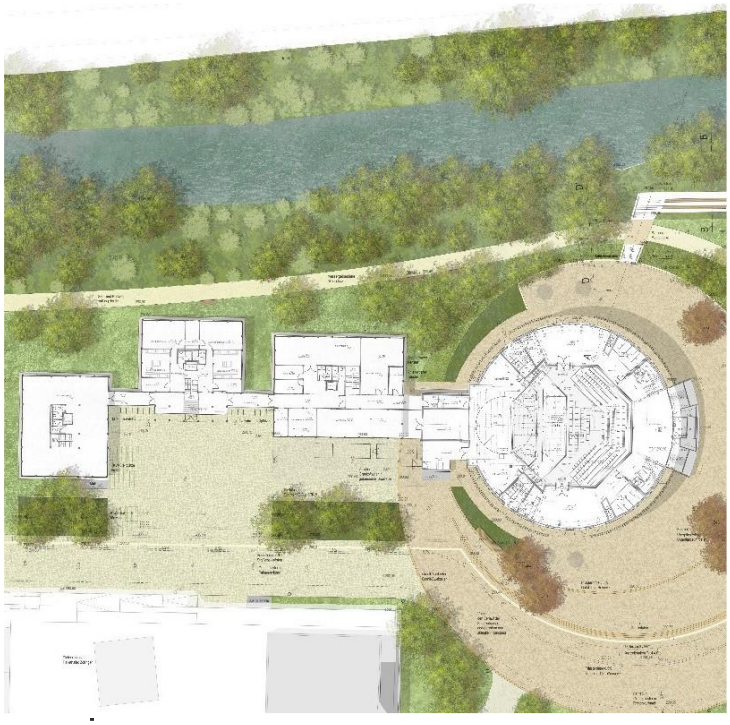
UNIVERSITÄT WITTEN-HERDECKE
Holzstütze
BSP-Wände, Tafelbau,
Brettsperrholzdecken

SEITE 23



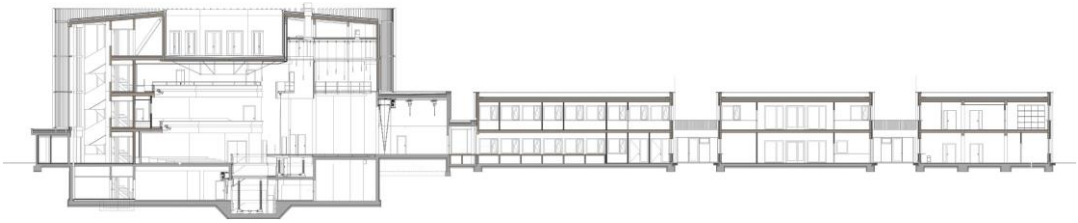






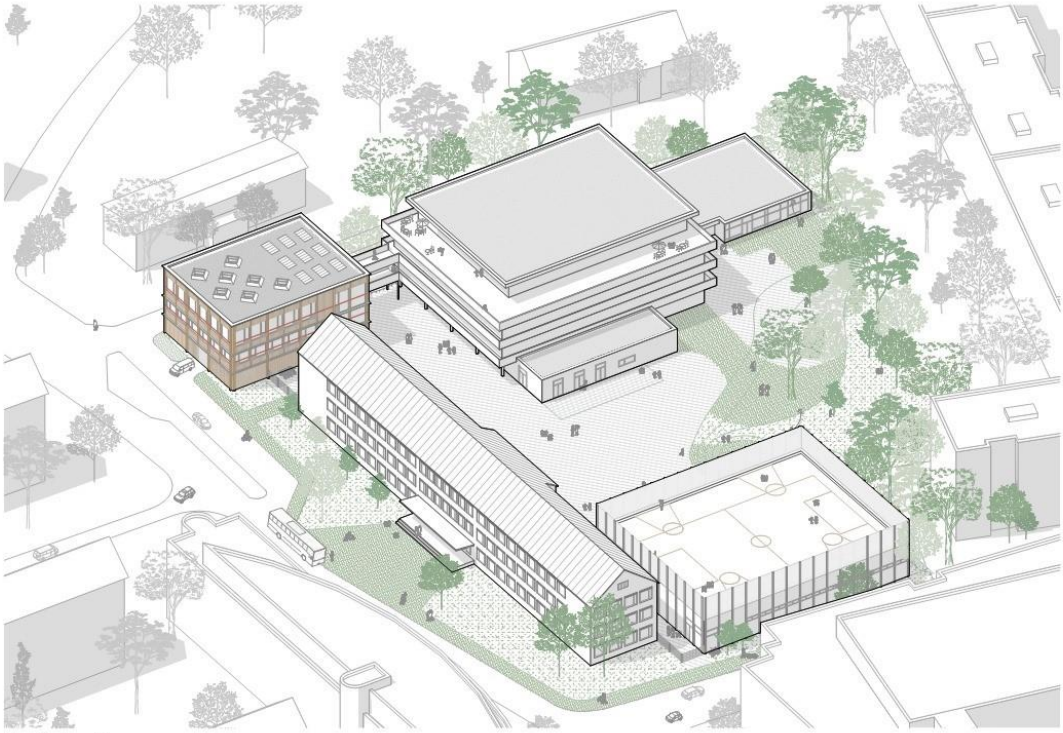
KULTUTORT „GLOBE“ COBURG
ArchitekturbüroEichhorn/
Kaden+Lager

Holzstützen,Brettsperrholz-
wände,Tafelbau,
Brettsperrholzdecken



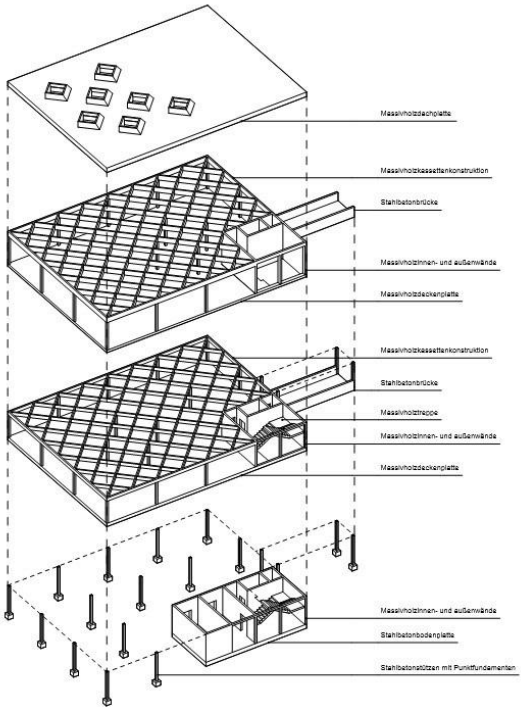






Haus A1_Isometrie
DIS_Dresden International School | Ideenwettbewerb | DIN A3 | M 1:500 | 19.12.2023

KADEN+



Haus A1_Konstruktionsprinzip
DIS_Dresden International School | Ideenwettbewerb | DIN A3 | M 1:333 | 19.12.2023

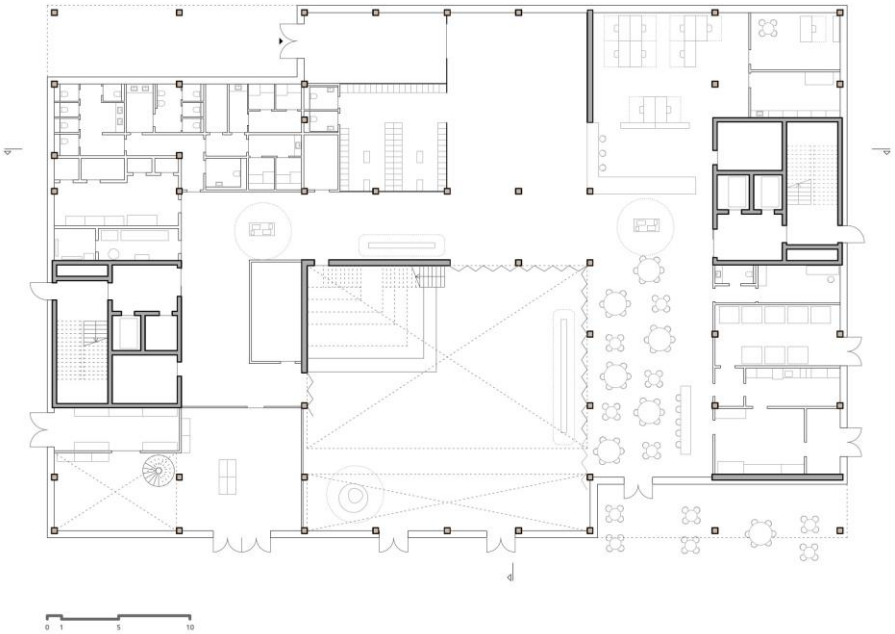
KADEN+


BAUHERR:IN
Ev. Kirchengemeinde Boxhagen-Stralau
Herr Stets, Herr Lindecke
Simplonstraße 31-37, 10245 Berlin, Tel. +49 30-291 0870
MASSSTAB
LEISTUNGSPH.
LP2
PLANINHALT
Isometrie Ansichten
PLANNR.
ERST.DATUM
10.02.2022
BAUVORHABEN
Neubau eines Wohn- und Gemeindehauses
Simplonstraße 31-37, 10245 Berlin
ARCHITEKTUR
KADEN+
Kaden+ GmbH
Alexanderstraße 7, 10178 Berlin
Tel. +49 30-2359770-0





DB Campus . Erfurt Hauptbahnhof





Aktuelles aus dem Süden von Deutschland

DAV Bundesgeschäftsstelle_München

Regina Schineis
Regina Schineis Architekten
www.schineis.com
Augsburg Passau, Deutschland



DAV Bundesgeschäftsstelle_München

1. Der Bestand

In der Parkstadt Schwabing im Norden von München an der A9 gelegen, hat der Deutsche Alpenverein e.V. im Jahr 2015 den nördlichen Teil des ehemaligen Verwaltungsgebäudes des Langenscheidtverlages erworben. Das Verwaltungsgebäude an der Mies-van-der-Rohe-Strasse 5 liegt im Stadtteil Schwabing-Nord, unmittelbar am Petuelring und nur durch die Highlight Towers (Architekten Murphy/ Jahn) von der Autobahn A9 getrennt. Im südlich angrenzenden Bauteil befindet sich die Parteizentrale der CSU.

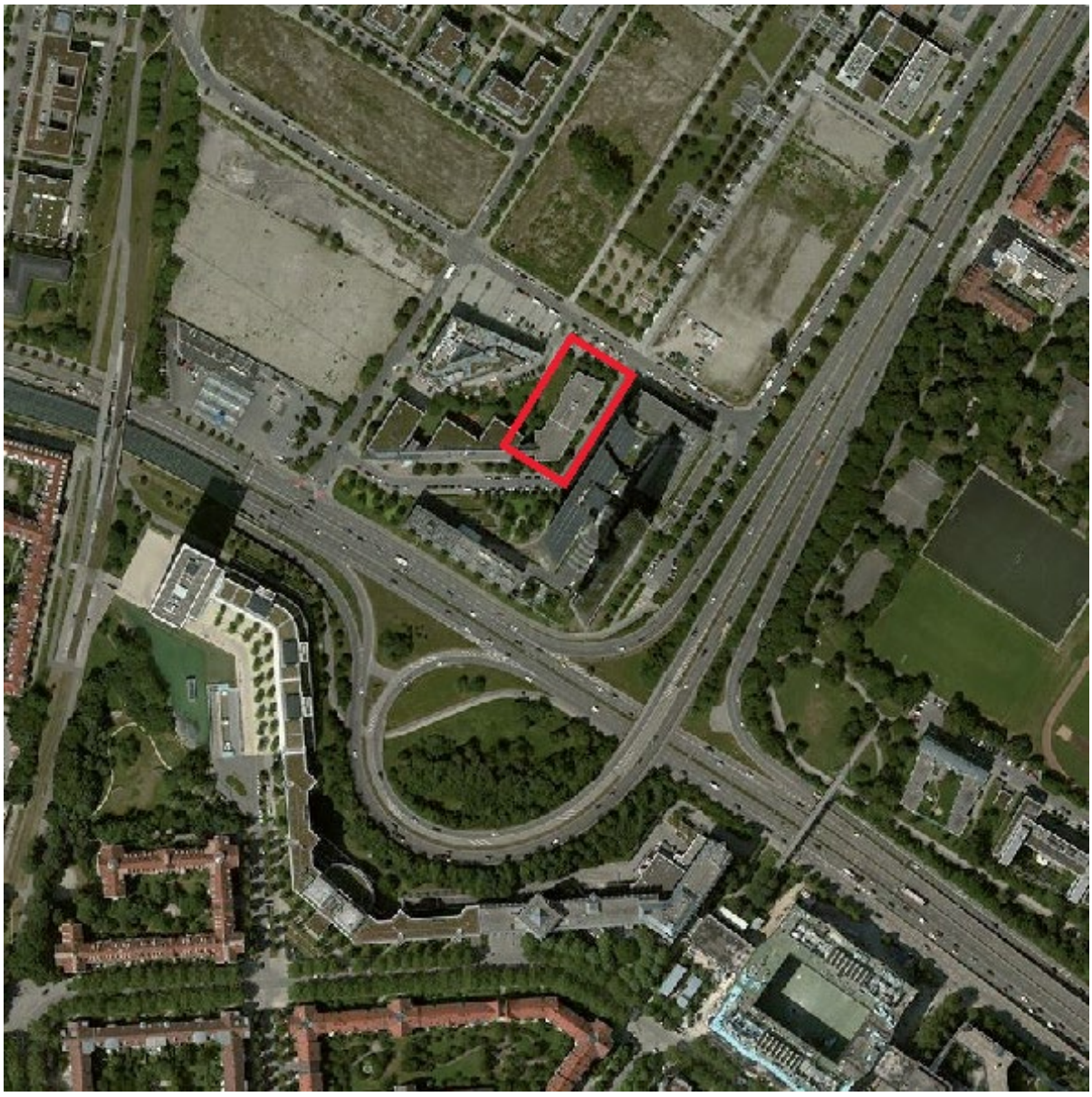


Abbildung 1: Luftbild Google Maps

Die Parkstadt Schwabing, von einem Investor entwickelt, wird als High-Tech Zentrum mit innovativem Charakter beworben. Dabei wird Innovation gleichgesetzt mit Kompositmaterialien, Stahl und Glas als dominierende Baumaterialien, sowie mit Gebäudeautomatisation von hohem Standard. Dadurch ist stadträumlich die Anmutung eines kalten, wenig umweltverträglichen und vor allem unmenschlichen, seelenlosen und austauschbarem Stadtquartieres entstanden.



Abbildung 2: Blick von Norden aus der Mies-van-der-Rohe auf den Bestand vor Umbau und Sanierung
Foto: privat

Die Bundesgeschäftsstelle des Deutschen Alpenvereins hat dort seit Fertigstellung 2022 ihren neuen Sitz. Der Deutsche Alpenverein, 1869 gegründet, verkörpert heute mit rund 1,2 Millionen Mitgliedern die weltweit größte Vereinigung von Alpinistinnen und Alpinisten. Der von Kurt Ackermann und Partner Architekten in zwei Bauabschnitten geplante, im Jahre 1985 fertiggestellte Stahlbetonskelettbau mit Tiefgarage und vier Bürogeschosse wurde so umgebaut, dass es den Anforderungen an einen modernen Bürobetrieb genügt. Im Zuge der Sanierungsmassnahme wurde eine Aufstockung um zwei zusätzliche Bürogeschosse und eine vorgestellte vertikale Grünfassade realisiert.

2. Das neue Gewand

Zwischen glatten, eisblauen himmelstürmenden Bauten findet der Deutsche Alpenverein sein neues Zuhause und bringt die Natur zurück in die schattigen Höhlen der Stadt.



Abbildung 3: Neue Bundesgeschäftsstelle des Deutsche Alpenvereins_2023 Foto: Eckhart Matthäus

Eine Holzstruktur legt sich allseitig um den auf sein steinernes Skelett reduzierten Bestandsbau. Auf 4 Stufen wächst die Holzstruktur nach oben, wird zum vertikalen Naturgarten bestückt mit heimischen Gewächsen und Hölzern, die Höhe gewohnt sind.

Die Holzkonstruktion ist begehbar für den Unterhalt und die Reinigung der Fassade und trägt die vorgelagerten Sonnenschutzbahnen zur Verschattung nach Süden.

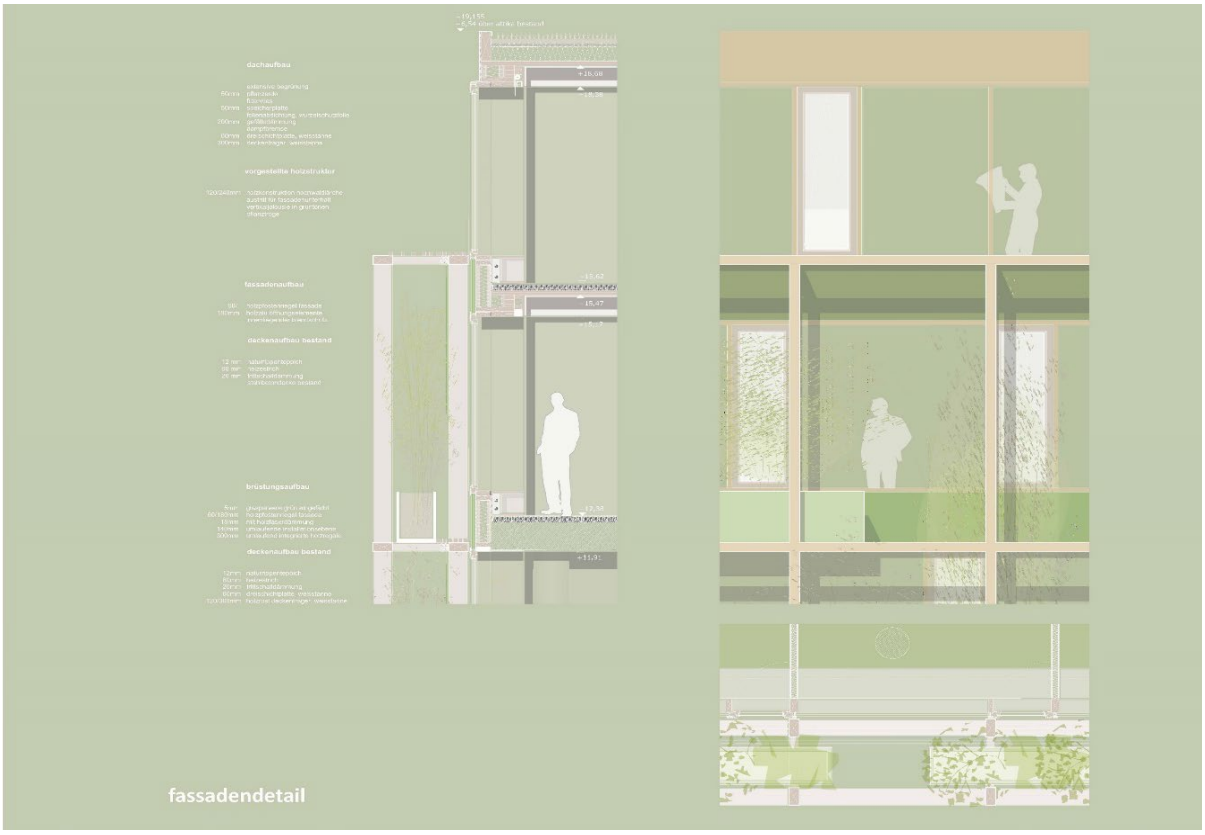


Abbildung 4: Fassadendetail Wettbewerbsentwurf 2016 hiendl_schineis architekten

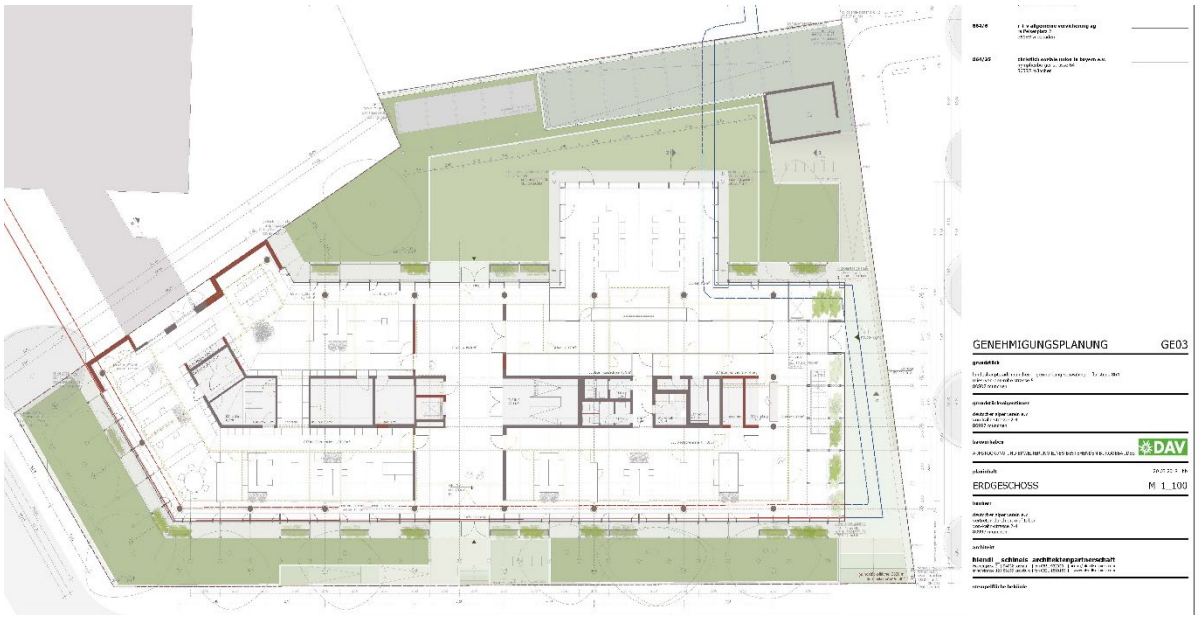


Abbildung 5: Genehmigungsplanung 2018 hiendl_schineis architektenpartnerschaft

An der Nordfassade zum Platz hin wird die Holzstruktur zum luftigen Eingangsfoyer und natürlichen thermischen Puffer mit Treppenwegen zwischen Pflanztrögen nach oben. Der aus dem Stadtraum ankommende Grünzug findet seinen Abschluss im vertikalen Garten der neuen Bundesgeschäftsstelle des Deutschen Alpenvereins.

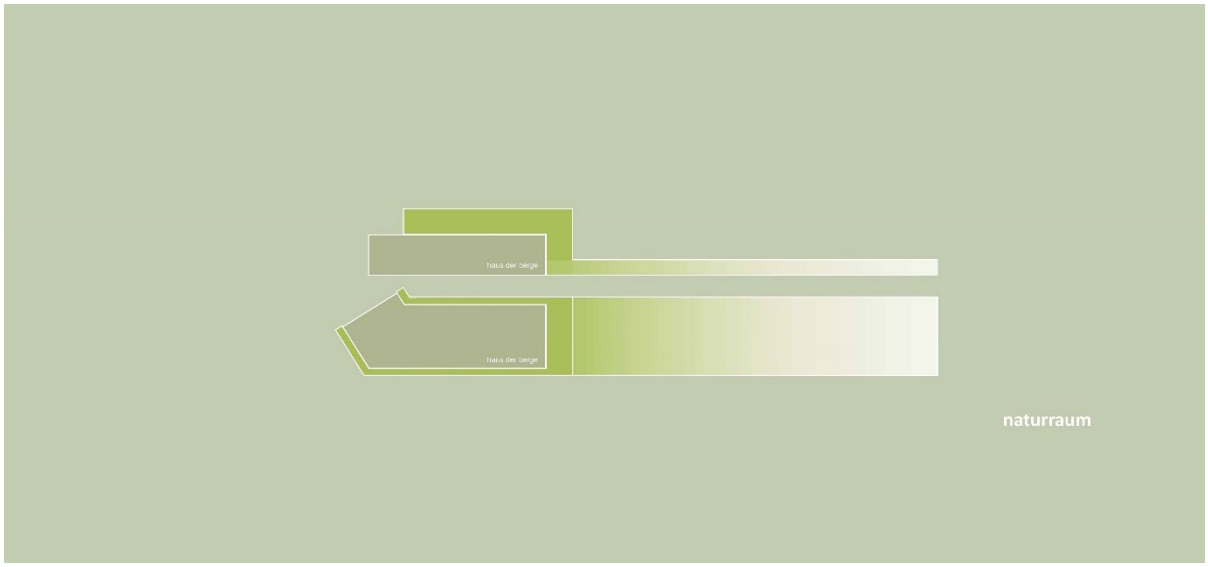


Abbildung 6: Wetttbewerb 2016 hiendl_schineis architektenpatnerschaft

Der vertikale Garten trägt zur gewünschten sommerlichen Verschattung des dahinterliegenden Bestandsgebäudes bei und bildet die Jahreszeiten an der neuen Fassade ab.



Abbildung 7: Blick von Norden aus der Mies-van-der-Rohe mit Holzgerüst Foto: Eckhart Matthäus

3. Die vorgestellte Holzstruktur

Die dem Stahlbetonskelettbau vorgestellte Holz-Pfosten-Riegelfassade ermöglicht eine flexible Unterteilung in Raumsequenzen vom Einzelbüro bis zum Besprechungszimmer. Raumgrössen von klein zu gross, von geschlossen bis ganz offen, mit einer Raumhöhe von beinahe 2.70 m sind möglich. Die niedrigen Brüstungen mit Holz verkleidet schaffen genug Raum für die Verteilung der technischen Infrastruktur.



Abbildung 8: Schema Entwurf 2017 hiendl_schineis architekten



Abbildung 9: Holzstruktur Foto: Eckhart Matthäus

Dem Bestand vorgestellt die Struktur der Holz-Pfosten Riegelfassade, mit Öffnungsflügeln aus Holz, bis zur Unterkante der Stahlbetondecke reichend, genügend Licht an den Arbeitsplatz lassend. Gefiltert vom Grün der in der offenen Holzstruktur vor der Fassade wachsenden Pflanzen. Immer ein Spiel der Blätter im Wind und Licht, das neue Gewand, der Naturraum mitten in der Stadt.



Abbildung 10: Neue Bundesgeschäftsstelle des Deutsche Alpenvereins_2023 Foto: Eckhart Matthäus

Neubau am Schulzentrum Stockbrünnele, Böblingen

Tobias Hock
Sinfiro Brandschutzingenieure
Balingen, Deutschland



2 Neubau am Schulzentrum Stockbrünnele, Böblingen | T. Hock

Ein Neubau für das Schulzentrum Stockbrünnele, Böblingen

Nach einer generellen Bestandsaufnahme aller Schulen wurde festgestellt, dass beim bestehenden Schulgebäude Stockbrünnele, in dem die Theodor-Heuss-Werkrealschule und die Friedrich-Schiller-Realschule untergebracht sind, eine Sanierung nicht mehr sinnvoll ist. Daher wurde ein Neubau für den Ersatz der beiden Schulgebäude geplant.
Das Schulzentrum befindet sich am westlichen Stadtrand von Böblingen und wird von der Kremser Straße und der Herrenberger Straße im Westen bzw. Norden begrenzt. Südlich schließt sich ein Grünzug an. Östlich befinden sich Gleisanlagen der Deutschen Bahn.

Aus dem Architektenwettbewerb gingen BFK Architekten als Gewinner hervor. Der damalige Entwurf sah noch ein konventionell errichtetes Gebäude mit Klinkerriemchenfassade vor. Es erfolgte eine Diskussion um nachhaltiges Bauen, die zur Folge hatte, das Gebäude weitestgehend und dort wo sinnvoll als Holzkonstruktion zu errichten. In diesem Zuge erfolgten dann auch die Anpassungen des Erscheinungsbildes zu einem Holzgebäude mit einer Holzfassade.

Der heutige Entwurf sieht ein 5-geschossiges Gebäude mit ca. 20 m Höhe vor. In dessen Mitte wird ein ca. 10 m x 20 m großer Innenhof konzipiert. Ebenfalls wird ein Dachgarten im obersten Geschoss umgesetzt. Der Gebäudegrundriss springt hierfür im Süden deutlich zurück. Das Gebäude wird als Hybridbau konzipiert. Das Sockelgeschoss und Erdgeschoss sowie die zur Aussteifung benötigten Treppenhauskerne und die Brandwand sind in Stahlbeton errichtet. Ansonsten wird das Gebäude in Massivholzbauweise erstellt.



Abbildung 1: Visualisierung Süd-Ansicht (Quelle: BFK Architekten)

Durch die zeitgemäßen Planungsansätze wird ein modernes pädagogisches Konzept umgesetzt, welches Lehrer*innen neue Möglichkeiten bietet. Das Gebäude gewährt einen optimalen und fortschrittlichen Arbeits- und Lebensbereich für Kinder und Jugendliche.

Im Februar 2019 wurde das Projekt offiziell gestartet. Im Zuge der Planung und in enger Abstimmung mit den Nutzer*innen konnte ein zukunftsweisendes Gebäude entwickelt werden, welches die Baustoffe Holz und Beton vereint. Die Komplexität dieses Holz-Hybrid-Baus und die dazu zum damaligen Zeitpunkt noch nicht in Baden-Württemberg gesetzlich eingeführten rechtlichen und technischen Grundlagen bedurften einer intensiven Abstimmung. Für diesen Weg wurde speziell eine «Holzbau Runde» initiiert, die aus Fachleuten der Stadtverwaltung, des Landkreises und externen Sachverständigen bestand.
Die regelmäßigen Termine haben maßgeblich zur Genehmigungs- und Umsetzungsfähigkeit beigetragen.

Der Baubeschluss schließlich wurde vom Gemeinderat im November 2021 getroffen. Dieser sah auch vor, die Bauleistungen zum Neubau als eine europaweite Generalunternehmer-Ausschreibung vorzunehmen. Im Dezember 2022 stimmte der Gemeinderat der Vergabe an die Dach-ARGE Schule Stockbrünnele, bestehend aus müllerblaustein HolzBauWerke GmbH und Geiger Schlüsselfertigbau GmbH & Co. KG, zu. Diese Entscheidung war begleitet von dem Beschluss, das Gesamt-Budget auf 66,5 Millionen Euro zu erhöhen. In rund 20 Monaten Bauzeit wird nun das neue Schulzentrum Stockbrünnele entstehen.

1. Architektur

Die neue Schule reiht sich an die Bestandsbauten auf dem Schulgelände an (Doppelsporthalle und Jugendhaus) und ermöglicht somit die Freihaltung der für die Stadt Böblingen wichtigen Frischluftschneise. Es wurde entschieden, beide Schulen in einem kompakten Baukörper zu vereinen und, abgerückt vom zukünftigen Jugendhaus, als eigenständiges Gebäude mit Identifikationscharakter zu platzieren.
Die Haupterschließung der Schulen erfolgt von der Kremser Straße aus über separate Eingänge. Jede Schule erhält ein großzügiges dem Innenhof angeschlossenes Treppenhaus mit Aufzugsanlage. Über den tieferliegenden Werk- und Kunsthof im Sockelgeschoss ist eine separate Anlieferung möglich.
Die Flächen jeder Schule werden separat in einem L-förmigen Baukörper untergebracht und bilden durch ihre Anordnung einen gemeinsamen Innenhof. Der Innenhof mit im EG angrenzender Schüler-Mensa lässt beide Schulen in diesem Bereich verschmelzen und bietet hier einen individuellen Ort für Austausch und Kommunikation aller Schüler.



Abbildung 2: Schnitt (Quelle: BFK Architekten)

Die Flure der Obergeschosse wurden großzügig ausgelegt, um zusätzlich offene Lernlandschaften anzubieten und auch zukünftig unterschiedliche Schulkonzepte zu ermöglichen.
Von der Kremser Straße aus führt ein breiter Weg zum Schulneubau und weiter zur Halle. Verschleifende Stufen und Sitzstufen übernehmen die Führung und lassen das Gebäude über dem Hof schweben.

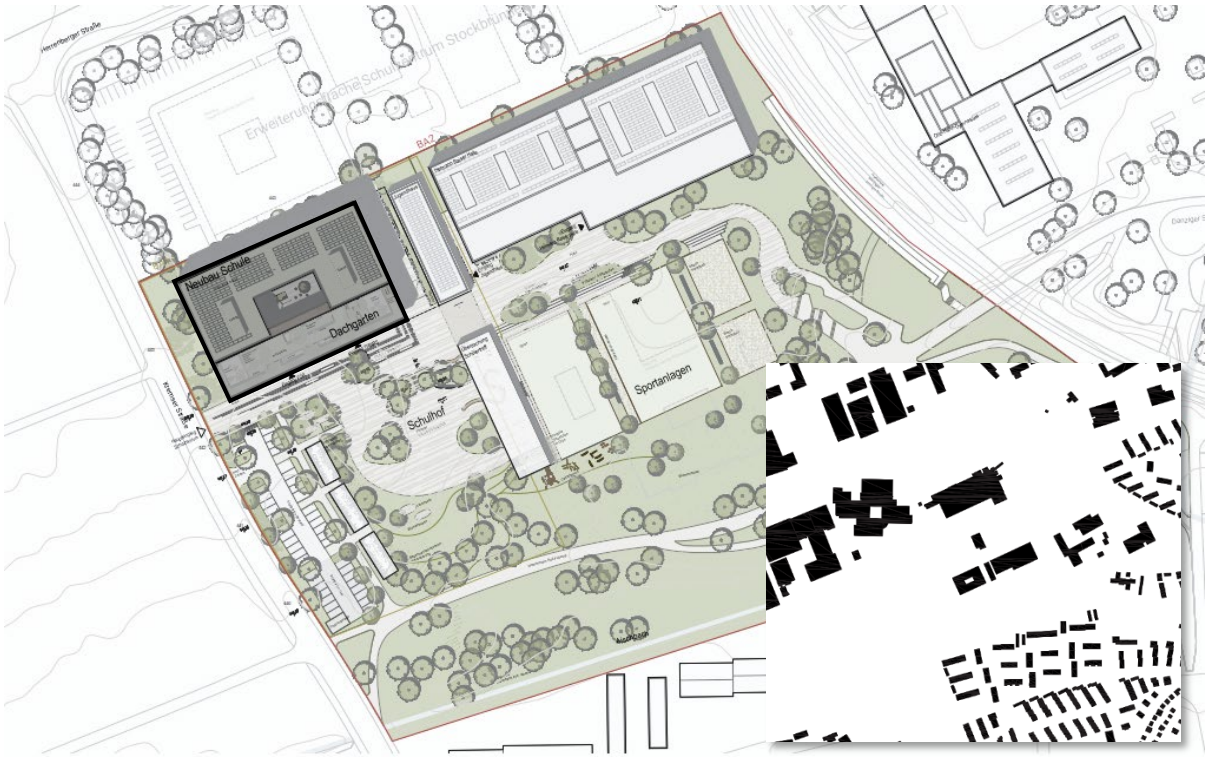


Abbildung 3: Lageplan/Schwarzplan (Quelle: BFK Architekten)

Die bestehenden Baumgruppen beschatten Vorbereich und Schulhof. Der klimatisch bedeutende Grünzug wird bis an die Schule herangeführt.
Die intensive Begrünung der Dachfläche wirkt als Fortführung des Grünzugs und wird selbst vom Schulhof aus wahrgenommen. Die Fuge zwischen Schule und Jugendhaus wird zur Außenfläche der Werkräume und als Kunst- und Werkhof genutzt.
Der Schulhof stellt zusammen mit der in Teilen begrünten Fassade des Neubaus eine Erweiterung des angrenzenden Grünzuges dar, ergänzt die bestehende Frischluftschneise und unterstützt somit die Gedanken des Klimaanpassungs- und des Klimaschutzkonzeptes der Stadt Böblingen.

2. Brandschutz, Holzbau und Umsetzung

2.1. Konzeption Brandschutz

Das Gebäude ist aufgrund seiner flächenmäßigen Ausdehnung und Höhe in die Gebäudeklasse 5 einzustufen und als Sonderbau (Schule, Versammlungsstätte) zu bewerten.
Im Architektenwettbewerb noch als klassische Massivkonstruktion mit großräumigen Nutzungseinheiten gedacht, hat sich das Konzept vor allem als Konsequenz des Baustoffs Holz zu kleineren und damit mehr Nutzungseinheiten hin entwickelt. In den Obergeschossen sind je 6 Nutzungseinheiten bzw. Teilnutzungseinheiten mit ca. 400 m² ausgebildet.
Der Baukörper wird aufgrund seiner Länge zudem in zwei Brandabschnitte unterteilt.
Die Flucht- und Rettungswege werden über die notwendigen Treppenräume bzw. direkten Ausgänge ins Freie baulich sichergestellt.
Es wurde eine klassische Massivkonstruktion für Geschosse mit Erdberührung und der Versammlungsräume gewählt.
Darüber befinden sich dann die als Holzkonstruktion errichteten Regel- und das Staffelgeschoss.
Das Tragwerk besteht weitestgehend aus einer Skelettkonstruktion mit tragenden Außenwänden. Dadurch müssen auch die Außenwände feuerbeständig sein.
In die Anordnung der Treppenraumkerne wurde auch der Brandwandverlauf integriert. Diese sind als Stahlbetonkonstruktionen ausgeführt, Trennwände werden nichtbrennbar gemäß (M)HolzbauRL bekleidet.
In den notwendigen Treppenräumen sind trockene Löschleitungen vorgesehen, um eine mögliche Brandbekämpfung zu erleichtern.

Eine Alarmierungsanlage ermöglicht eine rechtzeitige Einleitung der Räumung im Gefahrenfall (Hausalarmierung).
Eine Besonderheit stellt die Innenhofsituation dar. Die Erreichbarkeit der Fassade kann über Zugänglichkeiten im Erdgeschoss sowie die geringe Eindringtiefe sichergestellt werden, im Innenhof besteht ausreichend Abstand für eine Brandbekämpfung an der Fassade. Deshalb wird auch im Innenhof die Außenwandbekleidung als Holzkonstruktion realisiert.

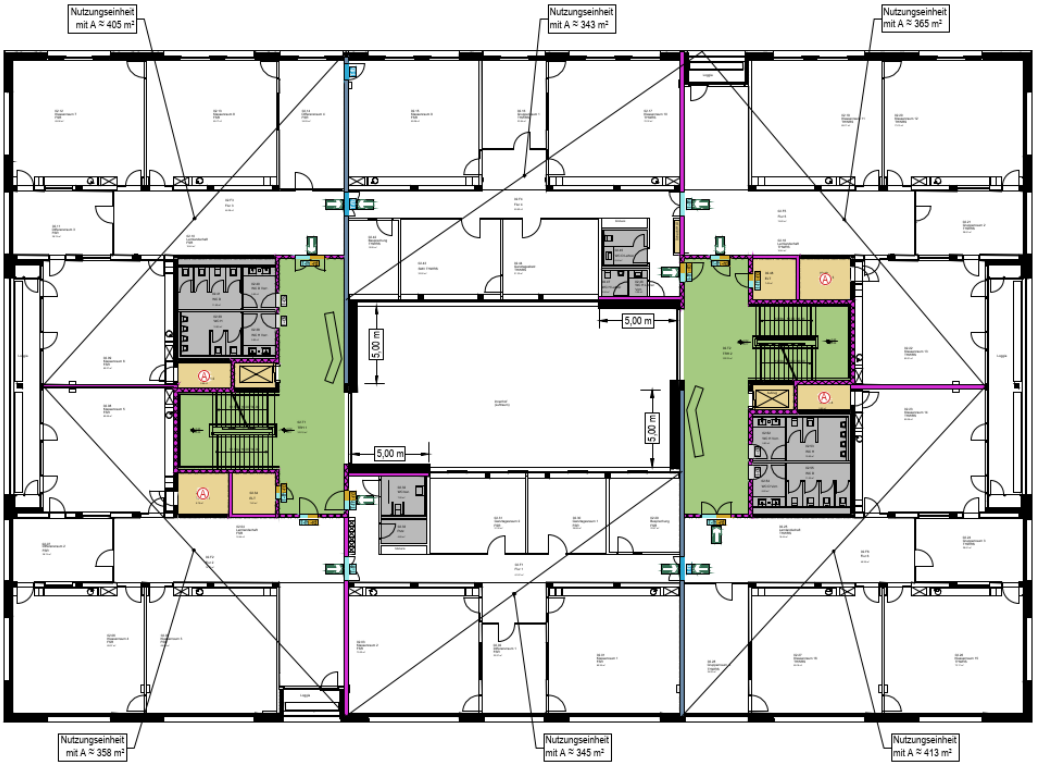


Abbildung 4: Brandschutzplan Regelgeschoss

2.2. Holzbau-Runde Böblingen

Ein besonderes Merkmal des Projektes ist die planungsbegleitende «Holzbau-Runde» der Stadt Böblingen. Dieses Kommunikationsformat wurde initiiert, um frühzeitig mit allen beteiligten Stellen gemeinsam Lösungen für sämtliche Holzbau-Themen zu finden bzw. zu erarbeiten – für alle Holzbau-Projekte der Stadt Böblingen, so auch für das Stockbrünnele. Die Holzbaurunde findet in den Räumlichkeiten der Feuerwehr statt. Zusätzlich zu den Planungsbeteiligten, Bauherrschaft, Brandschutzdienststelle/Stabstelle Brandschutz, Baurechtsbehörde mit Baukontrolle konnte durch Herrn Prof. Dederich noch externer Sachverstand gewonnen werden, der die Holzbau-Runde ebenfalls unterstützt.

Durch dieses Format konnte schon in den ersten Terminen erkannt und geklärt werden, dass das geplante Gebäude zwar baurechtlich genehmigungsfähig ist, allerdings (ohne die damals noch nicht eingeführte Holzbaurichtlinie) nur mit Erlangung einer vorhaben bezogenen Bauartgenehmigung errichtet werden kann. So wurde schon früh im Projektverlauf in der Leistungsphase 2 mit der Vorbereitung und Planung zur Beantragung der vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung begonnen und zur erfolgreichen Erteilung gebracht.

2.3. (Muster-)Holzbaurichtlinie und vorhabenbezogene Bauartgenehmigung

Zum Zeitpunkt der Planung war die damalige Muster-Holzbaurichtlinie zwar bereits veröffentlicht, in Baden-Württemberg aber noch nicht eingeführt. Somit fehlte die notwendige technische Baubestimmung zur Umsetzung. Zudem galt die damalige MHolzbauRL nur für Standardgebäude und damit nicht für das Schulgebäude.

Die Bauartgenehmigung wurde durch die Bauherrschaft vor der Kalkulationsphase der GU-Vergabe beantragt und noch vor Auftragsvergabe erteilt, sodass die Kalkulationsphase

dazu genutzt werden konnte. Nach Vergabe der Bauleistungen lag eine belastbare Planung vor und die Umsetzung des Projektes konnte unmittelbar erfolgen.

Die Bauteilfugen wurden zur damaligen Muster-Holzbaurichtlinie abweichend geplant. Dies war die Grundlage für den Antrag zur vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung. Dabei wurde darauf geachtet die Planung in Analogie zu «Leitdetails für Bauteilanschlüsse in den Gebäudeklassen 4 und 5» des Informationsdienst Holz vorzunehmen.

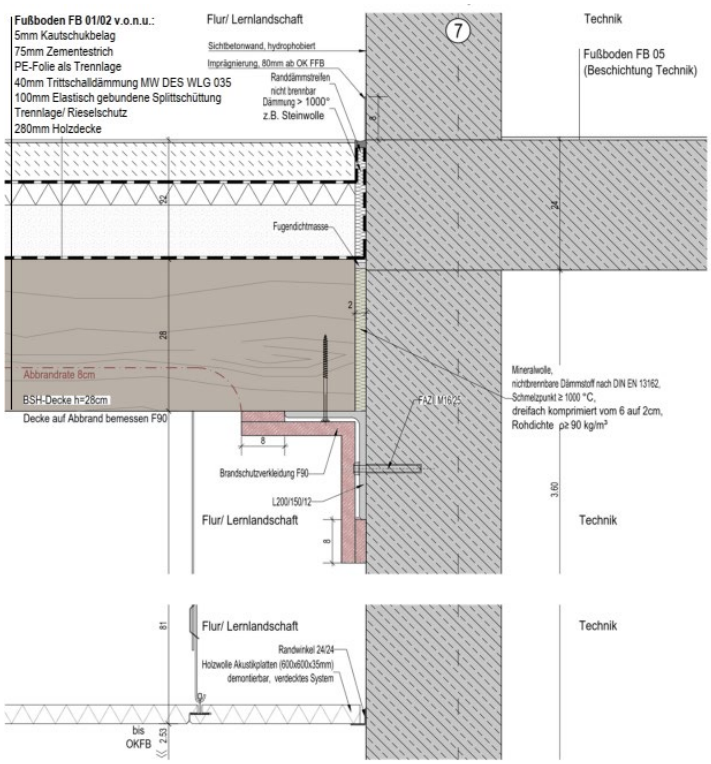


Abbildung 5: Fugenausbildung Decke an Massivwand (Quelle: BFK Architekten)

Am 20.12.2022 wurde die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erteilt. Seit dem 01.01.2023 gilt in Baden-Württemberg die Holzbaurichtlinie Baden-Württemberg. Damit hätte die Möglichkeit bestanden, gemäß der eingeführten Holzbaurichtlinie das Gebäude auszuführen, ohne Anwendung der vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung. Da jedoch diese schon Bestandteil der Planung war und gegenüber der Holzbaurichtlinie geringfügig abweicht, wird diese trotzdem als Grundlage der Planung und Ausführung verwendet.

Ein weiterer, von der Muster-Holzbaurichtlinie abweichender Punkt ist der Verzicht auf eine nichtbrennbare Trägerplatte bei der Außenwandbekleidung. Dieser Punkt war aber nicht Gegenstand der vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung; da dies im Rahmen eines Abweichungsantrages genehmigt wurde. Die Brandsperren wurden anhand der Muster-Holzbaurichtlinie geplant.

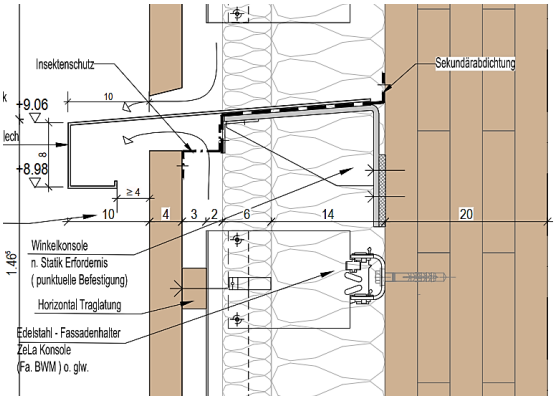


Abbildung 6: Detail Außenwandbekleidung (Quelle: BFK Architekten)



Abbildung 7: Aufbau Außenwand

Die anfänglich gewünschte und vorgesehene große Holzsichtigkeit von Oberflächen hat sich im Zuge des Planungsprozesses so entwickelt, dass aus Schallschutz- und auch Konstruktionsgründen v.a. in Bezug auf Installationen und Technik zuletzt nur noch die Deckenflächen und die Unterzüge sowie Stützen unbekleidet verblieben sind.

Da die Außenwände tragend sind und somit inklusive dem Raumabschluss der Feuerwiderstandsfähigkeit der Geschossdecke entsprechen, wurde die Brandsperre an der Fassade oberhalb der Ebene der Geschossdecke geschossweise angeordnet.

2.4. Umsetzung und Bauphase

Das Gebäude befindet sich aktuell noch in der Bauphase. Nach Fertigstellung des Rohbaus erfolgt nun das Aufrichten der Holzkonstruktion.



Abbildung 8: Holzkonstruktion Regelgeschoss während Bauphase



Abbildung 9: Aufrichten der Holzkonstruktion, gut zu erkennen sind der Treppenraum und die noch freistehende Brandwand.

Im Rahmen der Fachbauleitung Brandschutz wird durch regelmäßige Begehungen eine ordnungsgemäße Ausführung sichergestellt und kann frühzeitig auf eventuelle Fragestellungen reagiert werden.

3. Fazit – auf die Plätze...Fertig...Holz!

Holz ist ein Team-Baustoff, gemeinsam können Lösungen gefunden und erarbeitet werden.

Das Objekt konnte erfolgreich in Holzbauweise geplant und nun umgesetzt werden, da frühzeitige, häufige und enge Abstimmungen erfolgt sind. Die Brandschutzdienststelle/ Stabstelle Brandschutz steht dem Holzbau offen/ohne Vorbehalte gegenüber. Es fanden regelmäßige «Holzbaurunden» und damit eine klare, offene und direkte Kommunikation unter allen Beteiligten statt. Es erfolgte eine sehr frühzeitige Klärung der Baubarkeiten und Verwendbarkeitsnachweise.
Nicht zuletzt aber haben alle Projektbeteiligte gemeinsam das Ziel eines Holzbaus verfolgt.

Das Gebäude wäre in gleicher Art und Weise mit der heute eingeführten Holzbaurichtlinie Baden-Württemberg in Verbindung mit den zugehörigen Anlagen und Anhängen umzusetzen – mit weniger Aufwand bei den Verwendbarkeitsnachweisen.

4. Projektbeteiligte

Bauherr:	Stadt Böblingen
Architektur:	BFK architekten GmbH & Co. KG
TGA HLS:	ibp Knaus+Zentner Ing.-Gesellschaft mbH
TGA ELT:	KIENLE Beratende Ingenieure GmbH
Tragwerksplanung:	baustatik relling
Bauphysik:	Seeberger+Partner Bauphysik und Energieplanung
Brandschutz:	Sinfiro Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG
Generalunternehmer:	müllerblaustein HolzBauWerke GmbH

IFH 2.0

Innovationsfabrik, Heilbronn

Prof. Dipl. Ing. M. Arch. Felix Waechter
Waechter + Waechter Architekten BDA
Darmstadt, Deutschland



IFH 2.0

Innovationsfabrik, Heilbronn



Abbildung 1: Blick über den Neckaruferpark, Bild: Brigida González

1. Auftakt und Abschluss

Die Innovationsfabrik bildet Auftakt und Abschluss am Neckaruferpark und zugleich ein harmonisches Ensemble mit dem Bestand. Das städtebauliche Konzept stärkend wird die Raumkante zum Neckar aufgenommen. Die Blickachse zum Wissensschafts- und Technologiezentrum wird freigehalten, so dass eine großzügige grüne Mitte im Dreiklang mit dem Hotel gebildet wird. Auch die Blickachse der Stichstraße bleibt frei – durch die gedrehte Kante entsteht ein angemessener Vorbereich vor dem im Ideenteil vorgeschlagenen Hochhaus (12 Geschosse), das mit dem WTZ-Turm im Dialog steht.



Abbildung 2: Modell M 1:100 (W+W)

Das Innovationszentrum, das die Höhe des Hotels zitiert, öffnet sich hierhin mit dem Eingang. Die allseits gläserne transparente Anmutung des quadratischen Baukörpers, ohne Vor- und Rückseite, erlaubt Ausblick in das Quartier ebenso wie schaufensterartig Einblick in die Arbeit der GründerInnen und entspricht so dem Leitbild eines offenen Hauses. Der nachhaltige, ressourcenschonende Holzbau ist weithin sichtbar, die Logik der Konstruktion bestimmt das Erscheinungsbild und wird zum identitätsstiftenden Wiedererkennungsmerkmal.

2. Mitte als Think Tank

Helle, lichtdurchflutete Kommunikations- und Begegnungszonen rund um eine zentrale Halle, statt dunkler Flure, laden die Tüftler der Startups, GründerInnen, CoworkerInnen und KreativarbeiterInnen zum gegenseitigen Befruchten und Inspirieren ein. Diese offenen Zonen sind ThinkTanks und Lounges für das Arbeiten und den Austausch untereinander. Die Halle bildet den Mittelpunkt und ermöglicht eine einfache Orientierung.



Abbildung 3: Treffen und Austausch in der Mitte, Bild: Brigida González

Kranzförmig liegen um dieses gemeinschaftliche Herz in den Obergeschossen, alle Arbeitsplätze der unterschiedlich großen Räume sind jeweils nach außen orientiert mit unterschiedlichen, aber jeweils attraktiven Ausblicken und somit optimal belichtet. Die Raumproportionen ermöglichen vielfältigste Konzeptionen als offene Bürolandschaft, aber auch als Kombi- und Zellenbüro.

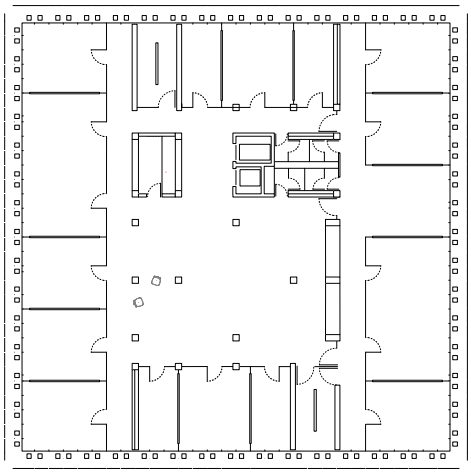


Abbildung 4: Grundriss 2.Obergeschoss

Im Inneren entsteht eine lichtdurchflutete, freundliche und anregende Atmosphäre als Voraussetzung für angenehmes Arbeiten allein und in der Gruppe. Die Verglasung der Büros zu den Kommunikationszonen fördert den Austausch untereinander und unterstützt den angestrebten werkstattartigen Charakter; Vorhänge erlauben unterschiedliche Transparenz.



Abbildung 5: Inspirierende Arbeitsräume, Bild: Brigida González

Die kommunikativen Begegnungszonen im Inneren werden durch den gemeinschaftlich nutzbaren, neuen Freiraum ergänzt. Von hier erfolgt der Zugang über den transparenten Eingang wettergeschützt über den Windfang mit integriertem Servicepoint direkt in die zentrale Eingangshalle im Atrium. Der längsseitig zum Neckar orientierte, auch extern zu nutzende, Tagungsraum ist zur Fußgängerpromenade geöffnet und erlaubt Einsicht in die Arbeiten in dem Innovationszentrum. Daneben liegen die Workshopräume, die für Besprechungen mitgenutzt werden können, sowie die optional mit Trennwänden verbindbaren Werkstätten (über Tore von Westen andienbar) mit den zugehörigen Büros.

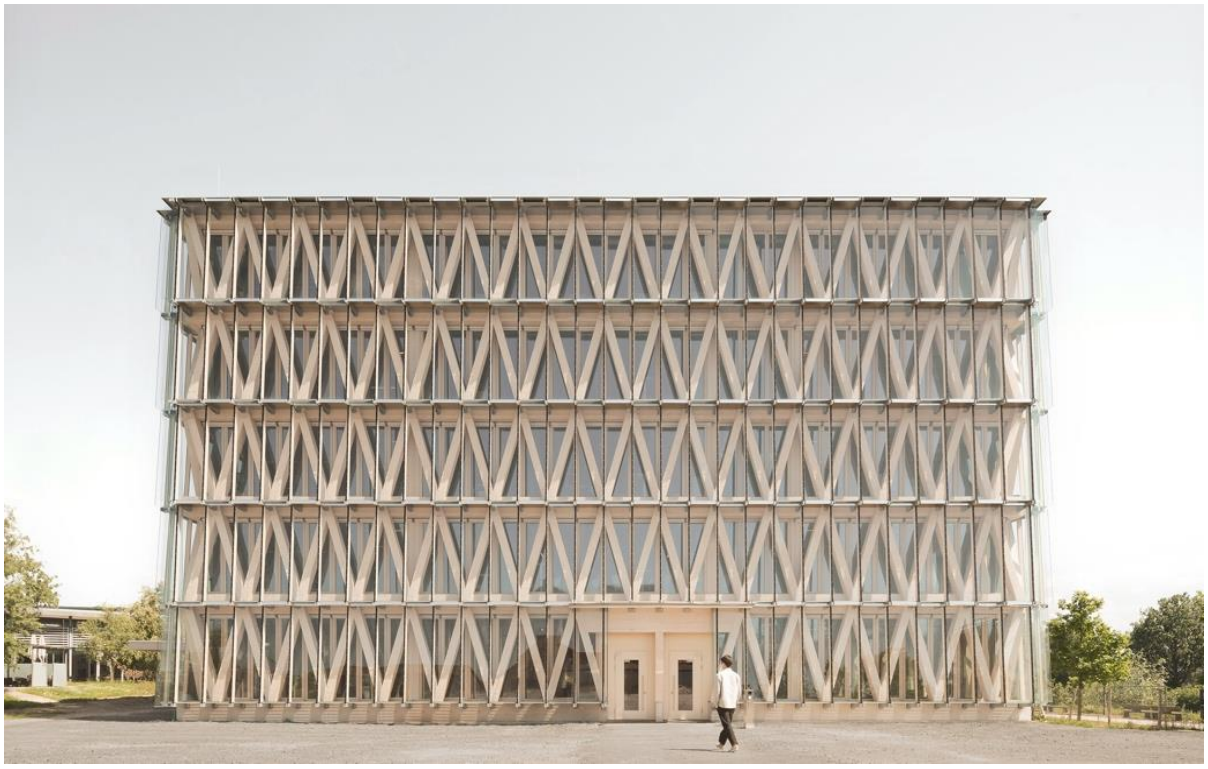


Abbildung 6: Eingang am Vorplatz, Bild: Brigida González

Die sachliche, unaufgeregte Einfachheit bestimmt die äußere Anmutung, die sich selbstbewusst in den heterogenen Kontext einfügt und den innovativen experimentellen Startup – Charakter zum Ausdruck bringt.

3. In Holz konstruiert

Die Tragstruktur ist ressourcenschonend als Holz-Skelett konzipiert mit auf punktgestützten Primärträger gelagerten Balkendecken und einem im Verbund aufgebrachten Aufbeton als thermischer Speicher und schalltechnische Masse. Die zwischen den Balken verlegten Holzwolle-Leichtbauplatten sind raumakustisch wirksam (einschl. tiefer Frequenzen).

Die charakteristische, gestaltprägende fachwerkartige Struktur der Fassadenstützen dient zusammen mit dem dünnen Aufbeton der Gebäudeaussteifung, so dass entlang der Fassade und im Innern auf aussteifende Wände zugunsten einer maximalen Flexibilität verzichtet werden kann. Die Fügungen dieser Elemente sind so ausgebildet, dass die Kräfte rein über Kontaktflächen durchgeleitet werden. Bodenplatte und Untergeschoss sind in Stahlbeton konzipiert; aufgrund des Baugrunds wurde eine Pfahlgründung angesetzt.

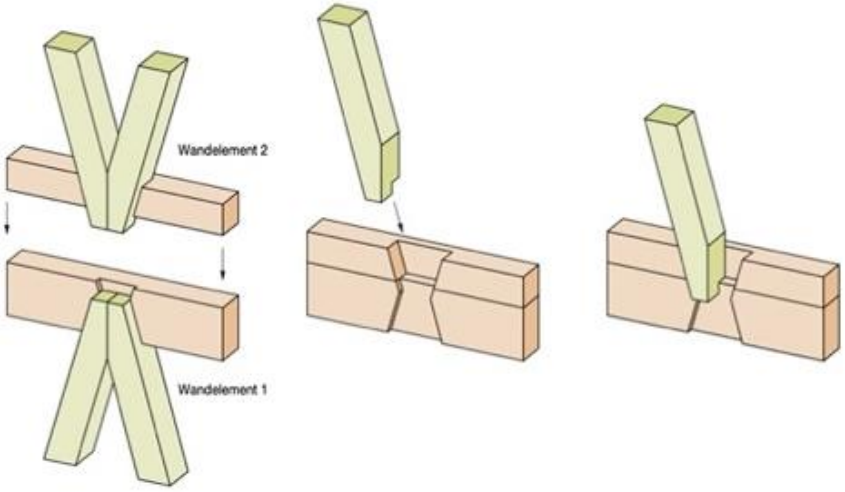


Abbildung 7: Fügungen der fachwerkartigen Fassadenelemente, Bild: MKP

Für die 8 m spannenden Balkendecken werden im Gebäuderaster (1,0m) Doppelbalken verlegt um vielfältigste Teilungen adaptierbar auf unterschiedlichste Anforderungen zu ermöglichen; die Trennwände zwischen den Büros sind allesamt nichttragend als Holzelementwände konzipiert. Der Verbund mit dem 120 mm Aufbeton wird über Kerven hergestellt.

Die Geschossflächen sind in zwei abgetrennte, jeweils unabhängig an die beiden notwendige Treppen angebundene, Nutzungseinheiten (< 400 qm) geteilt. Dies ermöglicht, dass die Begegnungsflächen ohne brandschutztechnische Auflagen unterschiedlich genutzt werden können. Die für die offene Ausbildung des Atriums erforderliche Hochdrucksprühnebelanlage erlaubt alle Bauteile nur in F60 auszuführen.

Die Struktur, die Anatomie bleibt im Inneren nachvollziehbar, bestimmt die Anmutung, gibt Rhythmus und Maßstab und der Unruhe der GründerInnen, dem ständigen Suchen, dem Neugierigen in alle Richtungen Schauenden, eine systematische Ordnung. Alle hölzernen Oberflächen bleiben hell lasiert sichtbar. Die Anmutung lebt von der Schönheit des Holzes, der Lebendigkeit und Vielfalt der Textur. Die filigranen Metallbauteile, die Profile der Glastrennwände und die der Holzfenster fügen sich in das homogene Material- und Farbkonzept ein.

4. Elementierung und Montage

Bereits im Vorentwurf wurde eine mögliche Elementierung konzipiert um eine weitgehende Vorfertigung im Werk zu ermöglichen. Die Balkendecke werden hierzu durch ein Randholz eingefasst, zudem stabilisiert eine OSB Platte, die auch als verlorene Schalung für die HBV-decke dient, das jeweils dreiachsige Deckenelement.

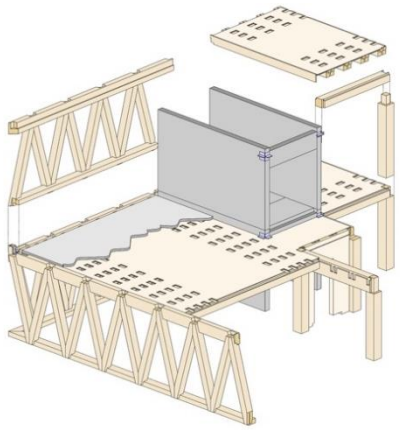


Abbildung 8: Elementierung, Bild: MKP



Abbildung 9: Transporteinheiten der Balkendecke

Der Aufbeton wurde nach Fertigstellung des Holzbaus vor Ort eingebracht. Statt den konzipierten Schutzdächern wurde unternehmerseitig eine vollflächige, diffusionsoffene Wetterschutzbahn als Witterungsschutz auf die OSB-Platten geklebt. Die Wetterschutzbahn verhinderte zudem, dass keine Betonschlämme an den Element- bzw. Plattenstößen die oberflächenfertigen Elemente verschmutzten.

5. Energiekonzept

Die aus dem städtebaulichen, sowie funktional inhaltlichen Konzept entwickelte kompakte Baukörperdisposition gewährleistet durch das sehr günstige A/V-Verhältnis energetisch minimale Transmissionswärmeverluste. Der geringe Flächenverbrauch und die daraus resultierende geringe Versiegelung der Flächen ist ökologisch sinnvoll und im Sinne einer möglichen Erweiterung und Nachverdichtung im besten Sinne nachhaltig.

Der erhöhte energetische Standard wird durch die Nutzung regenerativer Energiequellen in Verbindung mit Nieder-Temperaturwärme und Hoch-Temperaturkälte erreicht.
Wärme- und Kälte wird über eine reversible Luft-/Wasser-Wärmepumpe erzeugt. Die PV-Anlage hat einen Eigennutzungsgrad von 80%, lediglich an den Wochenenden erfolgt eine Netzeinspeisung.

Die auf Konsolen aufgelagerten, schuppenförmig angeordneten Prallscheiben schützen das außenliegende Tragwerk. Die inneren Holzelementfassaden sind zur natürlichen Belüftung der Büros als Dreh-/ Kippflügel ausgebildet. Die im Fassadenzwischenraum angeordneten Senkrechtmarkisen sind damit windgeschützt und solare Fehleinträge somit verhindert. Die Zweischichtigkeit schützt zudem gegen den Außenlärm und wirkt in der Winter- und Übergangsjahreszeit als thermischer Puffer. Die Zuluftöffnungen sind diagonal angeordnet, um Rezirkulationseffekte zu vermeiden.

Zur thermischen Aktivierung für Heizen und Kühlen sind die Zuluftleitungen der Arbeitsräume in einen Klimaboden integriert. Die Abluft wird über schallgedämmte, in den Flurwänden eingebaute Überströmelemente zentral am Kern abgesaugt. Die Warmwassererzeugung erfolgt dezentral in den Sanitärbereichen. Die hohe Tageslichtautonomie aller Nutzungsbereiche sowie effiziente Beleuchtungskomponenten reduzieren den Primärenergiebedarf. Das Regenwasser der begrünten Dachflächen wird über eine Zisterne als Grauwasser genutzt, das restliche Regenwasser wird teils über Rigolen in den Grünzonen versickert.

Der Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes beträgt ca.58kWh/m²a, so dass die Anforderungen gemäß GEG 2021 um ca. 33% unterschritten und die Anforderungen an ein Effizienzgebäude 55-EE erfüllt werden. Der Endenergiebedarf gemäß GEG-Berechnung beträgt ca. 92 kWh/m²a. Der mittlere Wärmdurchgangskoeffizient der opaken Gebäudehülle beträgt U = 0,15 W/m²K, wodurch die GEG-Anforderungen um ca. 46 % unterschritten werden.

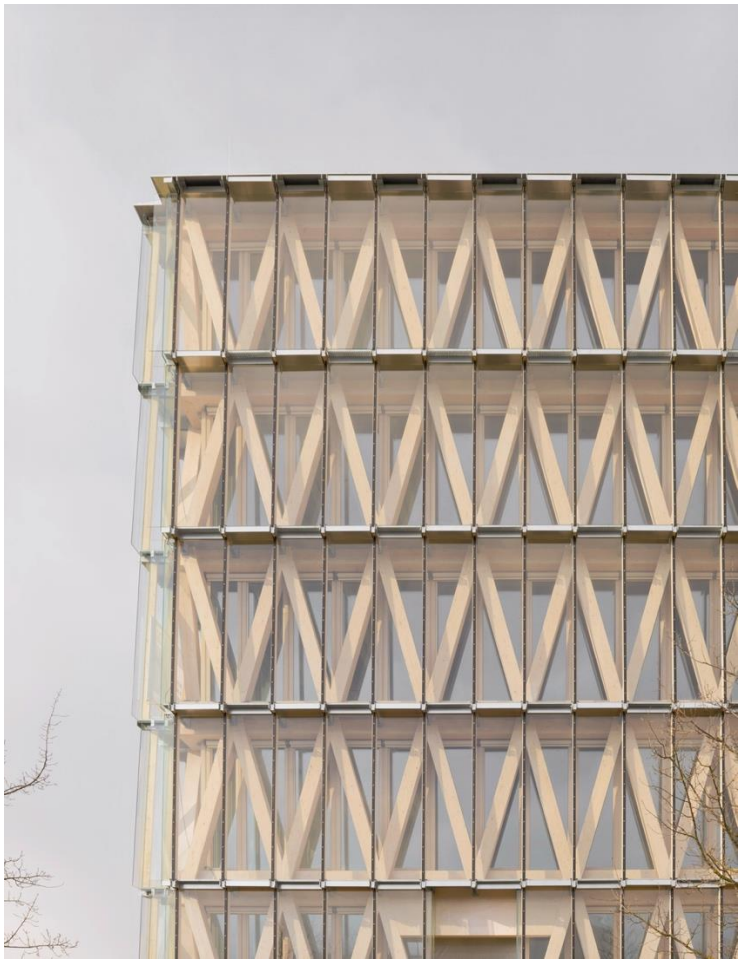


Abbildung 10: Zweischichtige Pufferfassade, Bild: Brigida González

6. Projektdaten

Bauherr
Stadtsiedlung Heilbronn GmbH, Urbanstraße 10, 74072 Heilbronn

Architektur
Waechter + Waechter Architekten BDA, Darmstadt
Prof. Dipl. Ing. M.Arch. Felix Waechter, Architekt BDA
Dipl. Ing. Sibylle Waechter, Architektin BDA

Tragwerksplanung
merz kley partner ZT GmbH, Dornbirn

Technische Gebäudeausrüstung
HLS Gadow + Graeske GmbH, Baden
ELT IB GmbH & Co. KG, Heilbronn

Bauphysik
Müller-BBM GmbH, Planegg

Brandschutz
Dehne, Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co. KG, Braunschweig

Fassadenplanung
knippershelbig GmbH, Stuttgart

Landschaftsarchitektur
Büro Hink Landschaftsarchitektur GmbH, Schwaigern

Daten zum Projekt

NGF	4.474,4 m²
BGF	5.856,0 m²
BRI	22.132,0 m³

Baubeginn	2022
Fertigstellung	2024

Donnerstag, 11. Juli 2024

Block A3
Marktgerecht Bauen

Holz Beton Hybrid – ein wirtschaftlicher Ansatz

Martin Szymanski
Bauer Holzbau GmbH
Satteldorf-Gröningen, Deutschland



Holz Beton Hybrid – ein wirtschaftlicher Ansatz

1. Holzhybridbau, Sindelfingen-Maichingen



Abbildung 1: Golden Garden – 8 Mehrfamilienhäuser in Holzhybridbauweise

1.1. Projektdaten

- 124 Wohneinheiten
- KFW 40 KFN
- Stahlbeton-Skelettkonstruktion
- 5.800 m^2 vorgestellte Holztafeln

1.2. Projektteam

- Projektentwickler: Strenger Holding GmbH
- Entwurf: Raff Architekten
- Werkplanung: JSB Architekten von SIIN
- Rohbauunternehmen: Schief GmbH & Co. KG
- Holzbauunternehmen: Bauer Holzbau GmbH

2. Projektstart

Die Werkplanung war bereits fortgeschritten. Aufgrund der geänderten Anforderungen von KfW 55 auf KfW 40 wurde nach einer wirtschaftlichen Lösung gesucht. Neben der Wahl der passenden Konstruktion im Hinblick auf die geänderten Anforderungen galt es, bisherige Projektstrukturen weitestgehend zu erhalten, die am Bau beteiligten Partner demnach möglichst nicht zu verändern, ggfs. nur zu erweitern.

3. Wahl der Konstruktion

3.1. Ökobilanz und Nachhaltigkeit

Für die Wahl der Konstruktion spielten neben der Energieeffizienz vor allem die zukünftig immer entscheidendere Ökobilanzierung sowie Nachhaltigkeitsaspekte eine große Rolle, welche für alle kommenden Projekte der neue Standard sein werden. Die nachstehende Tabelle zeigt deutlich, was die unterschiedlichen Konstruktionen im Bereich Primärenergie, Effizienz und CO_2-Gehalt leisten.

Bauteilaufbau, nur Trag- und Dämmschicht	**Paketstärke**	**Effizient (U-Wert)**	**Primärenergie (PNERT)**	**CO_2-Gehalt (GWP)**
240 Ständer KVH/ MiWo 035 80 Putzträger (Holzfaser 040)	320 mm	0,13 W/(m²K)	69 kWh/m²	-18,0 kg CO_2Äqv./m²
240 Ständer KVH/ Isoflock 040 80 Putzträger (Holzfaser 040)	320 mm	0,14 W/(m²K)	45 kWh/m²	-47,0 kg CO_2Äqv./m²
365 Porenbeton monolithisch	365 mm	0,24 W/(m²K)	110 kWh/m²	62,0 kg CO_2Äqv./m²
200 Stahlbeton C20/25 200 EPS 035	400 mm	0,17 W/(m²K)	300 kWh/m²	79,0 kg CO_2Äqv./m²

Abbildung 2: Ökobilanz und Nachhaltigkeit

3.2. Tragwerk

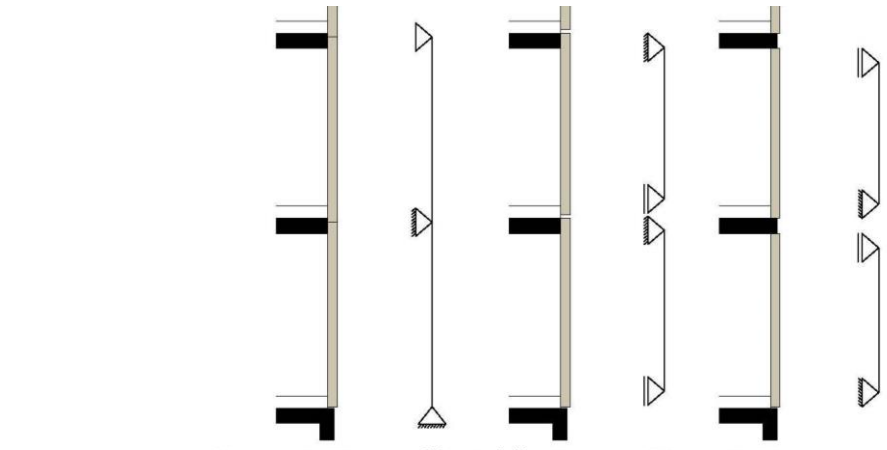


Abbildung 3: Tragwerke Wandkonstruktion

Das Schaubild zeigt mögliche Tragwerke für die Wandkonstruktion. Unser Projekt bedient sich der vorgestellten Konstruktion, welche für die Gebäudeklasse 4 im Hinblick auf mögliche Maßtoleranzen sowie wirtschaftliche Befestigungsweisen zu bevorzugen war.

3.3. Wesentliche Details

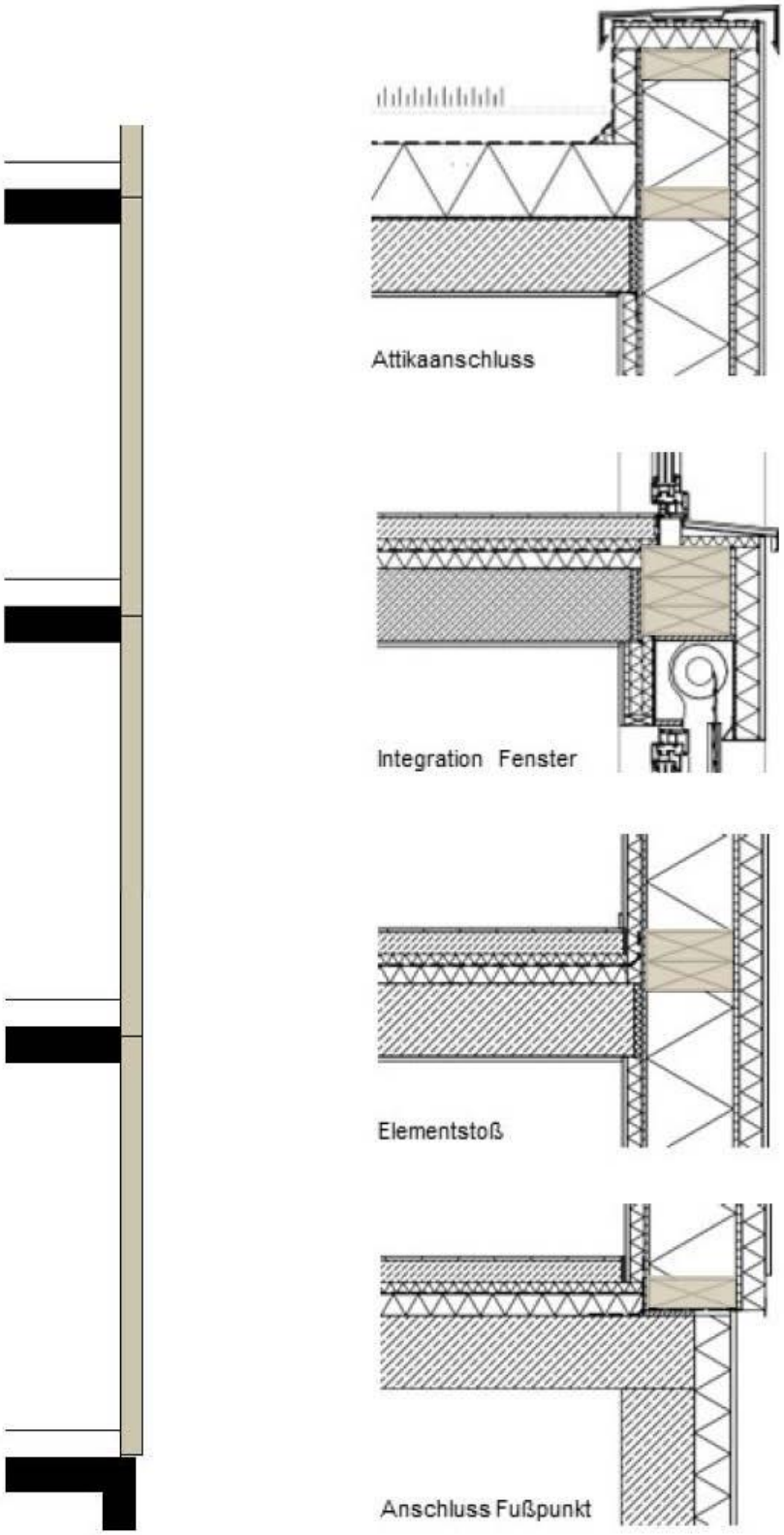


Abbildung 4: Veranschaulichung Konstruktionsprinzip

3.4. Einfache Abwicklung, hoher Vorfertigungsgrad

Das Schaubild lässt die klare Abgrenzung und das Prinzip der aufeinander ablastenden, vorgestellten Wände erkennen. Hierdurch kann ein reibungsloser Ablauf und eine geringe Fehlerquote im Hinblick auf die Baustellenabwicklung und die Koordination der Schnittstellen sichergestellt werden.

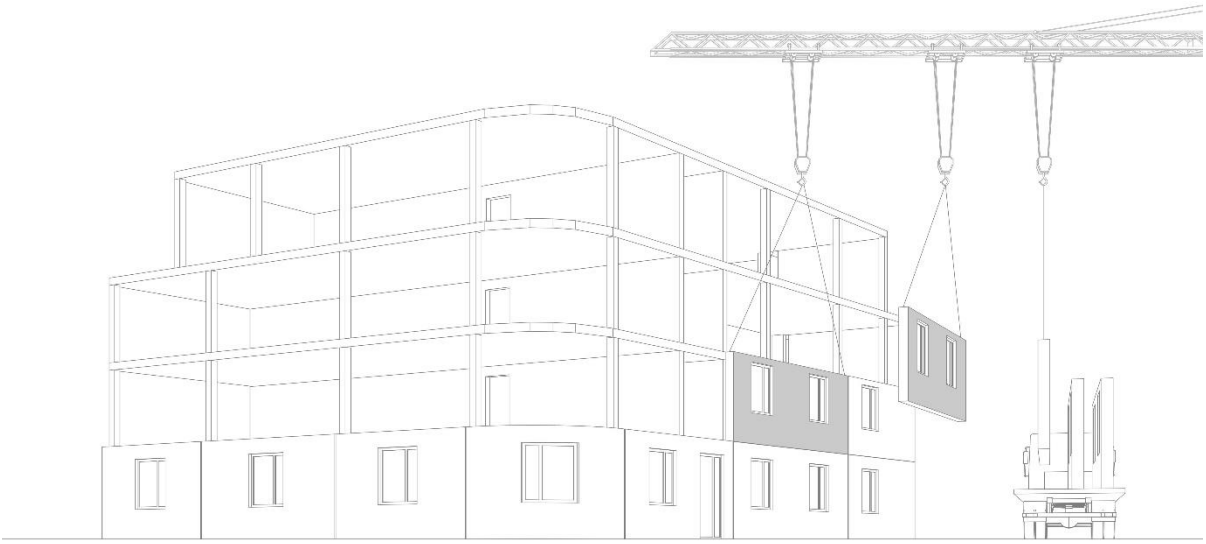


Abbildung 5: Montageprinzip

4. Koordination der Planung



Abbildung 6: IFC 3D-Modell

Zur reibungslosen Planung kamen IFC 3D-Modelle zur Anwendung, welche jedoch durch die klar und einfach definierten Schnittstellen nicht zwingend notwendig waren.

5. Schnittstellen Gewerke




Abbildung 7 und 8: Bauphasen

Entscheidende Punkte im Hinblick auf die Schnittstellen unter den Gewerken sind

- Maßtoleranzen im Bereich Betonarbeiten,
- Befestigungsmittel im Zusammenhang mit Zimmerer- und Holzbauarbeiten,
- die Herausforderung bei der Balkonplanung,
- ein gutes Witterungskonzept für die Dachabdichtungsarbeiten und
- Putz- und Fensterarbeiten im Werk zur schnellen Vorfertigung.

6. Maßtoleranzen

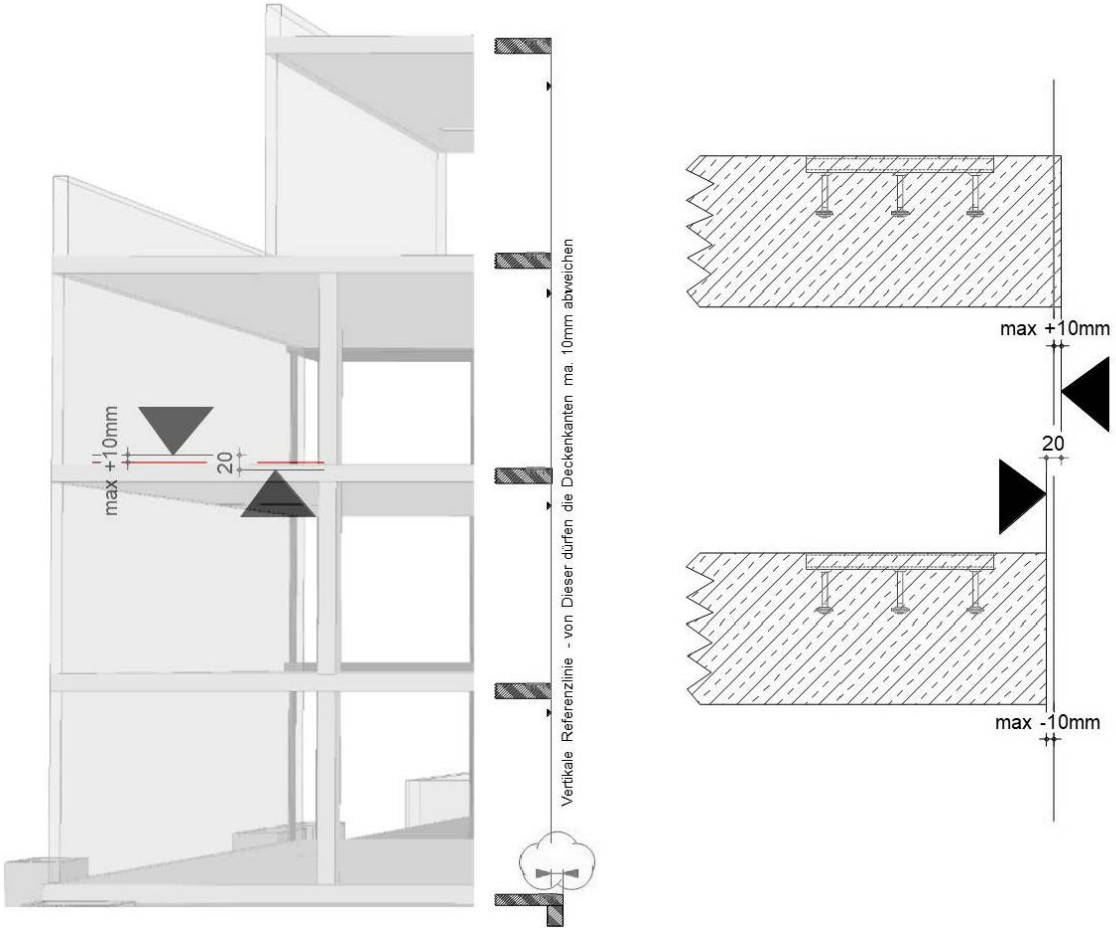


Abbildung 9: Maßtoleranzen

Für viergeschossige Objekte sollten die in Abbildung 9 gezeigten Maßtoleranzen mindestens eingehalten werden. Es ist hilfreich, die Höhenabweichungen vom mittleren Stockwerk aus zu bemessen und die Maßnahme während der Betonarbeiten mit einem Tachymeter zu begleiten, da die Elemente im Werk zeitgleich zu den Betonarbeiten gefertigt werden. Oberste Priorität der Bauleitung sollte an dieser Stelle sein, die Maßhaltigkeit des Rohbaukörpers im Entstehen zu kontrollieren.

7. Rauch- und Luftdichtigkeit

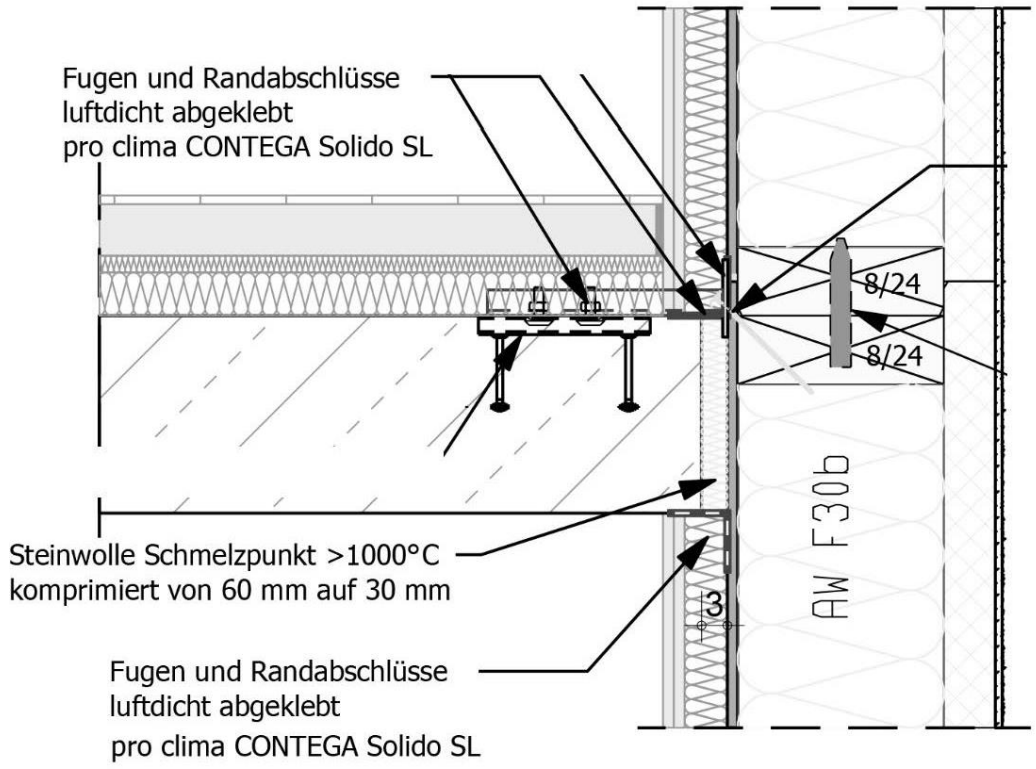


Abbildung 10: Anschlussdetail



Abbildung 11: Luftdichte Abklebung

Die Detailzeichnung zeigt den rauch- und luftdicht ausgeführten Anschluss. Entscheidend hierbei ist sowohl die Komprimierung der Steinwolle um 50 % sowie die vollständige Abklebung (Abbildung 11).

8. Witterungsschutz



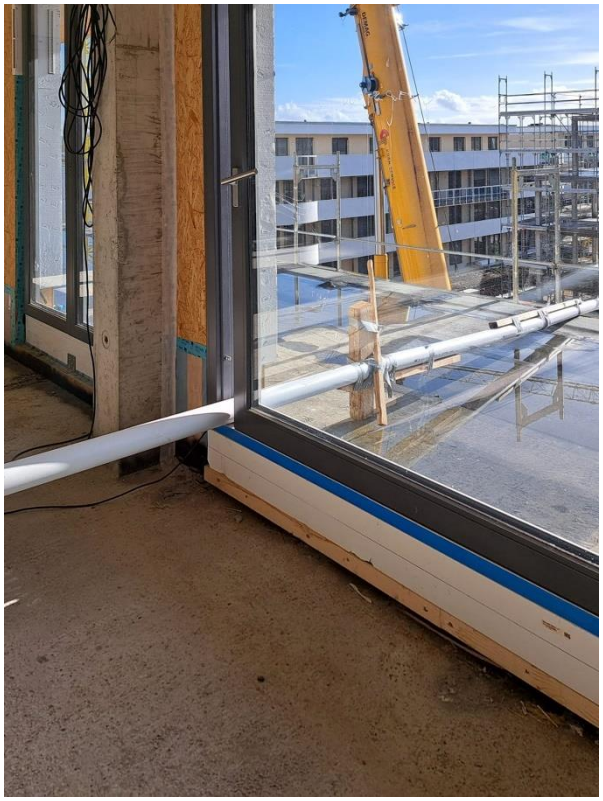


Abbildung 12 und 13: Notentwässerung

Das Witterungsschutzkonzept für die abschnittsweise Herstellung der Bauabschnitte ist zwingend Teil der Planung und bedarf einer intensiven Baustellenkoordination. Ein Entwässungskonzept für Zwischenbauzustände (Abbildung 12) und die zeitige Abdichtung der Anschlussstellen an den aufgehenden Wänden sowie den Attiken sind der Schlüssel für eine schadensfreie Ausführung. Allen am Bau Beteiligten sollte klar sein, dass vorgefertigte Elemente nicht der freien und unkontrollierten Witterung ausgesetzt werden dürfen. Je nach Vorfertigungsgrad ist der differenzierte Schutz neu zu überdenken.

9. Resümee

Werden Produktionsprozesse, Montageabläufe, klare Schnittstellen und das Zusammenlegen wesentlicher Gewerke ordentlich umgesetzt, ist die hybride Bauweise im Hinblick auf die derzeit energetischen und ökologischen Anforderungen ein überaus wirtschaftlicher Weg.

b_solution | Wohnbau aus Holz für alle

Helmut Spiehs
Binderholz Bausysteme GmbH
Hallein, Österreich



b_solution | Wohnbau aus Holz für alle

1. Leistbarer Wohnraum zum Wohlfühlen

Holz als nachwachsender und damit endlos verfügbarer Rohstoff ist einer der ältesten Baustoffe der Menschheit. Und das aus gutem Grund, denn Holz erfüllt von Natur aus viele Anforderungen an ein Baumaterial: hohe Tragfähigkeit, berechenbares Brandverhalten, gutes Wärmedämmverhalten bei gleichzeitig hoher Wärmespeicherfähigkeit, ausreichende Massivität für guten Schallschutz sowie hervorragende Diffusionseigenschaften.

Holz ist uns vertraut. Jeder von uns kennt die positiven, naturgegebenen Eigenschaften des Baustoffes Holz. Das behagliche Raumklima eines Holzbaus ist weitläufig bekannt. Aber mehr denn je kommt dem Baum als Sauerstoffproduzent und gleichzeitig Kohlenstoffspeicher jetzt eine enorm wichtige Rolle im Zusammenhang mit einer der größten Herausforderung der Menschheit zu: die Eingrenzung der Erderwärmung. Unsere Wälder sind nicht nur die «Lunge der Erde» sondern auch die globale Kohlenstoffsenke unserer Atmosphäre.

Mehr Verwendung von Holz im Bauwesen bedeutet aktiven Klimaschutz und führt gleichzeitig zu Wohnräumen mit hohem Wohlfühlfaktor und behaglichem Raumklima.

2. Was ist b_solution?

Eine individuell konfigurierbare Systembaulösung aus vorgefertigten Massivholzkomponenten für den mehrgeschossigen Wohnbau.

Wir setzen auf flexibel anpassbare Standardkomponenten aus Massivholz für Wand, Decke und Dach, welche die normativen wie auch gesetzlichen Anforderungen in Deutschland und Österreich an ein mehrgeschossiges Wohngebäude in Holzbauweise sicher erfüllen.

b_solution löst durchdacht, technisch ausgereift, zertifiziert und voll integriert alle holzbauspezifischen Themen. Keinerlei Fachwissen rund um den Holzbau ist notwendig, um mit b_solution konzipieren, planen und bauen zu können, denn wir haben mit unseren Experten alle Details gelöst. b_solution steht aufgrund der durchgängigen Digitalisierung aller Prozesse für Verbindlichkeit in Qualität, Zeit und Preis.

- b_solution macht Wohnbau aus Holz für alle zugängig, für Investoren, Projektentwickler, Planer und Architekten, Baufirmen und Bewohner.
- b_solution löst durchdacht, technisch ausgereift, zertifiziert und voll integriert alle holzbauspezifischen Themen. Keinerlei Fachwissen rund um den Holzbau ist notwendig, um mit b_solution zu konzipieren, planen und bauen, denn wir haben mit unseren Experten alle Details gelöst.
- b_solution steht aufgrund der durchgängigen Digitalisierung aller Prozesse für Verbindlichkeit in Qualität, Zeit und Preis.
- b_solution ist rückbaubar. Die Massivholzkomponenten sind wiederverwendbar. Am Ende des Lebenszyklus lässt sich das verwendete Holz ökologisch recyceln und so dem natürlichen CO_2-Kreislauf zurückführen.
- b_solution ist ein Unternehmen der binderholz Gruppe. «Vom Baum bis zur Baulösung aus Holz, dem Zero-Waste Prinzip folgend», das ist das Credo des Familienunternehmens binderholz.
- b_solution ist mit dem Ü- bzw. ÜA-Zeichen zertifiziert und Mitglied der DGNB.

3. Standardkomponenten statt Standardgebäude

Investoren, Bauherren, Projektentwickler sowie Architekten wissen genau, worauf es bei der Konzipierung eines Wohnbaus ankommt. Sie kennen die Wünsche ihrer Kunden, die regionalpolitischen Rahmenbedingungen sowie gesetzlichen Vorgaben aber vor allem auch ihre eigenen Vorstellungen und Anforderungen an ein gelungenes Bauprojekt.

b_solution setzt auf konfigurierbare Standardkomponenten aus Massivholz für Wand, Decke und Dach, welche die normativen wie auch gesetzlichen Anforderungen in Deutschland und Österreich an ein mehrgeschossiges Wohngebäude in Holzbauweise sicher erfüllen. Konstruktionsaufbauten, Ausführungsdetails, Brandschutz, Schallschutz, Statik und Bauphysik sowie klar definierte Schnittstellen in Planung und Bau sind integrale Bestandteile der individuell planbaren Bausatzlösung.

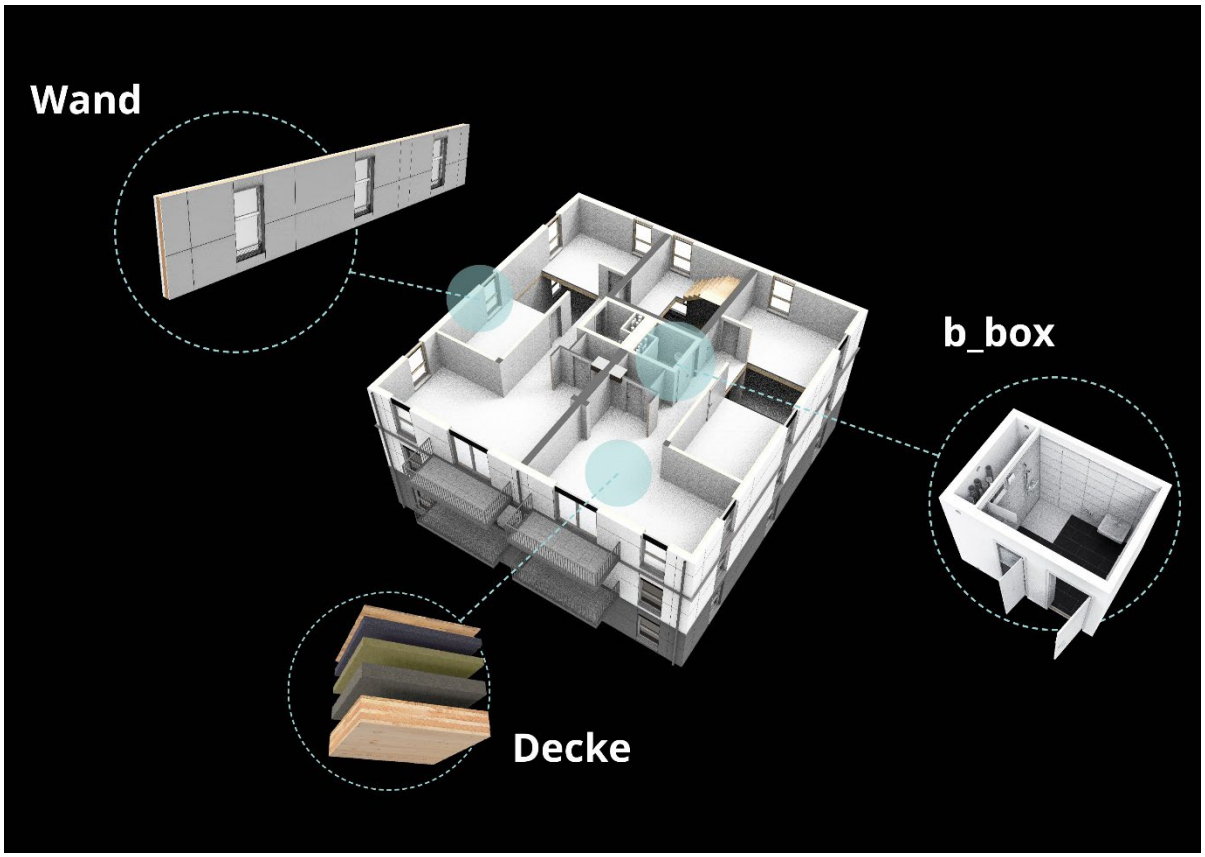


Abbildung 1: Standardkomponenten statt Standardgebäude

4. Freiheit in der Grundrissplanung

Modernes Design, hohe Energiestandards, smarte technische Gebäudeausrüstung sowie nachhaltige und ökologische Gebäudekonzepte sind mit b_solution in hoher Qualität, effizienter Planung, kurzer Bauzeit und zu Fixkosten wirtschaftlich umsetzbar.

Jeder Bauherr, Projektentwickler, Architekt und Bauunternehmer kann mit b_solution konzipieren, planen und bauen. Unsere kompetenten Mitarbeiter beraten und unterstützen im einfachen Umgang mit b_solution. We keep it simple for your smile.

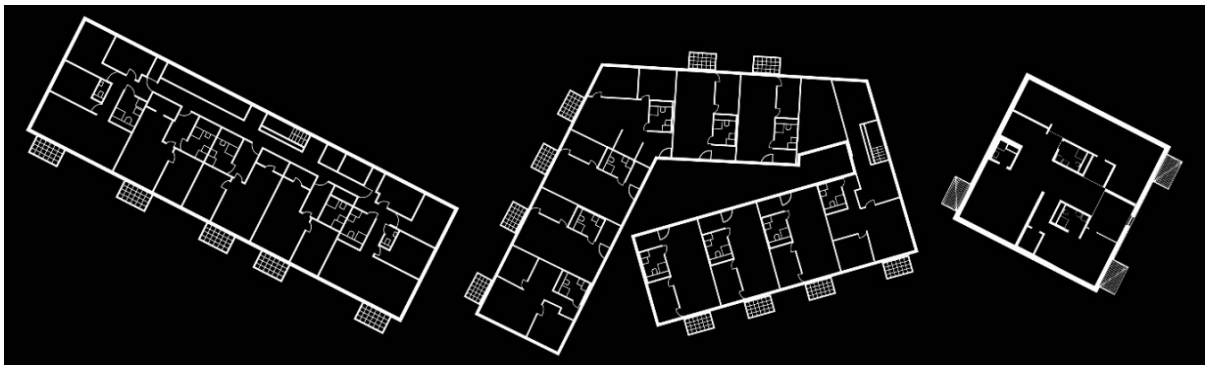


Abbildung 2: Freiheit in der Grundrissplanung

5. Einzelne Puzzleteile ergeben die fertige Lösung

Für jede Projektanfrage generiert die b_solution Systemsoftware die Konstruktionsaufbauten der einzelnen Bauteilkomponenten ganz von selbst, jeweils abgestimmt auf die entsprechende Gebäudeklasse, länderspezifischen Baugesetze und Richtlinien. Statik, Brand-, Schall- und Wärmeschutz sind damit sicher gelöst. Darauf aufbauend kann die kundenseitige, individuelle Planung des gewünschten Bauvorhabens mit jedem beliebigen CAD-Programm beginnen.

Unterschiedliche Wahlmöglichkeiten hinsichtlich Fassadenlösungen, Fenstergrößen und -bauformen, Beschattungen, Dachterrassenlösungen und Konzeptbalkone stehen für die Gestaltung der Gebäudehülle zur Verfügung. «Pure» nennen wir die Basisausstattung für jede b_solution Wohnung, welche optional angepasst werden kann. Diese umfasst hochwertige und langlebige Materialien. Die sogenannte b_box, ein bis ins letzte Detail vorgefertigtes Raummodul, beinhaltet neben den haustechnischen Installationen auch das fertige Badezimmer in unterschiedlichen Ausstattungsvarianten und rundet somit das durchdachte b_solution Gesamtkonzept ab.

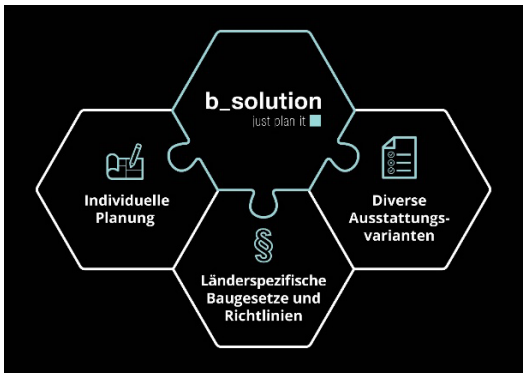


Abbildung 3: Einzelne Puzzleteile ergeben die fertige Lösung

6. Komponente Wand

Die hochgradig industriell vorgefertigten Fertigteilwände, sogenannte Flatpacks, bieten ausreichend Spielraum für individuelle Planung. Die Breite und Höhe der Wände und auch die Position der Fenster- und Türöffnungen sind individuell wählbar. Die Konstruktion der einzelnen Wandaufbauten hingegen ist unveränderbar systemhaft definiert. Daraus ergibt sich der entscheidende Vorteil der standardisierten und dadurch industriell produzierbaren Flatpacks.

b_solution eignet sich für unterschiedliche Bauplatzanforderungen. Die b_solution Systemecke bietet hohe Flexibilität für die Planung und Konzipierung eines Bauwerks. Eine flexible Eckausbildung zwischen 70° und 110° bietet freie Gestaltungsmöglichkeit bei der Grundrissplanung.



Abbildung 4: Wandproduktion im b_solution Werk

7. Komponente Decke

Direkt aus den binderholz Werken werden alle BBS Decken- und Dachelemente montagefertig zugeschnitten auf die Baustelle geliefert und dort schnell, trocken sowie leise verbaut. Bauseits erfolgt dann auch noch die Herstellung der restlichen Konstruktionsaufbauten, wie beispielsweise das Installieren der Fußbodenheizung oder das Verlegen der Bodenbeläge. Die fein geschliffenen, glatten Holzoberflächen der Decken- und Dachelemente verleihen jedem Raum ein warmes und behagliches Ambiente. Egal ob naturbelassen oder farblich gestaltet.



Abbildung 5: Deckenmontage

8. Komponente b_box

Die b_box vereint 3 Funktionen in 1 Raummodul. Standardisierte Haustechnik, hochwertig ausgestattetes Badezimmer und statisch lastabtragende Wirkung. Und – wir fertigen jede b_box qualitätsgesichert in unserer seriellen Produktionsanlage.

Kombi-Hybrid-Verteiler
Sämtliche Wohnungsverteiler und Anschlüsse befinden sich leicht zugänglich im sogenannten Kombi-Hybrid-Verteiler direkt neben der b_box Eingangstür.
Elektro, Kalt- und Warmwasser, Heizung, Pumpen, Schächte, Brandabschottungen, Lüftung, Feuchtesensorik und viele weitere technische Gebäudeausrüstungen (TGA) sind systemhaft, zertifiziert und vorinstalliert in der b_box gelöst. In 4 bis 8 Stunden ist eine b_box fix fertig produziert und auf der Baustelle in nur 20 Minuten montiert. Die gesamte TGA-Planung des b_solution Baukörpers kommt von uns. TGA – aufgeräumt, kompakt und sorgenfrei.

Ausstattungsvarianten
Egal ob mit Dusche oder Badewanne, ob mit Einfach- oder Doppelwaschbecken, barrierefrei und mit Waschmaschinenanschluss, die b_box ist zusätzlich auch ein fertig verfliestes und ausgestattetes Badezimmer mit WC. Wahlweise stehen die Ausstattungsvarianten «pure» oder «high» zur Verfügung. Die Badezimmerdecke ist modern in weiß lasiertem Holz gestaltet, einfach zum Wohlfühlen.
Komplett aus Massivholzelementen (Brettsperrholz BBS) gefertigt, fügt sich die b_box als lastabtragende und stabile Moduleinheit in die gesamte b_solution Konstruktion systemhaft ein.



Abbildung 6: b_box

9. Wir schaffen WOHNRAUM ZUM WOHLFÜHLEN

Massivholz steht für Wohlbefinden und Behaglichkeit. Dafür sorgen allein schon die vielseitigen architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten. So lässt sich im Inneren eines Gebäudes durch die natürliche Holzoberflächen verschiedene Raumwirkungen erzielen. Zusammen mit den hervorragenden Eigenschaften der Holzmasse als Wärme- und Feuchtespeicher garantieren die warmen Holzoberflächen ein ausgeglichenes Wohnklima und ein hohes Maß an Behaglichkeit.

Sie wollen mehr über unsere Projekte erfahren, dann besuchen Sie uns auf
https://www.b-solution.com/

Digitalisierung und serielle Fertigung im mehrgeschossigen Wohnungsbau

David Renggli
Renggli AG
Schötz, Schweiz



Digitalisierung und serielle Fertigung im mehrgeschossigen Wohnungsbau

1. Durchgängig digitale Planung und serielle Produktion als effektive Lösung im Wohnungsbau

Eine durchgängig digitale Projektplanung in Verbindung mit serieller Fertigung ist eine effiziente Lösung im Wohnungsbau: Sie verkürzen die Bauzeit, senken die Kosten und erhöhen gleichzeitig die Qualität.

Durch die digitale Zusammenarbeit mit «Building Information Modelling» (BIM) am gleichen Datenmodell aller am Bau beteiligten Gewerke werden Planungsfehler durch Kollisionsprüfungen vermieden. BIM ist aber mehr als ein 3D-Modell: Digitale Daten werden von der Planung bis zur Baustelle durchgängig integriert und stehen allen Beteiligten zur Verfügung. So wird der komplexe Bauprozess anschaulich dargestellt. Die Digitalisierung erhöht damit die Transparenz über alle Stufen hinweg und hilft, Gebäude insgesamt und über den Betrieb hinaus nachhaltiger zu realisieren.

Die serielle Fertigung ermöglicht es, Bauteile in einem Produktionswerk herzustellen und auf der Baustelle schnell und effizient zu montieren. Dadurch können Bauzeiten verkürzt und Kosten gesenkt werden. Die Vorfertigung ermöglicht auch eine höhere Qualität und Präzision der Bauteile, da diese unter kontrollierten Bedingungen im Werk produziert werden.

Durch die Verbindung von Digitalisierung und serieller Fertigung können alle Daten und Informationen direkt in die Produktion übertragen werden. Dadurch kann die Produktion effizienter und fehlerfreier gestaltet werden. Auch die Materialkosten können besser kontrolliert und optimiert werden.

2. Die digitale Transformation nutzen

Es ist erst wenige Jahrzehnte her, dass sich der moderne Holzsystembau vom klassischen Zimmererhandwerk zu einer völlig neuen Bauweise entwickelt hat. Die technische und konstruktive Entwicklung war enorm und hat zu einem Umbruch in der Branche geführt. Währenddem die Vorfertigung die «Baustelle in die Produktionshalle des Holzbauers» verlagert hat, wird nun durch BIM das Bauprojekt in den virtuellen Raum überführt. In diesem gemeinsamen Kollaborationsmodell entstehen jedoch neue Herausforderungen für die beteiligten Akteure: etablierte Prozesse stehen erneut auf dem Prüfstand, neue Daten müssen abgebildet, IT-technische Infrastrukturen finanziert und auch die Kommunikation untereinander angepasst werden. Dass es zu einem Umbruch in der Branche kommen wird, steht ausser Frage. Offen ist, wie schnell dies geschehen wird, welche Technologien sich durchsetzen und ob kleine und mittlere Unternehmen diesen Veränderungsprozess antizipieren können.

Die Herkulesaufgabe besteht darin, alle am Bau beteiligten Gewerke und Unternehmen gemeinsam auf diesen Weg zu bringen. Denn erfolgreiche Zusammenarbeit funktioniert nur zwischen gleichberechtigten Partnern, die dieser Vernetzung offen gegenüberstehen und bereit sind, ihren Beitrag zu leisten. Grundvoraussetzung dafür sind gemeinsame Datenmodelle für die projektbezogene Kollaboration. BIM wird zu neuen Ansätzen in der Produktions- und Ressourcenplanung führen, deren Potential noch nicht annähernd ausgeschöpft ist.

3. Holzbau beginnt im Kopf

Der (mit-)entscheidende Erfolgsfaktor für jedes Bauprojekt ist das Baukostenmanagement. Dabei geht es nicht nur darum, die Kosten im Rahmen des Budgets zu halten, sondern auch darum, die Kosten zu optimieren und unnötige Ausgaben zu vermeiden.

Was wir aus der Praxis wissen: Nach der Auftragsvergabe führen Vorschläge des Holzbauunternehmers zu systembedingten Anpassungen. Umplanungen und Mehraufwand für den Architekten sind die Folge – Terminverzögerungen und Mehrkosten sind vorprogrammiert. Sollen Kosten bewusst und vorausschauend gesteuert und optimiert werden, ist eine vernetzte Zusammenarbeit aller Partner zwingend erforderlich. Und zwar so früh wie möglich im Prozess. Eine frühzeitige Abstimmung zwischen Planern und ausführenden Unternehmen – am besten bereits in der strategischen Planungsphase – ermöglicht eine technische und wirtschaftliche Optimierung des Entwurfs bereits zu Beginn des Projekts. Sie bietet Raum für innovative materialbezogene Lösungen, steigert die Qualität in der Ausführung und führt zu deutlichen Zeit- und Kosteneinsparungen. Durch die enge Zusammenarbeit können potenzielle Probleme frühzeitig erkannt und gelöst werden, bevor sie zu kostspieligen Verzögerungen oder Nachbesserungen führen. Das Projekt als Ganzes gewinnt.

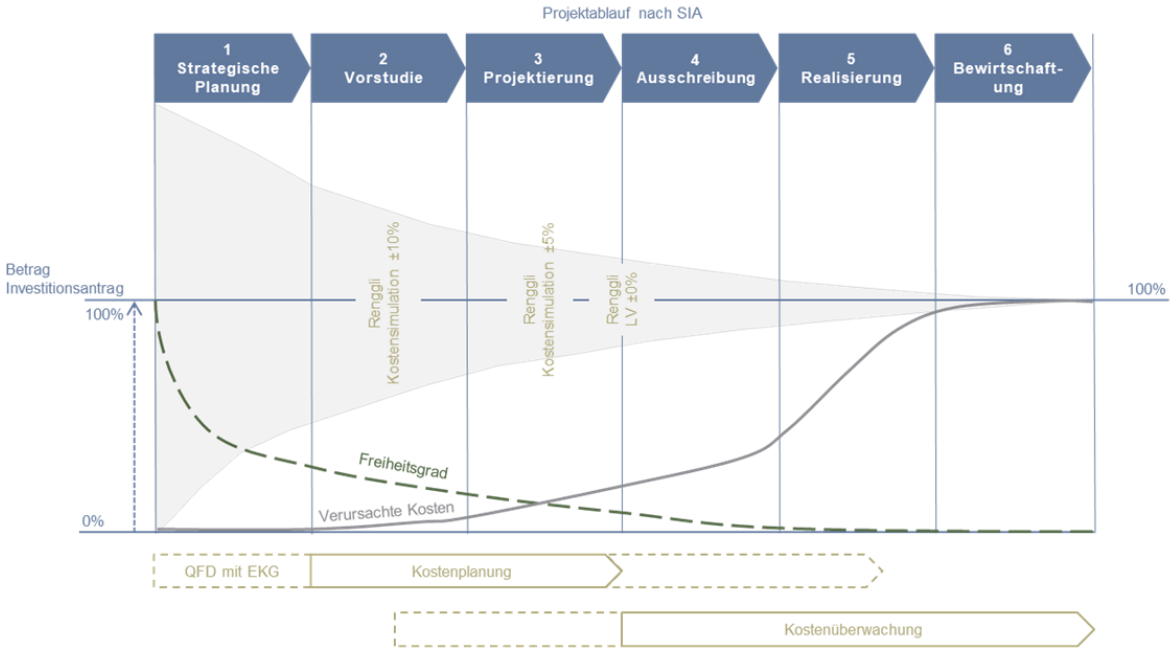


Abbildung 1: Eigene Darstellung nach «planerwissen2go»

Langjährige Erfahrungswerte bilden die Grundlage für Kostensimulationen von Projektbeginn an. Entscheidend ist, dass die Projekte von Anfang an mit BIM geplant werden. Denn BIM ermöglicht eine durchgängige digitale Planung von den Daten bis zur Produktion. Die Methode erlaubt es, alle Bauteile in 3D zu modellieren und dabei alle relevanten Informationen zu integrieren. Dazu gehören beispielsweise Kosten, Materialien, Hersteller und Einkaufsdaten. Durch den gemeinsamen Zugriff auf dieselben Daten können Änderungen und Anpassungen durch alle Projektbeteiligte effizient durchgeführt werden.

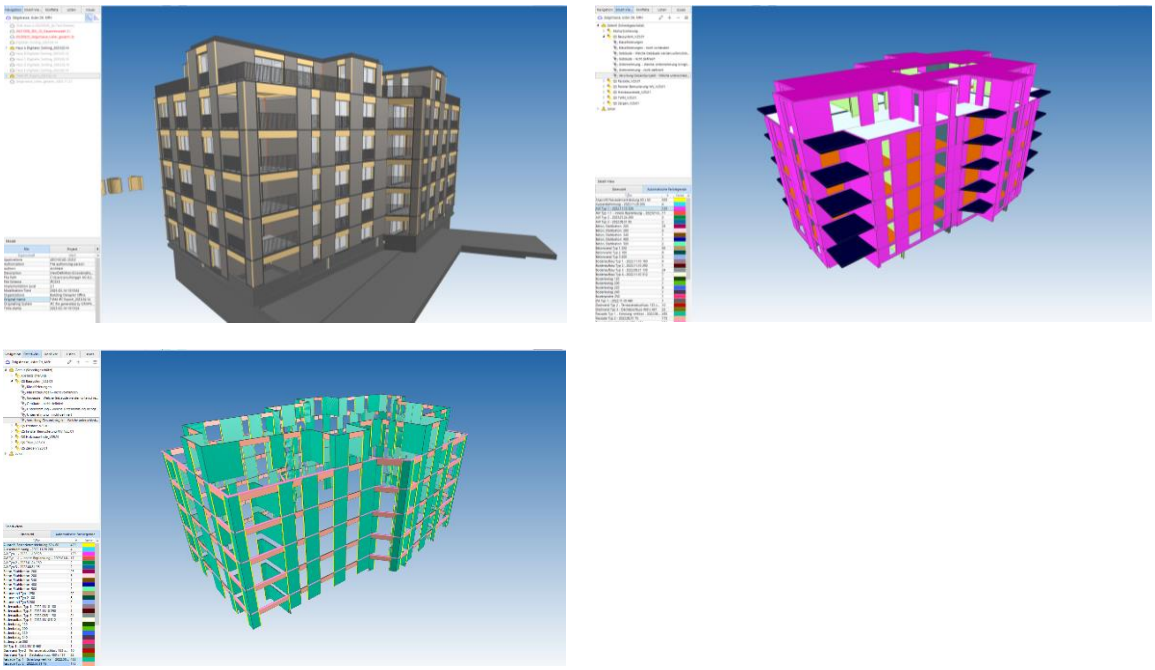


Abbildung 2: Ausmassmodel und Darstellung der einzelnen Bauteiletypen und Bekleidungen gemäss Bausystemdossier zur Weiterverarbeitung von Ausmass und Kosten.

4. Vom BIM-Modell in die Produktion

Die digitale Planung mit BIM ermöglicht auch die direkte Weitergabe der Daten an die Produktion. Über funktionierende Schnittstellen werden die BIM-Modelle aus der Fachplanung in die Werkplanung überführt und dort finalisiert. Das fertige 3D-Modell kann danach automatisch in die CNC-Maschinen eingelesen werden, welche die Bauteile mit hoher Präzision herstellen. Durch die direkte Weitergabe der Daten können Fehler minimiert und Produktionsprozesse effizienter gestaltet werden. Die Verknüpfung von BIM mit der Produktion ist ein wichtiger Schritt in der digitalen Transformation der Bauindustrie. Durch die 3D-Modellierung aller Bauteile inklusive aller relevanten Daten kann die Produktion effizienter gestaltet und die Fehlerquote minimiert werden.



Abbildung 3: Eigene Darstellung: Vom BIM-Modell in die Produktion



Abbildung 4: Impressionen Produktion Wandelemente, Projekt «Im Zelg»

5. Serieller Wohnungsbau – unzählige Vorteile

Wohnungsbau soll kostengünstig, schnell und ohne Abstriche bei der Qualität realisiert werden können. Das spricht für serielles Bauen: Statt jeden Neubau als Unikat zu planen und vor Ort «Stein auf Stein» zu errichten, zeichnet sich serielles Bauen durch industrielle Fertigungsprozesse aus: Ganze Bauteile – bis hin zu Raummodulen – werden so konstruiert, dass sie möglichst vielseitig einsetzbar sind und eine hohe Flexibilität in Bezug auf unterschiedliche Grundrisse und Wohnungsgrößen ermöglichen. Durch diese Standardisierung können die Bauteile vielfältig kombiniert werden, was eine hohe Flexibilität in der Gebäudekonfiguration ermöglicht. So können Wohngebäude schnell und kostengünstig an unterschiedliche Bedürfnisse angepasst werden. Darüber hinaus können durch standardisierte Bauteile Produktionsprozesse optimiert und Kosten gesenkt werden. Die weiteren Vorteile sind hinlänglich bekannt:

- Kürzere Bauzeiten: Durch die Vorfertigung von Bauelementen in einer Produktionshalle kann der Bau auf der Baustelle erheblich beschleunigt werden. Die Bauteile müssen nur noch montiert werden, was die Bauzeit erheblich verkürzen kann.
- Höhere Präzision: In der Produktionshalle können Bauteile mit hoher Präzision hergestellt werden. Dadurch verbessert sich die Passgenauigkeit der einzelnen Elemente, was zu einem höheren Qualitätsstandard führt. Fehler werden vermieden und die Bauzeit verkürzt.
- Weniger Abfall: Im Werk wird das Holz präzise zugeschnitten und verarbeitet. Dadurch entsteht weniger Abfall und Ressourcen werden effizienter genutzt.
- Bessere Kontrolle: Die Werkshalle bietet bessere Kontrollmöglichkeiten über den Herstellungsprozess. So können Fehler frühzeitig erkannt und korrigiert werden.
- Geringere Kosten: Durch die kürzere Bauzeit und die höhere Präzision können auch die Kosten gesenkt werden. Es fallen weniger Lohnkosten an und es wird weniger Material verschwendet. Dadurch können auch die Preise für die Kunden wettbewerbsfähiger gestaltet werden.
- Nachhaltigkeit: Holz ist ein nachhaltiger Baustoff, der durch die serielle Vorfertigung noch nachhaltiger genutzt werden kann. Das verbaute Holz bindet CO_2 für die gesamte Lebensdauer des Gebäudes. Zeitgleich wächst im Wald Holz nach, welches wiederum neues CO_2 bindet. Somit tragen Holzgebäude aktiv zum Klimaschutz bei.





Abbildung 5 und 6: Projekt «Im Zelg»: Fünf nahezu identische Gebäude, die durch die serielle Fertigung einen Skaleneffekt nutzen können.

6. Digitalisierung als Wendepunkt

Dank der Digitalisierung können Bauprojekte ganzheitlich und im lokalen Kontext dargestellt werden: Digitale Zwillinge werden dazu georeferenziert und massstabsgetreu in das geplante Grundstück integriert und fotorealistisch in die Umgebung eingebettet. So können geplante Projekte auch mit jahreszeitlichen Simulationen (Sonneneinstrahlung, Schattenwurf etc.) für alle involvierten Anspruchsgruppen verständlich und greifbar demonstriert werden.

BIM hat das Potenzial, den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes von der Planung und Errichtung bis hin zur Instandhaltung und zum Rückbau zu verändern. Statische Belastungssimulationen können unter Berücksichtigung relevanter Lasten wie Schwerkraft, Wind- und Schneelasten durchgeführt und potenzielle Schwachstellen frühzeitig erkannt werden. Der Einsatz von Energieanalyse-Software und Simulationswerkzeuge dient dabei

für die energetischen Optimierung der Gebäude. Weitere Verbesserungen können durch die Analyse von Energieflüssen und die Optimierung von Systemen wie Heizung, Lüftung und Klimatisierung erreicht werden.

Das BIM-Modell enthält sämtliche Informationen über die verwendeten Materialien und Komponenten. Dies erlaubt es, den CO_2-Fußabdruck eines Gebäudes zu messen und gegebenenfalls zu reduzieren. Der Materialverbrauch wird analysiert und als Alternative können nachhaltigere oder recycelte Baustoffe verwendet werden.

Wenn das Gebäude in Betrieb ist, werden tatsächlicher Energieverbrauch und Betriebskosten über die zentrale Datenbank, in der alle Informationen über das Gebäude gespeichert sind, analysiert. Dadurch können der Betrieb und die Wartung des Gebäudes weiter optimiert und die Kosten gesenkt werden.

Über das einzelne Projekt hinaus ermöglicht die Digitalisierung die Vernetzung von Gebäuden und Städten, um intelligente Lösungen zu entwickeln, die das Leben der Menschen verbessern.



Abbildung 7: Visualisierung Projekt «Im Zelg»: Jeder der fünf Häuser ist durchdacht strukturiert. Die Fenster sowie auch die lastabtragenden Wände und Steigzonen liegen übereinander, so, dass sich die Grundrisse wiederholen können.

7. Über Renggli AG

Die Renggli AG entwickelt und realisiert industriell gefertigte, hochwertige und klimagerechte Gebäude in Element- und Modulbauweise in Schweizer Qualität. Dabei erzielen wir höchstmöglichen (Wohn-)Komfort mit geringstmöglichem Energieaufwand. In ökologischer Holzbauweise entstehen architektonisch anspruchsvolle, mehrgeschossige Wohn- und Geschäftsbauten. Stets qualitätssicher und kosteneffizient dank einem Höchstmass an Präzision und Effizienz.
«Wir bauen für eine lebenswerte Zukunft.»

Block A4

Konzepte/Konstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau

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

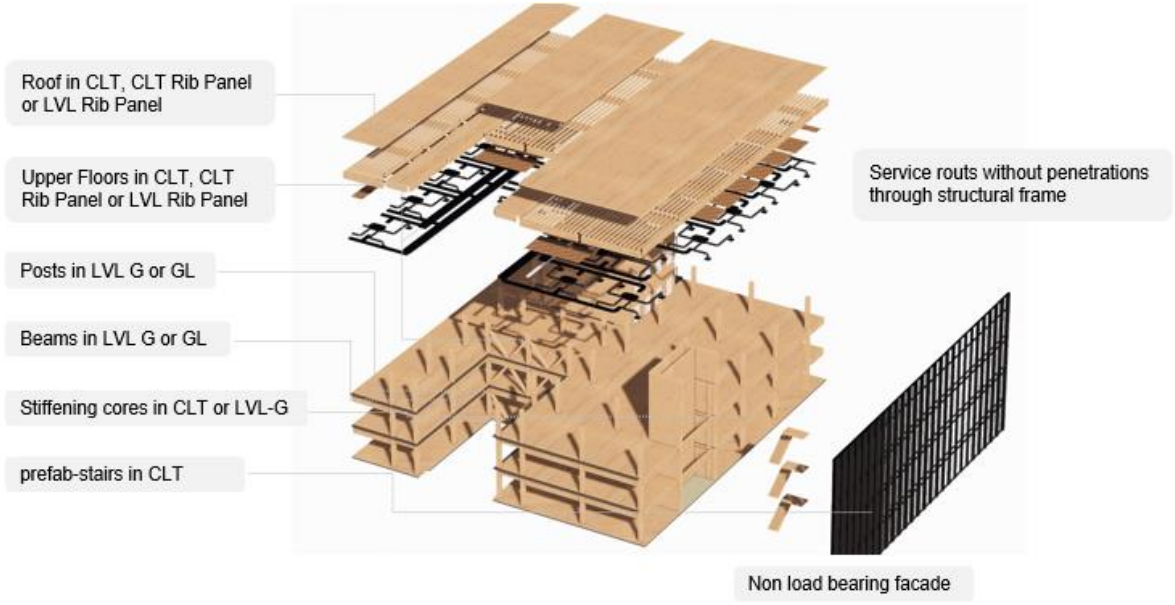
This concept will show you how you can design and develop office buildings with our building products and applications, to achieve:

- 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.

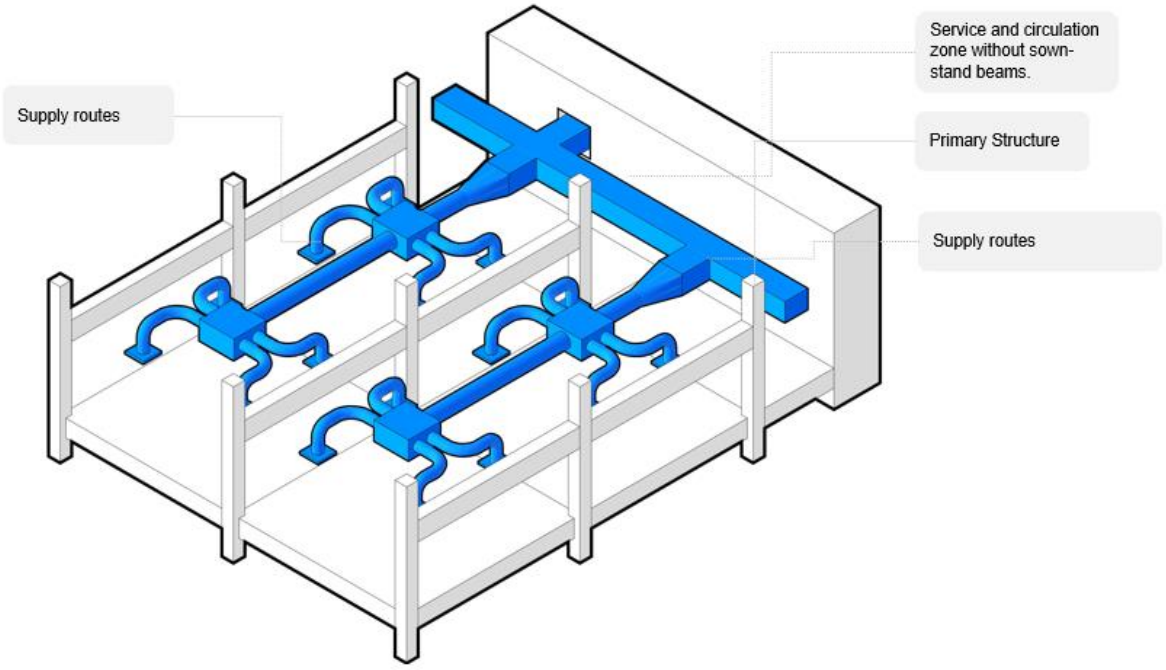


Stora Enso Design Manual | Study 2 | Scott Brownrigg

1.2. Combining timber building components for best value office space

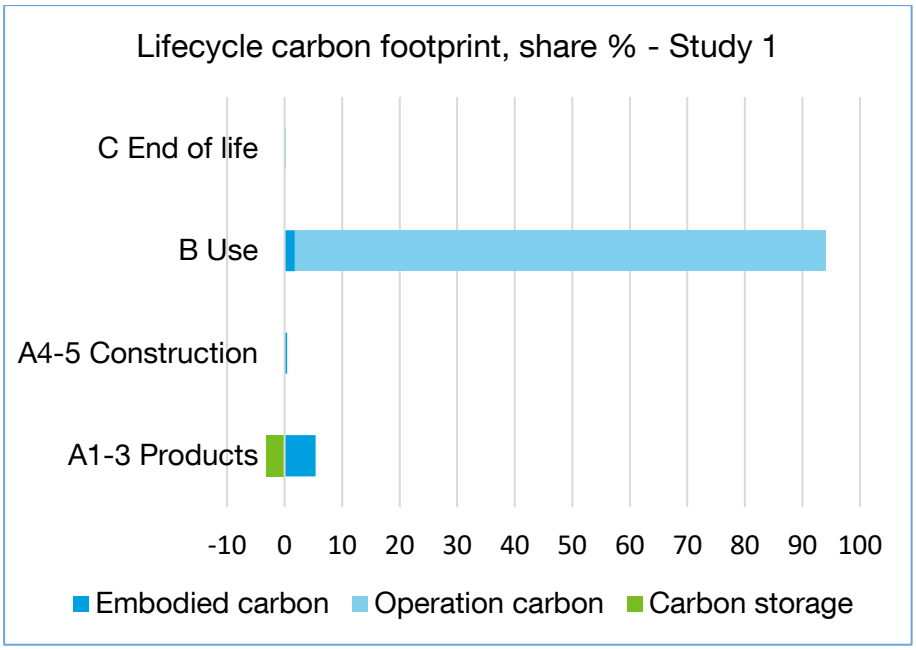


1.3. planning principles



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

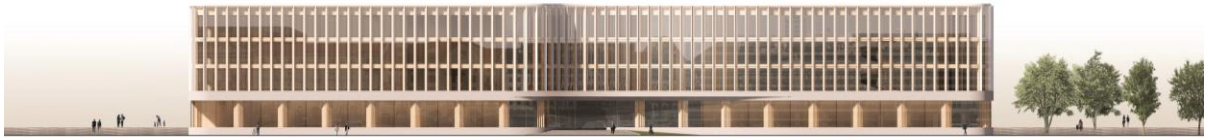
2. New head office Stora Enso

2.1. Based on Stora Enso Office building concept



Photo credit: Varma

- Floor area: 17 000 m^2
- 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



Aussteifungskonzepte für den Mehrgeschossigen Wohnungsbau

Gafner Bernhard
ASPECT Structural Engineers
Vancouver, Kanada
Bern, Schweiz



Aussteifungskonzepte für den Mehrgeschossigen Wohnungsbau

1. Vorwort

Die Informationen in diesem Dokument sind basierend auf unserer Tätigkeit als Holzbau-Ingenieure in Europa und Nord Amerika. Der Fokus liegt auf Gebäuden von 6 bis ca. 12 geschossen. Einige der Grafiken stammen von Dokumenten aus den USA, mit englischen Erläuterungen. Die präsentierten Beispiele zeigen vertikale Aussteifungssystem in Stahl und Beton.

Es ist uns Wichtig, hier nicht auf die Normativen Regelungen / Herausforderungen in den verschiedenen Ländern einzugehen. Wir legen den Fokus auf konzeptionelle und pragmatische Überlegungen.

2. Wie funktioniert die Aussteifung

2.1. Grundsätze

Die Aussteifung eines Gebäudes ist notwendig, um die Wind-, Erdbeben- und Schiefstellung / Exzentrizitätslasten abzuleiten. In diesem Beitrag werden nur die Wind-, Erdbebenlasten behandelt. Aber wie funktioniert eigentlich die Abtragung der Horizontallasten in den Baugrund? Dazu braucht es drei diskrete Systeme

- Ein horizontales System, welches die Lasten in das vertikale System transferieren. Die ist die Deckenscheibe.
- Ein vertikales System, welches die Lasten in die Fundamente transferiert. Dies sind die Wandscheiben.
- Die Fundamente, welche die Lasten in den Baugrund leiten.

Die folgende Grafik zeigt die Decken- und Wandscheiben sowie den Lastfluss.

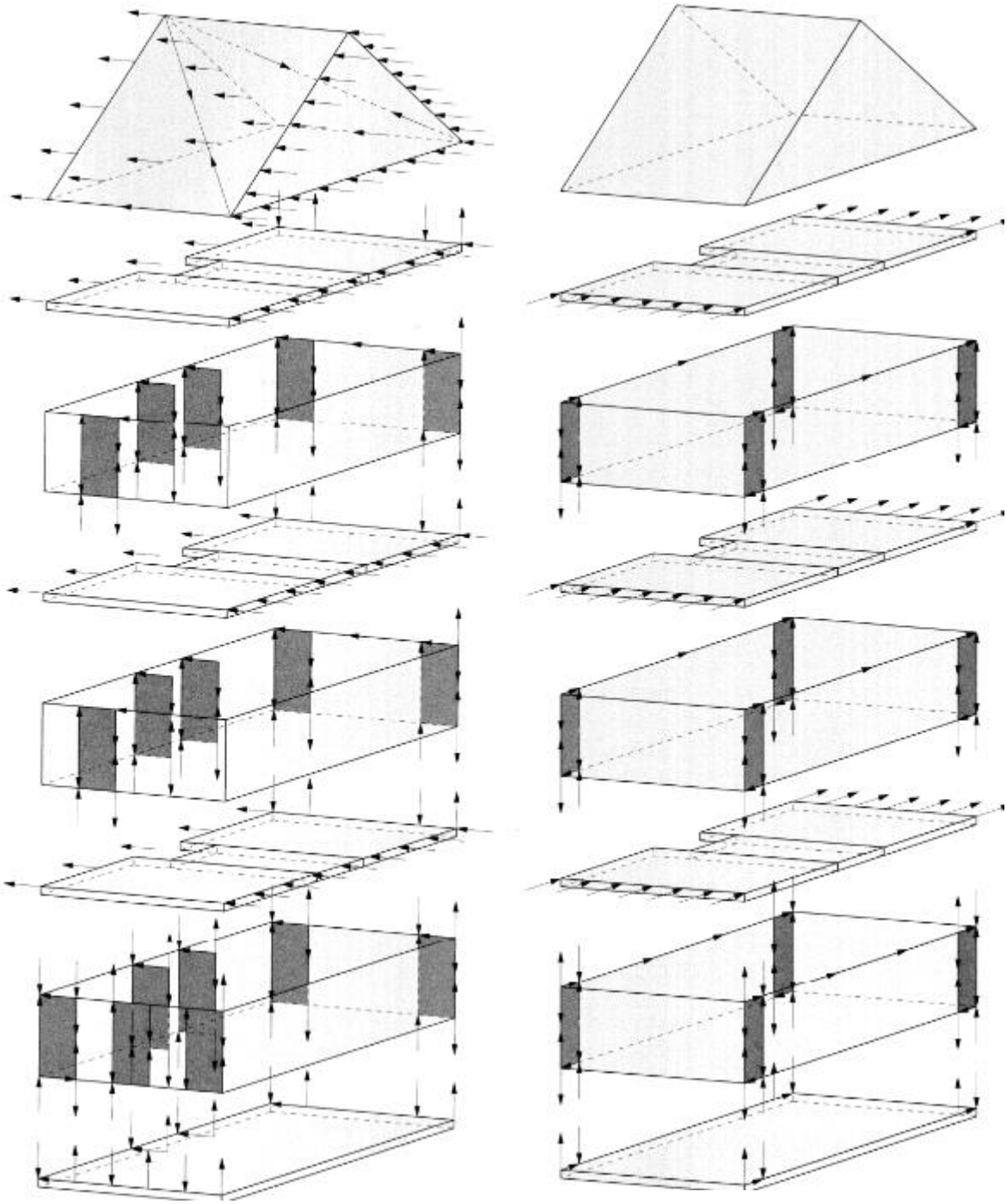


Abbildung 1: Decken- und Wandscheiben [4]

2.2. Deckenscheibe

Die Deckenscheibe hat folgende Aufgaben:

- Verteilung der Wind und Erdbebenlasten in das vertikale Aussteifungssystem (Wandscheiben).
- Stabilisierung der vertikalen Struktur.
- Grundsätzlich kann eine Scheibe wie ein Stegträger angesehen werden (I-Profil).
  - Der Steg überträgt den Schub
  - Die beiden Flansche übernehmen Zug und Druck

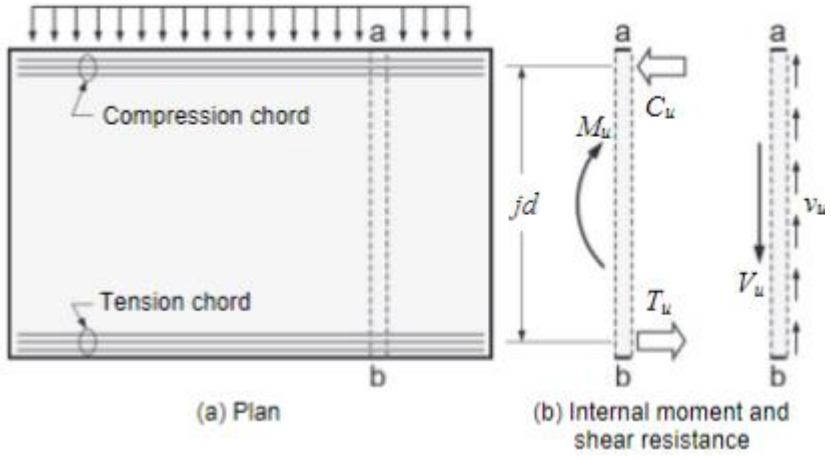


Abbildung 2: Funktion Deckenscheibe [2]

– Kollektoren leiten die Lasten in das vertikale Aussteifungssystem oder transferieren Lasten «um die Ecke». Vor allem bei Erdbebenbemessung wichtig! Das Konzept von Sub-Scheiben ist hilfreich, wenn es um das Verständnis und Bemessung von Verstärkungen rund um Öffnungen geht.

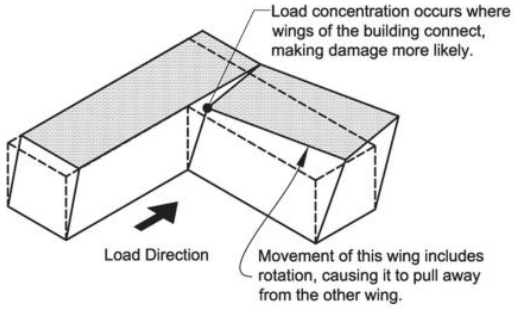


Abbildung 3: L-Grundriss [2]

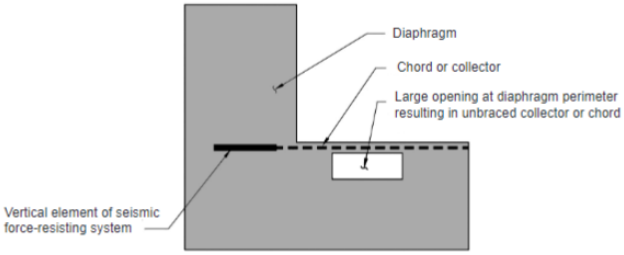


Abbildung 4: Kollektor bei Innenecke [2]

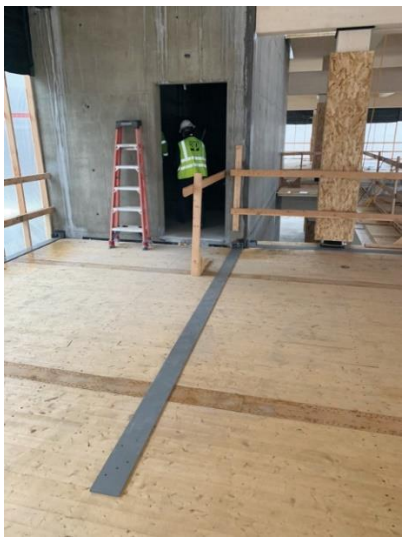


Abbildung 5: Kollektor zur Einleitung der Lasten in den Aussteifenden Betonkern [1]

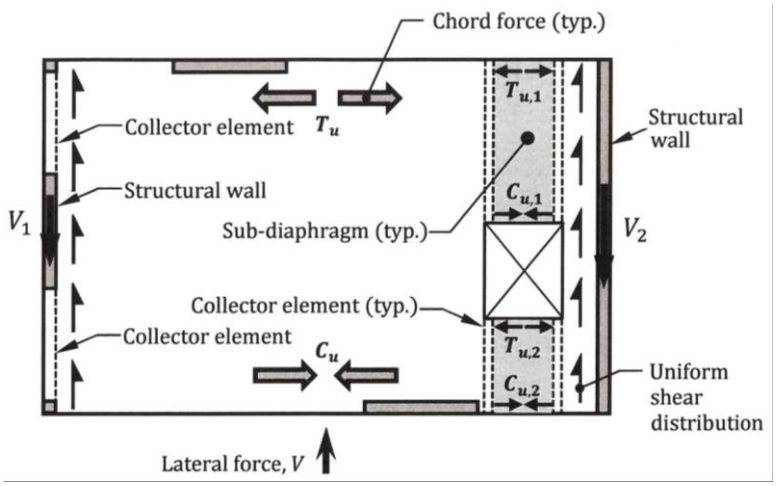


Abbildung 6: Deckenscheibe mit Öffnung und Sub-Scheibe [2]

Im Holzbau gibt es verschieden Lösungsansätze für die Deckenscheibe. Beim Rahmenbau wird oft eine Beplankung über der Balkenlage angesetzt (OSB, Kerto, 3-S Platte, …). Im Massivholzbau kann das BSP direkt angesetzt werden. Falls liegendes BSH oder Brettstapel verwendet wird, wird meistens eine oberseitige Beplankung angesetzt. Falls eine HBV-

Decke verwendet wird, übernimmt der Beton die Aussteifungsfunktion. Die Verwendung von horizontalen Fachwerken ist ebenfalls denkbar (analog zum Hallenbau).

2.3. Wandscheibe

Die aussteifenden Wände haben folgende Aufgaben:

- Aufnahme der horizontallasten aus der Scheibe.
- Ableitung dieser Lasten in die Fundationen

Im Holzbau sind die aussteifenden Elemente oft Rahmenbauwände mit Beplankung. Muss jedoch nicht so sein. Es können auch BSP-Wände, Streben (vertikale Fachwerke) oder Momentenrahmen verwendet werden. Gerade beim MGW, werden oft auch die Betonkerne angesetzt, welche zur vertikalen Erschließung des Gebäudes dienen.

3. Gut zu Wissen

Hier einige, aus unserer Sicht, wichtige Punkte die es im zum Thema Aussteifung von MGW zu betrachten und verstehen gilt.

3.1. 12 ≠ 3

Konzepte und Systeme, die bei einem 3-geschossigen Wohnungsbau funktionieren sind oft nicht adäquat bei Gebäuden mit 9-12 geschossen. Die Lasten sind viel höher und dies gilt es zu Beginn der Planung zu respektieren und das Aussteifungskonzept dementsprechend anzudenken.

3.2. Steifigkeit – Festigkeit – Duktilität

Das Verständnis dieser drei Charakteristiken eines Systems ist wichtig. Eine höhere Steifigkeit und Festigkeit sind nicht immer besser – im Gegenteil. Kann in der Erdbebenbemessung sogar kontraproduktiv sein. Bei Durchlaufsystemen hat die Steifigkeit der Deckenscheibe und der Wandscheiben Einfluss auf die Lastverteilung in den Wandscheiben. Dies sollte mit zwei / drei annahmen betreffend die jeweilige Steifigkeit abgegrenzt werden.

Duktilität der relevanten Verbindungsmittel im vertikalen System ist vor allem in Erdbeben wichtig. Falls der Wind maßgebend ist, spielt dies jedoch eine untergeordnete Rolle.

3.3. Alles ist relativ

Oft gibt es Diskussion, ob eine Scheibe nun steif oder eher weich ist. Das ist alles relativ. Eine BSP-Decke ist relative Steiff, wenn das vertikale System aus einem Rahmenbau besteht. Wenn das vertikale jedoch aus Betonwänden und Kernen besteht, ist die BSP-Decke eher weich anzusehen.

Wenn das Aussteifungskonzept aus verschieden Systemen besteht, unbedingt realistisch bleiben! Das Verständnis der relativen Steifigkeiten der Systeme ist wichtig, um einen realistischen Lastfluss zu konzipieren.

3.4. Praktisch und pragmatisch bleiben

Nicht zu akademisch and die Problemstellung rangehen – mehr Konstruieren und weniger Analysieren. Klares System ist 10x besser als ein undurchsichtiges, hoch komplexes System mit einem theoretischen Ausnutzungsgrad der Bauteile von 99.9%!

Wir haben lieber ein System, das auf 80% der Normative Lasten ausgelegt ist (also unterbemessen) als ein komplexes System mit vielen Transfers das auf 100% der Anforderung ausgelegt ist.

Ein Versatz in der Deckenscheibe ist zu verhindern oder muss sorgfältig geplant werden. Abbildung 7 zeigt die Deformation einer Deckenscheibe mit Versatz.

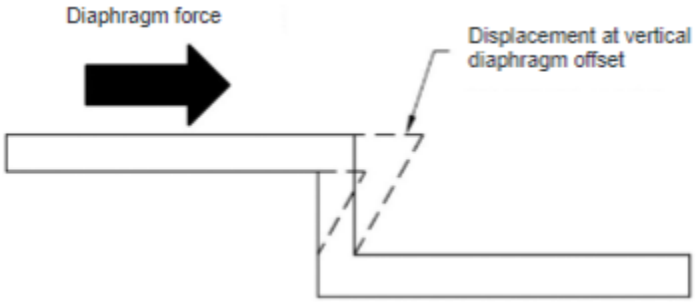


Abbildung 7: Versatz in der Deckenscheibe [3]

Direkte, vertikale Systeme. Die Vermeidung von Versprüngen ist anzustreben. Falls trotzdem notwendig, sind die Lasten klar abzutragen. Die Berücksichtigung der Steifigkeiten ist wichtig!

4. Beispiele

4.1. Basel, CH

Eckdaten:
- Basel, Schweiz
- 10 Geschosse (9 Holzbau)
- Zentraler Betonkern
- BSP-Scheibe, durchlaufend
- Erdbeben massgebend



Abbildung 8: 3D Ansicht (jessenvollenweider architektur ag)

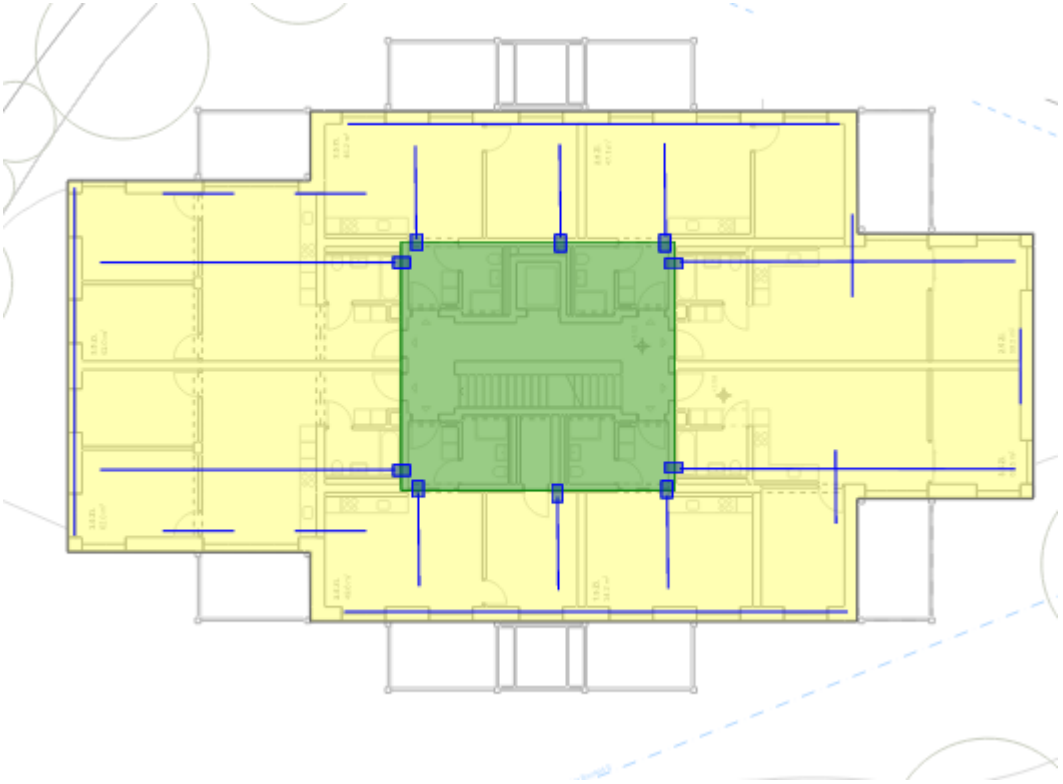


Abbildung 9: Regelgeschoss mit zentralem Betonkern

Beschrieb
Dieses Gebäude ist momentan in der Bewilligungsphase. Der zentrale Betonkern übernimmt die komplette vertikale Aussteifung.

Das BSP dient als Deckenscheibe. Ursprünglich war eine Brettstapeldecke mit OSB-Beplankung vorgesehen – mit einer kompletten Trennung der Decke im Bereich der Wohnungstrennwände. Dieses Konzept funktioniert bei Gebäuden mit wenigen Geschossen, wo die Holzbauwände die Aussteifung übernehmen – nicht aber bei einem 9-geschossigen Gebäude mit einer zentralen Aussteifung. So wäre eine OSB-Scheibe relative weich und die horizontalen Verformungen können problematisch werden. Die Einleitung der Lasten in den Betonkern erfolgt mittels Stahlzugbänder

4.2. Victoria, CAN

Eckdaten:
- Victoria, Kanada
- 12 Geschosse (11 Holzbau)
- Stahlfachwerke im Grundriss verteilt
- BSP-Scheibe, durchlaufend
- BSP-Treppen und Luftschächte, nicht teil der Aussteifung
- Erdbeben massgebend



Abbildung 10: 3D Rendering (Jack James Architects)

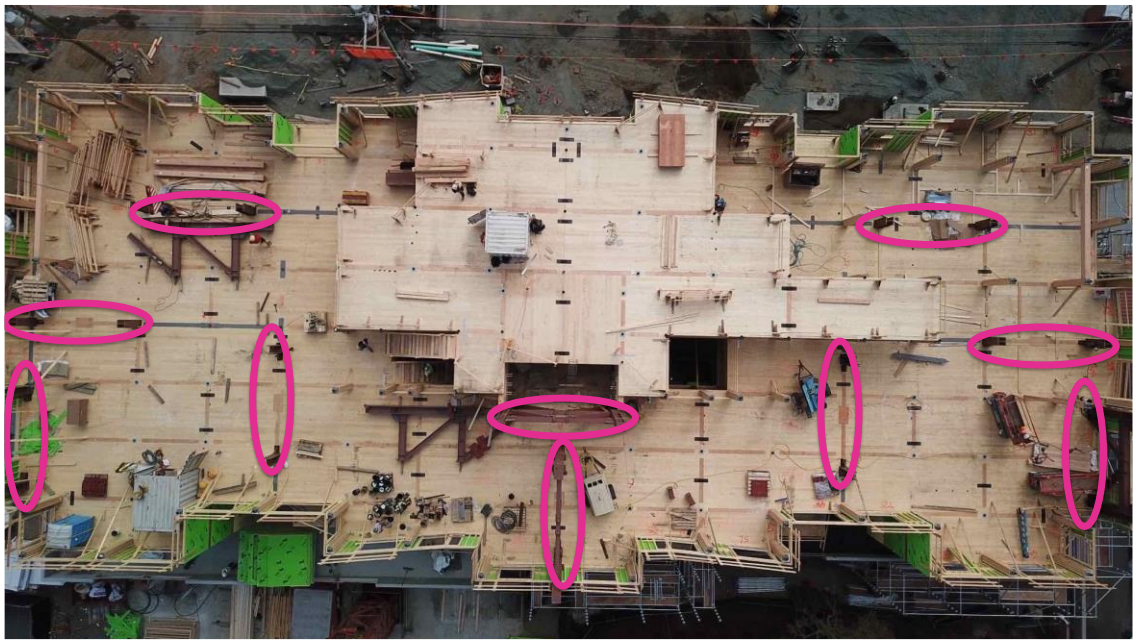


Abbildung 11: Regelgeschoss mit Stahlrahmen



Abbildung 13: Stahlrahmen



Abbildung 12: Baustelle



Abbildung 14: Stahlrahmen mit BSP-Decke

Beschrieb
Dieses Gebäude wurde 2021 eröffnet. Die Stahlauskreuzungen übernehmen die komplette vertikale Aussteifung. Sie sind so verteilt, dass sie hauptsächlich in den Trennwänden angeordnet sind.

Das BSP-Decke dient als Deckenscheibe. Die Einleitung der Lasten in die Stahlauskreuzungen sowie die Übernahme der Zuglasten im «Scheiben Flansche» erfolgt mittels Stahlzugbänder.

Der grosse Vorteil dieses Ansatzes, ist die Möglichkeit den kompletten Wohnungsbau mit vorgefertigten Bauteilen zu erstellen. Die Toleranzen des Stahlbaus sind viel kleiner als die des Betonbaus, was viel Details einfacher macht.

4.3. Toronto, CAN

Eckdaten:
- Toronto, Kanada
- 12 Geschosse (11 Holz-Hybridbau)
- Stahlfachwerke
- HBV-Decke (CREE)
- Externe Treppen und Luftschächte
- Wind massgebend



Abbildung 11: 3D Rendering (Partisans Architecture)

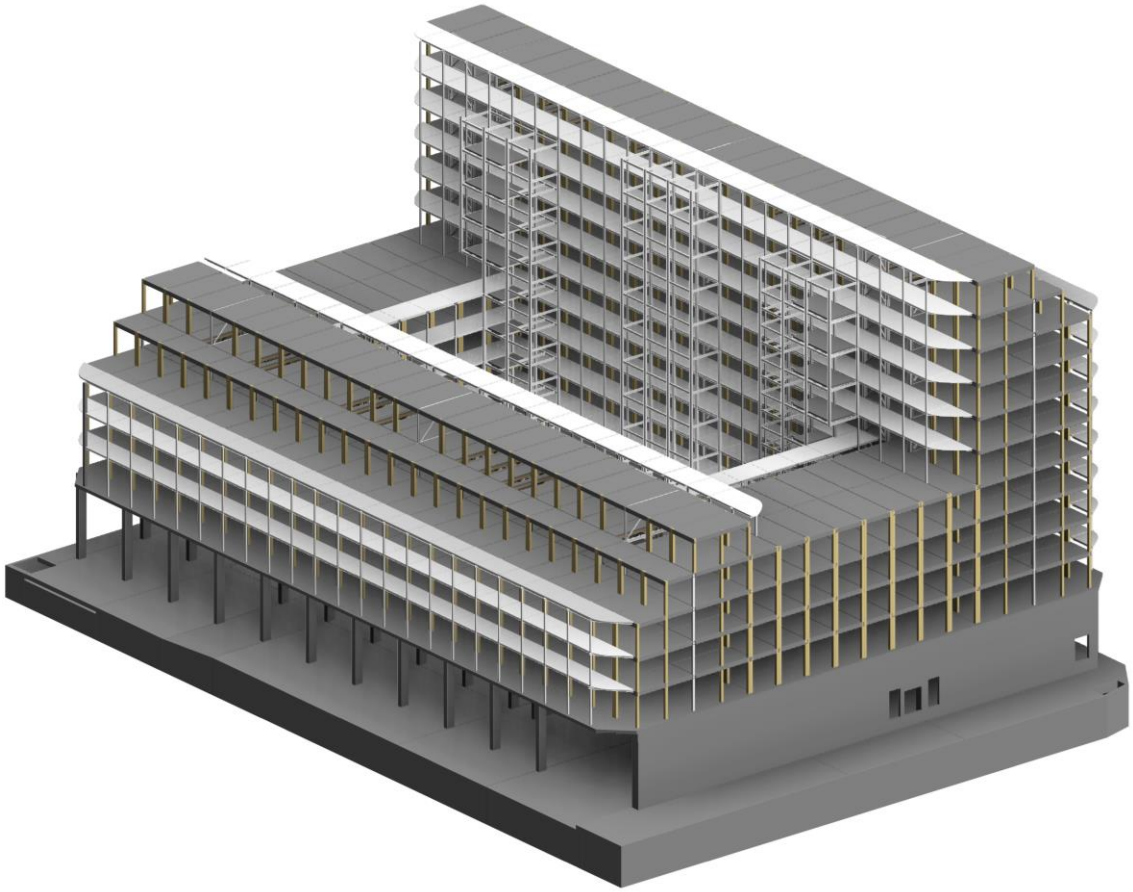


Abbildung 12: 3D Rendering Struktur

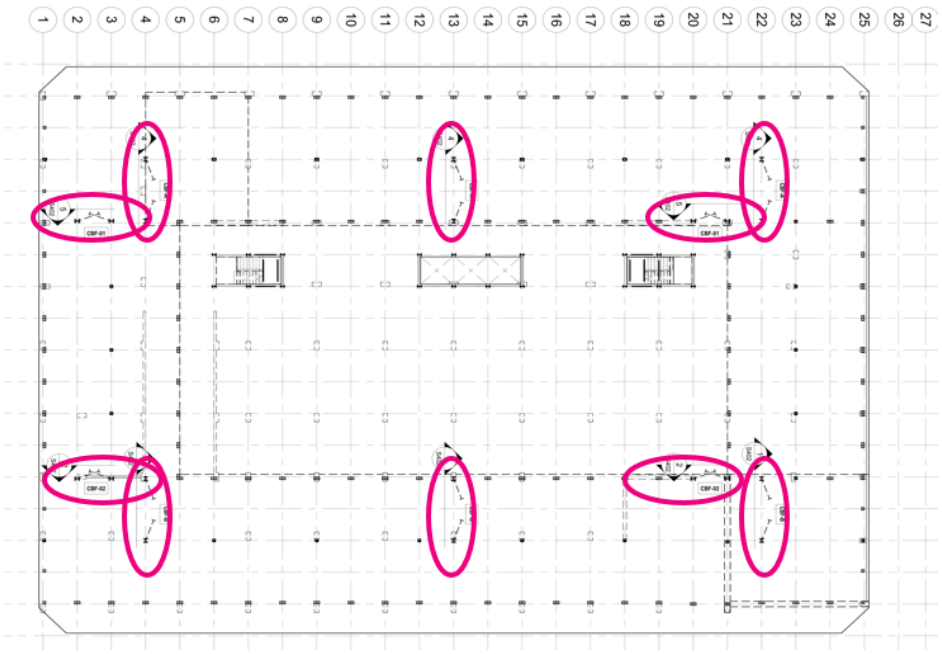


Abbildung 13: Regelgeschoss mit Stahlrahmen

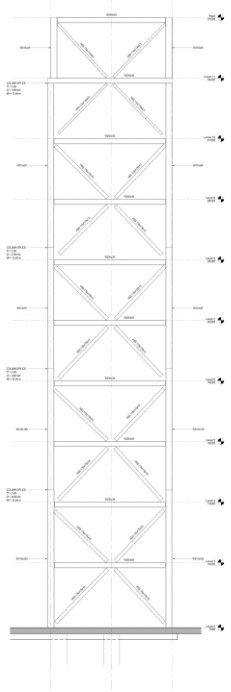


Abbildung 14:
Ansicht Stahlrahmen

Beschrieb
Dieses Gebäude ist momentan in der Bewilligungsphase. Die Stahlauskreuzungen übernehmen die komplette vertikale Aussteifung. Sie sind so verteilt, dass sie hauptsächlich in den Trennwänden angeordnet sind.

Das HBV-Decke (CREE System) dient als Deckenscheibe. Die Einleitung der Lasten in die Stahlauskreuzungen erfolgt direkt über Verbindungspunkte in den HBV-Elementen.

Auch hier ist der grosse Vorteil dieses Ansatzes, den kompletten Wohnungsbau mit Vorgefertigten Bauteilen zu erstellen. Die Toleranzen des Stahlbaus sind viel kleiner als die des Betonbaus, was viel Details einfacher macht.

5. Literatur

[1] CLT Diaphragm Design for Wind and Seismic Resistance, Struture Magazin, July 2022, https://www.structuremag.org/?p=20866

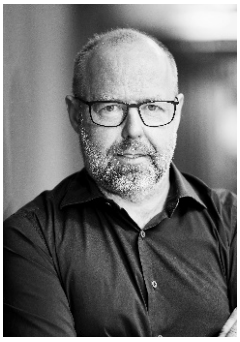
[2] NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 3, 2016, https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2016/NIST.GCR.16-917-42.pdf

[3] NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 5, 2011, https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr11-917-10.pdf

[4] Holzbau mit System, Josef Kolb, 2007

Wie können wir konkurrenzfähig bleiben/werden

Johannes Kaufmann
Johannes Kaufmann und Partner _ Architekturbüro
Vorarlberg / Wien, Österreich



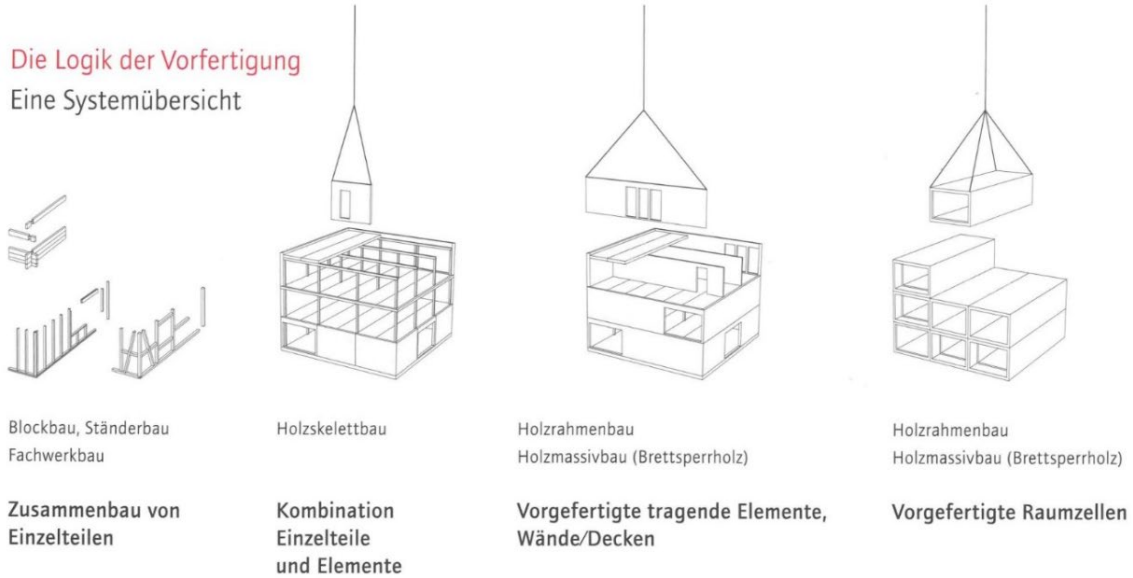
Wie können wir konkurrenzfähig bleiben/werden

1. Exkurs / Einleitung

Kein Baustoff hat sich in 50 Jahren so radikal verändert wie der Holzbau. Von der Balken- und Brettkonstruktion hin zu vorgefertigten, zweidimensionalen Wand-, Decken und Dachelementen weiter zu dreidimensional vorgefertigten Modulbauten. Und immer noch haben natürlich alle dieser 3 Hauptmethoden ihren Platz im modernen Holzbau.
Gerade das Brettsperrholz hat in Punkto Schall- und Brandschutz hier eine wichtige Initialzündung ermöglicht. Auf einmal sind großvolumige, mehrgeschossige Gebäude mit einem hohen Sicherheitsniveau konstruierbar. Alle die es noch nicht wissen – aber im Holzbau geht die Post erst jetzt richtig ab. Deutschland zeigt uns vor, wie Politik positiv auf einen unbestritten umweltfreundlichen Baustoff einwirken kann.

Hin und wieder hat man das Gefühl, dass wir Holzbauer uns ein bisschen selbst im Weg stehen. Einerseits sollen wir günstig mit Holz bauen, anderseits kommen jeden Tag neue Gesetze und Vorschriften, verschärfen sich vollkommen unnötig alle Normen. Nicht immer sind die Konkurrenzlobbys dafür verantwortlich, viel öfters Akteure aus den eigenen Reihen. Immer wieder erfindet jemand aus dem Bereich Statik oder Bauphysik neue Gefahren und versucht diese zu eliminieren – aber man kann sich nicht zu 100 % absichern, das geht einfach nicht. Wir investieren leider sehr viel Ressourcen für diese vermeintliche 100%-ige Sicherheit.

Unsere erfolgreichsten Holzbauten sind diejenigen, bei denen von Beginn an mit ganz viel Disziplin entworfen wird. Saubere Raster, klare Lastableitungssysteme, konsequente Haustechnik, einfache und wiederkehrende Details. Speziell im Wohnbau sind das dringend notwendige Tugenden, damit Schäden (speziell Schall) vermieden werden können. Und nur wenn man diese Randbedingungen einhält, lässt sich auch ein günstiger Baupreis erzielen! Dann bekommt man auch die Handwerker für Nachfolgeprojekte, die Risikoaufschläge werden kleiner, es gibt weniger Fehler in Statik und Bauphysik.



Wohnen 500 – Vorarlberg

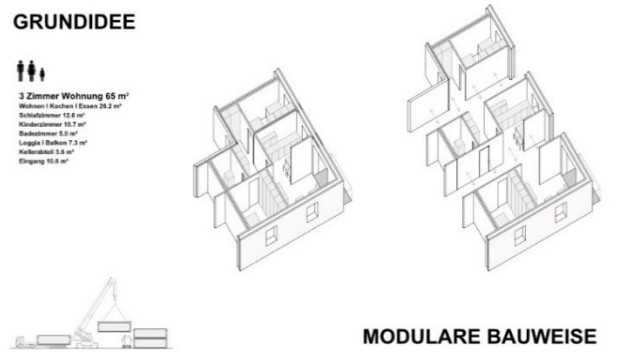



Bauherr VOGEWOSI | Dornbirn
Architektur Johannes Kaufmann Architektur | Dornbirn

Wohnen 500 ist ein Programm eines Vorarlberger gemeinnützigen Bauträgers. Ziel ist es, Wohnungen um ein Gesamtentgelt von € 500/Monat an die Bewohner zu vermieten. Zu diesem Preis bekommt der Mieter eine 65 m² große Wohnung incl. Betriebskosten, was eine m²-Miete von ca. 7,60 Euro bedeutet. Möglich sind diese geringen Mietkosten durch die stringente Vorgehensweise, alles wegzulassen was nicht notwendig ist, und eine hohe Vorfertigung in Modulbauweise mit beinahe industriellen Ansätzen der Fertigung. Immer 3 Module zusammengefügt ergeben eine 65 m² große Wohneinheit mit 2 Schlafzimmern und einem Koch-Essraum. Kosten – Die Baukosten bei diesem Projekt liegen laut Aussagen des gemeinnützigen Bauträgers um bis zu 20 % unter denen, welche bei herkömmlichen Massiv- oder Holzbauvorhaben zu erzielen sind. Die Gründe dafür sind die rationelle Herstellung und die Tatsache, dass die SUB-Unternehmer aufgrund der Erfahrungen im Modulbau die Vorteile dieser Produktionsmethode erkannt haben.









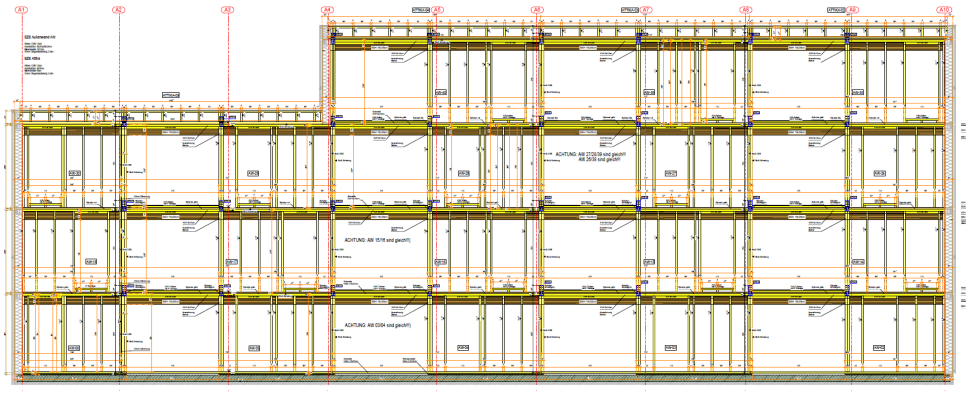
Wohnbebauung Müllerstrasse – Dornbirn




Bauherr F.M.Hämmerle Holdig
Architektur Johannes Kaufmann und Partner Architektur | Dornbirn
Generalunternehmer Kaufmann Zwei | Reuthe

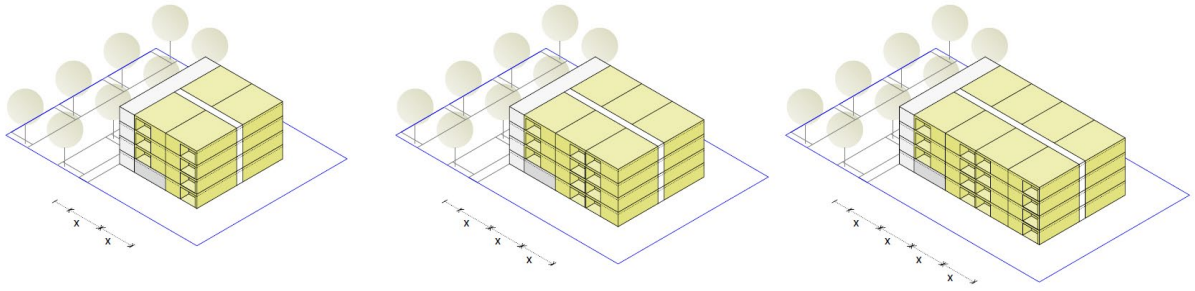
Auf einem Grundstück eines kleinen Dornbirner Seitentales entstand ein Wohnbau. Ursprünglich war geplant, das Projekt für Mitwohnungen in Modulbauweise umzusetzen. Nach einer kurzen Projektpause coronabedingt kam dann ein neuer Ansatz dazu. Der Bauherr besitzt große Waldflächen in Dornbirn und wollte diese für das Projekt nutzen. Daraufhin mussten wir dann den Modulansatz überlegen. Module sind üblicherweise mit Brettsperrholz konstruiert – dadurch wird aber der Einsatz von Eigenholz eigentlich nicht umsetzbar. Aus dem Modulbau wurde ein konventioneller Elementbau, aber ausschließlich aus Schnittholz und einigen wenigen verleimten Leimbindern. Die Grundrisse sind gleich geblieben, der konsequente Raser der Modulbauweise half dann enorm, den Holzbau mit wiederkehrenden Details und gleichen Bauteilen umzusetzen. Alle Holzrahmenwände sind aus eigenem KVH, die Decken in der Zimmerei selbst produziert.





VOGEWOSI Wohnen 550 – Vorarlberg

S M L

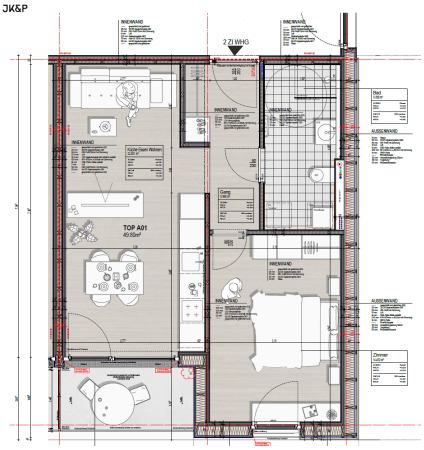


Bauherr VOGEWOSI | Dornbirn
Architektur Johannes Kaufmann Architektur | Dornbirn

Wohnen 550 ist das Nachfolgeformat des schon bewährten Wohnen 500 Programms der gemeinnützigen Wohnungsbaugesellschaft VOGEWOSI in Vorarlberg. Wohnen 550 ist ein Programm, welches auf den Bedarf von Starterwohnungen abzielt. Alle Wohnungen sind 50 m2 groß, und als 2-Zimmerwohnungen konzipiert. Hier sollen hauptsächlich junge Leute für die ersten Jahre ihrer Selbstständigkeit Wohnraum finden. Das Programm ist so konzipiert, dass es sowohl in Modulbauweise, als auch in Elementbauweise umsetzbar ist. Der erste Prototyp entsteht jetzt in Elementbauweise.









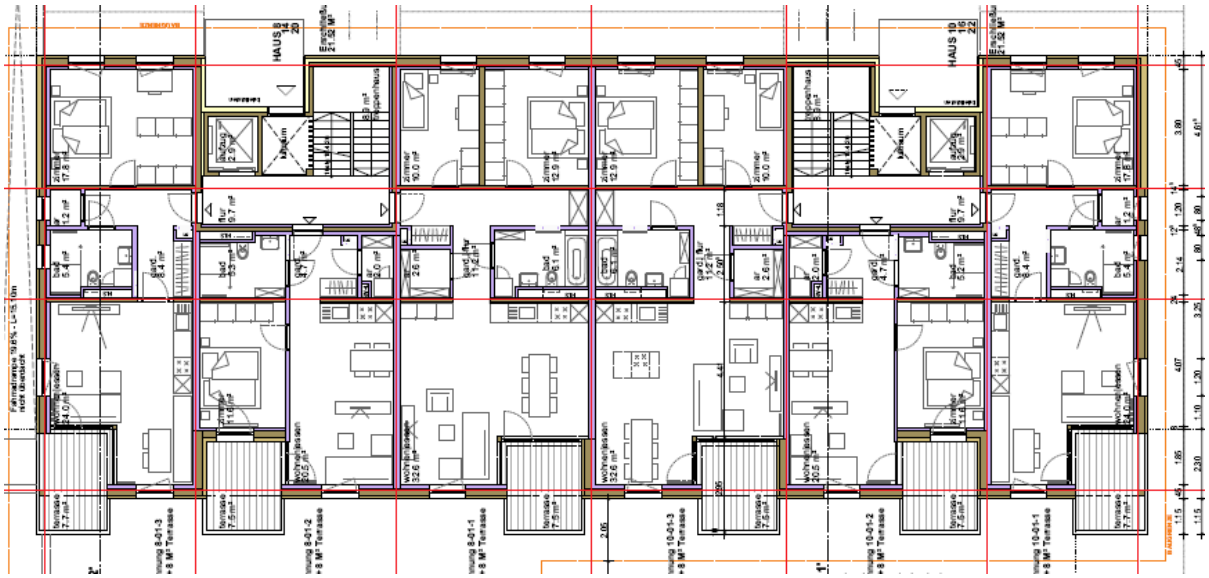
Wohnbebauung Schildacker – Freiburg i. Breisgau





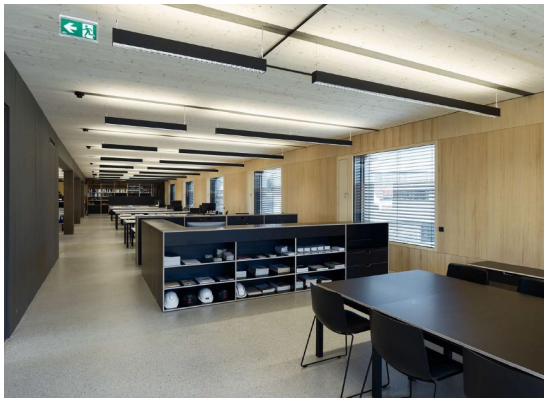
Bauherr FSB Freiburger Stadtbau
Architektur Johannes Kaufmann & Partner Dornbirn | Weissenrieder Architekten Freiburg

Holzbau – die Hauptelemente sind lastabtragende Holzrahmen-Außenwände, Brettsperrholz für Treppenraum, Liftschacht und Geschoßdecken sowie je Gebäudeteil eine lastabtragende Innenwand in Längsrichtung. Sämtliche nicht lastabtragenden Innenwände sind in Trockenbauweise kostengünstig ergänzt worden. Zur Schallertüchtigung sind teilweise Vorsatzschalen zu den Brettsperrholzwänden ergänzt worden. Durch diese Konstruktion sind die Holzbauteile mit einem hohen Vorfertigungsgrad und gleichen Formaten einsetzbar, was Kosten und Bauzeit spart. Durch den Einsatz von Brettsperrholz für das Treppenhaus und den Liftschacht sind Montage, Toleranzen und Genauigkeit in einem Gewerk gebunden und erzeugen keine zusätzliche Schnittstelle. Der Zimmermann ist für den Rohbau des gesamten Gebäudes zuständig und verantwortlich, er setzt auch die Fertigteil-Betontreppenläufe des Treppenhauses. Im Inneren sind nur die Decken als Holzoberfläche sichtbar. Um den Schallschutz auf hohem Niveau zu gewährleisten, wird darauf geachtet, dass die Decken durch das Trennen an der Wohnungstrennwand keine wohnungsübergreifenden Schallbrücken erzeugen – die Decken sind mit 15 cm ungebundener Kiesschüttung beschwert. Das äußere Kleid bildet eine hinterlüftete, vorvergraute Wechselfalz-Fichtenfassade.



Bürogebäude S6 – Dornbirn





Bauherr FM Hämmerle Hoding | Dornbirn
Architektur Johannes Kaufmann und Partner Architektur | Dornbirn

Der neue hölzerne Nachbar des alten Industriegebäudes versucht, eine moderne und zeitgenössische Haltung zu verkörpern, und als Anknüpfung an das Ensemble Elemente des Haupthauses aufzunehmen. An der Flucht der Straße orientierend gibt es der Rotbuche einen neuen, geborgenen Standort. Außer dem Untergeschoss der Tiefgarage ist der 19 m hohe Baukörper in reiner Holzbauweise konstruiert. An den Treppenhauskern aus Brettsperrholz, welcher auch die Horizontalaussteifung des Gebäudes übernimmt sind Holz-Massiv-Geschoßdecken angehängt. Dieses Decken wiederum werden durch Stützen und Unterzüge aus Baubuche unterstellt. Die Außenwände sind als hochgedämmte Holzrahmenelemente ausgeführt. Moderne Gebäude dürfen auch logisch und einfach konstruiert sein – wie der alte Nachbar daneben.

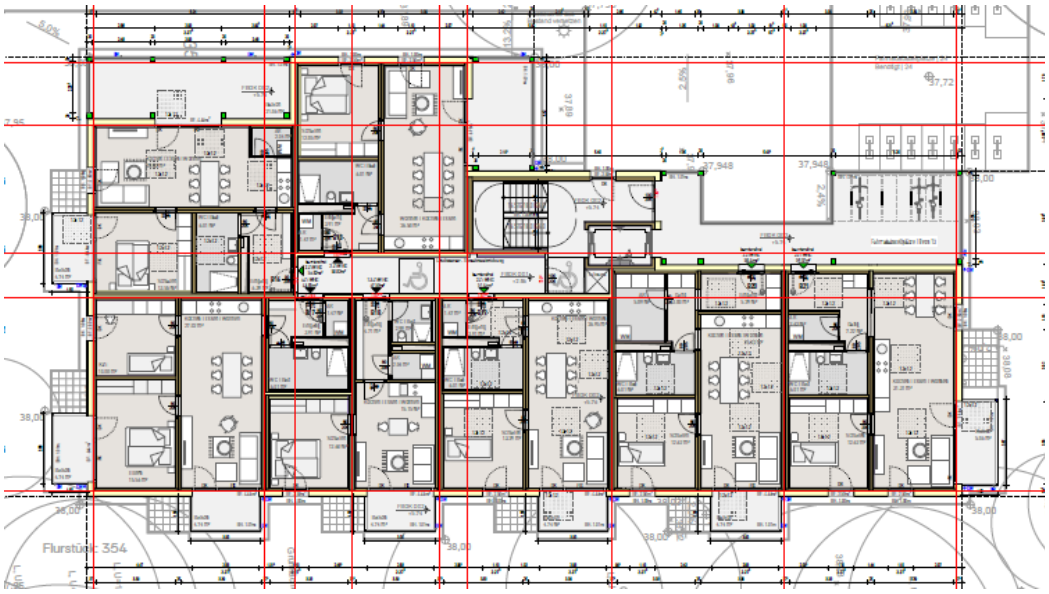


Wohnbebauung Uhlandstrasse – Berlin



Bauherr DIV 30. Berlin Invest GmbH Co. KG
Architektur Johannes Kaufmann und Partner Architektur | Dornbirn

In Berlin entstand ein 6-Geschoßer in Modulbauweise – besondere Herausforderung hierbei war, dass die beiden Gebäude im Innenhof einer Blockrandbebauung die Umsetzung fanden. Mit großen Mobilkranen wurden die Module montiert.



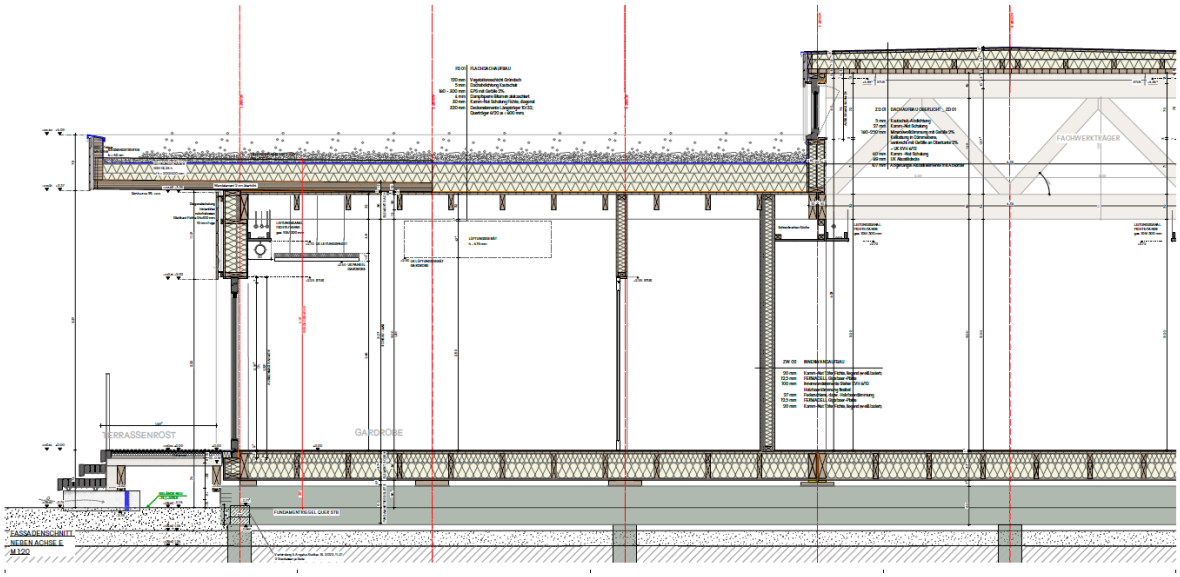




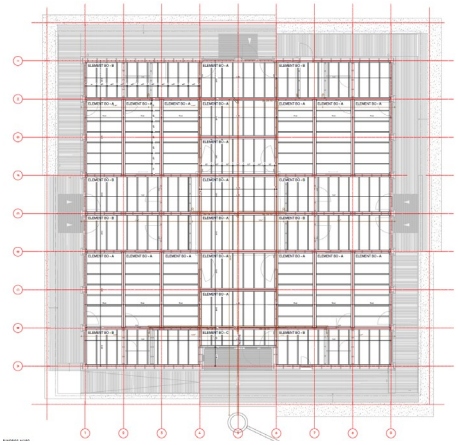
Kindergarten Niederbahn – Dornbirn



Bauherr Stadt Dornbirn
Architektur Johannes Kaufmann und Partner Architektur | Dornbirn







Holz aus dem städtischen Forst, nicht verklebte, sortenreine und dadurch kreislauffähige Konstruktionsdetails sowie ausschließlich schadstofffreie Produkte, sorgen für ein nachhaltiges, emissionsarmes und gesundes Gebäude. Umlaufende, an der Decke angebrachte, offene Versorgungskanäle ermöglichen eine einfache Wartung der verbauten, ebenfalls sichtbaren, Haustechnik. Die Haustechnik des Kindergartens sollte einem einfachen, schlüssigen Prinzip unterliegen und das Gebäude nur an den notwendigen Stellen technisch und klimatisch unterstützen, wo es zwingend notwendig ist. Eine Reduktion der Haustechnik auf das Minimum wurde deshalb angestrebt. Besonderes Augenmerk wurde auch an die Wartungsfreundlichkeit gelegt, weshalb viele der Installationen Aufputz und somit sichtbar installiert sind.

Da beim Entwurf des Kindergartens schon großer Wert auf die Ausschöpfung ökologischer Potentiale gelegt wurde, konnten viele Details dementsprechend realisiert werden. Dabei steht allem Voran die Nutzung von heimischem Holz in allen Bereichen wie Konstruktion, Beplankungen und Einbauten. Es kamen fast ausschließlich vorelementierte Holzbauelemente aus Vollholzquerschnitten zum Einsatz. Aufgrund dieser Konstruktionsmethode konnte die gesamte Bauzeit auf fünf Monate reduziert werden. Alle konstruktiven Verbindungen sind unverklebt und somit zerlegbar.





Modul-Montagehalle Zimmerei Kaufmann Bregenzerwald

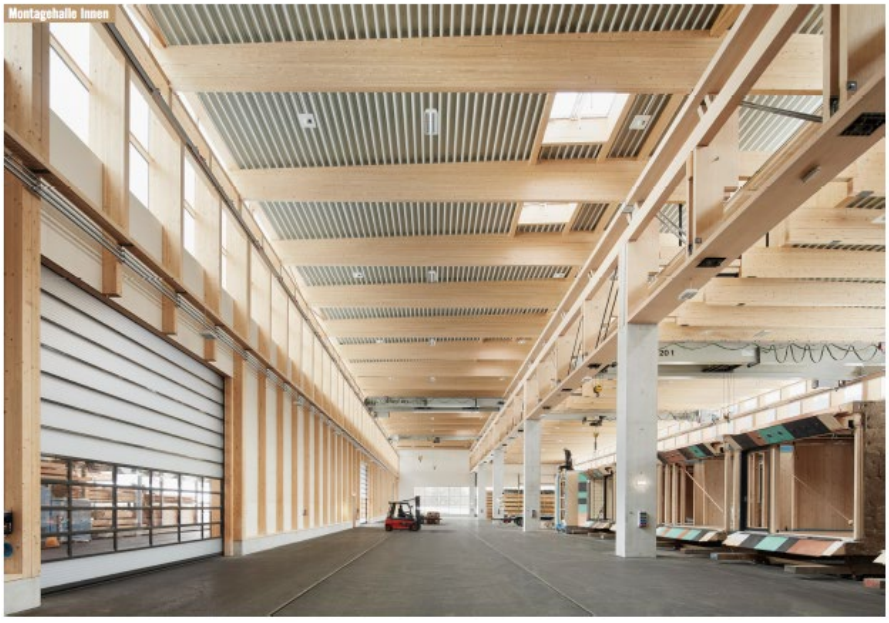
Die Zimmerei Tischlerei Kaufmann im Bregenzerwald ist ein Familienunternehmen in 4. Generation und beschäftigt sich neben moderner Holzbautechnologie auch mit dem Bau von Projekten in Raumzellenbauweise. Durch die raumplanerischen Rahmenbedingungen war es notwendig, die Halle in ihrem äußeren Erscheinungsbild so niedrig wie möglich zu bauen, um dem Ortsbild zu entsprechen. Üblicherweise entstehen hohe Dachkonstruktionen, wenn schwere Kranbahnen und hohe Schneelasten über das Tragwerk abzuführen sind. Auch war es notwendig, die Anzahl der Mittelstützen auf ein Minimum zu reduzieren. Aus diesen Gründen wurde ein Fachwerk mit integrierten Kranbahnen als Konstruktionsprinzip entwickelt. Auf eingespannten Betonstützen lagern fünf vorgefertigte Hochlast-Fachwerke aus Baubuchenholz. Die Doppelfachwerke erhalten durch ihren horizontalen Abstand zueinander die Eigenschaft, Torsion aufnehmen zu können, welche infolge der

Kranbahnen in die Fachwerke eingeleitet werden. Durch die Integration der Kranbahnen in Holzbauweise in das Fachwerk wird einerseits die Torsion verringert, andererseits die Arbeitsfläche der Kranbahnanlage nicht unnötig verkleinert. Die Baubuche erlaubt es, mit teilweise zimmermannsähnlichen Holzanschlüssen hohe Normallasten im Fachwerk zu übertragen. Dadurch kann an den Knotenpunkten größtenteils auf den Einsatz von Stahl mit Brandschutzanstrich verzichtet werden. Die höheren statischen Werte der Buche als Grundmaterial des Buchensperrholzes lassen das Tragwerk überdies sehr filigran erscheinen, da Querschnitte bis zu 40 % geringer dimensioniert werden müssen.









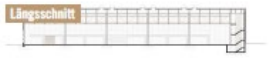


Kurzbeschreibung

Die Halle ist in 2 „Hallenschiffe" unterteilt. Ein Längsschiff mit Geleisen ist für die Herstellung reserviert, im zweiten Schiff werden die fertigen Module gelagert. Durch die raumplanerischen Rahmenbedingung war es notwendig, die Halle in ihrem äußeren Erscheinungsbild so niedrig wie möglich zu bauen, um dem Ortsbild zu entsprechen. Auf eingespannten Betonstützen lagern fünf vorgefertigte Hochlast-Fachwerke aus Baubuchenholz. Durch die Integration der Kranbahnen in Holzbauweise in das Fachwerk wird einerseits die Torsion verringert, andererseits die Arbeitsfläche der Kranbahnanlage nicht unnötig verkleinert. Die Baubuche erlaubt es, mit teilweise zimmermannsähnlichen Holzanschlüssen hohe Normallasten im Fachwerk zu übertragen. Die höheren statischen Werte der Buche als Grundmaterial des Buchensperrholzes lassen das Tragwerk überdies sehr filigran erscheinen, da Querschnitte bis zu 40 % geringer dimensioniert werden müssen.









Block B3

Brandschutz und Fassade

Fassadenbegrünung an mehrgeschossigen Gebäuden aus brandschutztechnischer Sicht

Dr.-Ing. Thomas Engel
Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
München, Deutschland



Fassadenbegrünung an mehrgeschossigen Gebäuden aus brandschutztechnischer Sicht

1. Einleitung

Begrünte Fassaden werden zunehmend populärer. Gründe hierfür sind u. a., dass durch begrünte Fassaden in urbanen Räumen die Luftqualität und die thermische Leistung des Gebäudes verbessert, der Wärmeinseleffekt verringert und Lärm durch Absorption reduziert werden sollen [1], [2]. Der Begriff begrünte Fassaden ist ein Überbegriff für sehr unterschiedliche konstruktive Ausführungen von Fassadenbegrünungen. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Arten von Fassadenbegrünungen. Prinzipiell zu unterscheiden sind eine direkte bodengebundene Begrünung an der Außenwand durch Kletterpflanzen, eine indirekte bodengebundene Begrünung durch von der Außenwand abgesetzte Kletterhilfen und begrünte Wandsysteme mit Bepflanzung in Gefäßen oder an flächigen vertikalen Vegetationsflächen (Living Wall). Auch Mischformen sind möglich. [3][4][5]

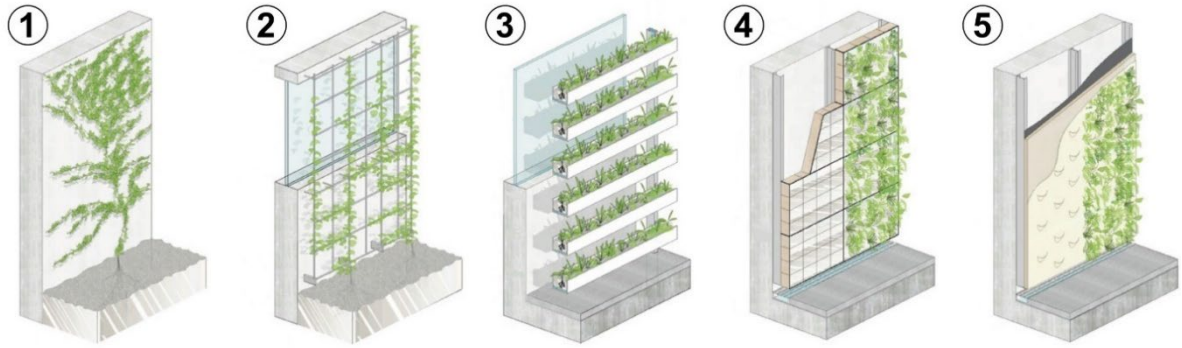


Abbildung 1: Ausbildungsformen von Fassadenbegrünungen. 1) Direktbewuchs mit Selbstklimmern, bodengebunden, 2) leitbarer Bewuchs an Kletterhilfen, bodengebunden, 3) Pflanzgefäße, horizontale Vegetationsflächen, wandgebunden, 4) modulares System (Living Wall), vertikale Vegetationsflächen, wandgebunden, 5) flächiges System (Living Wall), vertikale Vegetationsflächen, wandgebunden; basierend auf Bildquelle [5]

Für bodengebundene Begrünungen an Kletterhilfen haben sich je nach Dickenwuchs (Wüchsigkeit) Wandabstände von 50 bis 200 mm zur Kletterhilfe etabliert [4], [5]. Ein ausreichender Abstand ist neben der Wüchsigkeit der Pflanze auch aufgrund der sonst möglichen Überhitzung der Gerüstkletterpflanze durch die Außenwand notwendig [5].

Wandgebundene Begrünungssysteme (ohne Bodenanschluss) zeichnen sich durch integrierte Bewässerungssysteme, beliebige Begrünungsgrößen und einfache Austauschbarkeit der Pflanzen aus. Sie ermöglichen eine vorkultivierte Begrünung der Fassade ab Fertigstellung des Gebäudes durch Modul- oder Regalsysteme [3], [5]. Eine wandgebundene Begrünung in Form einer «Living Wall» ist ein komplettes, vorgehängtes, hinterlüftetes Fassadensystem. Es besteht aus Hinterlüftung, Unterkonstruktion, Tragstruktur, Trägerplatten, Dämmung, Substrat, Vlies, Bewässerungssystem und der Pflanze selbst. Die Systeme unterscheiden sich von Hersteller zu Hersteller erheblich.

Die Verwendung von Kletterpflanzen zur Fassadenbegrünung weist viele regionale Besonderheiten auf [3], [4], [5]. Das Artenpotenzial für Kletterpflanzen in der DACH-Region umfasst ca. 150 Arten und Sorten [3]. Das Spektrum der möglichen Pflanzenarten für wandgebundene Begrünungssysteme ist wesentlich umfangreicher. Für die DACH-Region werden in [4] ca. 100 Arten und Sorten aufgeführt. Zu unterscheiden sind Stauden, Gräser und Klettergehölze [3].

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen Beispiele für realisierte Grünfassaden.



Abbildung 2: Bodengebundener Bewuchs an Kletterhilfen (Swiss Re Bürogebäude München); (Quelle: Bundesverband GebäudeGrün)



Abbildung 3: Wandgebundenes Begrünungssystem (Stadtverwaltung Venlo Niederlande); (Quelle: Bundesverband GebäudeGrün)

2. Brandschutztechnische Bewertbarkeit der verschiedenen begrünten Fassadentypen

Wie im Abschnitt zuvor beschrieben sind «Living Walls» komplexe Fassadensysteme, die sich von Hersteller zu Hersteller erheblich unterscheiden. Die herstellerspezifischen Systeme lassen sich nur durch großmaßstäbliche Brandversuche am jeweiligen Gesamtsystem produktspezifisch zielführend untersuchen [6]. Anders verhält sich dies für Kletterpflanzen an Rankhilfen. Diese können brandschutztechnisch allgemeingültig untersucht und im Folgenden bewertet werden. Aus diesen Untersuchungen ergeben sich allgemein gültige Prinzipien für einen brandschutztechnisch sicheren Betrieb [6].

3. Stand der Forschung

Zum Brandverhalten begrünter Fassaden und der daraus folgenden Brandweiterleitung über die Fassaden stehen zum aktuellen Zeitpunkt international nur wenige Erkenntnisse zur Verfügung. Eine genaue Übersicht zum aktuellen Stand der Forschung für das Brandverhalten von begrünten Fassaden kann [6] und [7] entnommen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mittel- bzw. großmaßstäbliche Brandversuche an begrünten Fassaden bis dato vor allem in Österreich und Deutschland durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen fanden jedoch vorwiegend an genormten Fassadenbrandprüfständen, die ursprünglich für einen anderen Anwendungsfall konzipiert wurden und nicht den Einwirkungen realer Brandereignisse entsprechen [6], statt. Die aktuelle Herausforderung für begrünte Fassaden besteht folglich darin, dass Ergebnisse skalierter Prüfverfahren, wie beispielsweise nach [8] oder [9], in Verbindung mit Bewertungskriterien, die ebenfalls für andere Baustoffe konzipiert wurden, direkt in die Realität überführt bzw. Maßnahmen darauf aufbauend abgeleitet werden. Dieses Vorgehen kann zu unrealistischen Ergebnissen führen und birgt ohne gesamtheitliche Betrachtung Risiken [6].

Die Auswertung des Stands der Forschung liefert zwei wesentliche Erkenntnisse: Erstens ist eine regelmäßige Pflege und Wartung eine wichtige Grundlage für eine brandschutztechnisch sichere Fassadenbegrünung. Großflächig abgestorbene Pflanzen müssen zeitnah erkannt und entfernt werden. Zweitens ist bei einer Brandbeanspruchung der begrünten Fassaden mit einem Austrocknen der Begrünung und im weiteren Verlauf mit einer abrupten kurzweiligen Brandausbreitung («Strohfeuer») begrenzender Bereiche außerhalb des Primärbrandes zu rechnen. [6], [7]

4. Brandverhalten der Pflanzen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens FireSafeGreen [10] wurde in einem ersten Teil das Brandverhalten von begrünten Fassaden untersucht. Im Fokus stand hierbei die Entflammbarkeit begrünter Fassaden, die im Rahmen von 43 kalorimetrischen Brandversuchen im mittleren Maßstab mit der Prüfmethode Single Burning Item (SBI) [11] bewertet wurde. Schwerpunkt der Untersuchung waren insgesamt 25 Kletterpflanzenarten. Der Haupteinflussfaktor auf das Brandverhalten von Pflanzen ist der Feuchtigkeitsgehalt der Pflanze [7]. Ein Vergleich der Wärmefreisetzungsrate von vitalen Pflanzen (normaler Feuchtigkeitsgehalt) zeigt ein ähnliches Verhalten, vgl. Abbildung 4.

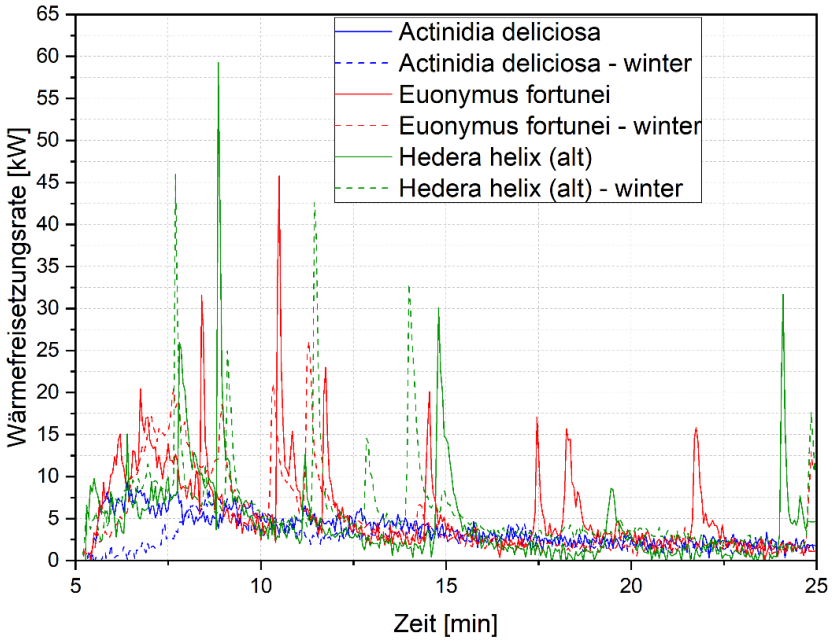


Abbildung 4: Vergleich der Wärmefreisetzungsrate von *Actinidia deliciosa*, *Euonymus fortunei* und *Hedera helix* im Sommer und Winter

Im Verlauf der Beanspruchung kommt es zu kurzen Spitzen der Wärmefreisetzungsrate. Diese Spitzen sind die aus vorherigen Untersuchungen bekannten «Strohfeuer». Sie entstehen, wenn Teile der Pflanzen durch die Brandeinwirkung austrocknen und sich dann schlagartig entzünden. Die Pflanzenart selbst hat keinen signifikanten Einfluss auf das Brandverhalten. Bei allen Versuchen trat mit vitalen, gepflegten Pflanzen eine horizontale Brandausbreitung in nur sehr geringem Umfang und nach Abschalten des Brenners ein Selbstverlöschen auf. Auch ein direkter Vergleich zwischen jungen und alten Pflanzen sowie der Vergleich des jahreszeitlichen Einflusses zwischen Sommer und Winter ergab keinen signifikanten Unterschied bei vitalen, gepflegten Pflanzen. [7]

Ein entscheidender Unterschied lag bei getrockneten Pflanzen vor. Hier trat zu Beginn eine abrupte Wärmefreisetzung auf. Abgestorbene Pflanzen sowie ungepflegte Pflanzen mit einem hohen Anteil an Totholz stellen folglich den kritischsten Fall dar. Abbildung 5 stellt die Wärmefreisetzungsrate eines 42 Tage getrockneten, eines vitalen jungen und eines vitalen alten Efeus (*Hedera helix*) im Vergleich zu einer 9 mm Span- und einer 13 mm Sperrholzplatte dar. [7]

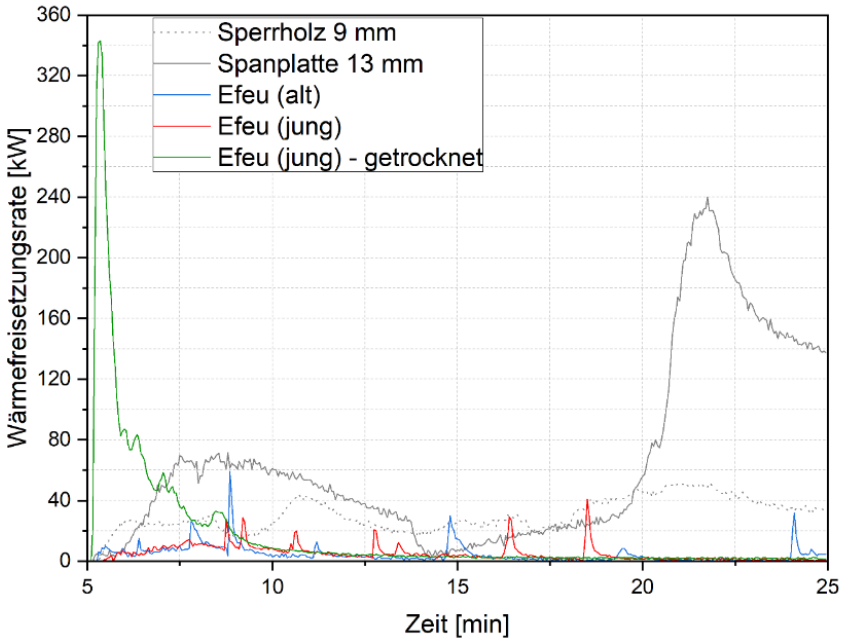


Abbildung 5: Wärmefreisetzungsrate eines 42 Tage getrockneten, eines vitalen jungen und eines vitalen alten Efeus im Vergleich zu einer 9 mm Span- und einer 13 mm Sperrholzplatte

Pflege und Wartung einer begrünten Fassade sind daher der wichtigste Faktor für die Aufrechterhaltung der Brandsicherheit. Totholz in Form von abgestorbenem Laub, Ästen oder Vogelnestern ist regelmäßig zu entfernen. Außerdem ist stetig zu prüfen, ob die Pflanzen noch vital sind und einen normalen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen. Zusätzlich sind die Pflanzen regelmäßig zurückzuschneiden. Unkontrolliertes Wachstum kann zu viel Totholz führen – vor allem bei lichtfliehenden Pflanzen. [7]

Im nächsten Schritt ist es notwendig, die Erkenntnisse aus den mittelgroßen Versuchen im großen Maßstab zu überprüfen; insbesondere die vertikale Brandausbreitung ist hierbei genauer zu bewerten. [6], [7], [12]

5. Kombination von Holz- und Grünfassaden

Eine zentrale Frage für die Realisierung kombinierter Holz- und Grünfassaden sind die entstehenden Wechselwirkungen im Brandfall. Die konkrete Frage ist, ob der Wärmestrom einer brennenden begrünten Fassade ausreicht, um eine dahinterliegende Außenwandverkleidung aus Holz zu entzünden und ob eine begrünte Fassade im Bereich von Brandsperren [13], [14] von Holzfassaden zu einem Zündschnurreffekt führt.

Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurden mittelmaßstäbliche Brandversuche durchgeführt [6], vgl. Abbildung 6.



Abbildung 6: Fotodokumentation des Brandversuchs Test 3 mit Holz- und Grünfassade zur 3. Prüfminute

Im Rahmen der Versuche wurde ein Abstand von 110 mm zwischen Rankgitter und Holzschalung gewählt. Diese Wahl soll eine möglichst kritische Brandeinwirkung der begrünten Fassade aufgrund des geringen Abstandes zur Holzschalung generieren. Bekannt ist, dass Wandabstände für bodengebundene Begrünungen von 50 mm bis 200 mm zur Kletterhilfe üblich sind [4], [5]. Diese Richtwerte orientieren sich an typischen mineralischen Außenwänden ohne Brandsperren. Ein ausreichender Mindestabstand zur Außenwand ist notwendig, da vor allem Pflanzen mit dichter Blattmasse einen Hitzestau begünstigen und folglich absterben können. Um eine Überhitzung zu vermeiden, muss eine Luftzirkulation an der Fassade durch einen ausreichenden Abstand der Rankgitter zur Außenwand uneingeschränkt möglich sein [5].

Für Holzfassaden an mehrgeschossigen Gebäuden sind in Deutschland Brandsperren [13], [14] in jedem Geschoss notwendig. Diese Brandsperren definieren einen Mindestabstand der Begrünung zur Außenwand, da die Pflanze auf der einen Seite nicht durch die Brandsperre hindurch wachsen kann und auf der anderen Seite ein ausreichender Mindestabstand zur Stahlbrandsperre nötig ist, um eine Überhitzung der Pflanze in diesem Bereich zu vermeiden. Mit Zunahme der Auskragung der Brandsperre nimmt auch der Abstand des Rankgitters zur Holzschalung zu; folglich nimmt die Einwirkung aus dem Abbrand der Begrünung aufgrund des größeren Abstandes ab. Dies ist der Grund, warum bei den durchgeführten und in [6] genauer beschriebenen Brandversuchen eine Nut-Feder-Holzschalung mit verhältnismäßig geringer Auskragung der Brandschutzabschottungen bzw. Brandsperren gewählt wurde.

Im Rahmen der Versuche wurde die Begrünung direkt bündig vor der 100 mm auskragenden Brandsperre vorbeigeführt. Weiter wurde der Bereich zwischen Holzschalung und Rankgitter flächig mit Pflanzentrieben eines über 15 Jahre alten Efeus (*Hedera helix*) gefüllt [6]. Die Wahl fiel auf Efeu, da er eine hohe Blattmasse und einen verhältnismäßig großen Triebdurchmesser hat. Die Versuchsanordnung und die Begrünungsdichte sollten eine ungepflegte und folglich mit Blick auf die Brandeinwirkung kritische Fassadenbegrünung simulieren, die zwar nicht über größere Mengen an Totholz verfügte, aber auch nicht regelmäßig zurückgeschnitten wurde.

Der mittelmaßstäbliche Versuchsaufbau ist in diesem Fall repräsentativ, da die Pflanzenmasse und -anordnung die eigentlich mögliche flächenbezogene Brandleistung bzw. maximale Wärmefreisetzung der Begrünung bestimmen und nicht die Größe des Versuchsstandes oder die Größe der Brandeinwirkung [6].

Bei beiden Versuchen mit angeordneter Begrünung stellte sich weder während der Versuchsdurchführung noch im Rahmen der anknüpfenden Beobachtungszeit ein selbständiger Brand auf der Holzschalung oberhalb der Brandsperre ein [6]. Dies lässt sich am besten visuell an den Holzschalungen nach Beendigung der Brandversuche beurteilen, siehe auszugsweise Abbildung 7.



Abbildung 7: Fotodokumentation der Holzschalung oberhalb der Brandsperre nach Beendigung des Versuches und der Beobachtungszeit für Test 3

Eine Verfärbung und Verkohlung stellte sich in Teilbereichen der Holzschalung aufgrund der Brandeinwirkung aus der Begrünung ein. Am intensivsten fiel die Verkohlung im mittleren, unteren Bereich der Fassade direkt oberhalb der Brandsperre aus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich einzelne Holztriebe des mit Draht befestigten Efeus nach Abbrand der Blätter und Jungtriebe vom Rankgitter lösten und auf der Brandsperre abbrannten [6]. Auch diese Brandeinwirkung führte nicht zu einem selbständigen Brand der Holzfassade. Die direkte Brandeinwirkung auf den unteren Bereich der Holzschalung durch brennende Pflanzenteile auf der Brandsperre wäre für offene Schalungen infolge der dreiseitigen Brandeinwirkung auf den Holzquerschnitt kritischer als im vorliegenden Fall. Aufgrund des beschriebenen größeren Abstandes der Begrünung zur Holzschalung und der größeren Auskragungen der Brandsperren ist jedoch bei offenen Schalungen nicht mit einer Brandeinwirkung direkt an der Holzschalung zu rechnen [6].

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein Abbrand der Begrünung im Rahmen der Versuche [6] nicht zu einer Entzündung der dahinterliegenden Holzfassade führte. Vorrausetzungen hierfür sind ein Mindestabstand von 110 mm zwischen Rankgitter und Holzschalung und eine regelmäßige Pflege und Wartung der Begrünung, bei der Totholz entfernt wird.

6. Abschließende Großbrandversuche

Die abschließenden Großbrandversuche dienen zum Beleg der innerhalb des Forschungsvorhabens FireSafeGreen [10] gewonnenen Erkenntnisse und als Grundlage zum Nachweis der brandschutztechnischen Schutzziele.

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Bewertung der Brandausbreitung über die Fassadenbegrünung unter einer repräsentativen Brandeinwirkung. Darüber hinaus wurde untersucht, welchen Einfluss ein kurzzeitiger Wärmestrom auf die Außenwand, Fenster, Balkone, Dachüberstände und die dahinter liegenden Bereiche hat und welches Risiko damit verbunden ist. Besonderes Augenmerk lag auf dem Einfluss von lebenden und abgestorbenen (trockenen) Pflanzen auf die Brandausbreitung und das Brandverhalten an der Fassade. Eine konkrete Frage ist zum Beispiel, ob der Wärmestrom einer trockenen

grünen Fassade (worst case) ausreicht, um bei offenstehendem Fenster, die Einrichtung direkt an der Öffnung innerhalb der Nutzungseinheit zu entzünden. Darüber hinaus soll insbesondere die vertikale Brandausbreitung genauer bewertet werden.

Für die Versuche wurden insgesamt acht Brandversuche in drei unterschiedlichen Versuchsreihen durchgeführt. Diese drei Versuchsreihen umfassten eine flächige Anordnung g vor einer Außenwand, eine Anordnung mit Balkonen mit flächiger zentraler Brandeinwirkung sowie eine Anordnung mit Balkonen und einer Brandeinwirkung im Inneneck. Für jede Versuchsreihe wurde ein Referenzversuch ohne Begrünung (Pflanzen) durchgeführt, um den Einfluss der Begrünung genauer zu quantifizieren und die Ergebnisse zu validieren. In den Versuchsreihen wurde zusätzlich jeweils ein Versuch mit vitaler und einer mit getrockneter (toter) Begrünung durchgeführt, vgl. Abbildung 9 und Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über die durchgeführten Versuche mit zugehöriger Brandlast

Versuch	Versuchsbeschreibung	Brandlast*
V0	Flächiger Versuch ohne Pflanzen (Referenzversuch)	4 × 35 kg (140 kg)
V1	Flächiger Versuch mit Pflanzen – vital	
V2	Flächiger Versuch mit Pflanzen – trocken	
V3	Balkonversuch ohne Pflanzen – Fläche (Referenzversuch)	3 × 35 kg (105 kg)
V4	Balkonversuch ohne Pflanzen – Ecke (Referenzversuch)	1 × 35 kg
V5	Balkonversuch mit Pflanzen – Fläche vital	3 × 35 kg (105 kg)
V6	Balkonversuch mit Pflanzen – Ecke vital	1 × 35 kg
V7	Balkonversuch mit Pflanzen – Fläche trocken	3 × 35 kg (105 kg)

* Holzkrippen aus gehobeltem Nadelschnittholz in Stäben mit Grundfläche von 500 mm × 500 mm mit kreuzweiser Anordnung (Verhältnis Holz:Luft = 1:1)

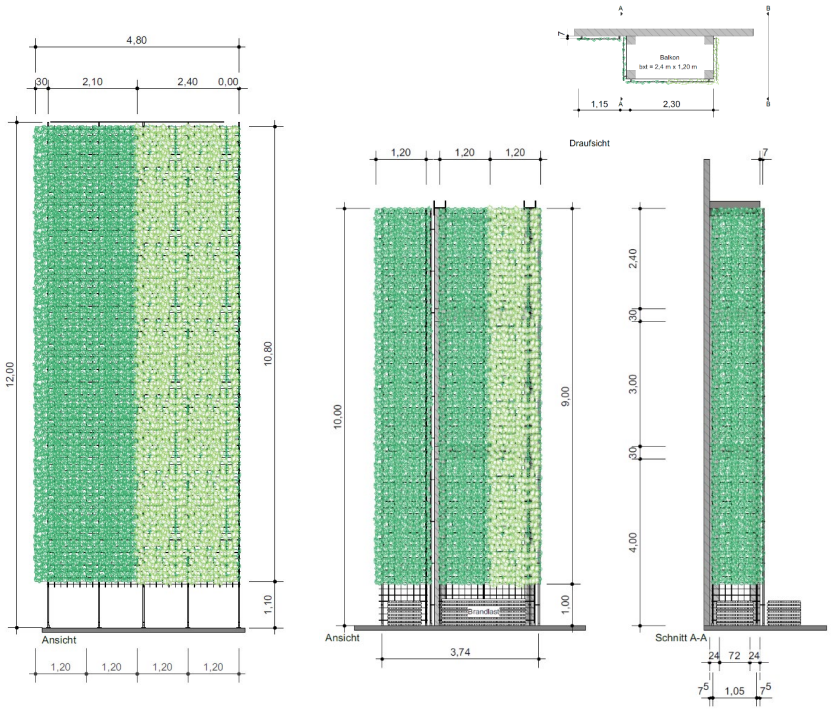


Abbildung 8: Links: Flächige Versuchsanordnung (12 m hoch) für die Versuche V0, V1 und V2; rechts: Balkenkonstruktion (10 m hoch) für die Versuche V3, V4, V5, V6 und V7 [15]

Als Begrünungen wurden am Rankgitter des Versuchsaufbaus *Hedera helix* mit einer Pflanzendichte (vital) von ca. 1,85 kg/m² (linke Seite, vgl. Abbildung 9) und *Euonymus fortunei* mit einer Pflanzendichte (vital) von ca. 2,55 kg/m² (rechte Seite, vgl. Abbildung 9) angeordnet.

Abbildung 9 zeigt den flächigen Versuch mit vitaler Begrünung (V1), den flächigen Versuch mit getrockneter (toter) Begrünung (V2) und den Balkonversuch mit Brandeinwirkung in der Ecke mit vitaler Begrünung (V4).



Abbildung 9: Links: Flächiger Versuch mit vitaler Begrünung (V1); Mitte: Flächiger Versuch mit getrockneter (toter) Begrünung (V2); Rechts: Balkonversuch mit Brandeinwirkung in der Ecke mit vitaler Begrünung (V4)

Bei den Brandversuchen mit Pflanzen, unabhängig von der Pflanzenart (*Hedera helix* bzw. *Euonymus fortunei*) und deren Feuchtegehalt, kam es zu einer vertikalen Brandausbreitung in Form von «Strohfeuern». Dabei beeinflusste der Feuchtegehalt deren Intensität wesentlich. Die Beobachtungen von [7] konnten somit auch im großmaßstäblichen Versuch bestätigt werden. Bei vitaler Begrünung direkt vor einer Außenwand konnte ein Abbrand der begrünten Fassade im Verhältnis des ca. 2,5-fachen der eigentlichen Primärflamme (Holzkrippen) festgestellt werden. Bei einer offenen Anordnung vor einem Balkon (Außenwand weiter entfernt) betrug der Faktor ca. 1,5. Generell konnte ein Selbstverlöschen der Begrünung beobachtet werden. Die detaillierte Versuchsauswertung ist zum aktuellen Zeitpunkt noch in Bearbeitung und kann im Anschluss [16] entnommen werden.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Für die brandschutztechnische Bewertung von begrünten Fassaden gibt es aktuell nur wenige Bewertungsgrundlagen. Mittelmaßstäbliche Brandversuche im Rahmen des Forschungsvorhabens FireSafeGreen [10] zeigten: Haupteinflussfaktor auf das Brandverhalten von Pflanzen ist der Feuchtigkeitsgehalt. Die Pflanzenart selbst spielt eine untergeordnete Rolle in Bezug auf das Brandverhalten und ist nach diesen Erkenntnissen, – zumindest für die untersuchten Varianten – zu vernachlässigen. Auch der direkte Vergleich von jungen und alten Pflanzen sowie der Vergleich eines jahreszeitlichen Einflusses von Sommer und Winter zeigte keinen signifikanten Unterschied bei vitalen, gepflegten Pflanzen. Im Verlauf von Bränden an begrünten Fassaden kommt es zu kurzen Wärmefreisetzungsspitzen. Diese Spitzen werden als «Strohfeuer» bezeichnet. Sie entstehen, wenn Teile der Pflanzen durch die Brandeinwirkung austrocknen und sich dann schlagartig entzünden. Bei vitalen, gepflegten Pflanzen tritt eine horizontale Brandausbreitung nur in sehr geringem Umfang auf. Weiter verhalten sich vitale begrünte Fassaden nach Ende der Primärbrandeinwirkung selbstverlöschend. [6], [7], [12]

Für eine Kombination aus Holz- und begrünter Fassade lässt sich festhalten, dass ein Abbrand der Begrünung nicht zu einer Entzündung der dahinterliegenden Holzfassade führt. Vorrausetzung ist ein Mindestabstand von 110 mm zwischen Rankgitter und Holzschalung und eine regelmäßige Pflege und Wartung der Begrünung. [6]

Im nächsten Schritt gilt es, die Definition der angemessenen Pflege und Wartung für brandsichere begrünte Fassade tiefergehend auszuarbeiten. Zu klären ist, welche Intervalle notwendig sind und wann die unterschiedlichen Pflegemaßnahmen erforderlich sind.

8. Förderhinweis

Dieses Projekt wird gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen aus Mitteln der Zukunft Bau Forschungsförderung.

9. Literatur

[1] Alexandri, E.; Jones, P. (2008) Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. In: Building and Environment 43:480–493. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.055

[2] Perini, K.; Ottelé, M.; et al. (2011) Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. In: Building and Environment 46:2287–2294. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009

[3] Köhler, M.; Ansel, W. (2012) Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung. Köln: Rudolf Müller.

[4] Mahabadi, M.; Althaus, C.; et al. (2018) Fassadenbegrünungs-richtlinien – Richtlinien für die Planung, Bau und Instandhaltung von Fassadenbegrünungen. Hg. v. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – FLL.

[5] Pfoser, N. (2018) Vertikale Begrünung. Bauweisen und Planungsgrundlagen zur Begrünung von Wänden und Fassaden mit oder ohne natürlichen Boden-/Bodenwasseranschluss. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer (Fachbibliothek grün).

[6] Engel, T. (2023) Brandschutz für biogene Fassaden – Experimentelle Untersuchungen als Grundlage brandschutztechnischer Prinzipien, Dissertation, Technische Universität München https://mediatum.ub.tum.de/?id=1715368

[7] Engel, T.; Werther, N. (2024) Fire Safety for Green Façades: Part 1: Basics, State-of-the-Art Research and Experimental Investigation of Plant Flammability. Fire Technology https://doi.org/10.1007/s10694-024-01566-0

[8] ÖNORM B 3800-5:2013. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 5: Brandverhalten von Fassaden – Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen.

[9] DIN 4102-20:2017-10. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen.

[10] Forschungsvorhaben FireSafeGreen, Homepage http://www.firesafegreen.de

[11] EN 13823:2020-09. Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen.

[12] Engel, T. (2023). Brandverhalten von Grünfassaden. OIB aktuell – Das Fachmagazin für Baurecht und Technik, Heft 2.2023 – Herausgeber: Österreichisches Institut für Bautechnik, S. 14-18

[13] MHolzBauRL, vom Oktober 2020 (21.06.2021): Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise.

[14] Engel, T., Werther, N. (2023) Structural Means for Fire-Safe Wooden Façade Design. Fire Technology 59:117–151. https://doi.org/10.1007/s10694-021-01174-2

[15] Kahler, J. (2024) Untersuchung der brandschutztechnischen Anwendbarkeit von begrünten Fassaden an mehrgeschossigen Gebäuden bis zur Hochhausgrenze

[16] Engel, T. (2024) Fire Safety for Green Façades: Part 2: Full-Scale Façade Fire Tests and Means for Fire-Safe Green Façade Design for Climbing Plants on Trellises. Fire Technology [Manuscript in preparation]

Brandsichere Holzfaser – WDVS für die GK 4 und 5

Felix Steeger
Hochschule Magdeburg-Stendal
Magdeburg, Deutschland



Brandsichere Holzfaser – WDVS für die GK 4 und 5

1. Einleitung

Aufgrund der bauordnungsrechtlichen Anforderungen (Abschnitt 2) werden deutschlandweit als Außenwanddämmung in den Gebäudeklassen (GK) 4 und 5 derzeit häufig schwerentflammbare Dämmstoffe auf Polystyrolbasis oder nichtbrennbare Mineralwolleplatten verwendet. Aufgrund ihrer ökologischen Vorteile wird jedoch vermehrte der Einsatz von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen (nawaRo-Dämmstoffe) in allen Baubereichen angestrebt. NawaRo-Dämmstoffe werden zumeist mit der Baustoffklasse normalentflammbar klassifiziert, siehe [1] und [2]. Insbesondere ihre Neigung zum fortlaufenden Schwelen verhindert eine Einstufung als schwerentflammbarer Baustoff und stellt derzeit eine nicht zu überwindende Hürde dar, die diesen Systemen den Zugang zu den GK 4 und 5 verbaut.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens «Fassadenbrandschutz für Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) mit Holzfaserdämmplatten für die Gebäudeklassen 4 und 5» wurden konstruktive Brandschutzmaßnahmen entwickelt, infolge welcher die bauordnungsrechtlichen Schutzziele auch unter Verwendung normalentflammbarer Holzfaser-Dämmstoffe erfüllt werden können. Es wurden zwei Systemlösungen entwickelt:

- das Vermeiden eines selbstständig fortlaufenden Schwelens der Dämmstoffe durch eine ausreichend dimensionierte Putzschicht als thermische Schutzschicht «Dickschichtputzsystem mit Sturz- und Laibungsschutz» (Abbildung 1, links)
- bei nicht zu verhindernder Entstehung eines Schwelbrandes im Dämmstoff, die Begrenzung ausgelöster Schwelprozesse in der Dämmebene auf ein brandschutztechnisch akzeptables Maß «Dünnschichtputzsystem mit Schwelbarrieren» (Abbildung 1, rechts)

Die experimentellen Untersuchungen werden im Abschnitt 3 und die entwickelten Systemlösungen im Abschnitt 4 dieses Beitrages präsentiert. Die Projektinhalte wurden u. A. in [3], [4], [5], [6] und [7] dargestellt.

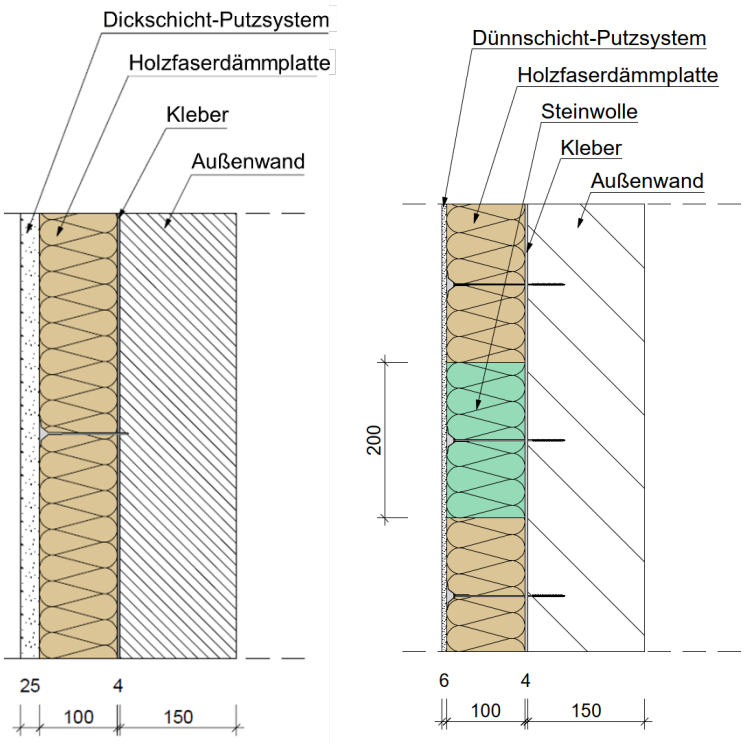


Abbildung 1: Systemdarstellungen des Holzfaser-WDVS mit Dickschichtputzsystem (links) und mit Dünnschichtputzsystem (rechts) [6]

2. Bauordnungsrechtliche Anforderungen

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) werden zur Dämmung von Gebäudeaußenwänden sowohl bei Neubauten als auch zur energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden eingesetzt. Sie bestehen aus einem außenseitigen Dämmstoff und einem darauf angeordneten Putzsystem. Die Musterbauordnung (MBO) [8] beschreibt im § 28 (1) das allgemeine Schutzziel für Außenwände:

«Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.»

In Bezug auf WDVS wird in MBO § 28 (3) konkretisiert:

«Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein; Unterkonstruktionen aus normalentflammbaren Baustoffen sind zulässig, wenn die Anforderungen nach §28 (1) erfüllt sind. …»

Entsprechend § 28 (5) MBO gelten diese Anforderung nur für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5, sogenannte mehrgeschossige Gebäude.

Die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2023/1 (MVV TB) [9] ergänzt die Anforderung der MBO in Teil A, Anlage 2.1.5:

«Müssen Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen mit Ausnahme von Unterkonstruktionen gemäß § 28 (3) insgesamt schwerentflammbar sein, gilt dies auch für ihre einzelnen Bestandteile.»

und

«Für schwerentflammbare Außenwandbekleidungen sind die Kriterien bei Brandeinwirkungen gemäß DIN 4102-20:2017-10 [10] einzuhalten.»

In Bezug auf die Verwendung von Holzfaserdämmplatten als der Außenwandbekleidung konkretisiert DIN 4102-20 in den Abschnitten 6.6 (Glimmen und Schwelen) sowie 7.4 (Beanspruchungsdauer und Beobachtungszeit):

«Das Auftreten, Ausmaß und Dauer von Glimm- und Schwelprozessen sind mit geeigneten Messmethoden (Raster von Thermoelementen, Infrarotkameras) zu erfassen. Die für die Bewertung relevante maximale Beobachtungszeit beträgt 15 Stunden. Die Beobachtung darf vorher beendet werden, wenn an keiner Stelle des Prüfkörpers Temperaturen von mehr als 50 °C gemessen werden.»

Diese Regelungen der MBO wurden im Wesentlichen in die Landesbauordnungen der Bundesländer übernommen.
Die Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO BW) [11] übernimmt das allgemeine Schutzziel für Außenwände nach § 28 (1) MBO in §27 (2) LBO BW wortgleich. Konkrete Anforderungen an die Baustoffklassifizierung sind in der Allgemeinen Ausführungsverordnung des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen zur Landesbauordnung (LBOAVO) [12] in §5 (2) beschrieben:

«Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein. Konstruktionen aus normalentflammbaren Baustoffen sind zulässig, wenn eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist. Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen dürfen im Brandfall nicht brennend abtropfen. ...»

Entsprechend § 5 (4) LBOAVO gelten auch diese Anforderung nur für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5.
Abweichend von der MVV TB ergänzt die Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen über Technische Baubestimmungen (VwV TB) [13] des Bundeslandes Baden-Württemberg die Anforderungen der LBO BW und LBOAVO zwar auch um die Einhaltung der Kriterien der DIN 4102-20, hingegen entfällt der Abschnitt zur konkreten Forderung der einzelnen, schwerentflammbaren Bestandteile.

Dementsprechend erlauben die bauordnungsrechtlichen Anforderungen im Bundesland Baden-Württemberg die Verwendung normalentflammbarer Dämmstoffe in WDVS an Außenwänden in den Gebäudeklassen 4 und 5, sofern die allgemeine Schutzziel für Außenwände und die Kriterien der DIN 4102-20 eingehalten werden.

3. Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen

3.1. Schwelverhalten von Holzfaserdämmplatten

Holzfaserdämmstoffe bestehen zu mindestens 80 % aus (Nadel-)Holzfasern. Druckfeste Holzfaserdämmplatten können im Trockenverfahren, unter Verwendung von Bindemitteln, oder im Nassverfahren, welches die holzeigenen Bindekräfte (Lignin) nutzt, hergestellt werden. Aufgrund der Rahmenbedingungen des Forschungsvorhabens wurden für die Untersuchungen im Trockenverfahren hergestellte Holzfaserdämmplatten mit einer Rohdichte von 170 kg/m³ und einem Flammschutzmittelgehalt von 12 M.-% verwendet. Sofern nicht anders vermerkt, betrugen die Dämmstoffdicken 100 mm. In [1] wurden die Untersuchungen zum Schwelverhalten auf andere nawaRo-Dämmstoffe ausgeweitet.
Das Schwelverhalten unverputzter und verputzter Holzfaserdämmplatten wurde im Schwelprüfstand in Anlehnung an DIN EN 16733:2016-07 [14] untersucht und in [3], [4] und [15] beschrieben. Ein typischer Untersuchungsverlauf an einer unverputzten Holzfaserdämmplatte ist in Abbildung 2 dargestellt.



Abbildung 2: Verlauf einer Schwelprüfung nach DIN EN 16733 mit Holzfaserdämmplatten (v.l.n.r.) während der Beflammung, unmittelbar danach, sowie zwei und sechs Stunden nach der Beflammung [4]

Der Probekörper wurde mit einem Teclubrenner beflammt und bildete in diesem Bereich eine Kohleschicht aus, wodurch beim Entfernen des Teclubrenners ein rasches Verlöschen der sichtbaren Flammen erfolgte. Lediglich kleine Rauchschwaden deuteten auf ein kontinuierliches Schwelen hin, welches sich bis zur vollständigen Verkohlung der Holzfaserdämmplatten vollzog.

Ergänzend zu diesen unverputzten Holzfaserdämmplatten wurden außerdem verputzte Probekörper untersucht. Dafür wurden die Holzfaserdämmplatten vollständig mit einem Putzsystem, Gipsplatten und mineralischem Kleber umschlossen. Dies stellt eine Annäherung an ihre reale Einbausituation im WDVS dar. Die Probekörper wurden auf ihrer Außenseite beflammt, bis ein Schwelprozess im Holzfaserdämmstoff ausgelöst wurde. Sie wurden über drei bis fünf Tage bis zu ihrem selbstständigen Verlöschen beobachtet. Entgegen der weitestgehend gleichmäßigen und kompletten Zersetzung bei unverputzten Holzfaserdämmplatten in Abbildung 2, zeigten die verputzten Probekörper in Abbildung 3 eine oder mehrere Schwelfronten, die den verputzten Dämmstoff nur teilweise oder beinahe vollständig zersetzten.



Abbildung 3: verputzter Probekörper nach der Beflammung (links), sowie vier typische Schwelverläufe nach Versuchsende in Holzfaserdämmstoffmitte [4]

Zwar konnten durch den Einsatz gängiger Flammschutzmittel oder auch durch das Verputzen der Probekörper die Schwelgeschwindigkeiten und Temperaturen reduziert werden, jedoch war es nicht möglich, einen einmal ausgelösten Schwelprozess wieder selbstständig und reproduzierbar zu stoppen.

3.2. Thermische Schutzwirkung der Putzsysteme

Das WDVS mit Dickschichtputzsystem sieht vor, dass das Putzsystem als thermische Schutzschicht im Brandfall die Auslösung von Schwelprozesse im Holzfaserdämmstoff verhindert. Für die Auslegung dieses Dickschichtputzsystems wurden für die verwendeten Holzfaserdämmplatten die relevanten Temperaturen untersucht.

In [2] wurde die Grenztemperatur der beginnenden Zersetzung für verschiedene nawaRo-Dämmstoffe untersucht. Sie ist definiert als «die Temperatur, bei der eine thermische Zersetzung der Dämmstoffe gerade noch nicht stattfindet». Abhängig vom jeweiligen nawaRo-Dämmstoff wurden, bei einer Einwirkung über etwa 60 Minuten, Grenztemperaturen von ca. 150 °C bis ca. 225 °C festgestellt.
In [3] wurde die Initialtemperatur des Schwelens als «die niedrigste Temperatur zwischen der Probekörperabdeckung und -oberfläche, bei der ein kontinuierliches Schwelen ausgelöst wird» definiert. Diese Initialtemperatur des Schwelens ist etwas größer als die Grenztemperatur der thermischen Zersetzung, da eine beginnende thermische Zersetzung bereits Verfärbungen und Rauchgasbildungen bewirken kann, ohne ein selbsterhaltendes Schwelen auszulösen. Für Holzfaserdämmplatten mit Rohdichten zwischen 128 kg/m³ und 183 kg/m³ wurde eine Initialtemperatur des Schwelens von 350 °C ermittelt, oberhalb von 190 kg/m³ sogar 375 °C. Die Oberflächen des Holzfaserdämmstoffs unter der Abdekkung nach dem Erreichen einer Temperaturstufe sind in Abbildung 4 dargestellt.

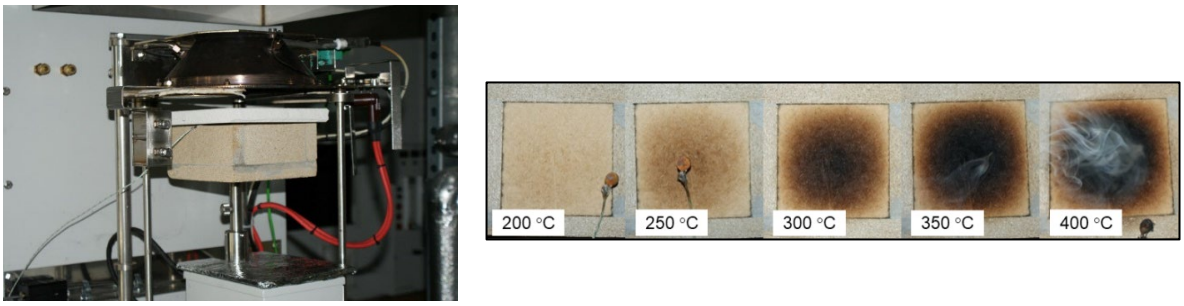


Abbildung 4: Versuchsaufbau im Cone-Kalorimeter (links) und Oberfläche des Holzfaserdämmstoffs unter der Abdeckung nach dem Erreichen der dargestellten Temperatur (rechts) [3]

Die speziell für das Forschungsvorhaben entwickelten Putzvarianten wurden entsprechend diesem Leistungskriteriums untersucht und optimiert [3], [5]. In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Putzvarianten und Schichtdicken zusammengefasst dargestellt. Es bestätigte sich, dass die Putzdicke die wesentliche Einflussgröße in Bezug auf die brandschutztechnische Leistungsfähigkeit ist. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der Wärmespeicherkapazität der Putzschicht eine Nacherwärmung erfolgt.

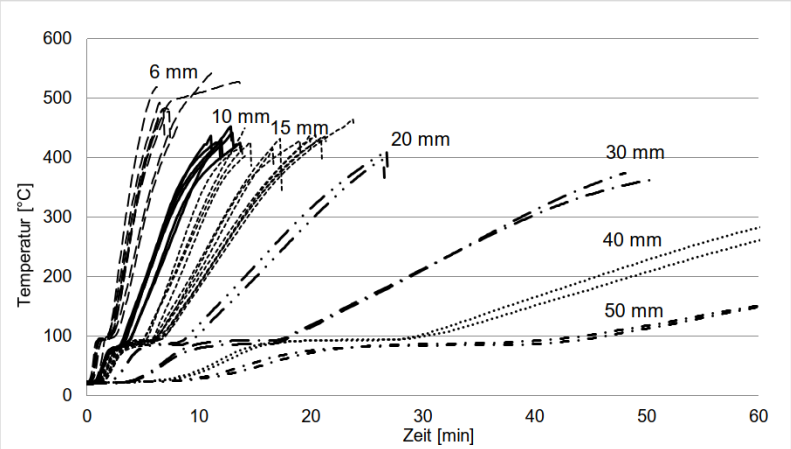


Abbildung 5: Temperaturentwicklung, unterhalb von Putzproben unterschiedlicher Zusammensetzung und Dicke bei rund 40 kW/m² [16]

3.3. Dimensionierung der Schwelbarrieren

Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit von als Schwelbarrieren und ihrer Dimensionierung wurden verschiedene, nichtschwelende Dämmstoffe untersucht. Als Material für die Schwelbarrieren wurden Steinwolleplatten, Holzwolle-Leichtbauplatten sowie Schaumglas- und Mineraldämmplatten in Betracht gezogen. Die Ergebnisse der Voruntersuchungen wurden in [17] veröffentlicht. In den weiteren Untersuchungen des Forschungsvorhabens wurden Steinwolledämmplatten als Schwelbarrieren verwendet.

Ähnlich den bereits vorgestellten, verputzten Probekörpern (Abschnitt 3.1), wurden verputzte Probekörper mit Schwelbarrieren untersucht. Dafür wurde in die Dämmstoffebene zusätzlich eine Schwelbarriere aus Steinwolle befestigt. Der Probekörperaufbau ist in Abbildung 6 (rechts) dargestellt.

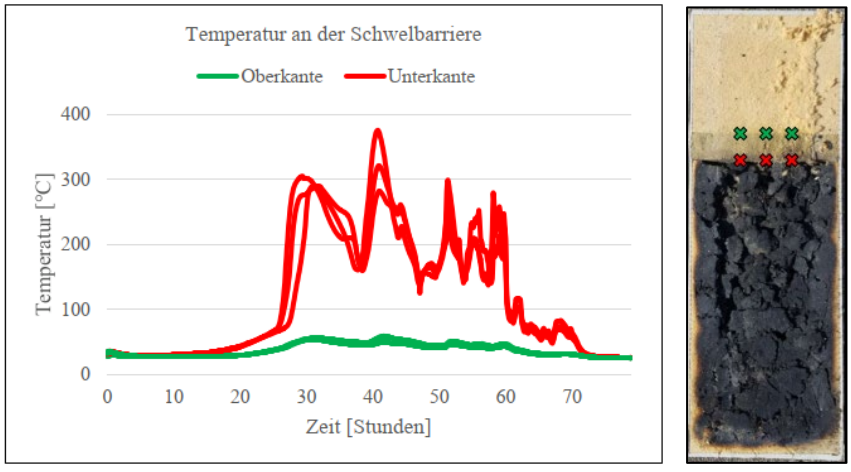


Abbildung 6: Temperaturaufzeichnung einer verputzten Schwelbarriere (links) und verputzter Schwelbarrieren Probekörper, nach Versuchsende, in Dämmstoffmitte geöffnet (rechts) [17]

Mit Hilfe eines Teclubrenners wurde im unteren Bereich des verputzten Probeköpers ein Schwelprozess im Holzfaserdämmstoff unter dem Putzsystem ausgelöst. Diese Schwelprozesse im unteren Holzfaserdämmstoff verliefen erwartungsgemäß ähnlich denen der verputzten Probekörper ohne Schwelbarrieren mit richtungswechselnden Schwelgeschwindigkeiten zwischen 0,2 mm/min und 0,4 mm/min sowie Maximaltemperaturen bis 430 °C. Die Schwelbarrieren wurden infolgedessen an ihrer unteren, schwelenden Seite

(Abbildung 6, rot) über einen Gesamtzeitraum von 40 h bis 60 h mehrfach mit, jeweils über 7 h bis 10 h andauernden, Temperaturerhöhungen bis zu 350 °C beansprucht. Auf der oberen, zu schützenden Seite (Abbildung 6, grün) wurden bereits bei 50 mm Schwelbarrierenhöhe nur Maximaltemperaturen bis 90 °C festgestellt und kein Schwelen im oberen Holzfaserdämmstoff ausgelöst.
Zur Gewährleistung der Transportstabilität und ihrer Handhabbarkeit in der Bauphase sind jedoch größere Abmessungen für Schwelbarrieren zu empfehlen. Für die Fassadengroßbrandversuche wurde eine Schwelbarrieren mit einer Höhe von 200 mm gewählt, da dies den handelsüblichen verfügbaren Abmessungen für Brandriegel entspricht.

3.4. Großbrandversuche mit Dickschichtputzsystemen

Zur Beurteilung der brandschutztechnischen Leistungsfähigkeit der Holzfaser-WDVS als Gesamtsystem wurden Großbrandversuche in Anlehnung an DIN 4102-20 durchgeführt. Die Großbrandversuche in Anlehnung an DIN 4102-20 stellt einen realmaßstäblichen Systemaufbau als Eckanordnung mit einer Fenster- bzw. Brandkammeröffnung (siehe Abbildung 7, links und Mitte). Nach Norm erfolgt die Brandeinwirkung entweder über 20 min mit einem Gasbrenner (~350 kW) oder einer 30 kg schweren Holzkrippe. Bei den hier präsentierten Brandversuchen wurde der Gasbrenner als Prüffeuer eingesetzt.
In Absprache mit der projektbegleitenden Beratergruppe mit Vertretern aus der Bauaufsicht, DIBt, Materialprüfung, Feuerwehr und Forschung wichen die Brandversuche beispielsweise in Bezug auf die Größe des WDVS-Ausschnittes und der Ausstattung mit zusätzlichen Thermoelementen von der Norm ab. Weiterhin wurden neben den bauordnungsrechtlichen Anforderungen zur Erfüllung der brandschutztechnischen Schutzziele auch wissenschaftliche Fragestellungen insbesondere zum Schwelverhalten untersucht, weshalb der Beobachtungszeitraum auf mehrere Tage ausgeweitet wurde.

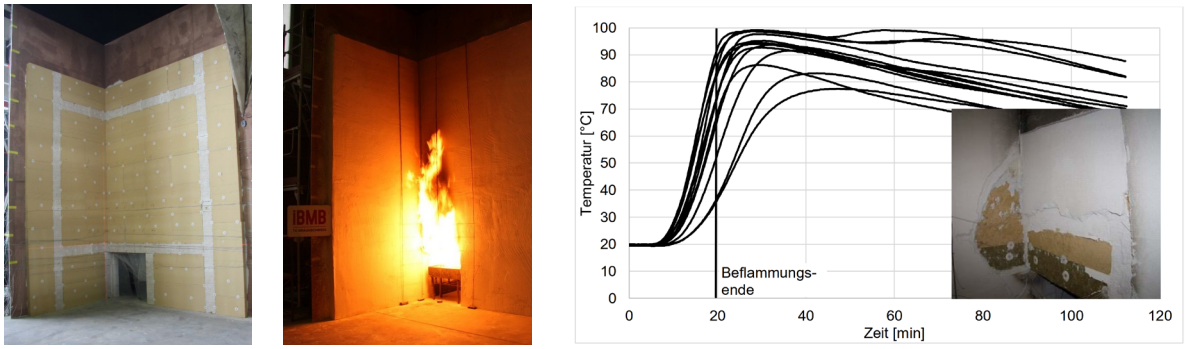


Abbildung 7: unverputzte Dämmstoffebene (links), verputztes Holzfaser-WDVS während der Beflammung (Mitte) und Temperaturaufzeichnung unterhalb der 25 mm Putzschicht im Sturzbereich auf Steinwolle- (graue Linien) und auf Holzfaserdämmplatten (schwarze Linien) (rechts) [16]

Das Dickschichtputzsystem sollte die Holzfaserdämmplatten vor einem Temperaturanstieg über die Initialtemperatur von 350 °C hinaus schützen (siehe Abschnitt 3.2). Für die Dickschichtputzsysteme wurde ein Leichtputz auf Kalk-Zement-Basis eingesetzt.

Die Auswertung von Kalibrierversuchen und Versuchen der Forschungspartner aus der Vergangenheit führte zu der Einschätzung, dass ein Sturz- und Laibungsschutz aus nichtbrennbaren und nichtschwelenden Dämmstoffen zusätzlich zum Dicksichtputzsystem im direkt beflammten Fensterbereich erforderlich ist. Eine Auslegung des Putzsystems auf die thermischen Einwirkungen in diesem Bereich erschien unwirtschaftlich. Außerdem zeigten Versuche der Forschungspartner aus der Vergangenheit, dass die Gefahr besteht, dass sich der Putz im Sturzbereich während der Beflammung öffnet. Dieser Mechanismus wurde bei keinem Brandversuch im Rahmen des Forschungsvorhabens ausgelöst, was auf die besonders sorgfältige Ausführung des Sturzbereichs (mit Gewebeschlaufen) als bekanntem kritischen Bereich der Brandeinwirkung zurückzuführen sein könnte.
Als Sturz- und Laibungsschutz wurden Steinwolledämmplatten verwendet. Die Steinwolledämmplatten wiesen eine Rohdichte von 105 kg/m³ und einen Schmelzpunkt > 1.000 °C auf.

Der erste Versuch am Fassadenprüfstand mit Dickschichtputzsystem wurde, auf der sicheren Seite liegend, mit einem 40 mm dicken Putzsystem durchgeführt. Die zum Rückbau des Brandversuchsversuchs an mehreren Positionen nachträglich gemessenen Dicken des Dickschichtputzsystems betrugen 36 mm bis 52 mm [16]. Wie die Temperaturaufzeichnung vermuten ließ, konnte beim Öffnen dieses Putzsystems nach Versuchsende und anschließender Beobachtungs- bzw. Abkühlphase keine thermische Veränderung des Holzfaserdämmstoffs festgestellt werden (siehe Abbildung 7, rechts). Die Temperaturen hinter der Putzschicht stiegen auf nicht mehr als 100 °C an.

Im zweiten Versuch am Fassadenprüfstand wurde aufgrund dieser Ergebnisse die Putzschichtdicke auf eine Zielgröße von 25 mm reduziert. Die nachträglich, stichprobenartig gemessene Putzschichtdicke betrugen 23 mm bis 35 mm.
Während der 20 min Beflammung und der anschließenden Beobachtungszeit von ca. 45 min wurde die Initialtemperatur von 350 °C auf dem Dämmstoff nicht erreicht, und es zeichnete sich der Übergang in die Abkühlphase ab (siehe Abbildung 8, rechts).

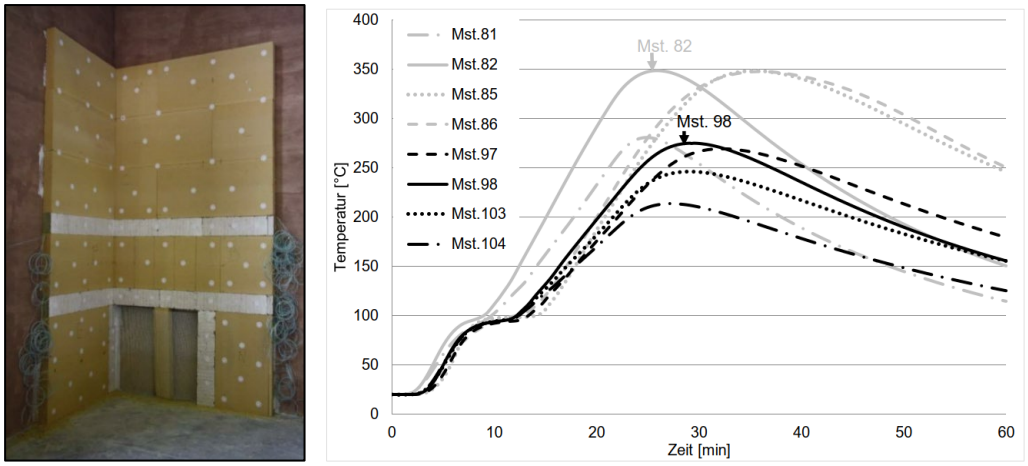


Abbildung 8: unverputzte Dämmstoffebene und Temperaturaufzeichnung unterhalb der 25 mm Putzschicht im Sturzbereich auf Steinwolle- (graue Linien) und auf Holzfaserdämmplatten (schwarze Linien) [16]

Die Temperaturzeitverläufe an den Messstellen (Mst.) auf dem Sturz- und Laibungsschutz sind hellgrau dargestellt. Ein Messstellenplan kann Anhang A in [16] entnommen werden. Die Maximaltemperaturen wurden an den Mst. 81, 82 und 86 gemessen. Da die Initialtemperatur von 350 °C knapp nicht erreicht wurde, kann vermutet werden, dass auch ohne Sturz- und Laibungsschutz keine Schwelprozesse ausgelöst worden wären.
Die Temperaturzeitverläufe der Messstellen auf Holzfaserdämmplatten bzw. im Übergang zwischen Steinwolle- und Holzfaser-Dämmstoff sind schwarz dargestellt. Die Maximaltemperaturen wurden an Mst. 98 ca. 0,5 m oberhalb der Brandkammeröffnung und rund 0,75 m von der Innenecke der Prüfstandwände gemessen. Abschließend kann festgehalten werden, dass die Leistungsfähigkeit des Putzsystems in diesem Versuch belegt wurde.

Da die Temperaturaufzeichnung den Übergang in die Abkühlphase aufzeigte, wurde das WDVS nach ca. 65 min erneut beflammt. Ziel war die Auslösung von Schwelprozesse im Holzfaserdämmstoff und die Untersuchung der Schwelbarrieren, siehe dazu Abschnitt 3.5.

In Absprache mit der projektbegleitenden Beratergruppe wurde das 25 mm Dickschichtputzsystem zusätzlich im Sockelbrandversuch untersucht. Der Versuchsaufbau ist u. A. im Anhang 5 der MVV TB [9] beschrieben und stellt ähnlich der DIN 4102-20 eine Eckanordnung aus zwei Prüfstandwänden, aber mit größeren Abmessungen (2 m und 4 m Schenkel und mindestens 9,8 m Höhe) dar. Die Beflammung des Prüfkörpers erfolgt durch eine 200 kg schwere Holzkrippe in der Prüfstandecke im Abstand von 10 cm zum Prüfkörper (siehe Abbildung 9, Mitte), welche einen Müllcontainerbrand mit einer Brandleistung von ca. 2,5 MW repräsentieren soll.



Abbildung 9: unverputzte Dämmstoffebene (links) [16] sowie Holzfaser-WDVS während der Beflammung im Sockelbrandversuch (Mitte) [7] und das nach Versuchsende geöffnete System (rechts) [7]

Geplant und realisiert wurde der Ausschnitt des Holzfaser-WDVS für den Sockelbrandversuch mit einem 60 cm hohen XPS-Sockelbereich mit 80 mm Dämmstoffdicke (siehe Abbildung 9, links), verputzt mit einem 6 mm Dünnschichtputzsystem. Damit ergab sich zum eigentlichen WDVS ein deutlicher Versprung, der brandschutztechnisch einen kritischen Bereich darstellt und untersucht werden sollte. In diesem Übergangsbereich wurde ein 200 mm hoher, 100 mm dicker Brandriegel aus Steinwolle eingesetzt, da ein Schmelzen des dünnschichtig verputzten XPS erwartet wurde.
Zusätzlich zum Sockelriegel wurden weitere 200 mm Schwelbarrieren aus Steinwolle im Holzfaser-WDVS für den Sockelbrandversuch verbaut (siehe Abbildung 9, links). Sollte das Dickschichtputzsystem ein Auslösen von Schwelprozessen nicht verhindern können, sollte die Leistungsfähigkeit der Schwelbarrieren in diesem Maßstab untersucht werden.

Die während der Beflammung und der anschließenden 5 h Beobachtungs- bzw. Abkühlzeit aufgezeichneten Temperaturen ließen vermuten, was der Rückbau bestätigte, dass keine selbsterhaltenden Schwelprozesse im Holzfaser-WDVS ausgelöst wurden siehe (Abbildung 9, rechts). Es ist dabei zu erkennen, dass es zu leichten Verfärbungen auf der Dämmstoffoberfläche im unteren Bereich des Holzfaser-WDVS gekommen ist. Die Putzschichtdicke in diesem Bereich wurde beim Rückbau gemessen und lag bei ca. 30 mm. Das System scheint damit an seiner Auslegungsgrenze. Messstellenpläne und Temperaturaufzeichnungen wurden in [7] und [16] beschrieben.

3.5. Großbrandversuche mit Dünnschichtputzsystemen

Wie erläutert wurden bereits in den Großbrandversuchen mit Dickschichtputzsystem (Abschnitt 3.4) Schwelbarrieren verbaut, um deren Leistungsfähigkeit zu untersuchen, falls das Dickschichtputzsystem ein Auslösen der Schwelprozesse nicht verhindern würde. In den Großbrandversuchen mit Dünnschichtputzsystemen wurden gleichbleibend Steinwolledämmplatten mit 200 mm Höhe (Abschnitt 3.3) als Schwelbarrieren verwendet.

Erste Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit der Schwelbarrieren wurden beim zweiten Großbrandversuch mit Dickschichtputzsystem gewonnen. Nach der 20 min Beflammung und der ca. 45 min Beobachtungszeit wurde ein Abkühlen der Außenwandbekleidung festgestellt (Abbildung 8, rechts) und das Holzfaser-WDVS zur gezielten Auslösung von Schwelprozessen erneut ca. 23 min beflammt. Infolgedessen wurde oberhalb der zweiten Schwelbarriere (Abbildung 8, links) Schwelprozesse ausgelöst, weshalb die Leistungsbeurteilung der Schwelbarrieren nur im Randbereich der Fassade möglich waren. In diesen Randbereichen erwiesen sich die Schwelbarrieren als wirkungsvoll. Der Verlauf der Schwelprozesse wurde mit einer Wärmebildkamera aufgezeichnet und ist in [16] beschrieben. Aus betriebsorganisatorischen Gründen wurde die Erfassung der Schwelprozesse nach drei Tage beendet.

Im dritten Großbrandversuch im Fassadenprüfstand nach DIN 4102-20 wurde Holzfaserdämmplatten und Schwelbarrieren mit einem 6 mm Dünnschichtputzsystem ausgeführt. Die zum Rückbau des Brandversuchsversuchs an mehreren Positionen nachträglich gemessenen Dicken des Dickschichtputzsystems betrugen 3 mm bis 14 mm [16]. Die Anordnung der Schwelbarrieren kann Abbildung 10 (links) entnommen werden und sollte eine Eindämmung bzw. Untersuchung der Schwelbarrieren in vertretbarer Beobachtungszeit sicherstellen. Das System wurde auf einer zweilagig bekleideten Holzunterkonstruktion montiert.



Abbildung 10: Holzfaser-WDVS mit Dünnschichtputzsystem (v.l.n.r.) unverputzte Dämmstoffebene, während und unmittelbar nach der Beflammung sowie Öffnung des Systems zum Versuchsende [16]

Der Initialbereich (Auslösebereich der Schwelprozesse) lag im direkten Einwirkungsbereich der Beflammung. Anschließend breiteten sich die Schwelprozesse, wie in den Vorversuchen beobachtet (Abschnitt 3.1), richtungsunabhängig aus (Abbildung 11). Die Schwelprozesse wurden ca. 75 h (drei Tage) beobachtet bis der Versuch aufgrund der thermischen Zersetzungsprozesse in der Unterkonstruktion abgebrochen werden musste.

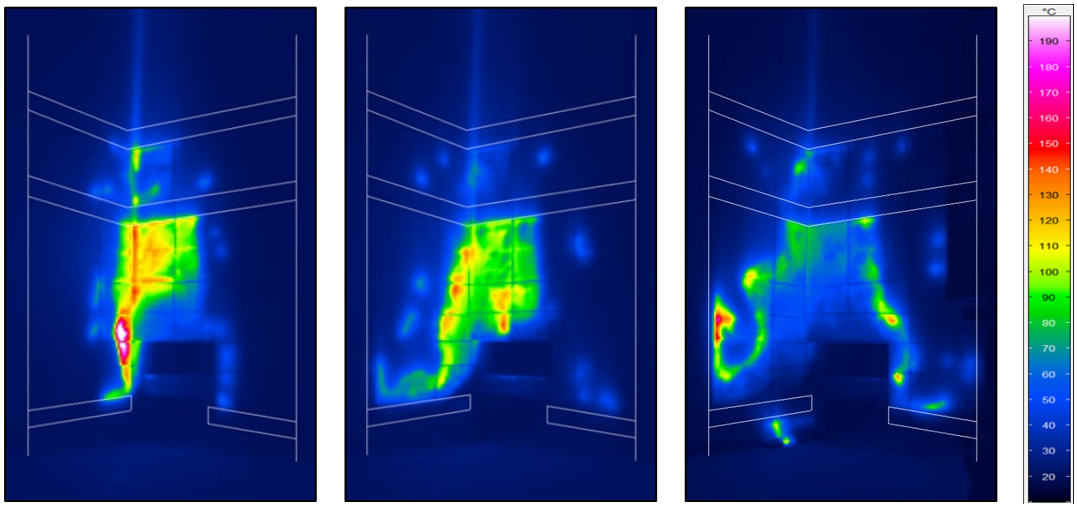


Abbildung 11: Wärmebildaufnahmen des Großbrandversuches mit 6 mm Dünnschichtputzsystems mit durch Linien angedeuteten Schwelbarrieren (v.l.n.r.) ca. 4 Stunden, 40 Stunden und 75 Stunden nach der Beflammung [17]

Die abschließenden Versuchsergebnisse sprechen dafür, dass die am kurzen Schenkel des Fassadenprüfstandes beobachtete Ausbreitung über die unterste Barriere hinweg (Abbildung 11, rechts) auf die thermische Umsetzung der Holzwerkstoffplatte zurückzuführen ist. An den übrigen Stellen, an denen sich die Schwelprozesse bis zu den Schwelbarrieren ausgebreitet haben, erfolgte keine Ausweitung über diese Begrenzung hinweg. Folglich stellen die Schwelbarrieren eine wirkungsvolle Eindämmungsmaßnahme dar.
Infolge der Systemöffnung (Abbildung 10, rechts) wurden erwartungsgemäß verkohlte Holzfaserdämmplatten und laufende Schwelprozesse festgestellt, welche sich durch den folglich verfügbaren Sauerstoff zum Glimmbränden und kleinen Flammenbränden entwik-

kelten. Es kam weder zu sofortigen noch zu großflächigen Flammenbildungen. Es bestätigte sich außerdem, dass es sinnvoll ist das Löschwasser mit Netzmittel zu versetzen, da die hydrophobierten Holzfaserdämmplatten somit besser durchnässt und gelöscht werden.

Das Brandszenario nach DIN 4102-20 wurde in Absprache mit der projektbegleitenden Beratergruppe als ausreichender Versuchsmaßstab zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Schwelbarrieren herausgearbeitet, weshalb auf einen Sockelbrandversuch mit dieser Ausführungsvariante verzichtet wurde.

Im Rahmen eines durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) geförderten Forschungshabens [1] wurde auf den hier präsentierten Großbrandversuchen ein handelsübliches Hanf-WDVS mit Dünnschichtputzsystem untersucht. In den vorherigen Brandversuche mit Hanfdämmplatten wiesen diese keine Neigung zum fortlaufenden, selbsterhaltenden Schwelen auf. Die Dicke der Hanfdämmplatten betrug 200 mm und die Dicke des Putzsystems ca. 15 mm. Die Brandversuch wurde in Anlehnung an DIN 4102-20 mit einem Gasbrenner 20 min beflammt und im Anschluss beobachtet. Nach ca. 59 h öffnete sich die Fassade im Sturzbereich, d. h. im Bereich der Beflammung. Zuvor konnte mittels diverser Thermoelemente bereits ein ausgedehntes Schwelen hinter der Putzschicht detektiert werden. Das Schwelen verlief selbsterhaltend bis zum Versuchsende und dem Rückbau durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr.

4. Risikogerechte Holzfaser-WDVS in den Gebäudeklassen 4 und 5

4.1. Holzfaser-WDVS mit Dickschichtputzsystem sowie Sturz- und Laibungsschutz

Wesentliches Kriterium für die Systemauslegung der Ausführungsvariante mit Dickschicht-Putzsystem ist die Initialtemperatur von ca. 350 °C (Abschnitt 3.2), ab welcher die Auslösung fortlaufender und selbsterhaltender Schwelprozesse im Dämmstoff zu erwarten ist. Die im Großbrandversuche (Abschnitt 3.4) belegen, dass Putzschichtdicken eines Leichtputzes auf Kalk-Zement-Basis ≥ 25 mm (Rohdichte ca. 760 kg/m³, Wärmeleitfähigkeit ca. 0,17 W/(mK) [16]) den Energieeintrag wirkungsvoll reduzieren und ein selbsterhaltender Schwelprozess im Fassadenprüfstand nach DIN 4102-20 und im Sockelprüfverfahren nicht stattfindet. Die Putzschicht wirkt im Brandfall als thermische Schutzschicht für den Dämmstoff. Selbst für den unwahrscheinlichen Fall, dass der thermische Schutz der Putzschicht auf Grund einer ungewöhnlich hohen Brandbelastung oder von Ausführungsfehlern nicht funktioniert, ist das daraus resultierende Brandverhalten weiterhin beherrschbar. Der sich dann im System entwickelnde Schwelbrand breitet sich nur sehr langsam aus, sodass den Einsatzkräften der Feuerwehr ausreichend Zeit für die erforderlichen zusätzlichen Löschmaßnahmen bleibt. Es handelt sich daher im Vergleich zu den konkurrierenden WDVS auf Polystyrolbasis um ein äußerst robustes System.

Die untersuchte Putzschichtdicke von 40 mm wurde vom beteiligten Putzhersteller als maximal vertretbar angesehen. Solche Putzschichtdicken sind derzeit unüblich und erfordern handwerkliche Erfahrung. Die gängigen WDVS werden oft von Malern hergestellt, die eher im Umgang mit Dünnschichtputzsystemen geübt sind. Folglich stoßen Dickschichtputzsysteme, die in mehreren Schichten aufgetragen werden müssen, in Fachkreisen oft auf Ablehnung.

Es ist zu berücksichtigen, dass in den zugrundeliegenden Brandversuchen am Öffnungssturz im Fassadenprüfstand nach DIN 4102-20 ein Sturz- und Laibungsschutz aus 0,2 m hohen Steinwolledämmstoff angeordnet wurde. Ebenso wurde im Sockelbrandversuch entsprechend der Anlage 5 der MVV TB [9] zwischen Holzfaser-WDVS und XPS-Sockelbereich ein 0,2 m Steinwolle-Brandriegel ausgeführt.
Auf Grundlage der beiden Großbrandversuche mit 40 mm und 25 mm Dickschichtputzsystemen kann angenommen werden, dass auch ohne Sturz- und Laibungsschutz keine Schwelprozesse in diesen Bereichen ausgelöst worden wären. Für zukünftige Systemaus-

legung ähnlicher Dickschichtputzsysteme wurden als beurteilungsrelevante Temperaturmessstellen bezogen auf die Brandeinwirkung des Gasbrenners nach DIN 4102-20 die Mst. 35 des Anhang A in [16] und im Sockelbrandszenario die Mst. D2 des Anhang B in [16] festgestellt. Die Erkenntnisse können für die Übertragung der Ergebnisse auf weitere nawaRo-Dämmstoffe und andere Putzsysteme genutzt werden.

4.2. Holzfaser-WDVS mit Dünnschichtputzsystem und Schwelbarrieren

Die Holzfaser-WDVS mit Dünnschichtputzsystem profitiert zwar ähnlich von der thermischen Schutzwirkung des Putzsystems, allerdings wird die Auslösung von Schwelprozessen im Dämmstoff nicht verhindert. Stattdessen wird der Schwelprozess durch die Anordnung von Schwelbarrieren auf eine kleine Fläche begrenzt. Schwelprozesse sind langsam verlaufende, thermische Zersetzungsprozesse, die ohne Flammenbrand stattfinden. Im Brandfall stellen sie für den Gebäudenutzer kurzfristig keine unmittelbare, kritische Gefährdung dar. Gegenüber nichtschwelenden Dämmstoffen im WDVS ergeben sich allerdings Anforderungen an die Identifikation der Schwelbrände, die zusätzliche Gefährdung aufgrund von Rauchgasfreisetzungen über einen längeren Zeitraum und die aufwändigeren Lösch- bzw. Rückbauarbeiten.

Sind potenzielle Brandeinwirkungsbereiche für die Feuerwehr gut zugänglich, z. B. über eine Drehleiter, und kann die Durchführung wirksamer Lösch- bzw. Rückbauarbeiten von der Feuerwehr erwartet werden, wären auch bei Dünnschichtputzsystemen keine Schwelbarrieren erforderlich. Die Lösch- und Rückbauarbeiten der Großbrandversuche belegen eine wirksame Brandbekämpfung detektierter Glimm- und Schwelnester durch die Verwendung von Wasser mit Netzmittel. Die Arbeitsgemeinschaft der Leiterinnen und Leiter der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes haben Anfang 2024 Empfehlungen für Löschmaßnahmen bei Bränden von Holzfaserdämmung veröffentlicht [18]. In den ausgewerteten sechs Einsätzen, unter Beteiligung von Holzfaserdämmstoffen, wurde der Dämmstoff jeweils nahezu vollständig ausgebaut.
Zur Verringerung dieses Aufwands sind folglich die Identifikation von Schwelprozessen und ihre Ausbreitung zu untersuchen. Die Grundlagenuntersuchungen und Großbrandversuche verdeutlichen, dass Schwelprozesse zu Richtungswechseln neigen, weshalb ihre Verläufe und Ausbreitung schwer prognostizierbar sind. Die Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass Wärmebildkameras ein geeignetes Mittel zur Identifikation von Schwelprozessen unterhalb eines Putzsystems sind. Nach Abklingen der Temperaturen durch die Beflammung der Putzoberfläche erwärmen die Schwelprozesse im Dämmstoff den Putz von innen und werden in den Aufnahmen sichtbar. Mit steigender Putzschichtdicke sinkt, die durch die Schwelprozesse erhöhte und mit Wärmebildkameras erfassbare Oberflächentemperatur. Für die untersuchten Putzdicken bis 40 mm war das Verfahren jedoch anwendbar. Neben diesem Vorgehen besteht die Möglichkeit, das Putzsystem zu öffnen und so eventuelle Schwelprozesse zu identifizieren. Die Zumutbarkeit der gegebenenfalls aufwändigen Lösch- bzw. Rückbauarbeiten für die Feuerwehr ist unter Berücksichtigung der Auftretenshäufigkeit, potenziellen Gefährdung und Sicherstellung des Grundschutzes noch klärungsbedürftig. Eine zusätzliche Anordnung von Schwelbarrieren würde eine robuste und redundante Lösung ergeben.

Wenn potenzielle Brandeinwirkungsbereiche nicht für die Feuerwehr zugänglich sind oder der Umfang möglicher Lösch- bzw. Rückbauarbeiten der Feuerwehr nicht zugemutet werden kann, gewinnen Schwelbarrieren und zulässige Verschwelungsbereiche an Bedeutung. Bezüglich der risikogerechten Anordnung der Schwelbarrieren und den daraus resultierenden Verschwelungsbereiche ist aus labormaßstäblichen Brandversuchen bekannt, dass aufgrund einer unvollständigen Verbrennung bei Schwelversuchen mit nawaRo-Dämmstoffen sicherheitsrelevante Mengen Kohlenstoffmonoxid freigesetzt werden [19]. Die Gefährdungen hinsichtlich einer Schadstoffausbreitung aus der Fassade in Nutzungseinheiten hinein, ist bisher nicht ausreichend untersucht worden. Daher ist die Zugänglichkeit zu Brandeinwirkungsbereiche für die Einsatzkräfte der Feuerwehr zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung der Grundsätze der Eigensicherung sowie unter Anwen-

dung der gültigen Unfallverhütungsvorschriften (z. B. Atemschutz, Absturzsicherung) beträgt die maximale Reichweite aus einem Fenster unter Verwendung einer Feuerwehraxt 1 m über die Fensterlaibungen hinaus [17].

In Abbildung 12 sind zwei Ansätze zur Anordnung der Schwelbarrieren im Holzfaser-WDVS mit Dünnschichtputzsystem entsprechend [16] dargestellt.

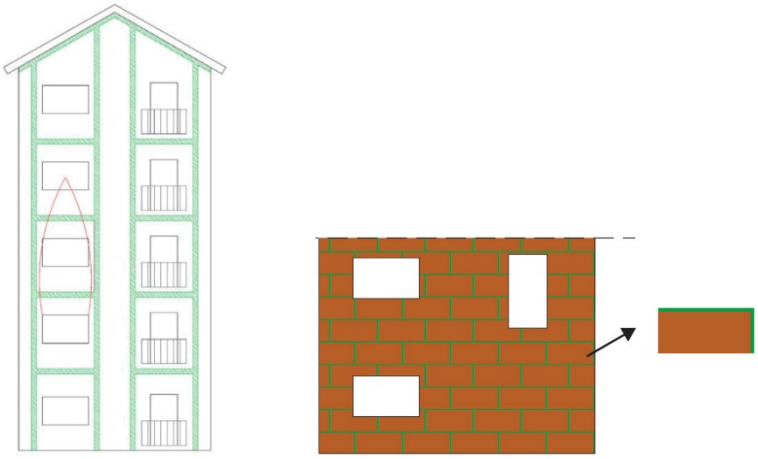


Abbildung 12: Anordnung der Schwelbarrieren im Holzfaser-WDVS, um die Außenwandöffnungen (links) und L-förmig an jeder Dämmplatte (rechts) [16]

Die Untersuchungen der Leistungsfähigkeit der Schwelbarrieren (Abschnitt 3.3) belegen, dass bereits mit 50 mm und 100 mm hohen Steinwolle-Schwelbarriere die Ausbreitung von Schwelprozessen innerhalb von Holzfaser-WDVS verhindern. Für die Großbrandversuche wurden aus Gründen der Verfügbarkeit und insbesondere der Transportstabilität und Verarbeitbarkeit handelsübliche 200 mm hohe Steinwolledämmstoffen als Schwelbarrieren verwendet. Vorteile der L-förmig an den Holzfaserdämmplatten vormontierten Schwelbarrieren sind der geringere Montageaufwand beim Einbau auf der Baustelle und die engmaschigere Anordnung der Schwelbarrieren.
Werden die Schwelbarrieren L-förmig an jeder einzelnen Dämmplatte (Abbildung 12, rechts) ausgeführt, wäre aufgrund der werkseitigen Montage eine Reduzierung auf 50 mm und 100 mm hohe Schwelbarrieren vorstellbar. Dieser Lösungsansatz wurde vom projektbeteiligten Holzfaserdämmplattenhersteller als werkseitig nicht zeitnah umsetzbarer Produktionsschritt beurteilt. Ein realmaßstäblicher Fassadenbrandversuch mit diesem Ansatz wurde bisher nicht durchgeführt.

Im dritte Großbrandversuch im Fassadenprüfstand nach DIN 4102-20 mit einem Dünnschichtputzsystem fand nach mehreren Tagen eine thermische Zersetzung der Holzunterkonstruktion des Prüfstandes statt. Zwischen dieser Holzunterkonstruktion und dem Holzfaser-WDVS war eine zweilagige, $K_2$60-klassifizierte Brandschutzbekleidung ausgeführt. In anschließenden Untersuchungen [17] wurde auf Holzwerkstoffplatten verschiedene Bekleidungen aufgebracht und darauf jeweils Holzfaserdämmplatten geklebt und verputzt. Es wurde ein Schwelprozess im Holzfaserdämmstoff ausgelöst, über mehrere Tage beobachtet und der jeweilige Probekörper anschließend geöffnet. Auf den Holzwerkstoffplatten unterhalb herkömmlicher Brandschutzbekleidungen ($K_2$60) wurden nach ungefähr einem Tag thermische Verfärbungen festgestellt. Dies ist für Holzfaser-WDVS als Außenwandbekleidung mehrgeschossiger Holzgebäude zu berücksichtigen.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden konstruktive Brandschutzmaßnahmen entwickelt, infolge welcher die bauordnungsrechtlichen Schutzziele (Abschnitt 2) unter Verwendung normalentflammbarer Holzfaser-Dämmstoffe erfüllt werden können.
Die experimentellen Grundlagenuntersuchungen und Großbrandversuche (Abschnitt 3) präsentieren die Herausforderungen und Ergebnisse der brandschutztechnischen Systemauslegung der Holzfaser-WDVS.

Die sich auf Grundlage der experimentellen Untersuchungen ergebenden Anforderungen wurden im Rahmen einer Risikoanalyse erläutert und scheinen überwindbar (Abschnitt 4). Es wurden zwei Systemlösungen zur Verwendung von Holzfaser-WDVS in den GK 4 und 5 entwickelt. Das Holzfaser-WDVS mit Dickschichtputzsystem sieht vor, dass die Auslösung von Schwelprozessen im Holzfaserdämmstoff durch eine ausreichend dimensionierte Putzschicht als thermische Schutzschicht vermieden werden. Im Holzfaser-WDVS mit Dünnschichtputzsystem werden ausgelöste Schwelprozesse mit Schwelbarrieren auf ein brandschutztechnisch akzeptables Maß begrenzt.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Holzfaser-WDVS mit entsprechenden Brandschutzmaßnahmen das Schutzziel «Begrenzung der Brandausbreitung» erreichen. Beide Systemlösungen weisen einen besseren Primärbrandwiderstand auf als derzeit auf dem Markt zugelassene schwerentflammbare WDVS. Das Brandverhalten der Holzfaser-WDVS entsprach bei den durchgeführten Brandversuchen sogar eher dem einer nichtbrennbaren Außenwandbekleidung. Die derzeitige Regelung der Landesbauordnungen, dass keine schwelenden (und damit normalentflammbaren) Dämmstoffe bei mehrgeschossigen Gebäuden verbaut werden dürfen, auch wenn das Gesamtsystem die Anforderungen an eine schwerentflammbare Außenwandbekleidung erfüllt, ist auf der Grundlage der Forschungsergebnisse nicht nachvollziehbar.
Die Forschungsergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse, die beispielsweise für Zustimmungen im Einzelfall zur Realisierung mehrgeschossiger Holzfaser-WDVS genutzt werden können. Referenzobjekte bzw. -fassaden würden den Prozess zur zukünftigen baurechtlichen Regelung unterstützen und könnten zur Verbreitung der Systeme beitragen.

6. Literaturverzeichnis

[1] (2020) Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben «Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen» – Teilvorhaben Arbeitsbereich 1 «Brandschutz und Glimmverhalten».

[2] Hosser, D.; Kampmeier, B. (2007) Untersuchungen zur Optimierung und Standardisierung von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen; Teilprojekt 3b: Brandtechnische Untersuchungen zur Optimierung der Flammschutzmittelzusammensetzung und des Brandverhaltens auf Bauteilebene. Schlussbericht eines vom BMELV geförderten und der FNR betreuten Forschungsvorhaben.

[3] Küppers, J.; Steeger, F. (2016) Verwendung brennbarer Dämmstoffe bei mehrgeschossigen Gebäuden in: Zehfuß, J. [Hrsg.] Braunschweiger Brandschutz-Tage 2016. Braunschweig: Institut für Baustoffe Massivbau und Brandschutz (iBMB).

[4] Steeger, F.; Küppers, J.; Brunkhorst, S. (2017) Schwel- und Brandverhalten von Wärmedämmverbundsystemen aus Holzfaserdämmplatten in: Bautechnik 94 Heft 6.

[5] Küppers, J. et al. (2016) Fire safety of ETICS with wood fibreboards for multi-storey buildings – first research and development results in: 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades. Lund (Schweden). EPD Sciences.

[6] Kampmeier, B. et al. Brandschutzmaßnahmen für Holzfaser-WDVS. Bauen mit Holz 2/2019.

[7] Kampmeier, B. et al. (2019) Brandschutzmaßnahmen für Holzfaser-WDVS, Teil 2 in: Bauen mit Holz, S. 8–12.

[8] (23.09.2022) Musterbauordnung (MBO) der Bauministerkonferenz.

[9] Deutsches Institut für Bautechnik (2023) MVVTB Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) – Ausgabe 2023/1. Berlin.

[10] (2017) DIN 4102-20:2017-10 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen.

[11] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) vom 20.11.2023.

[12] Allgemeine Ausführungsverordnung des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen zur Landesbauordnung (LBOAVO) vom 21.10.2021.

[13] Land Baden-Württemberg (2022) Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen über Technische Baubestimmungen (VwV TB) – Ausgabe 2022/12.

[14] DIN EN 16733:2016-07 Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Bestimmung der Neigung eines Bauprodukts zum kontinuierlichen Schwelen.

[15] Steeger, F.; Küppers, J.; Brunkhorst, S. (23.-24.- März 2017) Untersuchungen zum Schwel- und Glimmverhalten von Holzfaserdämmstoffen zur Verwendung im Wärmedämmverbundsystem in: 5. Magdeburger Brand- und Explosionsschutztage.

[16] Küppers, J. (2020) Grundlagenuntersuchungen zum Brandverhalten von WDVS mit nachwachsenden Rohstoffen; Dissertation. TU Braunschweig Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz: Heft 240.

[17] Küppers, J.; Steeger, F. (2019) Einsatz von Schwelbarrieren in WDVS aus Holzfaserdämmstoffen in: Krause, U. [Hrsg.]: 6. Magdeburger Brand- und Explosionsschutztage 25.–26.03.2019, digitaler Tagungsband, Institut für Apparate- und Umwelttechnik, Magdeburg.

[18] Bachmeier, P. (2024) Löschmaßnahmen bei Bränden von Holzfaserdämmung – Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft der Leiterinnen und Leiter der Berufsfeuerwehren und des Deutschen Feuerwehrverbandes.

[19] Sudhoff, P. (2019) Quantifizierung der Kohlenmonoxidfreisetzung bei Schwelprozessen von Holzfaserdämmstoffen in WDVS in: Krause, U. [Hrsg.]: 6. Magdeburger Brand- und Explosionsschutztage 25.–26.03.2019, digitaler Tagungsband, Institut für Apparate- und Umwelttechnik, Magdeburg.

GWG Tübingen Stadtfassade aus Holz

Prof. Dennis Mueller
PBSA Düsseldorf / VON M Stuttgart
Deutschland



GWG Tübingen Stadtfassade aus Holz



Abbildung 1: GWG Tübingen – Ansicht zur Reutlinger Strasse

Die GWG Tübingen wollte mit Ihrem Neubau in direkter Nachbarschaft zum zukünftigen Güterbahnhofareal ein zukunftsfähiges Gebäude erstellen, das ein zeitgemäßes und kommunikationsförderndes Arbeitsklima ermöglicht und an prominenter Stelle die soziale und ökologisch verantwortungsvolle Haltung der GWG zum Ausdruck bringt.
Weiter sollte Grundriss und Gebäudestruktur, bei einem zeitgleich wirtschaftlichen und vernünftigen Gesamtkonzept, zukunftsfähig und maximal flexibel konzipiert werden.

1. Städtebau – ein öffentliches Gebäude

Der 4-geschossige Baukörper vertritt eine eigene klare, dennoch zurückgenommene Haltung. Er nimmt die Traufhöhe des Wohngebäudes an der Ludwigstrasse auf und nutzt den Geländesprung an der Reutlinger Strasse um Höhenbezüge zu der dort befindlichen Bebauung herzustellen. Die Fassadengliederung und Geschosshöhen suchen wiederum bewusst den Bezug zu den Neubauten des Güterbahnhofareals. Durch eine leichte Drehung des Baukörpers entsteht ein öffentlich nutzbarer Aussenbereich vis-à-vis zum zukünftigen Quartierplatz des Güterbahnhofareals. Der Neubau versteht sich grundsätzlich als vermittelndes Element inmitten der heterogenen Bebauung zwischen Reutlinger Strasse und Eisenbahnstraße. Wesentlich bei der Ausbildung des Vorfeldes und Haupteingangs ist dabei die grundlegende Haltung des Gebäudes als öffentlich zugänglicher Stadtbaustein mit einem einladenden Angebot zum Aufenthalt für die Bewohner des benachbarten Quartiers.



Abbildung 2: Lageplan, Bezüge Vorfeld – öffentlicher Raum

2. Konzept – eine maximal flexible Gebäudestruktur

Der Neubau steht exemplarisch für eine maximal offene und flexible Arbeitswelt. Nahezu alle Flächen lassen sich sowohl mit räumlich offenen Layouts bespielen als auch mit Einzelbüros belegen. Das Konstruktions- und Fassadenraster ermöglicht eine stufenlose Anpassung der Raumkonfigurationen auch im laufenden Betrieb.



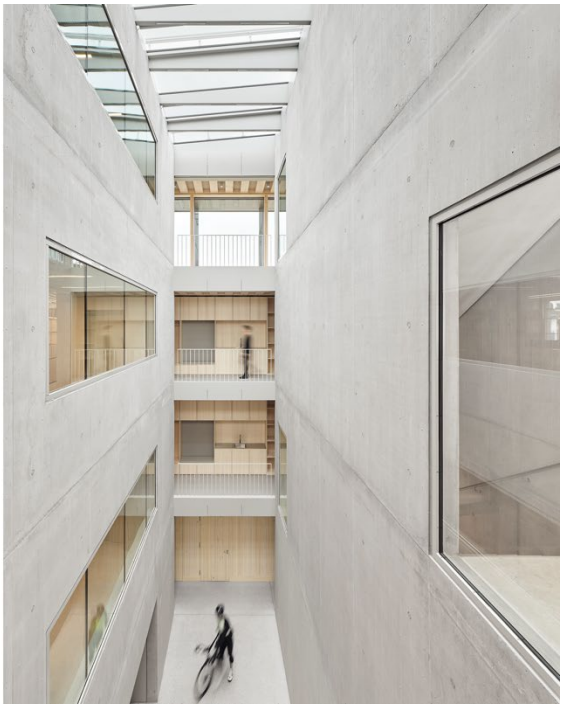
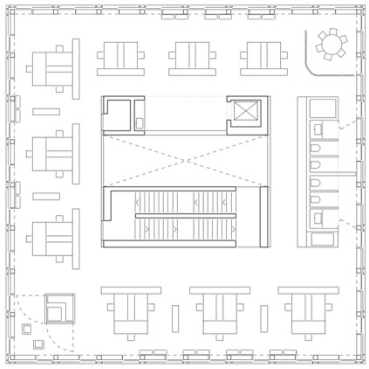


Abbildung 3 und 4: Atrium – räumliche und visuelle Beziehungen

Die Ausbildung von Gemeinschaftszonen innerhalb der Büroflächen, sowie einer sowohl horizontalen als auch vertikalen Durchlässigkeit im Gebäude und die dadurch vorhandenen Blickbeziehung unter den einzelnen Geschossen schaffen ein kommunikationsförderndes Arbeitsklima. Unterschiedliche Rückzugsbereiche auf den Geschossen bieten zudem Möglichkeiten für konzentriertes und fokussiertes Arbeiten. Dreh- und Angelpunkt der räumlichen Konzeption des Gebäudes ist das zentral gelegene Atrium.
Ein viergeschossiger Luftraum, der alle Ebenen visuell wie räumlich miteinander verknüpft.



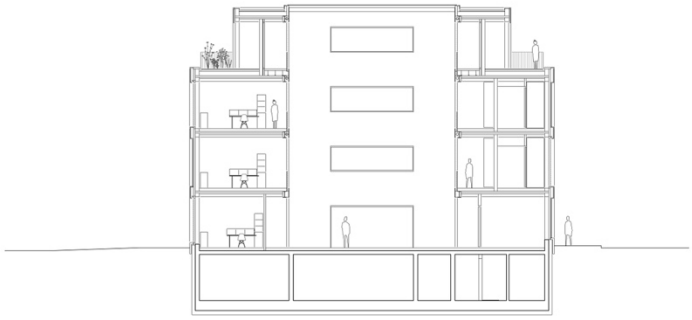


Abbildung 5 und 6: Grundriss Regelgeschoss, Schnitt Atrium

3. Material / Konstruktion – Holz als zentraler Baustoff

Mit Ausnahme der zentralen Kerne und des Untergeschosses ist das gesamte Gebäude trotz der Einordnung in Gebäudeklasse 5 als vorelementierter Holzbau konzipiert. Lediglich die beiden Kerne im Zentrum des Gebäudes bestehen aus Stahlbeton. Sie dienen der Queraussteifung der Konstruktion und erfüllen die Anforderungen an den Brandschutz.



Abbildung 7: Innenraum

Die sichtbar belassenen Holzoberflächen von Tragwerk, Trennwänden und Fassade machen die Qualitäten des Baustoffes Holz sowohl in den Innräumen als auch nach Aussen erfahrbar, schaffen ein freundliches, angenehmes Arbeits- und Raumklima und tragen dem ökologischen Verständnis der GWG Tübingen Rechnung.



Abbildung 8: Holzfassade

Die komplett mit Holz bekleidete Fassade wurde anlag zur Lignum Dokumentation «Brandschutz, Aussenwände – Konstruktion und Bekleidungen» als belüftete Fassade ausgeführt. Die Ausführungen in den Anschlüssen und Geschossstössen folgt damit weitestgehend der aktuellen Vorgaben aus der HolzBauRL. Das Versetzen der Fenster soll dabei zusätzlich einen möglichen Brandüberschlag von Geschoss zu Geschoss eindämmen.

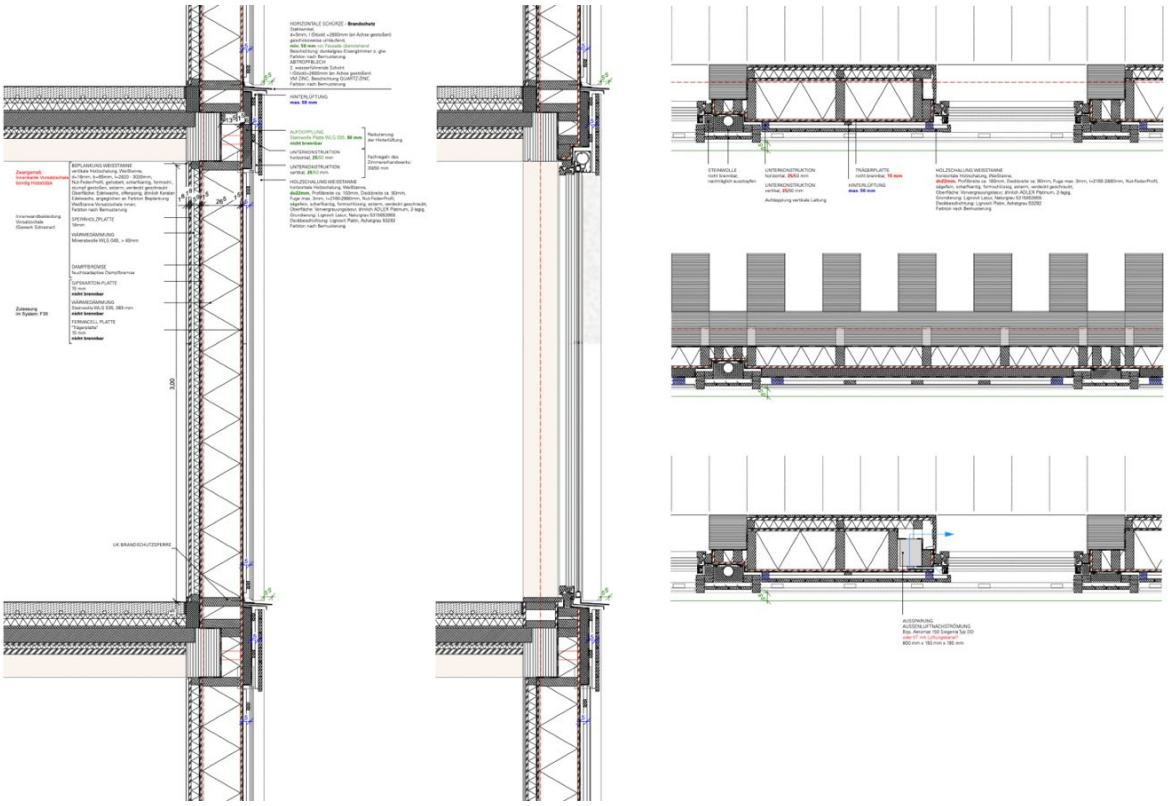


Abbildung 9: Detailplanung Aussenwand

Die komplett holzsichtige Ausführung der Aussenwände als Holzskelettbau mit Ausfachungen durch Ständerwände und der Deckenkonstruktion in Holzbetonverbundbauweise, als wesentlicher Bestandteil der räumlichen und atmosphärischen Qualität der Innenräume wäre beim derzeitigen Stand der HolzBauRL ohne vBG nicht ohne weiteres möglich. Während Holzbalken und -Stützen sichtbar belassen auf F60 dimensioniert sind, erhalten die Ständerausfachungen zunächst eine Bekleidung mit Brandschutzplatten und, davon gefolgt, raumseitig eine Bekleidung aus Weisstanne. Das Konstruktions- und Materialkonzept wird dabei von zwei räumlich voneinander getrennten, in F90 ausgebildeten, Treppenkernen, sowie durch eine flächendeckende Brandmeldeanlage unterstützt.

4. Ganzheitliche Nachhaltigkeit

Die ressourcenschonende und nachhaltige Holz – Leichtbauweise wird im Betrieb durch ein innovatives «Low-Tech» Konzept für die Gebäudelüftung unterstützt, das auf eine flächendeckende mechanische Be- und Entlüftung verzichtet und statt dessen auf ein natürliches Lüftungskonzept über das Atrium in Kombination mit Überstromöffnungen in der Fassade setzt. Die Energieversorgung erfolgt mit einer PV – Anlage und in Form der städtischen Fernwärme mit Primärenergiefaktor von 0,34. Der öffentliche Platz vor dem Gebäude erhält eine Grünfläche als Feuchtigkeitsspeicher für die Regulierung des Stadtklimas im Sommer (Klimawäldchen).

5. Möbelsystem – ganzheitliche Gestaltung

Für die individuelle Arbeitsplatzgestaltung wurde eigens für dieses Projekt ein flexibles modular aufgebautes Möbelsystem entwickelt, mit dem die vorhandenen Flächen bespielt werden können und sich der eigene Arbeitsplatz individuell konfigurieren lässt. Neben funktionalen Anforderungen wie die Grösse der Arbeitsfläche oder das Angebot an Stauraum, kann auch das Maß an Privatheit innerhalb der Büroflächen angepasst werden.



Abbildung 10: Möbelsystem

Bildnachweis:

Abbildungen 01, 05, 06, 07, 08, 10: Zooey Braun Stuttgart
Abbildungen 02, 03, 04, 09: VON M Stuttgart

Block B4

Exzellenzcluster IntCDC Stuttgart

Multiskalares Roboterfertigungssystem für Vor-Ort-Pressklebung im mehrgeschossigen Holzbau

Nils Opgenorth
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD), Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



Daniel Nunes Locatelli
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD), Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



Multiskalares Roboterfertigungssystem für Vor-Ort-Pressklebung im mehrgeschossigen Holzbau

1. Einleitung

In den letzten Jahren haben sich mehrschichtige Massivholzplatten als vielversprechendes Material für die moderne Bauweise etabliert, da es nachhaltige Eigenschaften, eine leichte Struktur und hohe Festigkeit aufweist [1]. Mit der Entwicklung von Vorfertigungstechnologien ist der Bau von Holzbauten effizienter in Bezug auf Zeit und Kosten geworden [2]. Allerdings ist der Holzbau auf der Baustelle immer noch stark von menschlicher Arbeitskraft abhängig, und die derzeitigen Deckenkonstruktionen unterliegen den Zwängen eines standardisierten, vorgefertigten rechteckigen Rastersystems [3]. Dies begrenzt die Anpassung an verschiedene Gebäudetypen und Raumorganisationen und stellt somit eine erhebliche Herausforderung für Holzbausysteme dar.

Obwohl die Automatisierung der Baustellen ein vielversprechendes Feld ist, befindet sie sich noch in den Anfängen. Die unstrukturierte Umgebung, große Arbeitsbereiche und große Maschinen stellen erhebliche Herausforderungen dar, die weitere Forschung erfordern [4]. Um diese Herausforderungen zu bewältigen, wächst das Interesse an modernen mobilen Robotertechnologien, die direkt vor Ort Strukturen zusammensetzen können [5].

Dieser Beitrag schlägt ein heterogenes, multiskalares Roboterbausystem vor, bestehend aus einer innovativen Spannvorrichtung, einem Industrieroboterarm, einem Kran und einem neuartigen mehrstöckigen Holzbausystem, das auf geklebten Verbindungen für Brettsperrholz (BSP) basiert. Das vorgeschlagene System bietet größere geometrische Möglichkeiten als aktuelle Holzbauten und ermöglicht eine vollständige Automatisierung, um die Einschränkungen der manuellen Arbeitszeit im Holzbau zu reduzieren. In traditionellen Bauweisen sind Bauprozesse aufgrund manueller Arbeitsbeschränkungen auf einen begrenzten Zeitrahmen beschränkt. Arbeiter unterliegen strengen Arbeitszeiten, Pausen und Wetterbedingungen, was oft zu Projektverzögerungen führt. Im Gegensatz dazu arbeitet das vollautomatische System nahtlos während aller 168 Stunden der Woche und nutzt jedes verfügbare trockene Wetterfenster. Dieser kontinuierliche Betrieb eliminiert die Notwendigkeit von Schichten und Ausfallzeiten, was zu einem Bauprozess führt, der nicht durch die Beschränkungen einer konventionellen Arbeitswoche gebunden ist.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, den Bereich des automatisierten Holzbaus auf der Baustelle voranzutreiben, indem die gemeinsame Entwicklung eines Vor-Ort-Fertigungssystems und eines neuartigen Holzbausystems vorgeschlagen wird. Der Beitrag konzentriert sich auf die Entwicklung eines heterogenen Robotersystems zur Automatisierung der Vorbereitung, Positionierung, Verbindung und Verleimung von BSP auf der Baustelle unter Verwendung konventioneller Baustellenausrüstung, ergänzt durch digitale Steuerungssysteme und neuartige verteilte Spannvorrichtungen. Insgesamt zielt die Forschung darauf ab, sowohl die automatisierte Vor-Ort-Holzkonstruktion als auch die Erweiterung des architektonischen Gestaltungsspielraums für Holzkonstruktionen voranzutreiben.

2. Stand der Technik

2.1. Holzwerkstoffe

Holzwerkstoffe haben neue Möglichkeiten für den Bau und die Planung moderner Holzkonstruktionen eröffnet [1], [6], [7]. Seit Anfang der 2000er Jahre hat der Bau von mehrstöckigen Holzprojekten weltweit stark zugenommen [8], [9], [10], was zum Teil auf Umweltbelange [11] und die Urbanisierung und Verdichtung der Städte zurückzuführen ist [12].

Die aktuelle architektonische Ausdrucksweise im Holzbau bleibt durch lineare Spannweiten beschränkt, da die effiziente Produktion von Brettsperrholz und Brettschichtholz lineare oder rechtwinklige Formen begünstigt [13]. Transportbeschränkungen begrenzen die Größe von BSP weiter, typischerweise auf etwa 16 Meter Länge und 3 Meter Breite, um den Standard-Lkw-Transportkapazitäten zu entsprechen [14]. Bei punktgestützten Pfosten-Riegel-Platten wird das Konstruktionsraster des Gebäudes durch die kurze Seite dieser Platten eingeengt, was zu einer dichten Stützenanordnung oder komplizierten tragenden Wänden führt. Bei einem Pfosten-Riegel-System ermöglichen lineare Träger, die mehrere Platten an ihren kürzeren Seiten tragen, größere Spannweiten zwischen den Stützen, sofern ein entsprechendes Raster strikt eingehalten wird. Modernste Lösungen für einzigartige Szenarien, die von starren Rastern abweichen, beinhalten oft Stahlträger und maßgeschneiderte Stahlanschlussdetails [15].

2.2. Vor-Ort Verklebung

Obwohl Holz hervorragende statische Eigenschaften besitzt, treten viele Herausforderungen auf, wenn Holzelemente vor Ort verbunden werden müssen. Die Verklebung auf der Baustelle bietet die Möglichkeit, einige der Herausforderungen zu bewältigen, die durch traditionelle Holzverbindungsstrategien und den Holzbau im Allgemeinen entstehen. Erstens sind verleimte Verbindungen im Vergleich zu herkömmlichen Verbindungstechniken effizienter [16]. Zweitens ermöglichen sie nichtlineare Spannweiten [17]. Drittens bieten die fugenfüllenden Eigenschaften des Klebstoffs ein immenses Potenzial für den Umgang mit den auf den Baustellen auftretenden Toleranzen. Und schließlich zeigen die jüngsten Forschungen im Bereich der Holzklebetechnik und der Materialwissenschaft eine vielversprechende Entwicklung von umweltverträglichen, formaldehydfreien Holzwerkstoffen mit verbesserten Klebe- und wasserfesten Eigenschaften [18].

TS3 (Timber Structures 3.0) [19] entwickelte einen erfolgreichen Vor-Ort-Verklebungsprozess, der es ermöglicht, verschiedene BSP zu einer Deckenplatte beliebiger Größe zu verbinden, indem die Fugen zwischen den Platten mit einer verklebten Stoßfuge abgedichtet werden. Der Prozess der Klebstoffanwendung ist fast vollständig manuell und sehr arbeitsintensiv. Zudem besteht ein Spalt von wenigen Millimetern zwischen den Holzplatten, was die Menge des benötigten Klebstoffs zwischen den Platten erhöht.

Eine Möglichkeit, die Menge an Klebstoff zu reduzieren, besteht darin, Schrauben zu verwenden, um die Holzelemente während des Aushärtens des Klebers zusammenzupressen. Es hat sich gezeigt, dass dadurch die Klebstoffmenge auf einen Bruchteil der sonst benötigten Menge reduziert werden kann [20]. Der große Nachteil ist jedoch, dass das Einbringen der Schrauben sehr aufwändig ist. Für eine reine Trennung von verschraubten Holzbauteilen ist es unerlässlich, die Schrauben nach der Verpressung zu entfernen. So können die Bauteile am Ende des Lebenszyklus des Gebäudes ohne größere Schwierigkeiten auseinander gesägt und wiederverwendet werden. Aufgrund der hohen Kosten für das manuelle Entfernen der Schrauben werden die Schrauben oft im Holz belassen, da die Kosten für das Entfernen der Schrauben die Kosten für die einzelnen Schrauben übersteigen und es somit wirtschaftlich unpraktisch ist.

2.3. Automatisierung der Baustelle

Während die Digitalisierung und Automatisierung des Holzbaus in der Vorfertigung bereits sehr fortgeschritten ist [21], [22], sind die aktuellen Arbeitsprozesse auf Baustellen noch weitgehend manuell [23]. Zu den wichtigsten Herausforderungen gehören der Umgang mit unstrukturierten Umgebungen [24], [25], die Größe des Arbeitsbereichs und die Integration der Gebäudestruktur in den Automatisierungsprozess [26]. Mobile Roboter werden zunehmend in der Architektur als innovatives Werkzeug für Design, Bau und Wartung eingesetzt [27], [28]. Diese Roboter gibt es in verschiedenen Formen, von autonomen Drohnen [29] bis hin zu bodengebundenen Robotern mit Rädern [30] oder Beinen [31], und sie können eine Vielzahl von Aufgaben ausführen, von der Vermessung und Kartierung von Baustellen [31] bis hin zur Montage komplexer Strukturen [32]. Durch die gemeinsame Entwicklung von maßgeschneiderten Robotern und entsprechenden Baumaterialien können diese Systeme die Leistung und Kompatibilität beider Komponenten optimieren [33].

Dieser co-abhängige Ansatz ermöglicht eine kontinuierliche Rückkopplungsschleife zwischen Roboter, Material und Methode, wobei die Einschränkungen und Parameter des einen die Entwicklung des anderen beeinflussen [32].

3. Bauweise

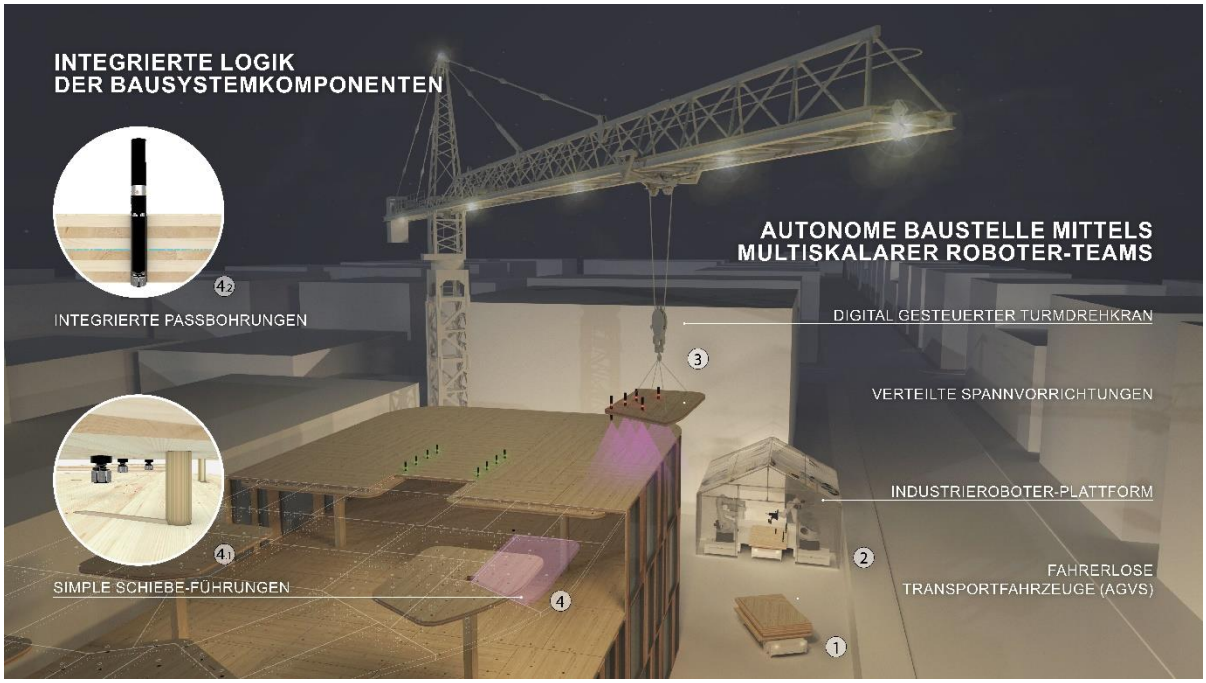


Abbildung 1: Überblick über die Vor-Ort-Montage. Das heterogene Robotersystem besteht aus (1) der Roboterplattform mit zwei Industrierobotern zur Vorbereitung der BSP-Platten und zur Klebstoffapplikation, (2) dem digital gesteuerten Kran für die autonome Montage der Platten, (3) verteilten Spannvorrichtungen für die Druckausübung vor Ort. Die Merkmale des integrativen Bausystems sind (4a) vorgebohrte Löcher zur Einführung der Spannvorrichtung, (4b) Ausrichtungskanäle als Führung für den Kran.

Das entwickelte multiskalare Vor-Ort-Holzbausystem besteht aus einem neuartigen Bausystem und einem dazugehörigen heterogenen Robotersystem. Das Bausystem umfasst Säulen und eine punktgestützte Holzdecke. Die Decke besteht aus unterschiedlich zugeschnittenen BSP, die übereinandergestapelt und verklebt werden. Eingravierte Ausrichtungskanäle (Abbildung 1: 4a) und vorgebohrte Löcher (Abbildung 1: 4b) sind in die Platten integriert, um die autonome Montage mit einem digital gesteuerten Kran zu ermöglichen. Die Löcher dienen zwei Funktionen: (i) zur Aufnahme von Spannvorrichtungen, die den Kleber vor Ort unter Druck setzen, und (ii) zur Aufnahme von Holzdübeln, die die Platten während der Montage ausrichten.

Das Bausystem beschreibt einen neuartigen Ansatz zur Schaffung einer quasi-monolithischen Decke durch Kreuzlaminierung verschiedener BSP-Schichten. Die beiden dominierenden Belastungen in der Decke sind die Biegemomente im Feld und die Scherkräfte an den Stützenköpfen. Der Querschnitt im Feld kann schlank gehalten werden, da Brettsperrholz effizient bei Biegebelastung ist. An den Stützenköpfen treten höhere Scherkräfte und Momente auf, weshalb es sinnvoll ist, den Querschnitt dort zu vergrößern, um die Querkräfte effizient zu übertragen. Die BSP im Bausystem werden schubfest verklebt, um die statische Nutzungshöhe zu maximieren.

Das heterogene Robotersystem integriert bestehende Baumaschinen, wie einen Kran, indem es zusätzliche Sensorik und Robotik für die Vor-Ort-Fertigung einbindet. Das Robotersystem besteht aus drei Typen, die sequentiell arbeiten, um das vorgeschlagene Bausystem zu montieren: (Abbildung 1: 1) eine mobile Industrie-Roboterplattform zur Vorbereitung der BSP, (Abbildung 1: 2) ein digital gesteuerter Kran zum Transport der Platten und (Abbildung 1: 3) eine Spannvorrichtung zur Vor-Ort-Verbindung der Platten. Die beiden Industrieroboter bereiten die CLT-Platten vor, indem sie sie abschleifen, Klebstoff auftragen und die Spannvorrichtungen und Holzdübel in die vorgesehenen Löcher einsetzen. Anschließend transportiert der Kran die Platten zum Bauwerk, wobei er von in

den Spannvorrichtungen integrierten Kameras geführt wird. Die Ausrichtungskanäle und Holzdübel ermöglichen ein passives Gleiten der Platten in ihre endgültige Position. Nachdem die Platten in Position sind, werden die Spannvorrichtungen durch ein Fernsignal aktiviert. Die Vorrichtungen klemmen sich in das Holz und üben den erforderlichen Druck aus, den der Klebstoff zum Aushärten benötigt. Nach dem Einsatz können die Vorrichtungen wieder entlastet und erneut verwendet werden.

3.1. Vor-Ort-Montagesystem

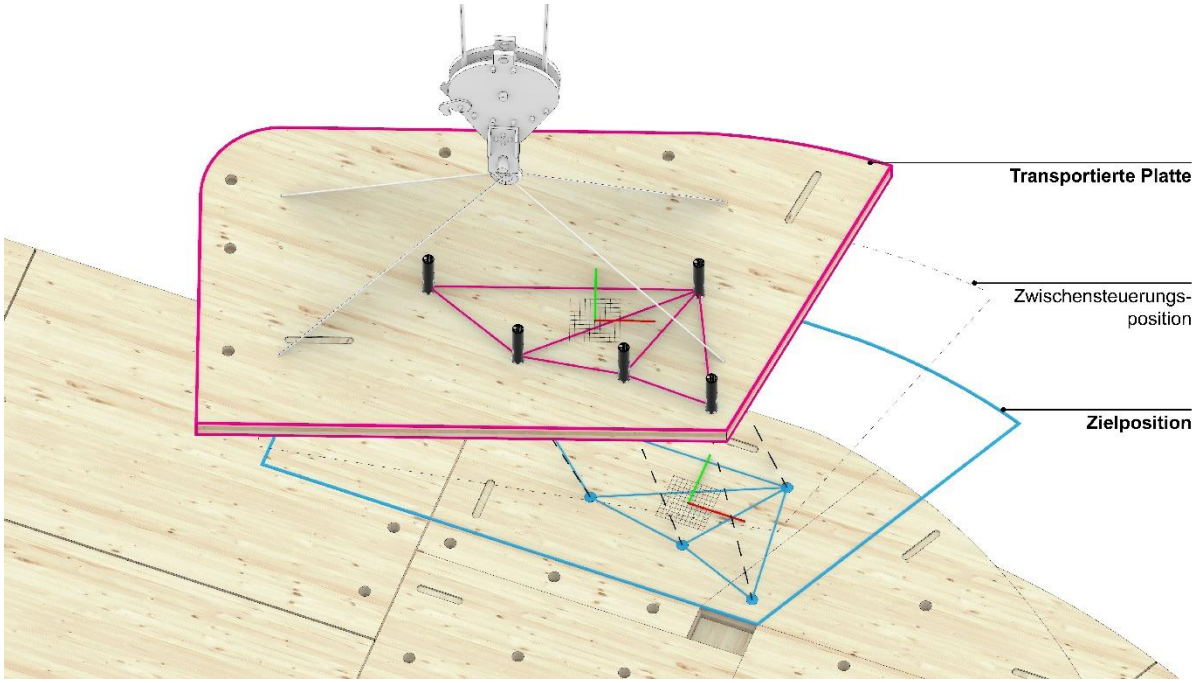


Abbildung 2: Bei dem automatisierten Montageprozess mit einem Kran ist eine Schlüsselkomponente die Verwendung einer integrierten Kamera, die sich am unteren Ende der Spannvorrichtungen befindet. Mithilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen erleichtert die Kamera die Erkennung der oben auf der Struktur befindlichen Löcher und ermöglicht die Berechnung ihres relativen Abstands im Verhältnis zur Kamera. Durch die Triangulation dieser Informationen ist es möglich, die relative Position und Ausrichtung der vom Kran transportierten Platte in Bezug auf die Struktur zu berechnen.

Das Vor-Ort-Montagesystem ist für den automatisierten Transport und die Positionierung der BSP von der Roboter-Vorfertigung zur endgültigen Position verantwortlich. Nachdem die BSP vorbereitet und der Leim aufgetragen wurde, hebt ein Turmdrehkran sie an, um sie auf dem Bauwerk zu positionieren. Um diesen Prozess zu automatisieren, wird der Kran mit einem zusätzlichen Sensorsystem ausgestattet, das das dynamische Verhalten des Krans sowie die Schwingungen der Last misst [34]. Das System verfügt außerdem über einen Controller, der die automatisierte Lastpositionierung ermöglicht, indem er eine Trajektorie zur gewünschten Position berechnet und mögliche Lastschwingungen dämpft, um eine präzise und effiziente Platzierung der Platten zu gewährleisten [35], [36].

Jede Spannvorrichtung ist mit einer Kamera ausgestattet, die durch das Loch an der Unterseite der transportierten Platte ragt. Durch den Einsatz von Bildverarbeitungsalgorithmen können die Löcher in der bereits montierten Struktur erkannt und deren relative Entfernung zur Kamera als Koordinaten extrahiert werden (Abbildung 2). Da die integrierten Kameras in den vorgebohrten Löchern positioniert sind, ist deren Lage bekannt, wodurch eine Triangulation zur Bestimmung der Ausrichtung und Entfernung der transportierten Platte zur Struktur möglich ist. Ein Pfadplanungs-Algorithmus liefert eine Eingabe für die Bahnplanung, die in eine Folge von Zielpunkten zerlegt wird. Das Kransteuerungssystem erhält jeweils einen Zielpunkt, um seine gewünschte Lastposition zu korrigieren und eine aktualisierte Trajektorie zu planen, um die transportierte Platte zum Zielpunkt zu steuern. Nachdem die Kamera bestätigt hat, dass der Zielpunkt erreicht ist, wird der nächste Zielpunkt festgelegt.

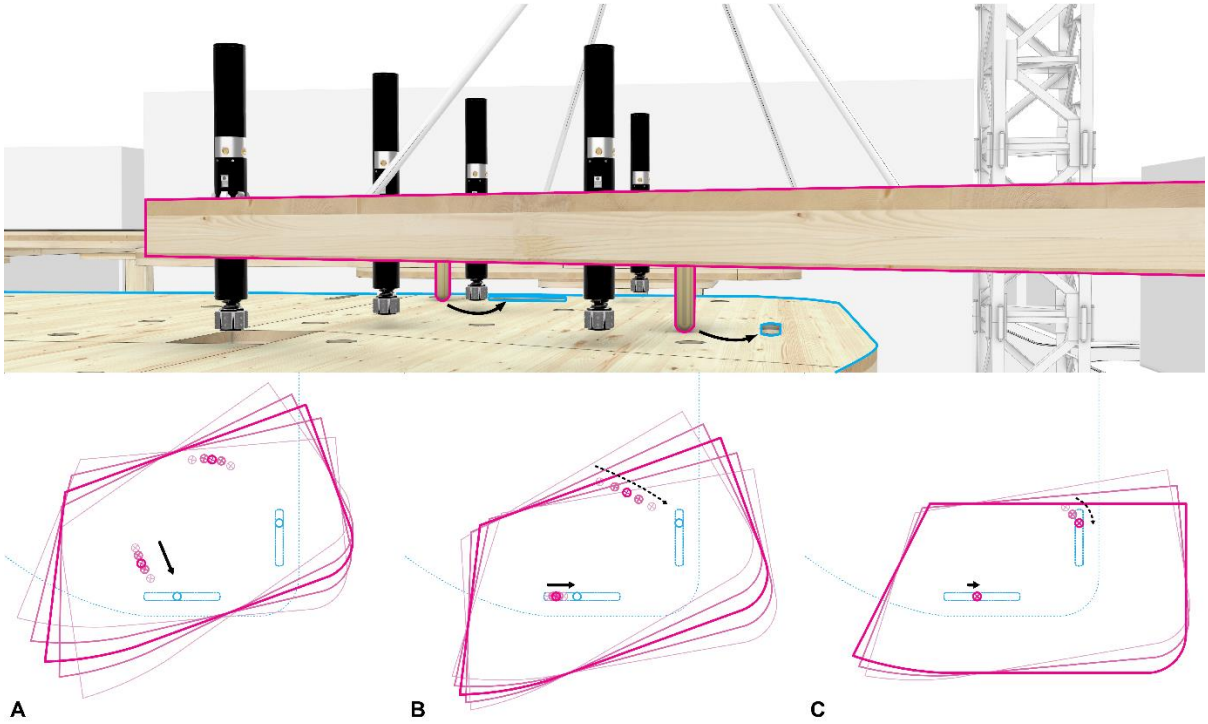


Abbildung 3: Die Abbildung zeigt die passive Ausrichtung der BSP über integrierte Ausrichtungskanäle und Dübel. (A) Zunächst wird die Platte auf die Struktur gelegt und in eine Richtung bewegt, bis einer der Dübel in einen Ausrichtungskanal passt. (B) Wenn sich der Kran entlang dieses Kanals bewegt, gleitet die Platte entsprechend mit. Wenn sich der Kran senkrecht zum Kanal bewegt, so wirkt der Dübel in diesem als Drehpunkt. (C) Wenn sich der zweite Dübel in der Platte dem zweiten Ausrichtungskanal nähert, bewirkt dies, dass beide Dübel schließlich in ihren jeweiligen Kanal gleiten, der sie dann in ihr jeweiliges Loch führt und die Platte nach unten in die richtige Position gleiten lässt.

Während die integrierte Kamera und das Bewegungskontrollsystem des Krans die automatisierte Montage jeder Platte mit hoher Präzision übernehmen, hat der Kran dennoch gewisse Toleranzen. Daher sind zusätzliche Informationen im Material eingebettet, um bei der Ausrichtung der letzten Zentimeter zu helfen (Abbildung 3). Zunächst wird die Platte abgesenkt, bis die Holzdübel die darunterliegende Plattenoberfläche berühren. Dann kann die Platte entlang der Oberfläche bewegt werden, bis die Holzdübel in die Ausrichtungskanäle gleiten. Dies minimiert die Bewegung der Platte in eine Richtung. Die Platte kann dann entlang der gravierten Kanäle bewegt werden, bis die Dübel in ihre vorgesehenen Löcher gleiten. Dies ermöglicht es der transportierten Platte, langsam in ihre endgültige Position zu gleiten.

3.2. Spannvorrichtung

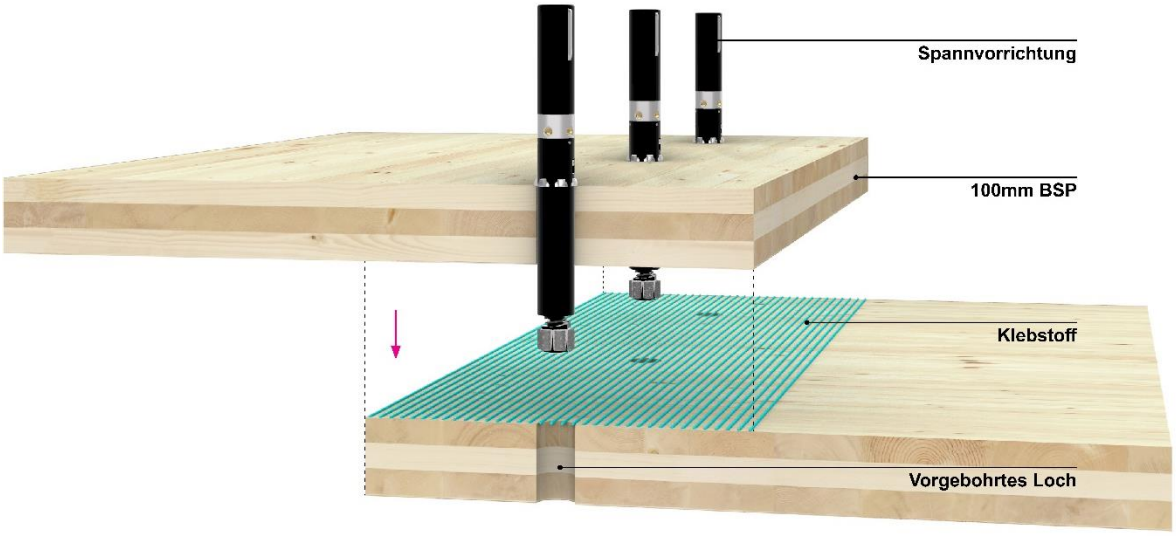


Abbildung 4: Spannvorrichtung mit BSP, die für den Klebstoffauftrag an Ort und Stelle platziert wird.

Nachdem die BSP durch die Ausrichtungskanäle in die korrekte Position gebracht wurde, ist der letzte Schritt, sie mit dem Rest der Struktur zu verbinden. Hier kommen die Spannvorrichtungen zum Einsatz (Abbildung 4). Jedes Loch der transportierten Platte hat ein entsprechendes Loch in der Struktur. Während die Vorrichtungen aus dem Loch der transportierten Platte herausragen, gleiten sie in das angrenzende Loch der Struktur. So entsteht eine Verbindung zwischen der transportierten Platte und der bereits montierten Struktur. Durch ein Fernsignal werden alle Vorrichtungen gleichzeitig ausgelöst, um sich in die Struktur einzuhaken und eine Presskraft zu erzeugen. Diese Kraft setzt den Kleber zwischen der Platte und der bereits gebauten Struktur unter Druck. Abhängig von der notwendigen Presszeit des Klebers wird ein zweites Signal an die Vorrichtungen gesendet, um die Presskraft zu lösen. Das Entlasten dieses Drucks wird genutzt, um einen weiteren Mechanismus mechanisch auszulösen, der die Vorrichtungen sofort vom Holz aushakt, sodass sie für den nächsten Einsatz wiederverwendet werden können.

4. Ergebnisse

4.1. Demonstrator

Ein verkleinerter Demonstrator des vorgeschlagenen Bausystems wurde entworfen und ausgeführt, um den Montageprozess und die Systemtoleranzen zu validieren (Abbildung 5). Er besteht aus einer Stütze mit drei BSP-Lagen, die je eine Querschnittsdicke von 10 cm aufweisen und kreuzweise übereinander laminiert sind. Der Demonstrator erreicht einen Durchmesser von drei Metern an der Spitze und eine Gesamthöhe von 2,70 Metern (Abbildung 9). Die Paneele sind mit einer 3-Achsen-CNC-Maschine gefräst, was das Bohren der Löcher, das Gravieren der Ausrichtkanäle und das Schneiden der Konturen einschließt. Die BSP stammen von *müllerblaustein HolzBauWerke GmbH*, einer lokalen Zimmerei, speziell aus Tür- und Fensterausschnitten. Diese Beschaffungsstrategie unterstreicht die Vielseitigkeit des Systems, da es verschiedene Plattengrößen aufnehmen kann, anstatt auf eine vorgegebene Größe beschränkt zu sein. Anschließend wurden die Platten zur Demonstration der Montage in das *Large Construction Robotics Laboratory (LCRL)* des *Exzellenzclusters Integrative Computational Design and Construction for Architecture (IntCDC)* gebracht.

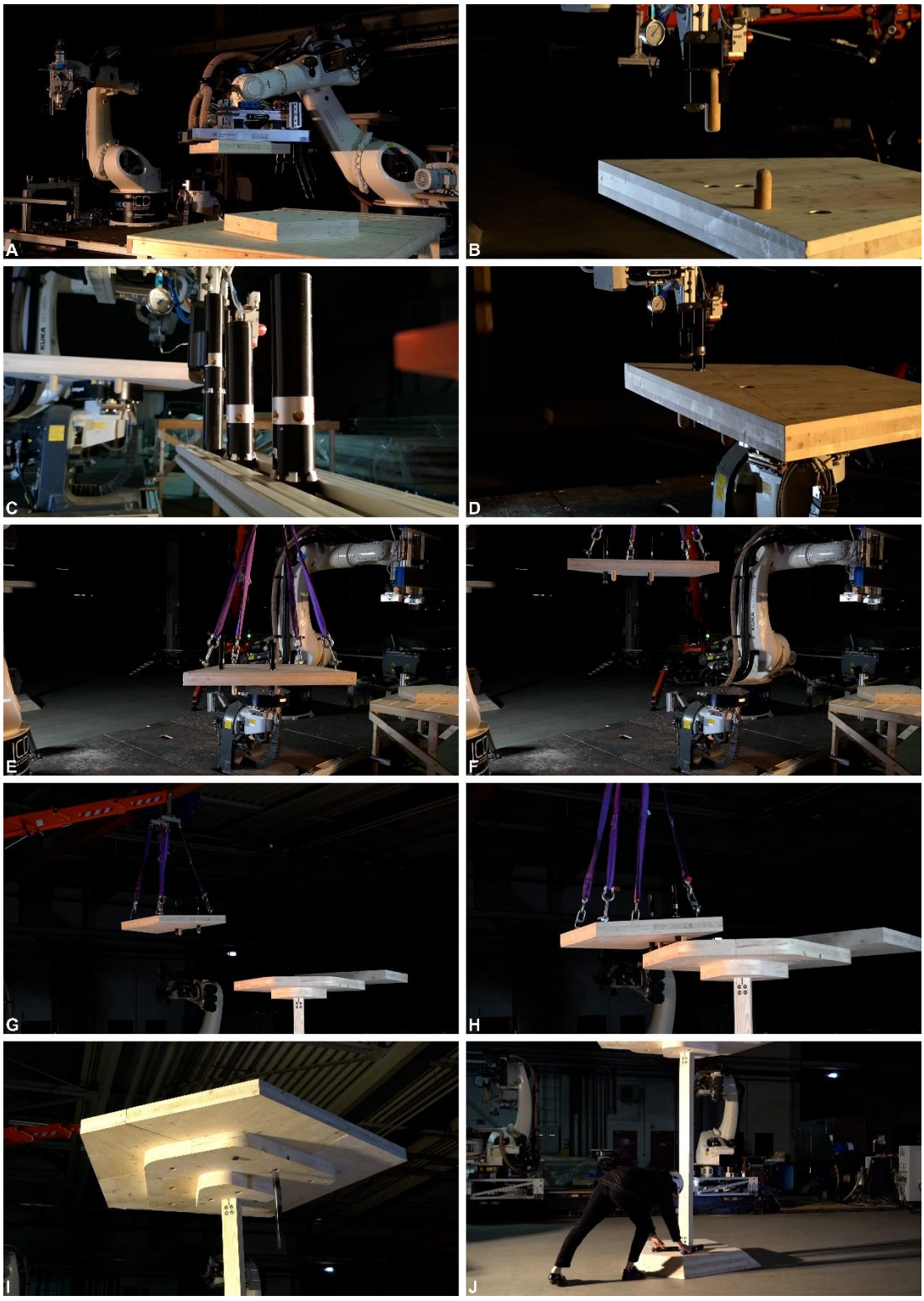


Abbildung 5: Der Montageprozess des 1:1-Demonstrators des Bausystems wird dargestellt. (A) Aufnehmen und Ablegen der BSP auf die Roboterplattform. (B) Einsetzen der Holzdübel in die Platte. Aufgrund defekter Hardware am Roboter fand an dieser Stelle die Klebstoffapplikation manuell statt. (C) Entnahme der Spannvorrichtung aus dem Magazin (D) Einsetzen der Spannvorrichtung in die vorgebohrten Löcher der Platte (E) Die Platte wird am Hakensystem des Spinnenkrans befestigt und in der richtigen Ausrichtung gebracht. (F) Der Spinnenkran hebt die Platte vom Bauwerk ab. (G) Transport der BSP auf das Bauwerk (H) Die Platte wird auf das Bauwerk abgesenkt und mit Hilfe der integrierten Ausrichtungskanäle in die endgültige Position gebracht. (I) Die Spannvorrichtungen lösen den benötigten Pressdruck aus und lösen sich anschließend vom Bauwerk. (J) Die Vorrichtungen werden vom Boden aufgenommen, damit sie für den nächsten Einsatz wieder verwendet werden kann.

4.2. Spannvorrichtung Funktionalität

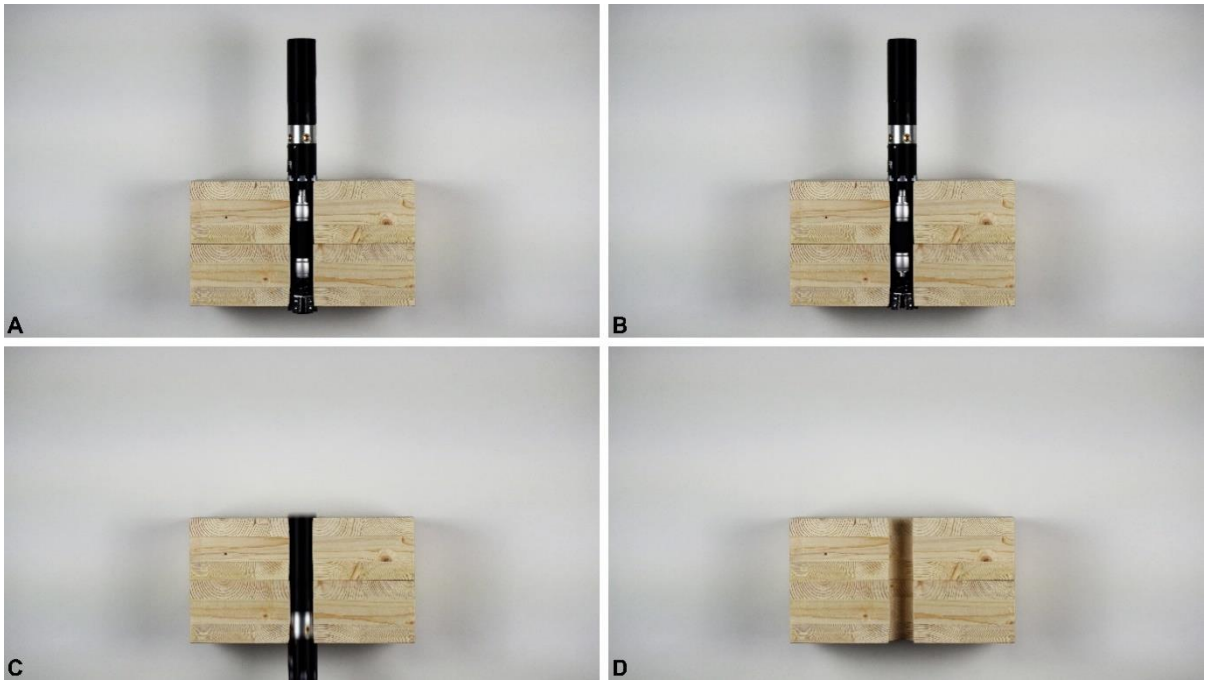


Abbildung 6: Schritte bei der Druckausübung auf den Klebstoff. (A) Die Spannvorrichtung wird zwischen den beiden BSP eingeführt. (B) Der notwendige Druck für den Klebstoff wird aufgebracht. (C) Die Presskraft wird aufgelöst und die Vorrichtung sinkt durch das Loch ab. (D) Verbundene BSP ohne die Vorrichtung.

Das Herzstück der Spannvorrichtung ist der Pressmechanismus, der die benötigte Presskraft erzeugt, um den Klebstoff unter Druck zu setzen. Eine der größten Herausforderungen dieses Mechanismus besteht darin, dass er so klein wie möglich sein und gleichzeitig so viel Druck wie möglich ausüben muss. Daher wurde ein pneumatischer Ansatz gewählt, nämlich ein pneumatischer Muskel von Festo [37]. Normalerweise werden diese Muskeln mit Druckluft über eine große Pumpe betrieben. Da die Spannvorrichtung jedoch klein und transportabel sein müssen, wurde ein kleiner CO2-Tank für die Betätigung des Muskels gewählt. CO2 hat eine höhere Energiedichte als Druckluft, d. h. es kann mehr Energie im gleichen Volumen speichern und ermöglicht einen stärkeren pneumatischen Betrieb. Dadurch kann der CO2-Tank viel kleiner sein als ein Drucklufttank mit gleichem Fassungsvermögen, was besonders wichtig ist, um die Größe der Spannvorrichtung auf ein Minimum zu beschränken.

Das Hauptziel dieser Studie ist die Bewertung der Funktionalität der Hardware. Dazu wird eine Testkonfiguration mit zwei 100 mm dicken BSP verwendet (Abbildung 6). Zwischen den Platten wird Jowapur® 686.60, ein 1-Komponenten, faserverstärkter Polyurethankleber mit spaltfüllenden Eigenschaften, aufgetragen. Dieser härtet durch die Feuchtigkeit des Holzes und die atmosphärische Luftfeuchtigkeit zu einem wasserunlöslichen Harz aus. Ein Prototyp der Spannvorrichtung wird in das 40 mm große Loch eingesetzt, das die beiden Platten verbindet. Der Klebstoff wird durch die Presskraft zwischen den Platten herausgedrückt. Die Spannvorrichtung kann jedoch den erforderlichen Druck von 6 Bar über die 120-minütige Presszeit nicht aufrechterhalten, da das CO2 allmählich aus dem System entweicht. Am Ende der Presszeit wird ein Druck von 3 Bar gemessen. Ein zweites Signal wird an die Vorrichtung gesendet, um den Druck zu entlasten, wodurch sich diese sofort von den Platten löst und durch das Loch nach unten gleitet. Diese Studie zeigt die Funktionalität der Vorrichtung (Abbildung 7), weist jedoch auch auf die Notwendigkeit weiterer Hardwareentwicklungen hin, um die Zuverlässigkeit des Systems zu gewährleisten.

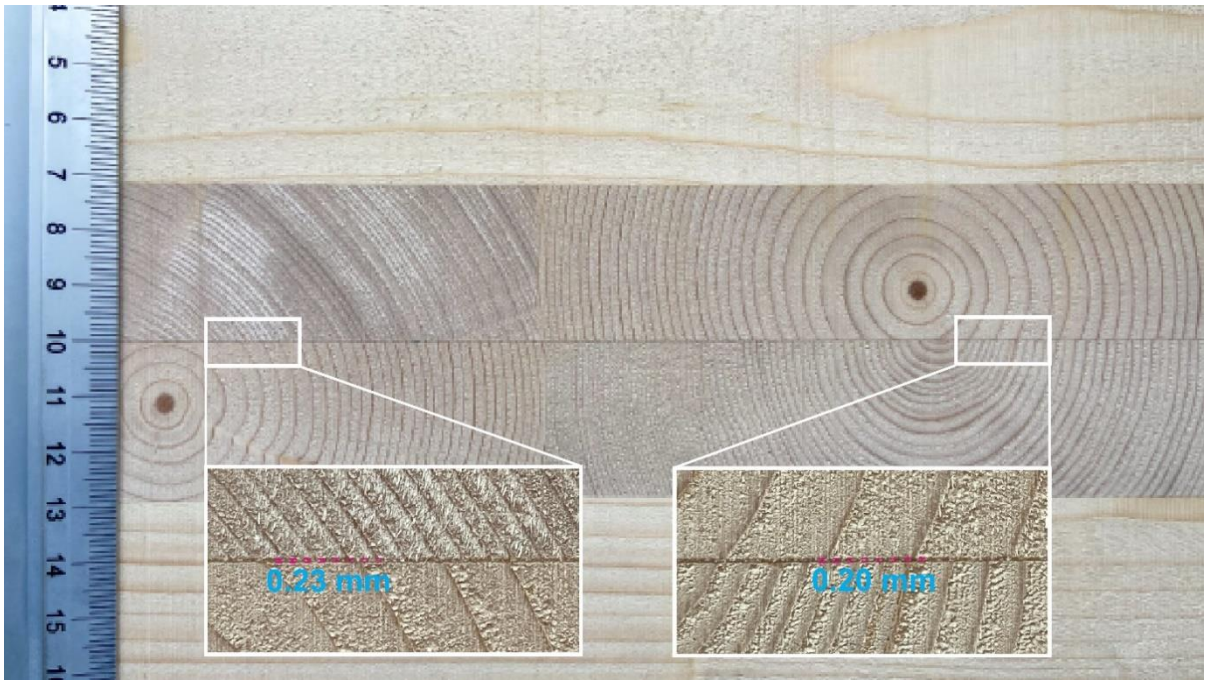


Abbildung 7: Querschnittsansicht der Klebefuge (0,23/0,20 mm) die während des Funktionstests der Spannvorrichtung erhalten wurde. Die Dicke wurde mit einer hochauflösenden Kamera ermittelt und entsprechend skaliert.

4.3. Kamerasystem

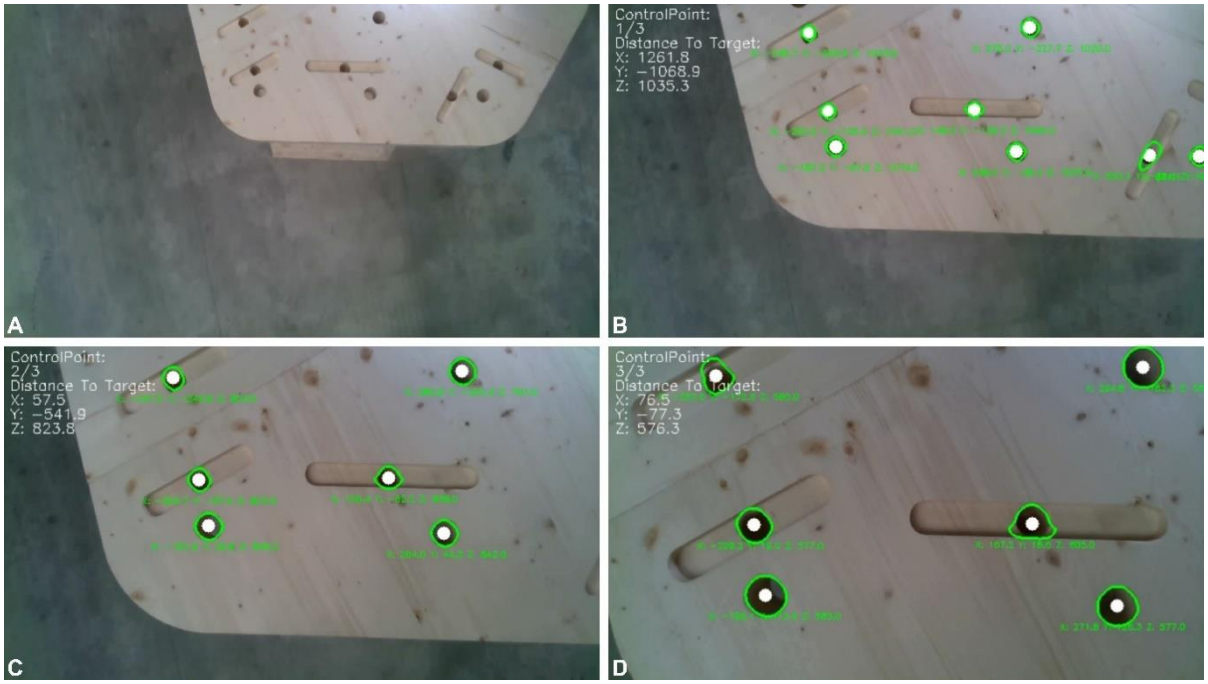


Abbildung 8: Ablauf des Bildverarbeitungsalgorithmus zur Führung des Krans während der Montage. (A) Die Kameras in der Spannvorrichtung sind noch zu weit von der Struktur entfernt, um die Löcher zu erkennen. (B, C, D) Die Löcher werden erkannt, und der Kran versucht, zum nächsten Kontrollpunkt zu navigieren. Die Entfernung zum nächsten Kontrollpunkt ist in der oberen linken Ecke angegeben.

Um die Machbarkeit der Verwendung von Bildverarbeitungsalgorithmus zur Führung der automatisierten Montage zu untersuchen, wurde ein erster Test durchgeführt. Ziel dieses Tests war es, die Algorithmen zu bewerten und die erforderlichen Daten zur Unterstützung des Krans während der Montage zu extrahieren. Der Aufbau bestand aus einer punktgestützten Struktur mit integrierten Ausrichtkanälen und Löchern für die Spannvorrichtungen. Eine BSP mit den Maßen 1200x800x100 mm wurde mit vier Seilen an einem Spinnenkran aufgehängt. Eine externe Kamera, die Intel RealSense D435, wurde auf der Unterseite der

transportierten Platte montiert. Diese Kamera erfasst gleichzeitig hochauflösende Farb- und Tiefenbilder. Mithilfe von OpenCV und der integrierten Bibliothek für die Kamera (pyrealsense2) wurde ein Bildverarbeitungsalgorithmus entwickelt, um die Löcher zu erkennen. Das Tool besteht aus mehreren Modulen. Das Vorverarbeitungsmodul wendet einen Graustufen- und einen Gaußschen Unschärfefilter an, um den Kontrast zu erhöhen und Bildrauschen zu entfernen, während das Schwellenwertmodul die Löcher vom Hintergrund mittels adaptiver Schwellenwertbestimmung trennt. Das Konturerkennungsmodul identifiziert Konturen des Schwellenwertbildes mit der findContours()-Funktion von OpenCV. Falsch positive Ergebnisse werden basierend auf der Größe, dem Seitenverhältnis und der Rundheit der Konturen entfernt, und der Schwerpunkt jedes Lochs wird berechnet. Der jeweilige Pixel des Schwerpunkts wird dann mit dem Tiefenbild abgeglichen, um einen dreidimensionalen Vektor zu erzeugen, der den relativen Abstand zwischen dem Loch und der Kamera beschreibt. Je mehr Löcher erkannt werden, desto mehr werden deren Positionen mit dem digitalen Modell verglichen, um die genaue Position der Kamera relativ zur Zielposition zu berechnen. Jede Zielposition in diesem Aufbau hat drei Kontrollpunkte, die die Platte zur endgültigen Zielposition navigieren. Das digitale Modell überprüft, ob die Platte in einem bestimmten Schwellenwertbereich des ersten Kontrollpunkts transportiert wurde, und wenn ja, wird der nächste Kontrollpunkt gesetzt, und so weiter. Sobald der letzte Kontrollpunkt erreicht ist, der 500 mm über der Struktur liegt, kann die Platte abgesenkt werden, und die Ausrichtungskanäle werden den Kran zur endgültigen Position führen. Der entwickelte Bildverarbeitungsalgorithmus hat unter günstigen Lichtbedingungen eine zuverlässige Leistung gezeigt. Um jedoch konsistentere Ergebnisse auf unstrukturierten Baustellen zu erzielen, ist eine weitere Feinabstimmung erforderlich.

5. Diskussion



Abbildung 9: Der assemblierte Demonstrator zeigt einen Ausschnitt des vorgeschlagenen Gebäudesystems im Maßstab 1:1.

In dieser Forschung wird die gemeinsame Entwicklung eines Vor-Ort-Fertigungssystems und eines neuartigen Holzbausystems vorgestellt, das den Bereich der Baustellenautomatisierung voranbringen soll. Die Arbeit entwickelt ein heterogenes Robotersystem, das die Vor-Ort-Vorbereitung, Positionierung, Verbindung und Verklebung von BSP automatisiert. Dies erfolgt unter Verwendung herkömmlicher Baustellengeräte, ergänzt durch digitale Steuerungssysteme und verteilte Spannvorrichtungen. Insgesamt zeigt die Entwicklung eines heterogenen Robotersystems für die Vor-Ort-Fertigung ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der Bau-Effizienz und Präzision. Die Montage des Demonstrators belegt das Potenzial, das System im Maßstab 1:1 umzusetzen.

Des Weiteren führt die Arbeit einen automatisierten Vor-Ort-Verklebungsprozess ein, der die Schaffung einer punktgestützten Holzdecke von theoretisch unbegrenzten Dimensionen ermöglicht. Es sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, etwa zu Akustik, Brandschutz, statischer Analyse und Integration von Versorgungsleitungen, um das vorgeschlagene System als funktionsfähiges Bausystem zu validieren.

Die Entwicklung der Spannvorrichtung bietet einen neuartigen Ansatz für Klebeverbindungen, der sich von der bisherigen Forschungsrichtung des Schraubpressklebens entfernt. Ein bemerkenswerter Vorteil dieser Vorrichtung ist ihr Potenzial zur automatischen Demontage, wodurch sich die Möglichkeiten für die künftige Nutzung des vorgeschlagenen Bausystems erweitern. Durch den Wegfall der Notwendigkeit, Verbindungen zu lösen, kann man sich eine Struktur vorstellen, die bequem mit der Kettensäge demontiert werden kann. Diese Eigenschaft unterstreicht die bessere Wiederverwertbarkeit des Systems und legt einen starken Akzent auf seinen Nachhaltigkeitsaspekt. Erste Ideen während dieser Forschung sahen vor, dass die Spannvorrichtung durch das Loch nach unten fällt, wo es eingesammelt und für den nächsten Einsatz wiederverwendet werden kann. Zu den Vorschlägen zur Lösung dieses Problems gehört der Einbau eines Dämpfungsmechanismus an der Basis der Vorrichtung. Alternativ könnte auch eine konzeptionelle Neubewertung der Notwendigkeit des Absinkens der Vorrichtung zum Boden erforderlich sein. Die Funktionalität der Vorrichtung könnte auch erweitert werden, z. B. durch die Verlagerung des Klebstoffauftrags von der mobilen Roboterplattform zur Spannvorrichtung selbst, die den Klebstoff lokal an Ort und Stelle ausstoßen könnte.

Zusammenfassend hat diese Forschung ein umfassendes System vorgestellt, das den Bauprozess verbessert und die Möglichkeiten für architektonisches Design erweitert, und leistet damit einen bedeutenden Beitrag zur Weiterentwicklung der automatisierten Vor-Ort-Holzbauweise. Durch die Nutzung von Baustellenkranen für 168 Stunden pro Woche, anstelle der aktuellen 40-Stunden-Woche, hat das System das Potenzial, Effizienz und Produktivität zu steigern. Zudem würde die Automatisierung der Baustelle ein sichereres und gesünderes Arbeitsumfeld schaffen, indem körperlich anstrengende Arbeiten durch Maschinenüberwachung ersetzt werden und das Verletzungsrisiko beim Arbeiten auf Gerüsten und an Bauwerken verringert wird. Das vorgeschlagene System kann die Bauindustrie verbessern, indem es die Effizienz steigert, die Sicherheit erhöht, den Abfall reduziert und die Gestaltungsfreiheit erweitert.

6. Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wurde als Masterarbeit im Masterstudiengang Integrative Technologies and Architectural Design Research (ITECH) an der Universität Stuttgart, Deutschland, durchgeführt, geleitet vom Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD, Prof. Achim Menges) und dem Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE, Prof. Jan Knippers). Unser aufrichtiger Dank gilt Samuel Leder und Hans Jakob Wagner für ihre unerschütterliche Unterstützung und wertvolles Feedback.

Die Forschung wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie - EXC 2120/1 - 390831618 durch das IntCDC Master's Thesis Grant unterstützt. Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie Deutschlands - EXC 2120/1 - 390831618 gefördert. Diese Forschung wurde von der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung unter der Fördernummer 10.08.18.7-23.36 finanziert.

7. Referenzen

[1] H. Kaufmann, S. Krötsch, and S. Winter, *Manual of Multistorey Timber Construction*. DETAIL, 2018. doi: 10.11129/9783955533953.

[2] ARUP, «Rethinking Timber Buildings: Seven Perspectives on the Use of Timber in Building Design and Construction,» 2019. Accessed: Mar. 11, 2024. [Online]. Available: https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/rethinking-timber-buildings

[3] E. Lam, «Mass Timber Primer.» Accessed: Apr. 24, 2023. [Online]. Available: https://www.canadianarchitect.com/mass-timber-primer/

[4] T. Bock, «The future of construction automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics,» *Autom Constr*, vol. 59, pp. 113–121, Nov. 2015, doi: 10.1016/j.autcon.2015.07.022.

[5] M. Giftthaler *et al.*, «Mobile robotic fabrication at 1:1 scale: the In situ Fabricator,» *Construction Robotics*, vol. 1, no. 1–4, pp. 3–14, Dec. 2017, doi: 10.1007/s41693-017-0003-5.

[6] Theodor. Hugues, Ludwig. Steiger, and Johann. Weber, *Timber Construction: Details, Products, Case Studies*, Detail Praxis. Basel, Switzerland: Birkhäuser, ISBN: 3764370327, 2008.

[7] A. Trummer, S. Krestel, and S. Aicher, «KIELSTEG - Defining the design parameters for a lightweight wooden product,» in *World Conference on Timber Engineering*, Vienna, Austria: Technische Universität Wien, Aug. 2016. Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: https://graz.elsevierpure.com/en/publications/kielsteg-defining-the-design-parameters-for-a-lightweight-wooden-

[8] I. Kuzmanovska, E. Gasparri, M. Aitchison, and D. Tapias Monne, «Tall Timber Buildings: Emerging trends and typologies,» *World Conference of Timber Engineering*, 2018, Accessed: May 08, 2023. [Online]. Available: https://adk.elsevierpure.com/en/publications/tall-timber-buildings-emerging-trends-and-typologies

[9] V. Salvadori, «Multi-Storey Timber-Based Buildings: An International Survey of Case-Studies with Five or More Storeys Over the Last Twenty Years,» Technische Universität Wien, Wien, 2021. doi: 10.13140/RG.2.2.14822.55360.

[10] H. Svatoš-Ražnjević, L. Orozco, and A. Menges, «Advanced Timber Construction Industry: A Review of 350 Multi-Storey Timber Projects from 2000–2021,» *Buildings*, vol. 12, no. 4, p. 404, Mar. 2022, doi: 10.3390/buildings12040404.

[11] United Nations Environment Programme, «2022 Global Status Report for Buildings and Construction,» 2022. Accessed: May 02, 2023. [Online]. Available: https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction

[12] UN. Population Division, «World Urbanization Prospects 2018 Highlights,» New York, 2019. Accessed: Nov. 11, 2022. [Online]. Available: https://doi.org/10.18356/6255ead2-en

[13] P. Steadman, «Why are most buildings rectangular?,» *Architectural Research Quarterly*, vol. 10, no. 2, pp. 119–130, Jun. 2006, doi: 10.1017/S1359135506000200.

[14] M. Wallner-Novak, J. Koppelhuber, and K. Pock, «Cross-Laminated Timber Structural Design,» *ProHolz*, 2014, Accessed: Mar. 02, 2023. [Online]. Available: www.proholz.at

[15] H. Svatoš-Ražnjević, A. Krtschil, L. Orozco, G. Neubauer, J. Knippers, and A. Menges, «Towards Design Flexibility and Freedom In Multi-Storey Timber Construction: Architectural Applications of a Novel, Adaptive Hollow Slab Building System,» Curran Associates, Inc., Jun. 2023, pp. 3905–3916. doi: 10.52202/069179-0508.

[16] M. H. Ramage *et al.*, «The wood from the trees: The use of timber in construction,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 68, pp. 333–359, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.09.107.

[17] C. Tapia, M. Claus, and S. Aicher, «A finger-joint based edge connection for the weak direction of CLT plates,» *Constr Build Mater*, vol. 340, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127645.

[18] M. H. Hussin *et al.*, «Latest advancements in high-performance bio-based wood adhesives: A critical review,» *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 21, pp. 3909–3946, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.10.156.

[19] S. Zöllig, «TS3 – A New Technology for Efficient Timber Structures,» *Current Trends in Civil & Structural Engineering*, vol. 4, no. 4, 2020, doi: 10.33552/CTCSE.2020.04.000592.

[20] M. Kairi, «Schraubenverleimungen erlauben neue Möglichkeiten im Ingenieurholzbau,» in *Internationales Holzbau-Forum*, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2000. Accessed: Mar. 11, 2024. [Online]. Available: https://forum-holzwissen.com/document/secure/7951d6e9-0412-4e99-b88f-dc19a4b1ae09

[21] Apolinarska, Aleksandra Anna, R. Bärtschi, R. Furrer, F. Gramazio, and M. Kohler, *Advances in Architectural Geometry 2015 - Mastering the Sequential Roof: Computational Methods for Integrating Design, Structural Analysis, and Robotic Fabrication*. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2016. doi: 10.3218/3778-4_17.

[22] J. Willmann, M. Knauss, T. Bonwetsch, A. A. Apolinarska, F. Gramazio, and M. Kohler, «Robotic timber construction - Expanding additive fabrication to new dimensions,» *Autom Constr*, vol. 61, pp. 16–23, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2015.09.011.

[23] S. Leder, R. Weber, D. Wood, O. Bucklin, and A. Menges, «Distributed Robotic Timber Construction,» *Acadia*, 2019, doi: 10.52842/conf.acadia.2019.510.

[24] W. Xu, D. Luo, and Y. Gao, «Automatic Brick Masonry System and Its Application in On-site Construction,» *Proceedings of the 24th CAADRIA Conference - Volume 1*, 2019, doi: 10.52842/conf.caadria.2019.1.083.

[25] A. Gawel *et al.*, «A Fully-Integrated Sensing and Control System for High-Accuracy Mobile Robotic Building Construction,» in *2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, IEEE, Nov. 2019, pp. 2300–2307. doi: 10.1109/IROS40897.2019.8967733.

[26] Z. Jin, P. R. Pagilla, H. Maske, and G. Chowdhary, «Task Learning, Intent Prediction, and Adaptive Blended Shared Control With Application to Excavators,» *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 29, no. 1, pp. 18–28, Jan. 2021, doi: 10.1109/TCST.2019.2959536.

[27] C. Brosque and M. Fischer, «Safety, quality, schedule, and cost impacts of ten construction robots,» *Construction Robotics*, vol. 6, no. 2, pp. 163–186, Jun. 2022, doi: 10.1007/s41693-022-00072-5.

[28] K. H. Petersen, N. Napp, R. Stuart-Smith, D. Rus, and M. Kovac, «A review of collective robotic construction,» *Sci Robot*, vol. 4, no. 28, Mar. 2019, doi: 10.1126/scirobotics.aau8479.

[29] S. Goessens, C. Mueller, and P. Latteur, «Feasibility study for drone-based masonry construction of real-scale structures,» *Automation in Construction*, vol. 94. Elsevier B.V., pp. 458–480, Oct. 01, 2018. doi: 10.1016/j.autcon.2018.06.015.

[30] K. Dörfler *et al.*, «Mobile robotic fabrication beyond factory conditions: case study Mesh Mould wall of the DFAB HOUSE,» *Construction Robotics*, vol. 3, no. 1–4, pp. 53–67, Dec. 2019, doi: 10.1007/s41693-019-00020-w.

[31] E. M. Wetzel, J. Liu, T. Leathem, and A. Sattineni, «The Use of Boston Dynamics SPOT in Support of LiDAR Scanning on Active Construction Sites,» *39th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 2022, doi: https://doi.org/10.22260/ISARC2022/0014.

[32] S. Leder *et al.*, «Leveraging Building Material as Part of the In-Plane Robotic Kinematic System for Collective Construction,» *Advanced Science*, vol. 9, no. 24, p. 2201524, Aug. 2022, doi: 10.1002/advs.202201524.

[33] T. Bock and T. Linner, *Robot-oriented design: Design and management tools for the deployment of automation and robotics in construction*. Cambridge University Press, 2015. doi: 10.1017/CBO9781139924146.

[34] F. Rauscher and O. Sawodny, «Modeling and Control of Tower Cranes With Elastic Structure,» *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 29, no. 1, pp. 64–79, Jan. 2021, doi: 10.1109/TCST.2019.2961639.

[35] F. Rauscher and O. Sawodny, «Efficient Online Trajectory Planning for Integrator Chain Dynamics Using Polynomial Elimination,» *IEEE Robot Autom Lett*, vol. 6, no. 3, pp. 5183–5190, Jul. 2021, doi: 10.1109/LRA.2021.3072857.

[36] M. Burkhardt, A. Gienger, and O. Sawodny, «Optimization-Based Multipoint Trajectory Planning Along Straight Lines for Tower Cranes,» *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 32, no. 1, pp. 290–297, Jan. 2024, doi: 10.1109/TCST.2023.3308762.

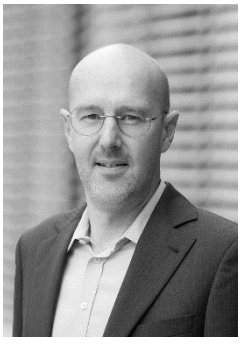
[37] Festo AG., «Datasheet - Fluidic Muscle DMSP/MAS,» Esslingen am Neckar, Germany, 2016. Accessed: Jan. 21, 2022. [Online]. Available: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/704660/DMSP-MAS_EN.PDF

Geschlitzte Holzrippen für erhöhte Trittschalldämmung – die bauphysikalische und mechanische Herausforderung

Theresa Müller
Institut für Akustik und Bauphysik, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



Sven Öhler
Fraunhofer Institut für Bauphysik
Stuttgart, Deutschland



Geschlitzte Holzrippen für erhöhte Trittschalldämmung – die bauphysikalische und mechanische Herausforderung

1. Einleitung

Der Schallschutz im Holzbau erweist sich besonders in mehrgeschossigen Gebäuden als Herausforderung. Die typische erhöhte Übertragung von Körper- und Trittschall vornehmlich im tiefen Frequenzbereich führt zu Einschränkungen des akustischen Komforts im Innenraum. Zur Einhaltung der normativ geregelten Mindestanforderungen werden zusätzliche Schichten und Beschwerungen meist aus mineralischen Werkstoffen ober-, inner- und unterhalb der Rohdecken (z.B. schwimmender Estrich, Schüttungen) unerlässlich. Die damit verbundene Materialkombination verschlechtert die Klimabilanz, erhöht die stoffliche und konstruktive Komplexität und verhindert nachhaltiges Recycling [1].

Damit Holzbaukonstruktionen zukunftsfähig sind, ist es notwendig, ressourceneffiziente Strukturen zu entwickeln und zu realisieren, die den Nutzeranforderungen gerecht werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass bisherige Konstruktionslösungen von Holzgeschossdecken im Vergleich zu Stahlbetondecken schlechter bewertet werden, obwohl die Mindestanforderungen basierend auf dem bewerteten Normtrittschallpegel $L_{n,w}$ eingehalten sind [2–4]. Besonders die Übertragung des tieffrequenten Trittschalls bietet ein erhöhtes Störpotential. Aus diesem Grund wird empfohlen, bei leichten Konstruktionen die tieferen Frequenzen mindestens bis zu 50 Hz in die Bewertung mit einfließen zu lassen [2, 5]. Dadurch kann beurteilt werden, ob die gewählten akustischen Verbesserungsmaßnahmen im für Holzdeckenkonstruktionen relevanten Frequenzbereich die erforderliche Wirkung erzielen. Dabei zeigt sich, dass bisherige Verbesserungsmaßnahmen auch zu einer erhöhten Schallübertragung im tiefen Frequenzbereich führen können, was die gesamte akustische Qualität eines Deckensystems negativ beeinflussen kann [1].

In diesem Beitrag wird ein innovatives Konzept vorgestellt, das die Erweiterung tragender Konstruktionsbauteile um eine akustisch entkoppelnde Funktion erweitert. Die gezielte Schwächung im Deckensystem zur Verbesserung des Trittschallverhaltens erfolgt im interdisziplinaren Entwurfsverfahren unter Einbezug der mechanischen Rahmenbedingungen.

2. Konzept der integrativen akustischen Entkopplung in Form von geschlitzten Holzrippen

Die akustische Bemessung erfolgt bislang als nachgelagerter Schritt zur Tragwerksplanung. Daher werden Geschossdecken mit zusätzlichen Schichten ergänzt. Bei Holzdecken erfolgt dies über das zusätzliche Aufbringen von Masse, um das Schwingungsverhalten und die Trittschallübertragung zu beeinflussen. Neben einer Vergrößerung des Bauteilquerschnittes führt dies auch zu einer Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Gesamtkonstruktion. Aus akustischer Sicht stellen derartige Verbesserungsmaßnahmen oftmals suboptimale Lösungen dar, da sie keine maßgebliche Verbesserung der Trittschallübertragung im relevanten tieffrequenten Bereich erzielen, jedoch die Komplexität von Geschossdeckensystemen erhöhen [1].

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des Exzellenzclusters «Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC)» an der Universität Stuttgart erfolgt im Gegensatz zum konventionellen Planungsprozess, die Erforschung interdisziplinarer Planungsansätze und Anwendung digitaler Technologien zur Modernisierung des Entwurfs- und Planungsprozesses von Architektur und Bauwesen. Im Austausch mit der Tragwerksplanung und unter Berücksichtigung von Herstellmethoden, kann das dynamische

Tragverhalten aus akustischer und struktureller Sicht frühzeitig im Planungsprozess berücksichtigt werden. Mittels integrativer Ansätze (Co-Design) können innovative Lösungskonzepte realisiert werden, die das Schwingungsverhalten von Geschossdecken verbessern und im Vergleich zu herkömmlichen schwingungsreduzierenden Maßnahmen weniger zusätzliche Masse und verschiedenartige Materialien benötigen.

Am Beispiel einer zweischaligen Deckenkonstruktion wird ein Konzept vorgestellt, wodurch Teile des statischen Systems geometrisch so modifiziert werden, dass sie sowohl eine Kräfteübertragung in der horizontalen Ebene als auch eine elastische Eigenschaft in vertikaler Richtung aufweisen [6, 7]. Das im Rahmen des Forschungsprojektes interdisziplinär entwickelte Holzdeckensystem unterscheidet sich von herkömmlichen Holzkonstruktionen in dem Sinne, dass es eine stützenbasierte Lagerung und mehrachsige Spannung aufweist. Infolge der Zweischaligkeit und der sich im Hohlraum befindlichen Holzbalkenelemente, können Spannweiten bis zu 11 m realisiert werden [8, 7].

Aus akustischer Sicht ist es naheliegend, den Hohlraum zwischen den beiden Schalen für die Verbesserungsmaßnahmen zu verwenden, um zusätzliche Schichtaufbauten so gering wie möglich zu halten. Die Verwendung von schweren Schüttungen und Füllungen hat sich in der Praxis etabliert und bewirkt in Verbindung mit schwimmend verlegten Estrichen im Fußbodenaufbau eine Veränderung der Strukturschwingung im gesamten Deckensystem. Zudem wird die Durchbiegung bei großen Spannweiten dadurch positiv beeinflusst [9, 7]. Dennoch stellt jede Verbindung der Schalen oder einzelnen Schichten eine Schallbrücke dar und mindert die Effektivität die restlichen akustischen Verbesserungsmaßnahmen.

Aus diesem Grund fokussiert sich die in diesem Beitrag vorgestellte Arbeit auf die Holzbalkenelemente, die sich zwischen den äußeren Schalen des entwickelten Systems befinden. Da sie Teil des tragenden Systems sind, ist es notwendig, diese Balkenelemente akustisch zu entkoppeln, dabei jedoch eine gewisse Kräfteübertragung zuzulassen. Mit dem technologischen Fortschritt in der Holzbearbeitung und -fertigung können Holzmaterialien so modifiziert werden, dass sich ihre mechanischen Eigenschaften verändern. Daraus ergibt sich der Forschungsansatz, tragenden Elementen mehrere Funktionalitäten zuzuweisen. Eine genaue Kenntnis des Strukturverhaltens und der Kräfteverteilung ist hierfür erforderlich, was sich mit einem interdisziplinaren Ansatz umsetzen lässt. [6, 7]

Um die akustische Qualität der entwickelten Rohdeckenkonstruktion zunächst ohne zusätzliche Schichtaufbauten oder Füllungen im tiefen Frequenzbereich zu verbessern, wird an den Balkenelementen eine gezielte robotergestützte Bearbeitung (CNC-Fräsung) in Form von Längsschlitzen durchgeführt. Dadurch wird ihnen eine vertikal wirkende elastische Eigenschaft nach dem Prinzip einer Blattfeder verliehen, während die Übertragung von horizontalen Scherkräften erhalten bleibt. Die zu erwartende Veränderung in der Trittschallübertragung ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt. Für eine gezielte akustische Verbesserung im tiefen Frequenzbereich, ist das Resonanzverhalten der akustisch-funktionalen Balkenelemente (Holzfeder) nach dem Prinzip eines Biegeschwingers auf niedrige Frequenzen abzustimmen. [7, 6]



Abbildung 1: Schematische Darstellung der direkten Trittschallübertragung des entwickelten zweischaligen Holzdeckensystems mit Balkenelementen (links) und akustisch-funktionalen Elementen (Holzfeder, rechts); © ICD, IABP, Universität Stuttgart [6]

Die Verwendung digitaler Werkzeuge ermöglicht in diesem Zusammenhang nicht nur die präzise und automatisierte Bearbeitung der Holzbalkenelemente, sondern auch die Simulation und Modellierung des Schwingungsverhaltens derartig modifizierter Bauteile und ihren akustischen Eigenschaften. Zur Analyse des Schwingungsverhaltens der Konstruktion infolge der veränderten Balkenelemente, wird das Simulationsprogramm Siemens Simcenter 3D [10] herangezogen. Anhand des digitalen Modells können die Schwingungsformen und Eigenfrequenzen des Deckensystems bestimmt werden. Das Modell beinhaltet

die Abmessungen der einzelnen Bauteile sowie deren materialspezifische Kenngrößen für Brettsperrholz aus Nadelholz (C24) gemäß [11]. Das vorliegende Deckensystem besteht aus einer unteren Platte mit einer Dicke von 160 mm und einer oberen Platte mit einer Dicke von 80 mm. Dazwischen sind Balkenelemente mit einer Höhe von 200 mm und jeweils einer Länge von 1500 mm platziert [6]. Um die beiden Platten effektiv zu entkoppeln, werden die Balkenelemente so modifiziert, dass sie durch die Längsschlitze bei 100 Hz resonieren. Für einen Vergleich der Verbesserung des Systems infolge der Modifizierung, wird das Deckensystem einmal mit und ohne seitlicher Längsschlitzung der Balkenelemente betrachtet.

Abbildung 2 zeigt die durch die modale Analyse mit Simcenter 3D bestimmten Schwingungsmodi der beiden Varianten im Bereich von 100 Hz. Das Ergebnis offenbart, dass das Modell der Deckenkonstruktion vor der Entkopplung eine Schwingungscharakteristik aufweist, die der einer einschaligen Struktur ähnelt, da die Schwingungsform der oberen und unteren Platte gleich ist. Infolge der Abstimmung der akustisch-funktionalen Balkenelemente auf 100 Hz wird die Entkopplung der oberen und unteren Platten erreicht, was zu unterschiedlichem Schwingungsverhalten führt (Abbildung 2, rechts). Es zeigt sich eine geringere Auslenkung der unteren Platte als bei der oberen Platte. [6]

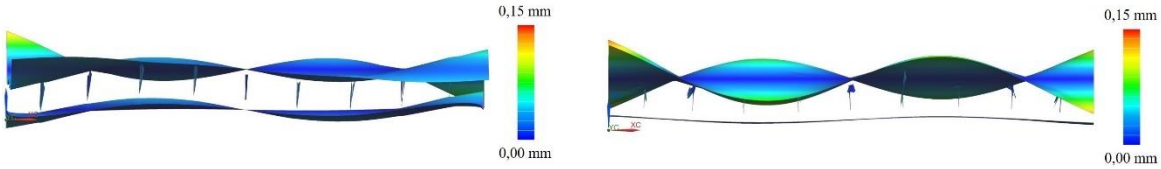


Abbildung 2: Schwingungsform des in Siemens Simcenter 3D simulierten zweischaligen Holzdeckensystems mit Balkenelementen (links) und akustisch-funktionalen Elementen (Holzfedern, rechts) bei ca. 100 Hz [6]

Um die Auswirkungen auf die Trittschallübertragung messtechnisch zu bestimmen, wird die Deckenkonstruktion in den Deckenprüfstand des Fraunhofer Instituts für Bauphysik in Stuttgart eingebaut. Der Aufbau entspricht dem im digitalen Modell. Um die Rückbaubarkeit bzw. die Umbaumaßnahmen zu gewährleisten, werden die Bauteile miteinander verschraubt. Die Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels und den Spektrumanpassungswerten $C_{I,100\text{-}2500}$ sowie $C_{I,50\text{-}2500}$ als Kenngröße für den tieffrequenten Bereich erfolgt nach DIN EN ISO 10140 Teil 3 [12].

Die Ergebnisse der Messungen beider Systemvarianten sind in Abbildung 3 und Tabelle 1 gegenübergestellt. Der Austausch der Balkenelemente gegen Holzelemente mit federnder Eigenschaft zeigt eine signifikante Verbesserung des Trittschallpegels im Frequenzbereich unterhalb von 500 Hz. Insbesondere an der abgestimmten Frequenz von etwa 100 Hz wird der Resonatoreffekt durch den Einbruch in der Kurve deutlich. Besonders auffällig ist der breitbandig erzeugte Effekt im Trittschallpegel zwischen 80 und 500 Hz. Dies zeigt sich auch in den bewerteten Einzahlwerten. Infolge der Entkopplung verbessert sich der $L_{n,w}$ um 4 dB. Der $C_{I,50\text{-}2500}$ verbessert sich auf -3 dB. An dieser Stelle sei betont, dass sich diese Veränderung der Trittschallübertragung lediglich durch die gezielte maschinelle Bearbeitung der Balkenelemente als Verbindung der beiden Schalen eingestellt hat.

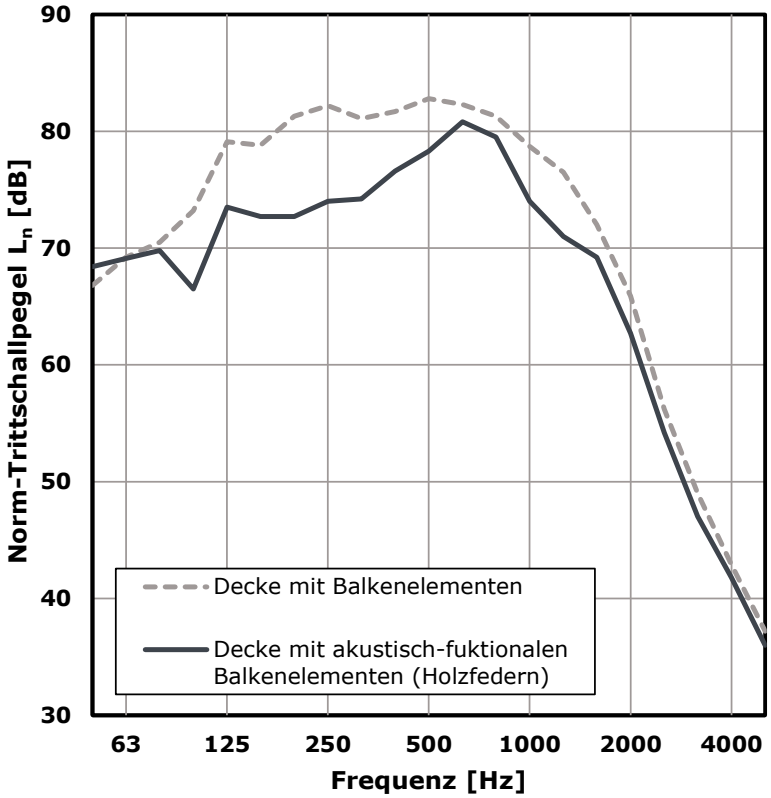


Abbildung 3: Gemessene Trittschallpegel des zweischaligen Holzdeckensystems mit Balkenelementen und akustisch-funktionalen Elementen (Holzfedern) [7]

Tabelle 1: Bewertete Norm-Trittschallpegel und Spektrumanpassungswerte des zweischaligen Holzdeckensystems mit Balkenelementen und akustisch-funktionalen Elementen (Holzfedern) [6]

Zweischaliges Deckensystem	Bewerteter Norm-Trittschallpegel	Spektrumanpassungswert	
	$L_{n,w}$ [dB]	$C_{I,100\text{-}2500}$ [dB]	$C_{I,50\text{-}2500}$ [dB]
Decke mit Balkenaufbau	79	-3	-2
Decke mit akustisch-funktionalen Elementen (Holzfedern)	75	-3	-3

3. Herausforderung der akustischen Entkopplung und mechanischen Verbindung

Die Herausforderung bei integrativen Maßnahmen, wie der Funktionserweiterung und gezielten Schwächung von Komponenten des Tragwerksystems ist es, eine genaue Kenntnis der mechanischen Kenngrößen sowie der Auswirkungen auf die Globalstatik des Gesamtsystems zu berücksichtigen. In Kooperation mit der Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart (MPA) wurden Messungen auf Schubversagen durchgeführt, die eine genaue Charakterisierung der akustisch-funktionalen Holzbalkenelemente hinsichtlich des mechanischen Versagensverhaltens und der Scherfestigkeit ermöglicht. Das vorgestellte Konzept eignet sich bisher für die Anwendung in Bereichen mit niedrigen Biegespannungen, wie es beispielsweise in Feldmitte zwischen Lagerungspunkten der Fall ist. An den Plattenrändern, besonders im Fall von einer stützenbasierten Lagerung, existieren hohe Lasten und es erfordert große Steifigkeit an der Stützen-Plattenverbindung. Dies lässt keine Schwächung des Tragwerksystems an diesen Bereichen zu.

4. Zusammenfassung

Digitale Werkzeuge unterstützen die akustische Optimierung von Holzdeckenkonstruktionen durch präzise Bearbeitung und erweiterte Simulationsmöglichkeiten im interdisziplinaren Entwurfs- und Planungsprozess. Die robotergestützte Bearbeitung ermöglicht die genauen Modifikationen und die daraus resultierende Veränderung der mechanischen Eigenschaften von Holzbalkenelementen. Die computergestützte Analyse prognostiziert das Schwingungsverhalten der vorgestellten zweischaligen Deckenkonstruktion, was sich auch anhand von Messungen bestätigen lässt. Der Austausch der Balkenelemente gegen federnde Holzelemente verbessert den Trittschallpegel unter 500 Hz signifikant, besonders bei etwa 100 Hz. Dies wird auch anhand des bewerteten Norm-Trittschallpegels deutlich, der sich allein durch die geometrische Modifikation um 4 dB reduziert. Der ermittelte Spektrumanpassungswert $C_{I,50\text{-}2500}$ zeigt ebenfalls, dass das vorgestellte Konzept die Schallübertragung im niedrigen Frequenzbereich verbessern kann.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes wird die Umsetzung im mehrgeschossigen Demonstratorgebäude auf dem Gelände der Universität Stuttgart untersucht und im Austausch mit planenden Firmen für den Einbau vorgesehen. Dies ermöglicht eine umfangreiche Untersuchung bezüglich der Dauerhaftigkeit und Wirksamkeit unter realen Bedingungen. Weiters wird das Konzept auf den Lagerungsbereich ausgeweitet und an geeigneten Lösungen geforscht.

5. Danksagung

Dieser Beitrag ist Teil der Forschungsarbeit im Projekt «Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur (IntCDC)» und wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder - EXC 2120/1 – 390831618.

Das Teilprojekt wurde ermöglicht durch die Zusammenarbeit mit dem Institut für Computer basiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD), dem Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (ITKE) und der Materialprüfanstalt (MPA) der Universität Stuttgart sowie dem Fraunhofer Institut für Bauphysik am Standort Stuttgart. Der Dank gilt den beteiligten Kolleginnen und Kollegen.

6. Literaturverzeichnis

[1] Müller, T., et al.: The Dilemma of Balancing Design for Impact Sound with Environmental Performance in Wood Ceiling Systems—A Building Physics Perspective. Sustainability 13 (2021), 8715.

[2] Ljunggren, F., Simmons, C.: Sound insulation in multi-family houses: Proposal of single number limits for acoustical protection and comfort. Building Acoustics 30 (2023), 387–407.

[3] Ljunggren, F., et al.: Correlation between sound insulation and occupants' perception – Proposal of alternative single number rating of impact sound. Applied Acoustics 85 (2014), 57–68.

[4] Späh, M., et al.: AcuWood - Entwicklung verbesserter Mess- und Bewertungsverfahren für den Schallschutz (2014).

[5] Blödt, A., et al.: Schallschutz im Holzbau - Grundlagen und Vorbemessung. 1. Auflage. Holzbau Deutschland-Institut e.V, Berlin, 2019.

[6] Müller, T., Leistner, P.: Integrative Ansätze zur Körperschallentkopplung im mehrgeschossigen Holzbau. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), Fortschritte der Akustik - DAGA 2023 (2023).

[7] Müller, T., Leistner, P.: Ecologically motivated approaches for improving low-frequency sound and vibration performance in multistory timber buildings, Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association Forum Acusticum 2023 (2024).

[8] Krtschil, A., et al.: Structural development of a novel punctually supported timber building system for multi-storey construction. Journal of Building Engineering 58 (2022), 104972.

[9] Hamm: Schwingungen bei Holzdecken - Konstruktionsregeln für die Praxis, 2. Internationales Forum Holzbau Beaune, 2012.

[10] Simcenter 3D, URL: https://www.plm.automation.siemens.com/global/de/products/simcenter/simcenter-3d.html.

[11] Wallner-Novak, M., et al.: Brettsperrholz Bemessung; Grundlagen für Statik und Konstruk-tion nach Eurocode: Informationen für die Berechnung und konstruktive Gestaltung von Holztragwerken. ProHolz Austria, Wien, 2013.

[12] DIN EN ISO 10140-3: Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 3: Messung der Trittschalldämmung (ISO 10140-3:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-3:2021 (2021).

Eingespannte Stützen aus Brettschichtholz – die nachhaltige Synergie von Holz- und Fertigteilbetonbauteilen

Kai Simon
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



Simon Aicher
Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



Eingespannte Stützen aus Brettschichtholz – die nachhaltige Synergie von Holz- und Fertigteilbetonbauteilen

1. Einleitung

Biegesteife Anschlüsse von Holzbauteilen werden heute meistens mittels mechanischer Verbindungen ausgeführt. Bei Verbindungen von balkenartigen Trägern überwiegen Ausführungen mit eingeschlitzten Stahlblech-Stabdübelverbindungen (Abb. 1a). Im Falle von biegesteifen Stützen aus Brettschichtholz (BSH) existiert darüber hinaus die Möglichkeit eines direkten Vergusses des Brettschichtholzes im Betonfundament (Abb. 1b). Diese in Deutschland in der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-9.1-136 [1] geregelte Bauweise erfordert jedoch mit Bezug auf einen ausreichenden Schutz des Holzes vor Wasser und infolge Betonummantelung sodann nicht sichtbarer pilzbedingter Degradation eine sehr aufwändige Vorbehandlung des Stützenfußes. Hierbei kann entweder eine Epoxidharzbeschichtung in Verbindung mit zwei Lagen Glasfasergewebematten oder eine Stützenummantelung wasserdicht verlöteter oder verschweißter Blechhülse erfolgen, wobei der Zwischenraum zwischen Hülse und BSH mit Epoxidharz zu verpressen ist. Die Drehfedersteifigkeit und Biegemoment-/Querkraftkapazität des Anschlusses hängt sodann direkt von der Stützeneinbindelänge t ab. Diese beträgt in Verbindung mit einem vereinfachten Nachweisverfahren mindestens das 2-fache der Querschnittseite d in Richtung der Hauptbeanspruchung (im Falle eines genauen Nachweises gilt t > 1,3 d).

Neben den genannten Ausführungsarten von biegesteifen (Stützen-)Anschlüssen mittels mechanischer Verbindungsmittel und direktem Verguss existiert sodann die Möglichkeit eines Anschlusses mittels eingeklebter Stahlstäbe. Derartige Verbindungen mit faserparallel in die Hirnholzflächen eingeklebten Stahlstäben (vgl. Abb. 1c) weisen bei überwiegend axialer Beanspruchung sehr hohe Tragfähigkeiten auf und ermöglichen eine weitgehend vollständige Ausnutzung der Zug-/Drucktragfähigkeit des Nettoquerschnitts. Naheliegend wurden derartige Verbindungen sehr häufig für fachwerkartige Anschlüsse in ebener oder räumlicher Bauart in Verbindungen mit Guss-/Stahlformteilen eingesetzt. Bei Stützen oder eingespannten Decken- bzw. Brückenträgern ist jedoch häufig die Querbeanspruchbarkeit wesentlich.

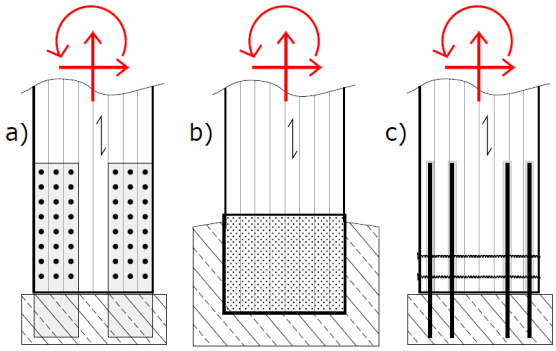


Abbildung 1: Ausführungsalternativen für biegesteife Stützenanschlüsse mittels a) Schlitzblech-Stabdübel-Verbindung, b) BSH-Verguss im Köcherfundament und c) Verbindung mittels eingeklebten und vergossenen Stahlstäben

Im Gegensatz zu den sehr hohen Zugtragfähigkeit und sodann Biegemomentkapazität von Anschlüssen mit faserparallel eingeklebten Stahlstäben ist die Querkrafttragfähigkeit sehr gering. Dies ist bedingt durch die sehr niedrige Querzugtragfähigkeit von (Nadel-)Holz und dem hieraus resultierenden frühen Spaltversagen infolge Ringzugspannungen am austretenden Stahlstabende. Dieser grundsätzliche Nachteil des Werkstoffes Holz wirkt sich in

der nachzuweisenden Interaktion von Normal- und Querkraft sodann sehr abträglich auf die resultierende Tragfähigkeit einer Moment (M), Normalkraft (N) und Querkraft (V) belasteten Stütze mit eingeklebten Stahlstäben aus.
Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben sind in Deutschland hinsichtlich der Bemessung in DIN EN 1995-1-1/NA:2013 [1] geregelt und geeignete Klebstoffe sind mittels bauaufsichtlicher Zulassungen oder ETAs verwendbar. Europäisch werden eingeklebte Stahlstäbe nunmehr erstmalig in der zurzeit revidierten Eurocode 5-1-1 – Fassung (prEN 1995-1-1:2023 [3]) geregelt. Einige Ausführungen der genannten Normenwerke, die für die Querkraftbemessung relevant sind, werden nachstehend adressiert.

Die Querkrafttragfähigkeit von Stützenanschlüssen mittels eingeklebter Stahlstäbe kann durch geeignete Verstärkungen wesentlich erhöht werden. Wie in [4], [5] und [6] umfassend nachgewiesen, eignen sich hierzu sowohl selbstbohrende Schrauben, die rechtwinklig zur Stützenachse eingedreht werden, seitlich aufgeklebte Verstärkungslaschen oder hirnholzseitig aufgeklebte Baufurniersperrholzplatten aus Hartholz (Buche oder Birke), vgl. Abbildungen 2 a) – c). Derartige Verstärkungen sind ausschlaggebend für eine hohe technisch-wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der hier betrachteten Stützenanschlüsse.

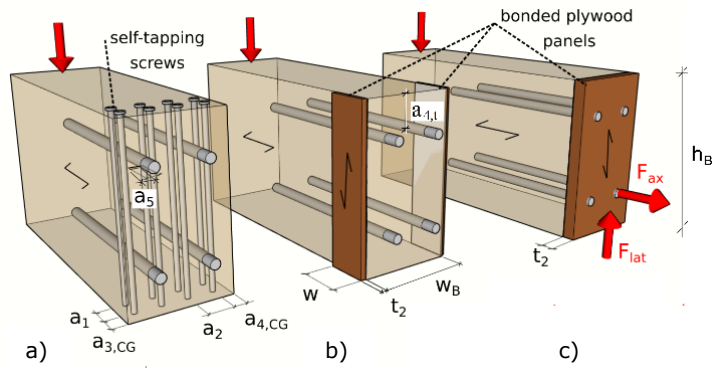


Abbildung 2: Untersuchte Querkraft-Verstärkungsmaßnahmen a) selbstbohrende Vollgewindeschrauben, b) seitlich aufgeklebte BFU-Laschen und c) hirnholzseitig vollflächig aufgeklebte BFU-Platte

2. Realisierte Demonstratorbauten mit BSH-Stahlstab-Stahlbetonanschlüssen und Potential speziell für Stützen

Die Leistungsfähigkeit von BSH-Stahlstab-Stahlbetonanschlüssen in vollmaßstäblichen Prüfkörpern wurde erstmalig in [7] im Zusammenhang mit der semi-integralen Stuttgarter Brücke, einer auf dem Campus der Universität Stuttgart erbauten, vollmaßstäblichen Demonstrator-Brücke, nachgewiesen. Der in Nutzungsklasse 2 ausgeführte biegesteife Anschluss eines 400 mm x 1200 mm großen Querschnitts eines im Grundriss gekrümmten BSH-Verbundbauteils mittels insgesamt 34 eingeklebter und einbetonierter Stahlstäbe weist nach nunmehr 7-Jähriger Standzeit eine unveränderte Steifigkeit und Beanspruchbarkeit auf (vgl. [10]).

Basierend auf dem bezüglich der Normalkraftübertragung prinzipiell gleichen Bauprinzip wurden sodann im Jahr 2019 drei weitere Brücken in Weinstadt und Urbach als Realbauwerke erfolgreich und mängelfrei umgesetzt. Abweichend von [7] erfolgt bei den genannten als vollintegrale Bauwerke realisierten Brücken die Querkraftabtragung im Wesentlichen über Stahlwinkel, die an den Auflagern mittels selbstbohrender Vollgewindeschrauben an das Hirnholz angeschlossen sind. Infolge der großen Aufvoutung der BSH-Brückenträger an den beidseitigen Auflagern und der modifizierten Querkraftübertragung lassen sich die Felderfahrungen mit den genannten, eingehend durch remote Monitoring überwachten Real-Brückenbauwerken jedoch nur eingeschränkt auf die hier im Vordergrund stehenden Stützenanschlüsse mit vergleichsweise kleinen schlanken Querschnitten und extrem randnah angeordneten Stahlstäben bei Vorhandensein großer Querkräfte übertragen.

Das Anwendungspotential von in Fundamenten eingespannten Brettschichtholzstützen ist als sehr groß zu bezeichnen. Nahezu alle gewerblichen Hallenbauten in Europa basieren auf Stahlbeton-Fertigteilstützen, die in Fertigteil-Köcherfundamente oder in Ortbetonausführungen angeschlossen werden. Holzbauteile werden sodann in großem Umfang als Dachträger und in geringerem Umfang als Deckenunterzüge verwendet. Ein weiteres großes Anwendungsfeld tut sich im mehrgeschossigen Holzbau auf, wo anstelle von Verbandsgestützten BSH-Pendelstützen eingespannte Stützen mit Anschlüssen hoher Federsteifigkeit architektonisch-technisch neue Gebäude-Aussteifungsansätze ermöglichen.

Einer der Hauptgründe für die heutige mengenmäßig unwesentliche Verwendung von BSH-Stützen im Vergleich zu Stahlbeton (RC)- Fertigteilstützen liegt an dem Nichtvorhandensein typisierter Anschlussvarianten. Hierbei stehen insbesondere die Themen einer hohen Querkrafttragfähigkeit sowie eines dauerhaften Klima-/Feuchte- und Anprallschutzes im Vordergrund, die im Falle von RC-Bauteilen durchweg als gelöst anzusehen sind. Um die skizzierte BSH-Stützenthematik im Rahmen der gebotenen nachhaltigen und recyclingfähigen Bauweisen zu baupraktisch umsetzbaren Lösungen voranzubringen, kooperieren die Fa. Veit Dennert KG und die MPA in einem dem IntCDC assoziierten gemeinsamen Forschungsprojekt. Ein wesentliches Ziel der gemeinsamen Forschungsanstrengungen besteht darin, abgestimmte, typisierte biegesteife BSH-Anschlüsse in Verbindung mit RC-Köcherfundamenten zu entwickeln. Stahlbetonprothesen als BSH-Stützenfortsätze u.a. für erhöhte Anprall-Resilienz sind hierbei eingeschlossen. Nachstehend wird auszugsweise über Arbeiten und Ergebnisse des Projekts berichtet.

3. Querkraftbemessung von Anschlüssen mit eingeklebten Stahlstäben

Die Querkraftbemessung von Stahlstäben, die rechtwinklig (ε = 90°), geneigt oder parallel (ε = 0°) zur Holzfaserrichtung in Brettschichtholz oder Furnierschichtholz eingeklebt sind wird in DIN EN 1995-1-1/NA:2013 [1] sowie in der Entwurfsfassung des neuen Eurocodes 5-1-1 (prEN 1995-1-1 [3]) näherungsweise ähnlich adressiert. Wesentlich ist zunächst, dass derartige Anschlüsse gleichermaßen in enger Anlehnung an die Querkraftbemessung von Stabdübeln und Bolzen nach sogenannter Johansson-Theorie behandelt werden. Bei den hier im Vordergrund stehenden faserparallel eingeklebten Stangen (ε = 0°) ergibt sich sodann unmittelbar das Problem der Festlegung einer zutreffenden Lochleibungsfestigkeit, da diese Festigkeit bei Stabdübel-Anschlüssen, bei denen ausschließlich eine Dübelanordnung rechtwinklig zur Faserrichtung vorliegt, nicht geregelt ist und für den Fall der faserparallelen Anordnung nahezu keine veröffentlichten Versuchsergebnisse vorliegen. Dieser Sachverhalt ist in [1], [3] in sehr konservativer Auslegung sodann derart geregelt, dass die Lochleibungsfestigkeit zu 10% des Wertes für Stabdübel-Verbindungen angesetzt werden darf, wobei nicht explizit geregelt ist, ob hierbei eine Dübelbeanspruchung parallel oder rechtwinklig zur Faserrichtung anzunehmen ist. In Anlehnung an [8] kann der höhere der beiden Lochleibungsfestigkeitswerte (= Beanspruchung parallel zur Faser), sodann

$$f_{h,\alpha=90,\varepsilon=0} = 0{,}1 \cdot (0{,}082 \cdot (1 - 0{,}01 \cdot d_{drill}) \cdot \rho_k \qquad \text{[N/mm²]} \qquad (1)$$

verwendet werden, wobei d_{drill} den Bohrdurchmesser in mm und ρ_k die charakteristische Rohdichte des Holzes in kg/m³ bezeichnen. Die Lochleibungsfestigkeit gemäß Gl. (1) kann des Weiteren nach [1] um 25% erhöht werden, nicht jedoch zufolge [3].

In [3] sind sodann die Querkraftbemessungsgleichungen

$$F_{D,k} = min \begin{cases} d \cdot f_{h,k} \cdot \left(\sqrt{(l_h + 2 \cdot l_{can})^2 + l_h^2} - l_h - 2l_{can} \right) & (2a) \\ d \cdot f_{h,k} \cdot (\sqrt{l_{can}^2 + \frac{2M_{y,k}}{d \cdot f_{h,k}}} - l_{can} & (2b) \end{cases}$$

mit

d	nomineller Stabdurchmesser in mm
l_{can}	Abstand der Querkraft vom Beginn der Klebefuge in mm
l_h	eingeklebte Stablänge in mm
$M_{y,k}$	charakteristisches Fließmoment des Stahlstabs in Nmm

angegeben. Bezüglich der Gleichungen (2 a,b) ist anzumerken, dass diese ausschließlich für den Fall eines quasi punktförmigen Lastangriffs der Querkraft im Abstand von l_{can} gültig sind. Anmerkung: die Gleichungen entsprechen weitestgehend denjenigen in [9] für den Anschluss eines dünnen Stahlblechs an Holz.

Für den hier im Vordergrund stehenden Fall eines Stahlstabs, der vollständig in Stahlbeton vergossen ist, treffen sodann die Johansson Gleichungen für den Anschluss eines dicken Stahlblechs zu, wobei sich in Abhängigkeit von den Anschluss-Steifigkeitsverhältnissen ein zweites, tragfähigkeitserhöhendes Fließgelenk im Stahlstab ausbilden kann. Für den Fall, dass die Hirnholzfläche der BSH-Stütze des Weiteren mit einer aufgeklebten Furniersperrholzplatte aus Laubholz armiert wird, ist diese Schicht, die wesentlich zur Tragfähigkeitserhöhung beiträgt, gesondert zu berücksichtigen. Diesbezügliche Bemessungslösungen mit geklebter Zwischenschicht sind in [4], [5] angegeben. Der extrem Querkrafttragfähigkeitserhöhende Einfluss der hirnholzseitig aufgeklebten BFU-Laubholzplatten infolge deren sehr hoher Lochleibungsfestigkeit wird nachstehend skizziert. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass BSH-Stahlstab-Stahlbeton Anschlüsse ohne hochwirksame Querverstärkung keine konkurrenzfähige technische Leistungsfähigkeit gegenüber Stahlbetonstützen-Anschlüssen erbringen.

4. Querkraft-Tragfähigkeitserhöhung mittels einer hirnholzseitig aufgeklebten Furniersperrholzplatte aus Laubholz

Im Zusammenhang mit der wie vorstehend erläutert unabdingbar erforderlichen Querkraftverstärkung des Stützenfußes, d.h. des BSH-Trägerendes mit den herausragenden Stahlstäben, wurden die in Abb. 2 a) – c) dargestellten Verstärkungsalternativen i) selbstbohrende Schrauben, ii) seitlich aufgeklebte BFU-Streifen und iii) eine hirnholzseitig aufgeklebte BFU-Sperrholzplatte aus Laubholz eingehend hinsichtlich der baupraktischen Realisierung und deren Leistungsfähigkeit untersucht [4], [5], [6]. Da die Verstärkungsmethode der hirnholzseitig aufgeklebten Laubholz-BFU-Platte sowohl die innovativste wie auch die leistungsfähigste Alternative darstellt, wird nachstehend auch mit Blick auf den Beitragsumfang im Wesentlichen hierauf eingegangen. Hierbei wird zunächst die Herstellung und die Leistungsfähigkeit der BSH-Hirnholzplattenverklebung adressiert.

Hirnholzverklebungen werden nach derzeitigem Stand der Technik als ungeeignet für langfristig tragfähige Verbindungen mit hoher Dauerhaftigkeit der Klebfugenintegrität angesehen. Entsprechend dieser Auffassung existieren diesbezüglich, abgesehen von den hier berichteten Untersuchungen und zu TS3 Brettsperrholz-Stumpfstössen, nahezu keine literaturbekannten Versuche. Die hirnholzseitige Verstärkung von BSH-Stützen mittels einer aufgeklebten BFU-Platte aus Birke wurde erstmalig 1986 von Riberholt [11] untersucht, wobei jedoch abgesehen von der Machbarkeit der Verklebung keine Angaben zur Klebfugenfestigkeit und -integrität der Verbindung berichtet wurden.

In den Versuchen an der MPA Universität Stuttgart wurden BSH-Hirnholzverklebungen mit BFU-Platten aus Buche und Birke untersucht, die jeweils mittels eines Phenol-Resorcin-Klebstoffs verklebt wurden. Der Pressdruck wurde durchweg mittels Schraubenpressklebung aufgebracht. Die Scherfestigkeit der Verbindungen wurde an Blockscherprüfkörpern in Anlehnung an DIN EN 14080 [12] im trockenen Zustand nach i) vorheriger Lagerung im Klima 20°C und 65% rel. Luftfeuchte sowie ii) nach Kochwasser-Vorbehandlung gemäß EN 14374 [13], Anhang B, und anschließender Rücktrocknung bei 60°C untersucht. In den Trockenprüfungen ohne Vorbehandlung wurden minimale und mittlere Scherfestigkeiten von 4,2 N/mm² und 5,0 N/mm² erhalten. Die Prüfergebnisse nach Vorbehandlung

lagen im Mittel rd. 20% unter den Trockenscherfestigkeiten. Die Versuchsergebnisse entsprachen nahezu durchweg den Anforderungen an Scherfestigkeitsergebnisse für faserparallele Verklebungen gemäß DIN EN 14080.
Die Querkrafttragfähigkeits-Erhöhung des hirnholzseitig verstärkten Anschlussbereichs hängt bei gegebener und nachzuweisender Lastübertragung in der Hirnholz-Klebefuge sowie bei ausreichender BFU-Zugfestigkeit in Plattenebene entscheidend von der Lochleibungsfestigkeit der BFU Platte bezüglich eines hierzu rechtwinklig angeordneten Stahlstabs ab. Gemäß prEN 1995-1-1 [3], Tabelle 11.7, gilt für die charakteristische Lochleibungsfestigkeit von Sperrholz aus Laubholz in Abhängigkeit von der charakteristischen Rohdichte

$$f_{h,,k,PW} = 0{,}11 \cdot (1 - 0{,}01 \cdot d) \cdot \rho_{k,PW} \qquad \text{[N/mm²]}, \tag{3}$$

woraus sich für Buchen- und Birkensperrholz mit ρ_k-Werten von 740 kg/m³ bzw. 650 kg/m³ für einen Dübel- bzw. Bohrlochdurchmesser von d = 20 mm Lochleibungsfestigkeiten von 65 N/mm² bzw. 57 N/mm² ergeben. Die BFU-Lochleibungsfestigkeiten liegen somit um den Faktor 23 bzw. 20 über der charakteristischen Lochleibungsfestigkeit von BSH aus Nadelholz (GL28h; ρ_k = 425 kg/m³) gemäß Gl. (1) mit 2,8 N/mm².

Die benannten Verhältnisse der Lochleibungsfestigkeiten der Laubholz-Sperrhölzer bezüglich BSH aus Nadelholz mit Verbindungsmittelanordnung parallel zur Faser (ε = 0°) verdeutlichen unmittelbar den zu erwartenden Querkraft-Tragfähigkeitsgewinn auch bei sehr dünnen BFU-Plattendicken von t = 10 – 20 mm. Würde man für die Querkraftübertragung ausschließlich die BFU-Platte heranziehen, so ergäbe sich bei alleiniger Berücksichtigung der Lochleibungsfestigkeit mittels

$$F_{lat} = f_{h,k,PW} \cdot d \cdot t_{PW} \tag{4}$$

bei einer t_{PW} = 20 mm dicken Platte und einem Bohrlochdurchmesser von d = 20 mm eine Querkrafttragfähigkeit pro Stab von rd. 26 kN, die um den Faktor 3,5 über der Querkrafttragfähigkeit des unverstärkten Anschlusses liegt. Bezüglich genauerer Berechnungen vgl. [3].

Die Querkrafttragfähigkeiten verstärkter und unverstärkter Anschlüsse wurden in umfangreichen «reinen» Querkraftversuchen sowie Kragarmversuchen mit unterschiedlichen Moment- / Querkraft-Verhältnissen untersucht [4], [5]. Grob zusammenfassend gilt, dass die Versuche bei randnah angeordneten Stahlstäben bei hirnholzseitiger Verstärkung Tragfähigkeitserhöhungen um Faktoren von rd. 3 – 5 gegenüber den unverstärkten Referenzprüfkörpern ergaben. Selbst bei sehr großer Entfernung zwischen beanspruchtem Rand und Stab von 75% der Querschnittshöhe ergaben sich im Mittel Tragfähigkeitserhöhungen um den Faktor 2.

5. Vollmaßstäbliche Stützenanschluss-Versuche mit unterschiedlichen Klima- und Feuchteeinwirkungen

In baupraktisch relevanter Verifizierung des entwickelten Stützen-Anschlusskonzepts wurden die nachstehend benannten Dauerstandversuche im Bauteilmaßstab konzipiert und realisiert. Das verwendete Brettschichtholz der Festigkeitsklasse GL28h wies hierbei durchweg, abgesehen von einer Ausnahme, Abmessungen von 160 mm x 600 mm auf. Die Stützenlänge (BSH) variierte von 1,5 m – 3,0 m, wobei im Biegedruck- und -zugbereich jeweils vier Betonrippenstäbe (Durchmesser d = 16 mm) mit den Rand- und Zwischenabständen von $a_{2,c}$ = 40 mm, a_2 = 64 mm (in Lastrichtung) und 80 mm (rechtwinklig zur Lastrichtung) sowie $a_{4,t}$ = 48 mm, jeweils über eine Länge von 800 mm eingeklebt waren. Als Klebstoff wurde das 2K-Epoxidharz Wevo EP 32 S/ B22 TS gemäß allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-9.1-705 [15] verwendet. Der Bohrlochdurchmesser betrug durchweg 20 mm. Die im jeweiligen Fall verwendete Querkraftbewehrung am Stützenfuß mittels einer hirnholzseitig aufgeklebten Baufurniersperrholzplatte wird im Zusammenhang mit den speziellen Demonstratortypen besprochen. Es wurden drei biegesteife Anschlüsse mit speziell adaptierten Köcherfundamenten untersucht. Die Bemessung und

konstruktive Auslegung der Köcherfundamente erfolgte hierbei seitens des Forschungspartners Fa. Veit Dennert KG. Alle nachstehend skizzierten Prototypen sind hergestellt und Gegenstand andauernder Prüfungen. Über erste Ergebnisse wird anfänglich des SHK 2024 berichtet.

5.1. Demonstratorstützen an der MPA Universität Stuttgart

Es wurden zwei Stützen gemäß Abbildung 3a) mit einer Stützenlänge (BSH) von 3 m mit Beton-Verguss in speziellen Köcherfundamenten (Abb. 3b)) hergestellt und untersucht. Eines der beiden Bauteile, d.h. KF1 mit einem Köcherfundament ohne Bodenplatte dient als Referenzprüfkörper zur Verifizierung der M-V-Tragfähigkeit bei monotoner Beanspruchung im Labor in Nutzungsklasse 1 Klimabedingungen. Der Prototyp KF2 wurde mit dem Köcherfundament, nun versehen mit Stummelbodenplatte, die sodann in der Baugrube mit Anschlussbewehrung verlängert wurde, auf dem Gelände der MPA in einer überdachten, seitlich offenen Prüfhalle verbaut. Das Einbetonieren des Köcherfundaments und der Verguss der Stütze im Köcher erfolgten mit derselben Betoncharge (Betongüte C35/45). Zur Querkraftverstärkung ist bei beiden Stützen am Hirnholz der Fußpunkte eine 13-lagige, 30 mm dicke Furniersperrholzplatte aus Buche mittels Schraubenpressklebung unter Verwendung einer Phenol-Resorcin-Formaldehyd (PRF) Klebstoffs aufgeklebt.

Die eingeklebten Bewehrungsstäbe sind mit Dehnungsmessstreifen bestückt, um die axialen Stangenkräfte und die Kräfteverteilung zu verifizieren. Des Weiteren sind im Fußbereich der Stütze im Abstand von ca. 10 cm über dem Betonspiegel Elektroden eines kontinuierlich aufzeichnenden Monitoringsystems in unterschiedlichen Tiefen eingebracht um die Holzfeuchteentwicklung zu verfolgen. Die vertikale stehende BSH-Stütze KF2 ist derart positioniert, dass der Stützenkopf mittels eines Seilzugs und eines hydraulischen Zylinders horizontal mit einer Beanspruchung bis zu 100 kN statisch und ermüdend beansprucht werden kann. Die Stütze KF2 soll als Langzeit-Demonstrator über mehrere Jahre den Nachweis der Eignung derartiger Bauweisen im Bereich der Nutzungsklasse 2 erbringen.

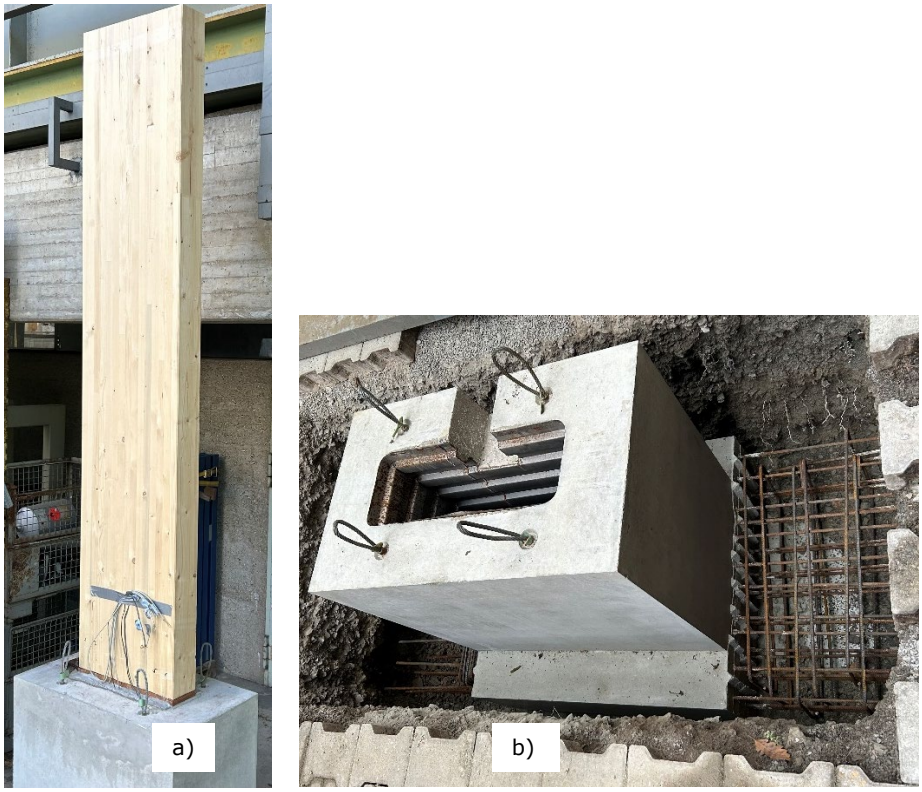


Abbildung 3: a) Hergestellter Demonstrator-Stützenanschluss KF2 bestehend aus einer BSH-Stütze mit eingeklebten Stahlstäben und hirnholzseitiger BFU-Verstärkung und b) Köcherfundament-Fertigteil des Demonstrator-Bauteils KF1

5.2. Demonstrator-Stütze bei der Fa. Veit Dennert KG

Bei der Fa. Veit Dennert KG wurde eine BSH-Stütze vergleichbarer Bauart wie vorstehend beschrieben jedoch mit gedrungenem Querschnitt von 240 mm x 320 mm als Mittelstütze in einem vollmaßstäblichen Testgebäude mit mehreren Holz-Beton-Verbundelementen in Nutzungsklasse 1 Klimabedingungen verbaut. Der Stützenanschluss über die sechs Betonrippenstäbe des Durchmessers d = 16 mm erfolgte hierbei ebenfalls durch Verguss in einem bauartgleichen Köcherfundament. Die Querverstärkung wurde auch hier mittels einer hirnholzseitig aufgeklebten Sperrholzplatte aus Buche realisiert. Die im Inneren des Gebäudes befindliche Stütze übernimmt anteilig die Horizontalaussteifung des Bauwerks. Details zu dieser Stütze sind in Abbildung 4 a) und b) gegeben.

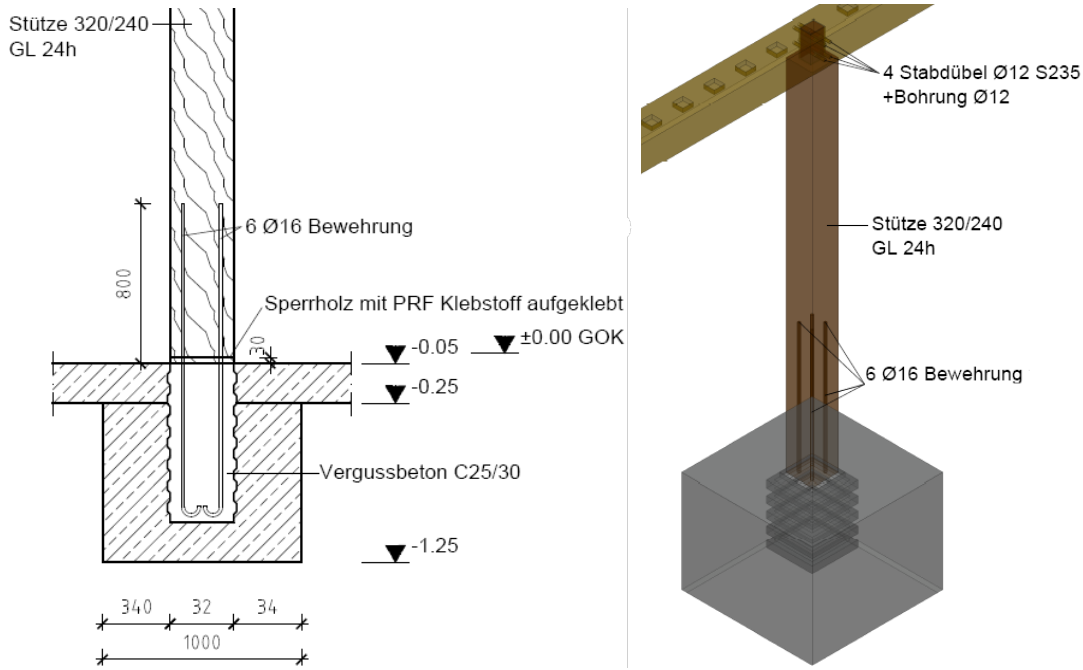


Abbildung 4: Versuchsgebäude bei der Fa. Dennert KG mit einer integrierten aussteifenden Brettschichtholstütze, die biegesteif mittels einbetonierter Stahlstäbe im Köcherfundament angeschlossen ist, a) Querschnitt des Anschlusses und b) 3D-Rendering der Stütze und des Köcherfundaments

5.3. Demonstrator-Anschlüsse zum Robustheitsnachweis gegenüber extremer Feuchteeinwirkung

Bei vollständig einbetonierten Stützenfüßen nach Z-9.1-136 [1], vgl. Bild 1b), übernehmen die erforderlichen Epoxidharz-getränkten Glasfasergewebe- bzw. die 2K-EP vergossene Blechummantelung die Aufgabe des Feuchte- / Degradationsschutzes und repräsentieren hierbei den neuralgischsten Punkt der Sicherstellung einer langfristigen Trag- und Gebrauchstauglichkeit. Im Gegensatz zu dem vollständigen Stützenverguss liegt bei dem hier betrachteten Stützenanschluss mit eingeklebten und sodann im Beton vergossenen Stahlstäben ein flächen- / volumenmäßig, wesentlich reduzierteres Gefährdungspotenzial vor, das auf den unmittelbaren Aufstandsbereich der Stützenhirnholzfläche respektive der hiermit verklebten BFU-Verstärkungsplatte beschränkt ist.

Ungeachtet des deutlich verkleinerten Gefährdungsbereichs repräsentiert der Stützenfußbereich den neuralgischsten Ansatzpunkt für feuchtebedingte Degradation speziell in Verbindung mit unplanmäßiger / außergewöhnlicher Feuchtebeanspruchung, z.B. infolge Wasserrohrbruch, Überflutung, extremen Grundwasserpegelanstiegs, etc. Von zentraler Bedeutung ist hierbei die Integrität der Hirnholz-Sperrholz-Verklebung in Verbindung mit dem extrem unterschiedlichen Feuchtedehnungsverhalten der BFU-Platte und des Brettschichtholzes. Die nominellen Feuchtedehnungskoeffizienten der beiden verklebten Komponenten ($\alpha_{90,BSH}$ = 0,24% / 1%Δu; $\alpha_{0,BFU}$ = 0,02% / 1%Δu), die durch die eingeklebten und einbetonierten Stahlstäbe an wenigen Punkten (hier acht) unverschieblich gelagert sind, unterscheiden sich parallel zur Klebefuge um den Faktor 12. Bedingt hierdurch sind

im Fugenbereich speziell bei hohen Auffeuchtungen bzw. Rücktrocknungsvorgängen extreme Eigenspannungen im Interface zu erwarten, die ggf. zu Ablösungen und sodann zur Unwirksamkeit der Querkraftarmierung führen könnten. Um das skizzierte Einwirkungs- und Anschluss-Schädigungsszenario baupraktisch realistisch abbilden zu können, wurden insgesamt vier Demonstrator-Stützenfußpunkt-Prüfkörper hergestellt (Abb. 4).



Abbildung 5: Ansicht der vier Stützenfußpunkt-Prüfkörper KF1 – KF4 mit unterschiedlicher Hirnholzarmierung (aufgeklebte Sperrholzplatte aus Buche bzw. Birke sowie keine Verstärkung) zur Verifizierung der Verklebungsbeständigkeit bei extremem Auffeuchten durch Wasserlagerung bzw. Rücktrocknen

Alle vier Bauteile wiesen dieselben Querschnittsabmessungen sowie dieselben Stahlstabanordnungen wie die in Abschnitt 5.1 erläuterten Stützen KF1 und KF2 auf. Deutliche Unterschiede lagen jedoch bezüglich der Querkraftarmierung vor. Bei zwei Stützenbauteilen KM1 und KM2, bestand die Querkraftarmierung aus hirnholzseitig aufgeklebten Buchen-BFU-Platten wie im Falle der Stützen KF1 und KF2. Bei dem Prüfkörper KF3 wurde hirnholzseitig eine 27 mm dicke Baufurniersperrholzplatte aus Birke aufgeklebt und der Referenzprüfkörper wurde ohne Hirnholzverstärkung vergossen.

Zur Simulation der unplanmäßigen extremen Feuchteeinwirkung wurden die Bauteile KF2, KF3 und KF4 derart in einem Wasserbecken gelagert, dass der Wasserpegel 6 cm über der Betonoberkante und sodann rd. 3 cm oberhalb der BFU-BSH-Klebefläche lag. Die Wasserlagerung erfolgte über 30 Tage, wonach die Bauteile sodann aus dem Wasserbecken entnommen, über acht Wochen bei geschütztem Außenklimabedingungen (NKL 2) oder NKL 1 Klimabedingungen noch andauernd rücktrocknen. Im Anschluss an den ersten Wasser- / Rücktrocknungszyklus erfolgt ein zweiter Zyklus mit gleichen Einwirkungszeiten.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Biegesteife Stützenanschlüsse an Fundamente stellen in der Baupraxis gegenüber Fertigteilstützen aus Stahlbeton einen sehr geringen Marktanteil dar. In diesem Zusammenhang wurden an der MPA Universität Stuttgart umfangreiche Untersuchungen zur Machbarkeit und Laststeigerung von querkraftverstärkten Anschlüssen mittels faserparallel eingeklebten Stahlstäben durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass hirnholzseitige Verstärkungen mittels Sperrholzplatten aus Laubholz ein enormes Potential für derartige Anschlüsse bieten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Demonstratorbauteile in Realgröße hergestellt und mit Betonfundamenten vergossen. Hiermit wurde einerseits die Herstellbarkeit der Holz-Beton-Anschlüsse verifiziert. Andererseits dienen diese Prüfkörper laufenden Robustheitsuntersuchungen im Hinblick auf extreme Feuchte- und Klimabelastungen der geklebten Anschlüsse und Verstärkungen.

In Zusammenarbeit mit der Fa. Veit Dennert KG wurden Fertigkeit-Köcherfundamente auf die Anforderungen für Stützenanschlüsse mittels in BSH eingeklebten Stahlstäben angepasst. Auf Basis dieser Erkenntnisse sollen in weiteren Schritten typisierte Holz-Beton-Stützenanschlussbauteile entwickelt werden, um eine konkurrenzfähige, robuste und nachhaltige Alternative gegenüber Stahlbetonstützen bieten zu können.

7. Danksagung

Für die Unterstützung dieser Arbeit durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Projekts RP3 von IntCDC (Integrative Computational Design and Construction for Architecture) und der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder wird gedankt.

Der Firma Veit Dennert KG gebührt Dank für die sehr gute Zusammenarbeit, Unterstützung und die Bereitstellung der benötigten Bauteile.

8. Literatur

[1] Z-9.1-136: Stützen aus Brettschichtholz zur Einspannung durch Verguss in Stahlbetonfundamente, Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Antragsteller: Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V., Wuppertal; DIBt, Berlin, 2021.

[2] DIN EN 1995-1-1/NA:2013: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau. Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2013.

[3] E DIN EN 1995-1-1:2023-10: Design of timber structures - Part 1-1: General and rules for buildings (draft), (NA 005-04-01 AA N 4927). CEN, Brussels, Belgium, 2023.

[4] Simon, K.; Aicher, S.: Reinforced Rigid Glulam Joints with Glued-in Rods subjected to Axial and Lateral Force Action. paper 55-7-8. In Proceedings International Network on Timber Engineering Research (INTER), Meeting 55 (S. 185-201). Bad Aibling.

[5] Simon, K.; Aicher, S.: Rigid Glulam Joints to Concrete Abutments with Glued-in Steel Rods, in Proc.: World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023) pp. 1443-1452, Oslo, Norway, 2023.

[6] Simon, K.; Aicher, S.: Skalierbarkeit von verstärkten biegesteifen Brettschichtholz-anschlüssen mit eingeklebten Stahlstäben an Beton – und Stahlkonstruktionen, Tagungsband: 10. Doktorandenkolloquium Holzbau Forschung + Praxis 2024, Universität Stuttgart, 2024.

[7] Hezel, J.; Leitschuh, N.; Aicher, S.: Die Stuttgarter Holzbrücke - Entwurf und Bau des Stuttgarter Prototyps, in Tagungsband: 3. Stuttgarter Holzbau-Symposium - Neueste Entwicklungen bei geklebten Holzbauteilen, pp. 21-29, Stuttgart, 2015.

[8] Blaß, H.J.:2020: Eingeleimte Gewindestangen – Bemessung nach E DIN 1052 und neuere Entwicklungen. In: Tagungsband Ingenieurholzbau, Karlsruher Tage, Forschung für die Praxis, Karlsruhe Bruderverlag 2000, S. 57-65

[9] DIN EN 1995-1-1:2010: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-1: Allgemeines - Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008. Deutsches Institut für Normung, Berlin, 2010.

[10] Aicher, S.; Simon, K.: Semi-Integral Full-Scale Stuttgart Timber Model Briidge, in Proc.: World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023) pp. 3264-3271, Oslo, Norway, 2023.

[11] RIBERHOLT, H.: Glued bolts in glulam. Serie R, No 210. Department of Structural Engineering, Technical University of Denmark, 1986.

[12] DIN EN 14080:2013: Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14080:2013, Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin, 2013.

[13] DIN EN 14374:2005: Holzbauwerke - Furnierschichtholz für tragende Zwecke - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14374:2004, Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin, 2005.

[14] DAfStb-Vergussbeton/ Vergussmörtel-Richtlinie, DAfStb-Richtlinie - Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel, Ausgabedatum: 2019-07

[15] Z-9.1-705:2K-EP-Klebstoff WEVO-Spezialharz EP 32 S mit WEVO-Härter B 22 TS zum Einkleben in Holzbaustoffe. Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Antragsteller Wevo Chemie GmbH, Ostfildern-Kemnat; DIBt, Berlin, 2021

Zirkuläres Bauen

Sortenrein Konstruieren

Daniela Schneider
Karlsruher Institut für Technologie
Karlsruhe, Deutschland



Sortenrein Konstruieren

1. Einleitung

Die Baubranche ist ein ressourcenintensiver Sektor. In Zeiten, in der die Endlichkeit der Ressourcen allgemein als Problem anerkannt wird, fehlt es weiterhin an einer übergreifenden Sichtweise und an den Ansprüchen, den Zielen der Rohstoffreduzierung und der -substituierung nachzukommen. Der Abbau und Verbrauch endlicher Ressourcen erfordern langfristige Maßnahmen, um Material- und Stoffströme schließen zu können.

Das kreislaufgerechte Planen und Bauen veranschaulicht auf den ersten Blick ein einfaches Konzept: eingesetzte Materialien sollen zu 100 % qualitativ hochwertig nachgenutzt werden [1]. In der Planungspraxis stellt sich die Umsetzung dieser Vision als zeitintensiv, komplex und aufwendig dar. Für die Planung von kreislaufgerechten Neu- und Umbauten sind sortenreine Materialien auszuwählen und diese in ein technisches Konstruktionssystem zu überführen, das eine schonende Lagerung und eine hochwertige Nachnutzung von Ressourcen ermöglicht. Um das Wissen für nachfolgende Lebenszyklen von Materialien aufrechtzuerhalten sind die entwickelten Detaillösungen in Gebäudematerialpässen auszuwerten und zu dokumentieren.

Daniela Schneider liefert in ihrem Vortrag erste Denkanstöße für die umfassende Aufgabe des sortenreinen Konstruierens und anderen verwandten Themen.

2. Ausgangslage

2.1. Weltweiter Ressourcenverbrauch

In den letzten Jahrzehnten ist der Verbrauch an gängigen materiellen Ressourcen weltweit rapide angestiegen. Der weltweite Ressourcenverbrauch hat die Marke von 100 Milliarden Tonnen pro Jahr bereits hinter sich gelassen [2]. Prognosen zeigen auf, dass der Ressourcenverbrauch in den kommenden Jahren weiterhin steigen wird. Über die Hälfte des Ressourcenverbrauchs ist der Baubranche zuzuschreiben. Ein erstes Einlenken ist ein sparsamer Umgang mit Materialien, die zukünftig nicht mehr verbraucht, sondern gebraucht und nachgenutzt werden.

2.2. Reduktion von klimaschädlichen Gasen

Deutschland ist ein rohstoffarmes Land und größtenteils auf Exporte von Baumaterialien aus dem Ausland angewiesen. Der Export von Materialien verursacht zu jedem Zeitpunkt des Transports enorme CO_2-Emissionen. Das Ziel einer Volkswirtschaft ist es, die Stabilität der Materialverfügbarkeit zu gewährleisten. Für die Bauindustrie reichen konventionelle Ansätze zur Sicherung der Ressourcen allein nicht mehr aus [3]. Aktuell liegt die Betrachtung der Nachhaltigkeit im Bauwesen auf dem Fokus der Herstellung der Primärrohstoffe und der Reduzierung des Abfallaufkommens. Die Notwendigkeit der qualitativen Nachnutzung und Wiederverwendung von Materialien ist nur noch eine Frage der Zeit, wie Ressourcen dauerhaft eingespart werden können, sie regenerativ in angetriebene Kreisläufe einzubinden, so dass wir das Konzept «Abfall» hinter uns lassen können. Diese Vision trifft auf die Aussage von Werner Sobek zu: «wir müssen lernen, für mehr Menschen mit weniger Material emissionsfrei zu bauen» [4]. Folglich sind Abfälle aber auch klimaschädliche Emissionen zukünftig nicht mehr zu tolerieren.

2.3. Kreislaufschließung

Das Ziel ist es, Gebäude zu schaffen, die mit einem 100 % Einsatz von Ressourcen hergestellt, umgebaut und wiederverwendet werden können. Es geht um die Übernahme der Verantwortung, lineare Stoffströme in Kreisläufe umzuwandeln, so dass Ressourcen in nachfolgenden Lebenszyklen erneut genutzt werden können.

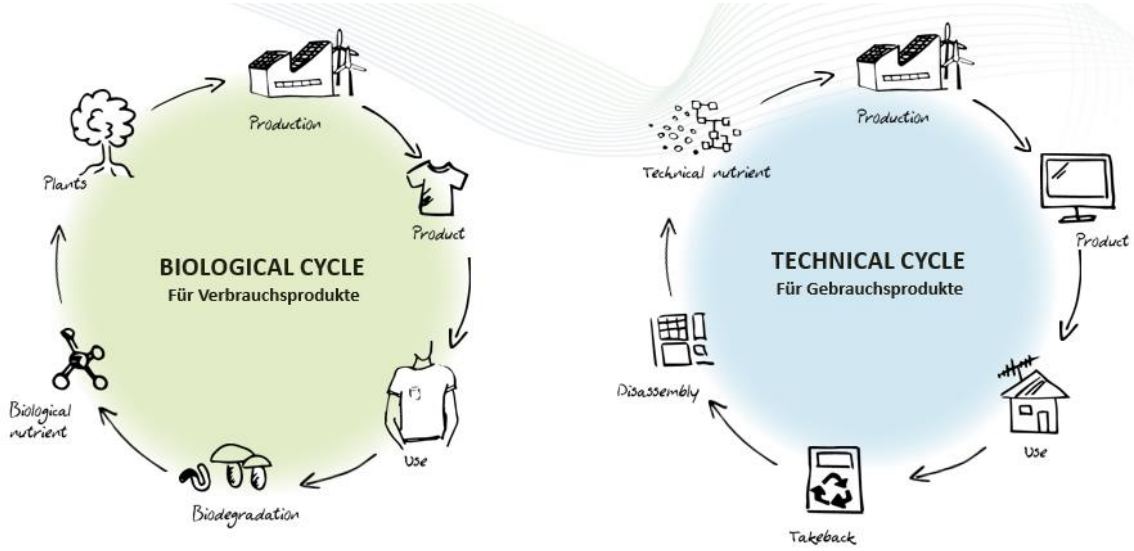


Abbildung 1: Das Cradle to Cradle® Prinzip nach Braungart/McDonough [5].

Als Grundlage für die Kreislaufschließung kann die Denkweise nach dem Cradle to Cradle® Prinzip von Michael Braungart und William McDonough herangezogen werden. Diese Denkweise strebt ein hocheffektives System vollkommener geschlossener Stoffkreisläufe an. Lösungen sollen nicht mehr für die Umwelt schädlich, sondern nützlich sein. Das Gebäudedesign und deren ökologische Qualität sollen dafür sorgen, das Prozesse in biologischen Kreisläufen assimiliert werden können. Ein weiterer Kreislauf wird hinzugefügt, um die industriellen Stoffumsätze in technischen Kreisläufen schließen zu können. Werden die beiden Kreisläufe vermischt, sind Lösungen nicht mehr umkehrbar [6].

3. Der Weg zu kreislauffähigen Gebäuden

3.1. Die Konstruktion als Ressourcenlager

Bauwerke sind riesige anthropogene Stoff- und Ressourcenlager, die über Jahrzehnte errichtet worden sind. Sie stellen ein Zwischenlager für materielle Ressourcen dar, auch wenn es sich Bauschaffende anders wünschen. Unter dem Begriff «Urban Mining» ist die Verwendung von gebauten Strukturen und Gebäuden zu verstehen, um daraus Baustoffe für die Nachnutzung zu generieren. Die Problematik der Verwendung von verbauten Materialien besteht in der intensiven Aufwendung der Entnahme einzelner Komponenten und Bauteilen. Sehr viele ausgeführte Konstruktionen sind für dieses Vorhaben nicht entwickelt worden. Im Abbruch- und Rückbauprozess von Gebäuden kommen Verbindungen zum Vorschein, die eine Trennung und Demontage einzelner Materialschichten und Bauteilen nicht möglich machen. Nicht trennbare Komponenten und Materialschichten werden in der Regel dem Downcycling überführt.

Die Rückbaufreundlichkeit einer Konstruktion und die Wiederverwendbarkeit von Materialien sind entscheidende Parameter für das kreislaufgerechte Planen und Bauen. Für das kreislaufgerechte Konstruieren ist in der frühen Planungsphase ein methodisches Konzept zu entwickeln. Aufgrund der gewählten Bauweise können Konstruktionen als technische Systeme für die Nachnutzung gesehen werden, die Materialien in der Nutzungsphase auf- und wieder abgeben.

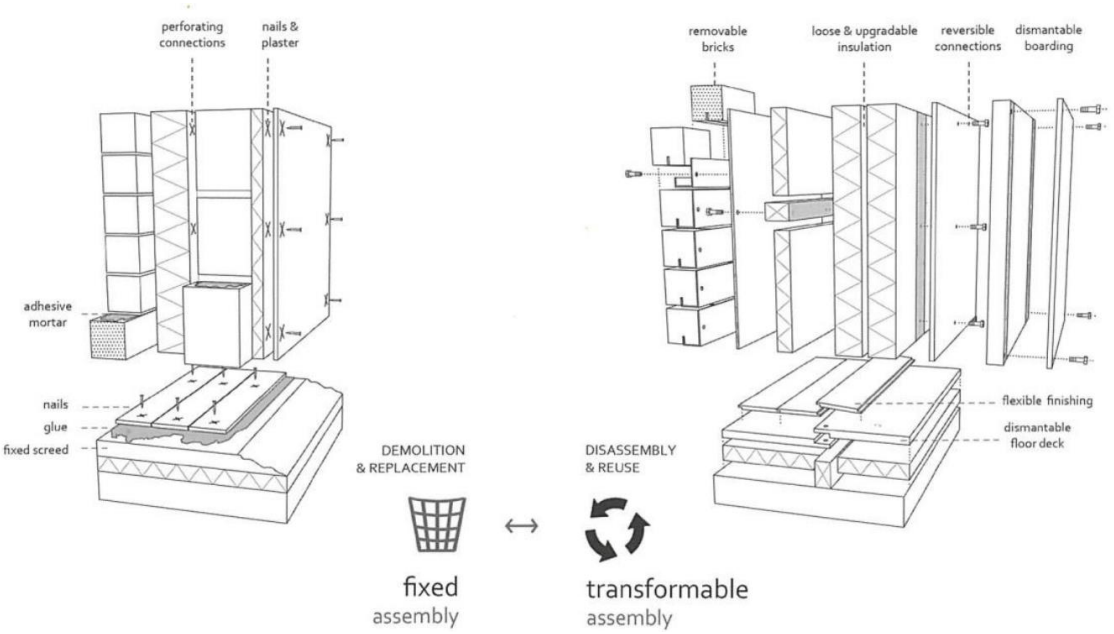


Abbildung 2: Vergleich konventionelles Bauteil vs. Reversibles Bauteil [7]

Das Fügen ist ein auf Dauer angelegtes Verbinden von mehreren Fügeteilen. Die konstruktive Systematik mit geeigneten variablen und flexiblen Fügetechniken ist für eine Nachnutzung von geeigneten Materialien ausschlaggebend. Die Planung von reversiblen Fügetechniken beinhaltet die Bestimmung der Lebensdauer, die Dauerhaftigkeit des Verbindungsmittels, die Definition der Verbindung als auch die Ermittlung des «Schadenpotenzials» der getrennten Fügeteile beim Entfernen der Verbindungsmittel [8].

Je nach Materialität, Nutzungszweck und -dauer müssen Verbindungen nicht zwingend lösbar sein. Es ist immer im Einzelfall abzuwägen, wie der Fügeprozess nach seiner Lösbarkeit der gezielten Verbindung einzuordnen ist. Für den Ablauf der Demontage ist der Bauablauf genaustens in der Planung zu betrachten und zu simulieren. Eine Demontage stellt nicht immer zwingend den umgekehrten Montageprozess dar [9].

3.2. Sortenreine und gesunde Materialien

Viele Chemikalien, von denen wir bereits heute wissen, dass sie gesundheitsschädlich sind und auf absehbare Zeit verboten werden, kommen immer noch in gängigen Bauprodukten zum Einsatz. Es ist verwunderlich, wie wenig Bauschaffende tatsächlich über die Inhaltstoffe und den Schadstoffeintrag in Gebäuden und der Umwelt wissen [10]. In den letzten Jahren lag der Fokus in der Materialauswahl auf der Betrachtung der Auswirkungen der Umweltwirkungen. Für das kreislaufgerechte Konstruieren sind weitere Betrachtungen von Materialien erforderlich: die Wertigkeit, die Lebens- und Nutzungsdauer und die Sortenreinheit.

Sortenreine Materialien sind in der Regel einstoffliche Materialien. Sie sind unbedenklich für die Umwelt, die Gesellschaft und den Nutzer. Sie können nach ihrem Gebrauch bedenkenlos in den biologischen oder technischen Zyklus zurückgeführt und folglich nachgenutzt werden. In der Architektur und im Bauwesen stellen diese Materialien noch «Nischenprodukte» dar. Sie werden in kleinen Mengen produziert oder nur für prototypologische Gebäude herangezogen.

Die Verwendung von synthetischen Baustoffen wie Kleb- und Dichtstoffe, Verbundmaterialien und Kunststoffe in Innenräumen können die Nutzer nachweislich krank machen. Sortenreine Materialien haben nicht nur für die Schaffung einer Kreislauffähigkeit Vorteile, sondern auch für die Gesundheit der Nutzer.

Materialauswahl für das kreislaufgerechte Konstruieren
Die Auswahl von sortenreinen und «gesunden» Materialien setzt ein erforderliches Materialkonzept voraus. Das Materialkonzept umfasst die Anforderungen an die Herkunft der Materialien, der Umweltbelastung, der Ressourcenschonung und Wiederverwendung von Primär- und Sekundarmaterialien. In einem Materialkonzept werden die Anforderungen an sortenreine Materialien bis auf chemischer Ebene definiert. Dazu gehört die Betrachtung und Bestimmung der Grenzwerte an die Inhaltstoffe und Emissionen einzelner Bauproduktgruppen. Für den Entwurf sind Materialtypen auszuwählen, die wiederverwendbar sind und in technischen als biologischen Kreislaufzyklen aufgenommen werden können [11].

«Kombinationsprodukte» auch Verbundwerkstoffe genannt, sollten grundsätzlich vermieden werden. Dies sind zum Beispiel Brettsperrhölzer oder Mehrschichtplatten, verleimt mit Klebstoffen auf Kunstharzbasis. Die Nachnutzung dieser Kombinationsprodukte sind nur noch im technischen Stoffstrom einer Holzkaskade möglich. Unbehandelte Hölzer ohne Verleimungen, Verklebungen oder Imprägnierungen lassen sich nach dem Gebrauch bedenkenlos dem biologischen Kreislauf überführen [12].

Qualitätssicherung der Materialien
Vor der Ausführung sind alle Materialien auf die festgelegten Anforderungen gemäß dem Materialkonzept zu prüfen. In mehreren Schritten erfolgt der Abgleich der Materiakonformität und der Freigabe der Produkte zur Ausführung auf der Baustelle.

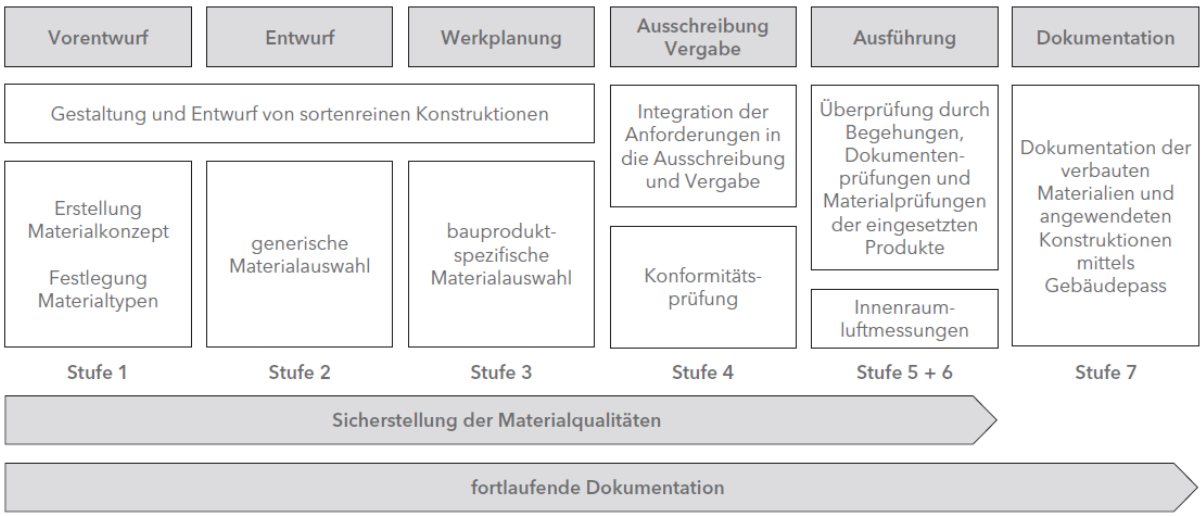


Abbildung: Qualitätssicherungsprozess für die Auswahl von sortenreinen Materialien [13]

Nur freigegebene Produkte dürfen auf der Baustelle verwendet werden. Für die Materialdeklaration ist es ratsam einen Experten heranzuziehen.

4. Informationen und Dokumentation

Informationen
Zunehmend wichtiger werden Informationsquellen, die transparent die Inhaltstoffe und Emissionen aber auch die Klimaauswirklungen der Materialien darstellen. Nennenswerte Online-Datenbanken sind:

- das bauökologische Informationssystem «Wecobis»,
- die Serviceplattform für Bauprodukte dem «Building Material Scout» und
- die Online-Materialbibliothek der Bergischen Universität Wuppertal (BUM).

Zahlreiche Materialmuster sortenreiner Baumaterialien können an der Materialbibliothek des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) eingesehen werden.

Gebäudepässe
Vollständige Dokumentationen können nach der Baufertigstellung Aussagen zu den verwendeten Materialien, den Bauweisen als auch den Konstruktionen treffen. Idealweise werden nicht nur die Bauteilkonstruktionen und die umgesetzten Fügetechniken sondern auch diverse konstruktive Nutzungsszenarien dokumentiert.

Eine Dokumentation wie zum Beispiel ein Gebäudematerialpass (vgl. EPEA Circularity Passports for Buildings, DGNB Gebäuderessourcenpass) transportiert das Wissen für die die Nachnutzung von Materialien und trifft Aussagen zur Trennung und Demontage sowie den Recyclingprozessen von Bauteilen.

5. Literatur- und Grafikverzeichnis

[1] Hebel, D.; Wappner. L. et.al.: Sortenrein Bauen: Methode, Material, Konstruktion; München, 2023.

[2] ebd.

[3] Faulstich, M.; Mocker, M.: Stoffströme der industriellen Kreislaufwirtschaft. In: Karl J. Thomé-Kozmiensky, K.; Versteyl, A.: Schlacken aus der Metallurgie – Rohstoffpotential und Recycling, Neuruppin, 2011

[4] Sobek; W.: non nobis – über das Bauen in der Zukunft, Stuttgart, 2023

[5] Grafik: Braungart/McDonough bereitgestellt von EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer, Stuttgart

[6] Vgl.Paech, Niko: Nachhaltigkeit zwischen ökologischer Konsistenz und Dermaterialisierung. Natur und Kultur 6/1, Oldenburg, 2005

[7] Grafik: M. Ghyoot, L. Devlieger, L. BIlliet, A. Warnier und Rotor, Déconstruction et réemploi, comment faire ciculer les éléments de construction, 2018

[8] Hebel, D.; Wappner. L. et.al.: Sortenrein Bauen: Methode, Material, Konstruktion; München, 2023

[9] ebd.

[10] EPEA GmbH – Part of Drees & Sommer, 2019

[11] Hebel, D.; Wappner. L. et.al.: Sortenrein Bauen: Methode, Material, Konstruktion; München, 2023

[12] ebd.

[13] Grafik: ebd.

Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach (50% Recyclinganteil)

Robert Lotz
Nassauische Heimstätte Wohnstadt GmbH
Frankfurt am Main, Deutschland



2 Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach | R. Lotz

Recycling-Projekt: Aufstockung Kelsterbach (50% Recyclinganteil)

1. Recycling-Aufstockung in der Umsetzung

1.1. Einleitung

«Die Industrie gibt oft hohe Verwertungsquoten an. Qualitätserhaltende Kreisläufe werden beim Baustoffrecycling aber nur selten erreicht». Solche oder ähnliche Aussagen beschäftigen Robert Lotz -Fachbereichsleiter für Modernisierung und Instandsetzung der Nassauischen Heimstätte Wohnstadt (NHW) seit 2019 intensiv und endeten in der Überzeugung «… da muss sich was ändern!»
Was als Konzept in 2019/2020 begann, wurde 2021 in Kelsterbach Realität. Hier entstanden parallel zu zwei Voll-Modernisierungen zwei Aufstockungen in der Gebäudeklasse 4 mit insgesamt 4 Wohnungen. Das Besondere ist, dass über 50% der Baumaterialien recycelt sind – und zum großen Teil aus den Rückbaumaßnahmen der NHW selbst stammen – echtes Recycling!
Dachsparren werden zu Wänden, Balkonbrüstungen zu Fassadenverkleidungen, alte Türen aus Modernisierungsvorhaben werden überarbeitet und wieder eingebaut, bis hin zur Dachabdichtung eines renommierten Herstellers, die bereits 15 Jahre verbaut und – gesäubert – wieder verlegt wurde.
Wie hierbei vorgegangen wurde, soll hier in den unterschiedlichen Phasen erläutert werden.

1.2. Planung

Ein Recyclingbau ist kein linearer Planungsablauf, sondern vielmehr ein iterativer Prozess. Das Bauteil, was verfügbar ist, wird eingeplant, kann sich aber im weiteren Prozess als nicht geeignet erweisen und wird durch ein anderes ersetzt. So ändern sich Grundrisse, verschieben sich Öffnungen und Fenstergrößen, Fassaden erhalten andere Oberflächen oder Bodenaufbauten werden höher. Was an Recycling-Produkten eingesetzt wird, hat die NHW in 3 (Recycling-) Kategorien geclustert.

a. «Grünes» Recyclingmaterial – wie z. B. alte Dachsparren eines vorhergehenden Dachabbruchs, die nach der Schadstoff-Untersuchung als Ständer in den neuen Holzrahmenbauwänden wieder eingesetzt werden.

Ebenfalls zur grünen Kategorie gehören z. B. die HPL-Platten (high pressure laminate) von alten Balkonbrüstungen, die aufgearbeitet und beschichtet als Fassadenplatten wieder zum Einsatz kommen.

b. «Orangene» Recycling-Komponenten werden zugekauft und sind Produkte mit bauaufsichtlicher Zulassung. Dies können Zellulose-Einblas-Dämmstoffe sein oder auch OSB-Platten, wie sie im Holzrahmenbau häufig verwendet werden. Exemplarisch hier der Wandaufbau der Außenwand mit den unterschiedlichen Farben.

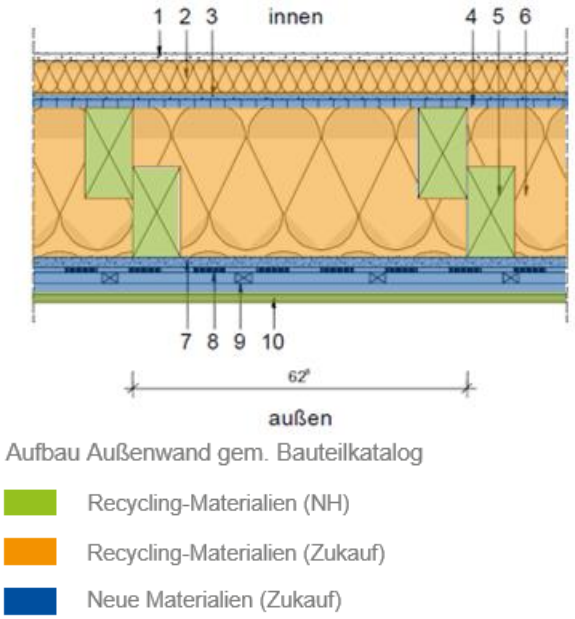


Abbildung 1: Wandaufbau aus verschiedenen Komponenten

Final ergänzt und fertig gestellt wird der Bau mit neuen «blauen» Komponenten, die schlichtweg aus Sicherheitsgründen sinnvoll und notwendig sind (Brandschutztüren, HLS-Installation, …).

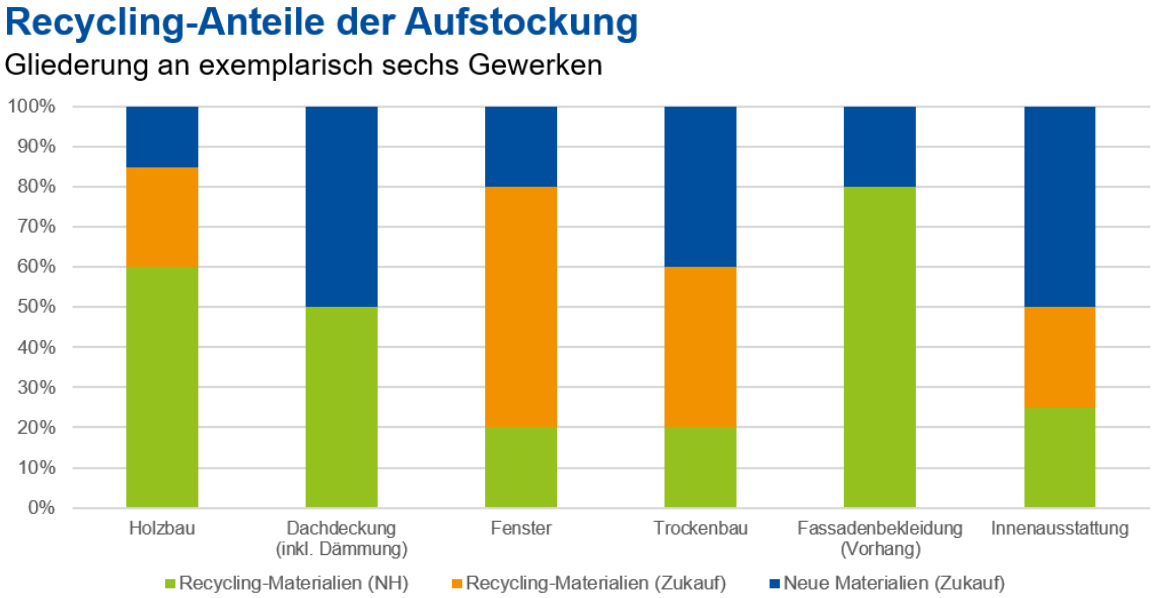


Abbildung 2: Recycling-Anteile der Aufstockung in Bauteilen

1.3. Fachingenieure, Sachverständige & rechtliche Situation

Ohne versierte Fachingenieure, Sachverständige und Firmen, die sowohl den Charakter des Projektes mit tragen, als auch die notwendigen Nachweise und Bescheinigungen erstellen, ist eine Umsetzung zur Zeit nur unter erschwerten Bedingungen möglich. Im Falle der Recycling-Aufstockung (RA) konnten alle notwendigen Unterlagen erstellt und mögliche rechtliche «Grauzonen» thematisiert, besprochen und Risiken minimiert werden. Unterstützung erfährt man hierbei auch durch aktuelle rechtliche Entwicklungen. Das Kreislaufwirtschaftsgesetzt (KrWG) oder die EU-Taxonomie-Verordnung befürworten dieses Vorgehen, indem sie Ressourcen aus dem Abfallrecht herausnehmen.

Explizit wird hierbei auf den fehlenden «Wille zur Entledigung…» verwiesen, die Möglichkeit, Stoffe & Erzeugnisse für den «… ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke …» aufzubereiten – oder sogar gefordert, dass «… Produkte, Materialien … in der Wirtschaft so lange wie möglich erhalten bleiben» müssen.

1.4. Qualität der verwendeten Produkte

Viele Bedenken werden bezüglich «gebrauchter Materialien» geäußert. Das betrifft Schadstoffe, die Haltbarkeit und natürlich die Optik.
Im Zuge der Konzeption zur RA wurden alle kritischsten Materialien untersucht. Die Sparren auf schädlichen Holzschutz hin (PCB, Lindan sowie Arsen, Cadmium, …), die Fassadenplatten darüber hinaus auf Asbest. Alle kritischen Werte lagen unter der Bemessungsgrenze (u.d.B.) – oder waren gar nicht, nicht mehr oder in Kleinstmengen vorhanden. Andere Materialien wurden schlichtweg gesäubert, wie die Dachfolien oder die Elektroschalterabdeckungen, die einfach in der Geschirrspülmaschine gereinigt wurden.

Probenbezeichnung:	**FC51659.1 M1 / Dachstuhlanstrich / Dach**			
Probenahmedatum:	**25.06.2019**			
Labornummer:	**1940686-001**			
Material:	**Feststoff, Gesamtfraktion**			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Trockenrückstand	100	%		DIN EN 14346
Lindan	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN ISO 10382
PCP	u.d.B.	mg/kg TS	1	DIN ISO 14154

Abbildung 3: Auszug aus Schadstoffuntersuchung

Bei der Haltbarkeit ist man viel auf die Aussagen, Untersuchungen und Einschätzung der Firmen oder der herstellenden Industrie angewiesen. Erstaunlicherweise stößt man aber auch hier auf Zustimmung und Interesse.
Der Dachfolienhersteller verwies bei seinem Material (Kunststoffabdichtungsbahn aus flexiblen Polyolefinen) auf interne Untersuchungen zur Haltbarkeit, die weit über den normalen Garantierahmen hinaus (20-30 Jahre) die Dichtigkeit bestätigen.
Auch der Hersteller der Fassadenplatten - wollte zwar die Haltbarkeit nicht schriftlich bestätigen – äußerte aber keine Bedenken bei fachgerechter Montage und verwies auf die aktuell gültigen Montageregeln.
Auch bei der Optik können insbesondere hochwertige Stoffe nach der Überarbeitung in «neuem Glanz erstrahlen» – wie die Abbildungen der HPL-Platten zeigt.



Abbildung 4: Zustände HPL-Platten – links nach rechts – Rückbauzustand, geschliffen und neu beschichtet

1.5. Ausschreibung & Vergabe

Um diese Vorgehensweise zukunftsfähig zu machen, müssen auch marktgerechte Preise erzielt werden. Das Problem – viele Materialien stehen nur einmal und zumeist nur einem Bieter zur Verfügung. Wie lassen sich diese Informationen einem breiteren Bieterfeld zugänglich machen?
Die NHW sammelte hier zu jedem Produkt die Daten der Aufbereitung – Abtransport vom Rückbauort, Lagerung, Aufbereitung, Rücktransport zur neuen Baustelle und Montage. Diese Werte fließen in die Ausschreibungstexte als Kalkulationshilfe mit ein.

Der interessierte Bieter kann so den Arbeitsaufwand mit seinen Einschätzungen abgleichen und – so die Theorie – einen EP abgeben, welcher den realen Aufwand widerspiegelt.

Überprüfung des Materials (Tauglichkeit/Schadstoffe/Brandschutz

	Prüfung des Materials	Menge	Einheit	EP	GP
	Schadstoffgutachten				-
	Aufwand Statiker - f. Bemessung Tragfähigkeit, Verwendbarkeit…)				-
	Einschätzung Brandschutz - (alte Produktdatenblätter…)				-
	Einschätzung des Hersteller (falls noch ermittelbar)				
	Überlegung zur grundsätzl. Verwendbarkeit - oder Zu- / Neukauf				-

Demontagearbeiten / Transport / Lagerung / Transport

	Demontage/Transport/Lagerung	Menge	Einheit	EP	GP
	Rückbau des Materials (evtl. Kosten aus anderem BV)				-
	Zwischenlagerung des Materials (Regiestunden)				-
	Sortieraufwand und Bereitstellung zum Versand	8,00	h	65,00€/h	520,00 €
	Abtransport des Material (nach Regie oder Angebot)	1,00	psch.	500,00	500,00 €
	Lagerkosten für unbearbeitetes / bearbeitetes Material				-

Massenermittlung	Beschreibung	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Ergebnis
			1,00	1,00	-
			1,00	1,00	-
			1,00	1,00	-

Abbildung 5: Zwischenstand Aufwandserfassung für Aufbereitung und Transport

Bei der RA wurde das Projekt in einem «kooperativen Vergabeverfahren» vergeben. Hierzu wurden eng mit einem ausgewählten Bieterkreis Gespräche über Machbarkeit, Aufwand und Kosten geführt. Diese Kosten wurden mit aktuellen, artverwandten Tätigkeiten abgeglichen und nach Einigung beauftragt.

1.6. Bauphase – exemplarisch Bauteil Wand, Dach und Fassade

Rahmenbauwand: In der eigentlichen Umsetzung unterscheidet sich eine Recycling-Aufstockung kaum von einer Aufstockung mit neuen Materialien.
Der Vorfertigungsgrad der Wände ist identisch – nur dass die recycelten Materialien (hier Holz) dem Auftragnehmer im Vorfeld zu zuführen sind. Dies kann zusätzliche Kosten verursachen, worin auch ein Kostentreiber dieser Bauweise liegen kann – aber auch ein hohes Einsparpotential, wenn richtig verortet.

Aus den gemachten Erfahrungen ist es sinnvoll, frühzeitig Produkte aus vorausgehenden Baumaßnahmen zu identifizieren und deren Behandlung in dem Leistungsverzeichnis (LV) zu platzieren. So können zusätzliche Transportwege, Lagerkosten und Schäden an den aufbereiteten Produkten vermieden werden.



Abbildung 6: Außenwand mit neuem und recyceltem Holz

Dachbahn: Bei der Dachfolie (TPO/FPO) gab es neben der Verfügbarkeit von Material auch Gewährleistungsgründe, neu und alt zu kombinieren.

Die kritischen Bereiche am Dach sind die Anschlüsse an First, Traufe und Ortgang, weshalb in Kelsterbach diese Bereiche mit neuem Material belegt wurden.
Im Vorfeld zur Wiederverwendung des alten Materials wurde seitens des Herstellers der Dachbahn, Untersuchungen zur Langlebigkeit des Materials vorgenommen. Ein renommiertes Institut für Materialprüfung konnte eine Haltbarkeit der Folie auf mehr als 55 Jahre ermitteln.
Dem Handwerksunternehmen reichte neben seiner eigenen Expertise diese Aussage, um für das Dach die gesamte Gewährleistung zu übernehmen.



Abbildung 7: Dachbahn kombiniert alt / neu

Fassadenplatten: Auch bei den HPL-Platten konnte im Rahmen der Vorabstimmungen mit dem Hersteller, Verarbeiter und Fachingenieurbüro ein gangbarer Weg bezüglich Kosten, Montage und Gewährleistung gefunden werden.
Die 8mm HPL-Platten aus den Vorprojekten waren als Balkonbrüstungsplatten an einem Mehrfamilienhaus der Gebäudeklasse 4 in den 90er Jahren verbaut worden. Die neuen Anforderungen waren somit identisch denen der alten Verwendung, nur dass die höheren mechanische Belastbarkeiten nicht mehr erforderlich waren.

Der Hersteller hatte keine Bedenken gegen eine erneute Montage unter der Prämisse, dass die Montagerichtlinien eingehalten werden – auch auf einer Holz-Unterkonstruktion (UK). Hierbei konnte allerdings keine Einigung mit der ausführenden Firma erzielt werden. Dieses bestand auf eine Aluminium-UK, was sich in der Ökobilanzierung als schlecht erwies. Allerdings übernahm der Betrieb die volle Gewährleistung auf seine Ausführung – ohne die Gewährleistung für die reine Materialbeschaffenheit der Platten zu übernehmen. Diese blieb als Restverantwortung bei der NHW.

Bei der Aufbereitung konnten nicht, wie prognostiziert, die gesamten Kosteneinsparpotentiale realisiert werden. Wie bereits erwähnt, wurden in diesem Pilotprojekt Materialien von unterschiedlichen Baustellen zusammengezogen, die verbracht, gelagert, aufbereitet und wieder geliefert werden mussten.
Der Aufbereitungsaufwand der Platten (nach der Schadstoff-Untersuchung) war hier durchaus angemessen und vertretbar. Allerdings mussten aufgrund diverser Gründe die Platten mehrfach umgelagert und verbracht werden, was höhere Kosten verursachte als erwartet.

Um die Wirtschaftlichkeit der Vorhangfassade insgesamt zu überprüfen, wurden parallel Angebote mit neuen HPL-Platten eingeholt.

Diese Vergleichsangebote führten auf Grund hoher Preis-Unsicherheiten während der Corona-Zeit 2021, sowie Zeitverzögerungen durch gestörte Abläufe zu hohen Angebotspreisen, die nicht immer marktgerecht waren.
Trotz dieser Entwicklung und Angebote konnte die Recycling-Bauweise preislich noch überzeugen.

SZ-Position zzgl. MwSt.					
Text	Pos.	Gesamt	MwSt.	Brutto	
Transport Schreinerei B.....	Einzelrech.	866,78 €	164,69 €	1.031,47 €	Transporte zw. FFM / Kelsterbach, da keine Lagerung bei Fa. B. (Umzug)
Aufbereit. Schreinerei B.....	Einzelrech.	12.016,81 €	2.283,19 €	14.300,00 €	Verhandelter Preis nachträglich!
Schlußrechnung Fa. P.....	Gesamtrech.	33.439,59 €	6.353,52 €	39.793,11 €	Gesamte Rechnung neu - Alu-Unterkonstruktion!!!
				55.124,58 €	*(Preisbereinigung 1.000,- noch nicht erfolgt)*
		GESAMT	m²	Gesamt/m²	
Kosten pro m² - Recyclingplatten:		**55.124,58 €**	150,00	**367,50 €**	
Angebot Fa. G..... entspricht:		69.588,00 €	150,00	463,92 €	
Angebot Fa. Sch.....entspricht		58.619,00 €	145,00	404,27 €	
(Angebote unverhandelt, Corona!-Preise und nicht leistungsbereinigt)					

Abbildung 8: Auswertung Aufbereitung HPL-Platten vs. Angebote



Abbildung 9: Fassadenplatten Eckausbildung (Rückseite) mit UK aus Aluminium

1.7. Auswertung Nachhaltigkeit und Kosten

Die ökobilanziellen Ergebnisse wurden mit Hilfe des Tools eLCA (www.bauteileditor.de) und basierend auf Daten der Ökobaudat 2020 II ohne Verwendung des Moduls D ermittelt.
Die gebaute Lösung (Recycling) wurde mit einem Referenzmodell gleicher Bauweise und mit ausschließlich neuen Bauprodukten verglichen. Daraus wurden repräsentative Bauteile hinsichtlich des Einsparpotenzials an CO_2 Äquivalent [kg Co_2-Äqv/m²NGFa] und nicht erneuerbarer Primärenergie [MJ/m²NGFa] betrachtet. Als Restnutzungszeitraum wurden hier 25 Jahre zu Grunde gelegt.

Bei den Kosten wurden reine Materialpreise verwendet. Problematisch hierbei waren die angebotenen Einheitspreise aus den Angeboten, welche immer Material & Lohnkosten, sowie einen Gemeinkostenzuschlag enthielten.
Wo möglich, wurden die reinen Materialpreise erfragt. Wenn diese nicht vorlagen, durch Preise aus einer online-Recherche ergänzt.

Um die Auswertung nicht einseitig und zu Gunsten der Recycling-Bauweise zu verfälschen, wurden hier eher höhere Preise angesetzt – alle Kosten sind Bruttopreise.
Bei der Recycling-Bauweise wurde der Aufwand für den Rückbau, Transport, Aufbereitung und – falls angefallen – für die Lagerung berücksichtigt und auf die entsprechende Größe umgerechnet (z. B. €/m²).

Neben den oben bereits genannten drei Produkten (Holz, Dachfolie und Fassadenplatten) wurden darüber hinaus folgende Bauteile analysiert: Innenwände, Innentüren mit Beschlägen, Fensterbänke, Fenster, Elektroschalterabdeckungen, Estrichaufbau (Kork-Schrot + Steinholz-Estrich), Einbauküchen, Vorstellbalkone, Pflasterbeläge, Fahrradbügel, Fundamentreste, Mastleuchten außen und Fallrohre. Alle Materialien – außer Estrich und Vorstellbalkone – stammten aus den eigenen Rückbaumaßnahmen vorangegangener Modernisierungen.

Alle Ergebnisse der Analyse wurden in drei Tabellen und Grafiken dem «Neubau» gegenübergestellt.

Exemplarisch hier der Wandaufbau außen und die Ergebnisse in folgender Reihenfolge:

- Einsparung bei Treibhausgasen
- Primärenergie-Einsparung
- Gesamttabelle mit Kostengegenüberstellung

In der ersten Darstellung – Treibhausgase – sind die verschiedenen Schichten der Wand in zwei Balken dargestellt. Links die Recycling-Bauweise, rechts der Aufbau mit neuen Materialien.
In dem linken Balken fehlen die Holz- und Fassadenmaterialien, da sie mit «0» angesetzt wurden.
Hintergrund hierfür ist zum einen das Vorhandensein des Materials und zum anderen die geringen Emissionen, die im Rahmen des Aufbereitungsprozesses anfielen.

Nach anfänglicher Erfassung aller Zeiten, Transport-Emissionen, Strommengen für Maschinenlaufzeiten etc., stellte sich heraus, dass die CO_2-Mengen vernachlässigbar gering war – der Aufwand der Analyse jedoch immens. So summierten sich die CO_2-Werte bei der gesamten Logistik und Aufbereitung der Hölzer für die Wände auf gerade mal 23 kg.

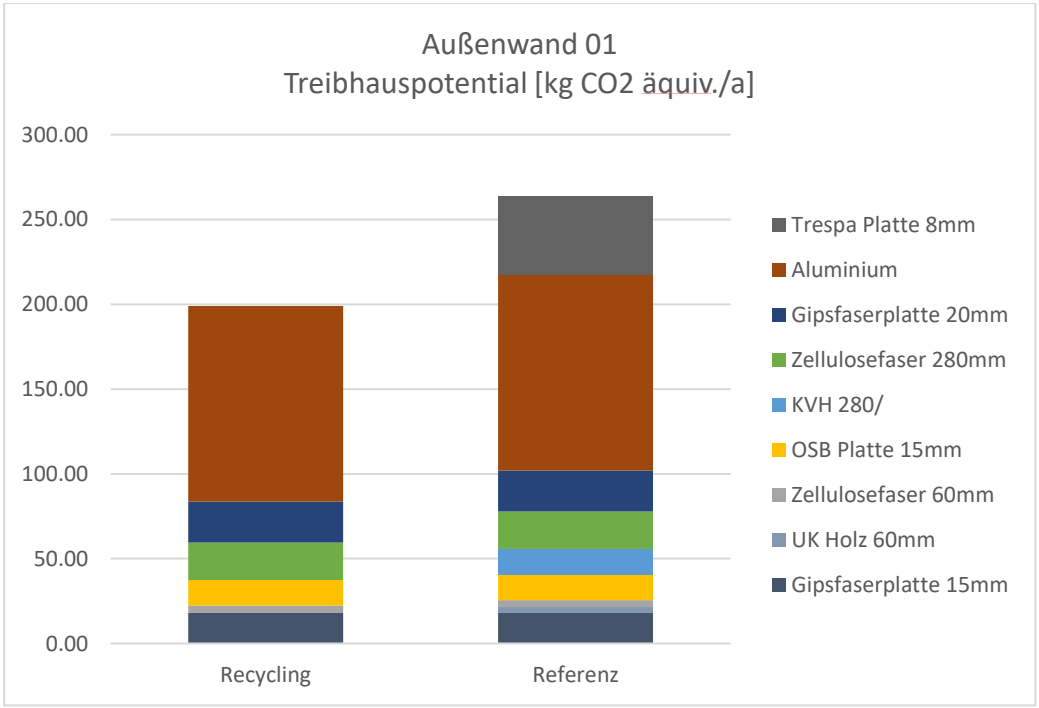


Abbildung 10: Emissionen Recycling vs. Neubau der Außenwand

Gleiche Ergebnisse zeigten sich bei der Primärenergie im unteren Schaubild.

Auch hier wird deutlich, dass der zusätzlich erfasste Energieaufwand für der Aufbereitung von Materialien nicht wirklich ins Gewicht fallen würde.

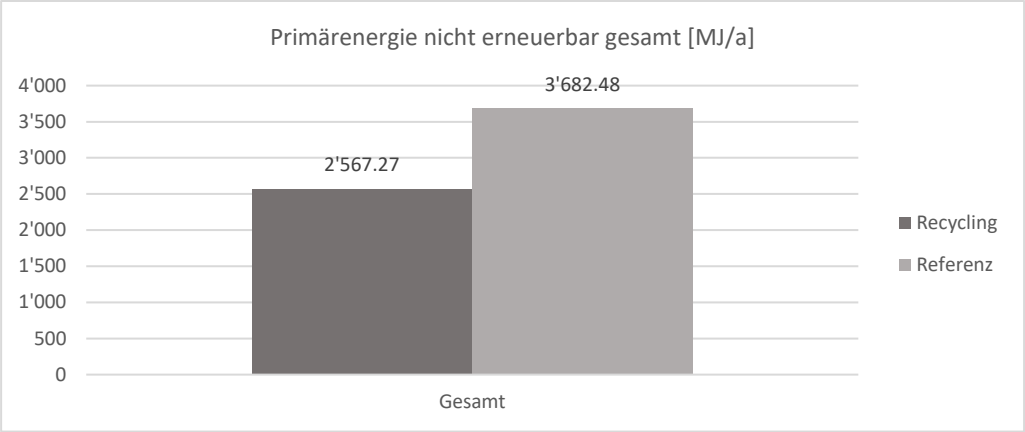


Abbildung 11: Primärenergieaufwand für Recycling (links) und Neubau (rechts)

Preise: Bei den Recherche-Preisen sind die Kosten in beiden Bauweisen immer identisch ausgewiesen. Abweichende Preise wurden nur verwendet, wenn diese verlässlich vorlagen (Angebote) oder vorher umfänglich analysiert und ermittelt werden konnten.
Deutlich wird hier der Aufbereitungsaufwand der Hölzer, der erkennbar unter dem Zukauf von neuem Holz liegt. Über die benötigte Menge von fast 40m³ Holz macht sich diese Differenz deutlich bemerkbar.

Bei den Fassadenplatten wird der Unterschied ebenfalls offensichtlich. Eine Abweichung ist bei der UK aus Aluminium zu erkennen, die aus real vorliegenden Angeboten stammte. Um aber die Gesamtwirtschaftlichkeit der Maßnahme für die NHW realistisch darzustellen, wurden hier die Ist-Kosten des ausführenden Unternehmens zu Grunde gelegt, obwohl die Mitbieter hier günstiger angeboten hatten. Die Mitbewerber wollten primär neue Platten verbauen und wurden deshalb nicht berücksichtigt.

Bei einer Preisanpassung gegenüber dem Referenzpreis aus den Angeboten, wäre der Unterschied noch deutlicher (>21,09%) zu Gunsten der Recycling-Fassade ausgefallen.

Außenwand 01	PENRT			GWP			Kosten		
	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung
Gipsfaserplatte 15mm	277,492197	277,492197		18,081424	18,081424		11,58 €	11,58 €	
UK Holz 60mm/60mm	0	42,4615306		0	3,36428366		1,27 €	4,83 €	
Zellulosefaser 60mm	15,5800527	15,5800527		4,18017679	4,18017679		8,60 €	8,60 €	
OSB Platte 15mm	231,454527	231,454527		15,1506942	15,1506942		5,37 €	5,37 €	
KVH 280/80mm Wand/m²	0	191,867993		0	14,9360574		54,89 €	133,63 €	
Zellulosefaser 280mm	82,4011678	82,4011678		22,1084906	22,1084906		23,15 €	23,15 €	
Gipsfaserplatte 20mm	369,989596	369,989596		24,1085654	24,1085654		7,76 €	7,76 €	
Aluminium-Unterkonstruktion 68mm	1590,3571	1590,3571		115,426666	115,426666		265,00 €	221,00 €	
Trespa Platte 8mm	0	880,876633		0	46,0502857		95,00 €	183,00 €	
	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung
Gesamt	2567,27464	3682,48080	30,3%	199,05602	263,40664	24%	472,61 €	598,91 €	21,09%

Abbildung 12: Analyse: Primärenergie, Treibhausgas-Emission und Kosten für die Außenwand

Bei der Gesamtwirtschaftlichkeit der Maßnahme lagen die Kosten geringfügig unter einem Referenzbau (RefB) des gleichen Jahres. In der unteren Tabelle sind hier aber nur die Gesamtkosten pro m² Wohnfläche dargestellt, was mit der fehlenden Aufteilung zwischen Lohn und Material zu tun hat.
Der RefB in Darmstadt weist einige Besonderheiten auf, welche bei einer Berücksichtigung die Recyclingbauweise wirtschaftlich noch interessanter werden lassen.
Zum einen wurde in Darmstadt ein WDVS statt einer Vorhangfassade gebaut, was mit mindestens 100,- € Minderkosten pro m² Fassadenfläche zu Buche schlägt.
Des Weiteren wurde der RefB an ein Nahwärmenetz angeschlossen, was von den Kosten deutlich unter dem Beheizungskonzept des Recyclinggebäudes in Kelsterbach lag.
In Kelsterbach wurde die komplette Anbindung mit fossilem Energieträger gegen eine Versorgung durch Wärmepumpe ersetzt (Heizung und Trinkwasser). Die Kosten hierfür liegen deutlich über den Anschlusskosten des RefB in Darmstadt.

Die untere Darstellung gibt somit eine Tendenz wieder, dass die Recyclingbauweise eine ernst zu nehmende Alternative sein kann.

	PENRT			GWP			Kosten		
	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung
Außenwände (inkl. Fenster, Türen)	4167,55852	6120,53787	32%	316,226107	444,052229	29%			
Innenwände (inkl. Fenster, Schalter, Innentüren)	1585,81778	1787,97809	11%	103,36064	118,599631	13%			
Decken	2090,07971	3173,3305	34%	115,207683	298,421645	61%			
Dach	1854,31695	3263,01085	43%	212,526696	295,151386	28%			
Außenanlagen	0,00E+00	333,308051	100%	0,00E+00	59,3291099	100%			
	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung	Recycling	Referenz	Einsparung
Gesamt	9697,77296	14678,1653	33,9%	747,321126	1215,554	39%	**4.354,00 €**	4.442,00 €	-2%
							Brutto - Euro/m² Wohnfläche gegenüber		
							Vergleichsobjekt 2022 (Darmstadt)		

Abbildung 13: Einsparungen (Primärenergie und Treibhausgase) sowie Kosten pro m² Wohnfläche.

1.8. Lessons learned

Über die zwei Jahre Planungs- und Ausführungsphase hinweg ergaben sich einige Problemfelder, welche diese Bauweise aktuell noch erschweren. Als Lösungsansätze sollen hier nur exemplarisch einige Punkte genannt werden, die sich in den nachstehen Gruppen untergliedern.

Material:
- Die Rechtslage zum Verbauen von gebrauchten Produkten ist nicht eindeutig geregelt
- Es braucht professionelle Betriebe für den Rückbau und die Aufbereitung
- Der Schlüssel für die Wirtschaftlichkeit beim Recyceln liegt unter anderem in der Logistik
- Restmaterialien, Aufmaß-Fehler und Insolvenzmassen bieten eine interessante Quelle für den Zukauf – und entlasten so auch die Stoffkreisläufe

Rechtliche Aspekte & Förderung:
- Der Gebäudetyp E könnte eine Lösung sein, diese Bauweise zu etablieren, wenn Regelungen angepasst werden
- Es braucht eine Um-Bauordnung, die sich am Bauen im Bestand orientiert – nicht am Neubau
- Förderungen, z. B. für die Einsparung an grauer Energie müssten etabliert werden
- Das Abfallrecht müsste mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz in Einklang gebracht werden

Industrie, Wirtschaft & Handwerk:
- Mehr Offenheit für diese Entwicklung bei Handwerk und Industrie
- Mehr Produkte aus Recyclingstoffen herstellen und schnellere Zulassung dieser Produkte
- Lastenverteilung bei der Gewährleistung muss fair für alle geregelt werden

Herausforderungen für eine Wohnbaugesellschaft

Uwe Wulfrath
GWG Tübingen
Tübingen, Deutschland



Herausforderungen für eine Wohnungsbaugesellschaft

1. Die GWG Tübingen

Die GWG hat circa 2.200 eigene Wohnungen und vermietet weitere ca. 200 Wohnungen der Universitätsstadt Tübingen.

Pro Jahr gibt es 150 bis 180 Mieterwechsel. Die GWG vermietet die Wohnungen nach Dringlichkeit auf der Basis eines Punktesystems. 1.700 Haushalte stehen auf der Warteliste. Die Chance auf eine GWG-Wohnungen beträgt also 1 zu 10.

GWG-Wohnungen sind sehr günstig, die Durchschnittsmiete betrug Ende 2023 8,26 €/qm.

2. Ziele der GWG

Die GWG hat zwei strategische Ziele, nämlich die Anzahl kommunaler Wohnungen zu erhöhen und die von den Wohnungen ausgehenden CO_2-Emissionen zu reduzieren. Das gilt nicht nur für den Betrieb, also das Heizen und das Bereitstellen von Warmwasser, sondern es gilt auch für den Bau der Gebäude, für die Modernisierung und für den späteren Rückbau.

Das ist alles machbar, aber die hohe Kunst ist, das so zu machen, dass auch bezahlbare Mieten dabei herauskommen.

3. Bauen im Kreislauf

Was muss man tun und lassen, wenn man Zirkularität mehr berücksichtigen möchte?

- Man sollte weniger abbrechen, um «nur» modernisieren und nicht so viel neu bauen zu müssen.
- Man muss andere Baumaterialien verwenden und
- Man muss andere Methoden anwenden, um die Materialien miteinander zu verbinden.

Daraus entstehende aber einige Zielkonflikte: Abbruch und Neubau kann oft zu einem Zuwachs an Wohnraum führen. Modernisiert man den Bestand, wächst dieser in der Regel nicht oder zumindest nicht so stark. Alternative Baustoffe und andere Methoden, Baustoffe miteinander zu verbinden führt in aller Regel zu Mehrkosten. Außerdem sinkt die Resilienz gegenüber Bauschäden und unsachgemäßer Benutzung.

4. Beispiele

Drei Beispiele, wie die GWG mit dem ersten Zielkonflikt umgeht:

- In der Stuttgarter Straße 54-58 war bisher Abbruch und Neubau gedacht. Jetzt wird von einer Modernisierung ausgegangen und untersucht, ob man aufstocken und/oder erweitern könnte.
- In der Eckenerstraße wurde bereits über eine Mio. € für die Planung von Neubauten ausgegeben. Dennoch wird aktuell geprüft, ob stattdessen die alten Häuser modernisiert werden. Dabei würden dann aber auf den Zuwachs von 23 Wohnungen und 1000 qm Wohnfläche verzichtet werden. Hintergrund dieses Infragestellens ist nicht nur die Ökologie – der Neubau wäre sehr, sehr teuer und es gibt Zweifel, ob die Baukosten über die Mieten wieder erwirtschaftet werden können.
- Im dritten Beispiel wird es definitiv bei Abbruch und Neubau bleiben. Die bestehende Bausubstanz ist zu schlecht und der Zugewinn an Wohnungen ist zu hoch.

Die Beispiele zeigen, dass eine radikale Forderung, nichts mehr abzubrechen und alles zu erhalten nicht zielführend ist. Man muss die Zielkonflikte benennen und bewerten und dann kann Neubau unvermeidlich werden.

5. Das Projekt «Palazzo»

Wenn neu gebaut wird, hat die GWG den Ehrgeiz, dies möglichst ressourcenschonend zu tun. Um zu lernen, wie weit man gehen kann und welche Konsequenzen das hat, plant und baut die GWG ein exemplarisches Projekt, das im Folgenden beschrieben wird.

Der Städtebau gibt drei Baukörper vor: im Norden ein quadratisches Gebäude, das einen Kinder- und Jugendzirkus, eine Sporthalle und Wohnungen beinhaltet. Dieses Gebäude wird in Holzhybridbauweise geplant. Im Süden sind in einem Riegel Eigentumswohnungen vorgesehen, die aus Haftungsgründen relativ konventionell gebaut werden, und in der Mitte ist das «Versuchsgebäude», bei dem Erfahrungen mit zirkulärer Bauweise gemacht werden sollen. Das Gebäude beinhaltet im EG eine Gewerbenutzung, darüber Wohnungen. Hier sollen Stroh-Holz-Lehmaußenwände ausgeführt werden und es sollen für weitere Bauteile zirkuläre Konstruktionslösungen im Holzbau erprobt werden.

Die Stroh-Holz-Lehmwand ist auch der Erfahrung der seit 2017 von der GWG realisierten Holzbauten geschuldet. Dort führten Brandschutz, Schallschutz und Wetterfestigkeit zu sehr vielen verschiedene Schichten im Wandaufbau, was sich als kompliziert und teuer erwiesen hat. Beim Palazzo ist das Ziel, etwas ganz Simples zu bauen: eine Wand, die nur aus drei Schichten besteht: außen ein mineralischer Putz, der das Haus gegen die Witterung schützt, in der Mitte Holzrahmen zur Lastabtragung und Stroh zur Wärmedämmung und innen ein Lehmputz, der Feuchtigkeitsregulierend wirkt und Masse als Schallschutz bringt. Das ist einfach und deswegen hoffentlich wirtschaftlich und alle Materialien sind sortenrein trennbar und in Stoffkreisläufe wieder einbringbar.

Beim Palazzo hat sich die GWG entschieden, systematisch zu versuchen, das Gebäude mit möglichst geringen Auswirkungen auf die Erderwärmung und mit möglichst guten Eigenschaften hinsichtlich Zirkularität zu bauen. Betrachtet werden alle zur Verwendung in Frage kommenden Baustoffe danach, ob sie bereits ein Vorleben hatten: Dabei gibt es unterschiedliche Kategorien:

- am besten sind wiederverwendete Materialien, die 1:1 aus einem anderen Haus ausgebaut und im neuen wieder eingebaut werden. Zurzeit stehen davon aber noch nicht viele zur Verfügung, weil in der Vergangenheit eben nicht zirkulär gebaut wurde,
- mittelgute Kategorien sind wiederverwertete Materialien oder Materialien aus erneuerbaren Rohstoffen wie Holz
- und die schlechteste Kategorie sind Materialien, die aus nicht erneuerbaren Primärrohstoffen hergestellt sind.

Im zweiten Schritt wird untersucht, was mit den Materialien passieren wird, wenn das Haus abgebrochen wird. Auch hier gehen dann die Kategorien von wiederverwendbar über wiederverwertbar bis hin zu energetisch verwertbar (Material wird verbrannt) oder – ganz schlecht – Material wird Abfall und muss deponiert werden.

Wenn man diese Methode für alle Materialentscheidungen durchführt und das Ergebnis entsprechend bepunktet, errechnet sich ein Urban Mining Index, an dem man erkennen kann, wie zirkulär das Gebäude im Vergleich zu anderen Gebäuden ist.

Neben dieser Dokumentation ist es wichtig, Planungs-Alternativen zu bewerten. Dazu zwei Beispiele:

Viel Material steckt in den Decken: Standard ist Stahlbeton zur Lastabtragung und gegen Luftschall. Obendrauf kommt ein Fußbodenaufbau aus Trittschalldämmung mit Estrich. Und oft sind im Estrich Kunststoffschlangen für die Fußbodenheizung eingelassen. Wir werden stattdessen Heizkörper bauen und Decken aus Brettstapelholz. Wegen des schlechteren Schallschutzes braucht es dann zusätzlich eine Schüttung, die Masse bringt. Darauf dann Trittschalldämmung und ein Estrich, der den Bodenbelag aufnehmen kann. Wir haben für die Deckenaufbauten vier Varianten untersucht und abgewogen, welcher Aufwand welche Auswirkungen auf das Treibhauspotential, den Primärenergiebedarf, die Kreislauffähigkeit und die Kosten hat. Das Ergebnis ist leider so, wie erwartet: Die Fußbodenaufbau-Varianten mit Zementestrich sind ökologisch die schlechtesten. Ökonomisch

aber die besten. Der Unterschied macht 50 € pro qm WF aus. Dazu kommen noch 80 bis 100 Euro pro qm WF, die die Holzdecke teurer ist als die Betondecke.

Zweites Beispiel: die Wohnungstrennwände. Auch hier ist das ökologisch bessere das teuerste. Hier sind es 45 Euro pro qm Wand. Auf ein Quadratmeter Wohnungstrennwand kommen aber nur 15 qm Wohnfläche, so dass die Auswirkungen auf die Herstellungskosten nicht so hoch sind, wie beim Fußboden- und Deckenaufbau.

Unser Gebäude kommt auf einen Urban Mining Indikator von gut 52% und ein Global Warming Potential von 3,7 kg $CO_{2\text{-eq}}$/qm WF bei 50 Jahren Berechnungszeit.

Solche Untersuchungen verursachen viel Arbeit, die bezahlt werden muss. Die zusätzlichen Planungskosten, die nötig sind, um die Nachhaltigkeit zu optimieren und zu dokumentieren betragen in unserem Beispiel 150 Euro pro qm WF. Rechnet man jetzt die 130 €/qm Decke und 15 €/qm Wohnungstrennwand dazu, sind es schon 300 €/qm. Dazu kommen noch Mehrkosten für Holz- statt Kunststofffenstern und von anderen Farben und Bodenbelägen. Auf diese Kosten kommen dann prozentual noch die Kosten für Architekten und Ingenieure, deren Honorar ja an den Baukosten hängt.

6. Kosten durch Randbedingungen und Städtebau

Mehr Rücksicht auf die Umwelt kosten also definitiv deutlich mehr Geld und erhöht damit die Wohnkosten! Trotzdem ist es notwendig – das zeigen unter anderem die vielen Hochwasserereignisse dieses Jahres. Damit das nicht zu unbezahlbaren Mieten führt, müssen andere Kostentreiber aufmerksamer in den Blick genommen werden als bisher.

Ein teurer Verbau oder ein steiler Hang ist dem Ort geschuldet und in der Regel nicht veränderbar – die Notwendigkeit von Tiefgaragen hingegen ist veränderbar, und zwar mit einer Stellplatzsatzung, wie sie Kommunen zumindest in Baden-Württemberg beschließen können.

Auch die Geschossigkeit ist ein Thema, das der Gemeinderat in der Hand hat: wenn die teure Gründung und das teure Dach auf mindestens vier statt auf zwei Geschosse verteilt werden, reduzieren sich die Baukosten pro qm WF um die Hälfte der Bauteilkosten und mehr.

Bei größeren Baufenstern reicht ein Treppenhaus für mehr Wohnfläche, als bei kleinen Baufenstern und in der offenen Bauweise gibt es vier teure Fassaden, in der geschlossenen Bauweise nur noch zwei.

7. Leistbarkeit von Wohnen

Können sich die Menschen das leisten?

Auf der Homepage des statistischen Landesamtes Baden-Württemberg finden sich die Nettohaushaltseinkommen aus dem Jahr 2021, die heute ca. 5-10% höher sein dürften.

Wenn Mieten leistbar sind, die 30% des Nettoeinkommens nicht übersteigen und wenn Wohnflächen angenommen werden, wie sie das Landeswohnraumfördergesetz als Obergrenze für den Wohnberechtigungsschein definiert, ist zumindest für den Median in Baden-Württemberg deutlich mehr leistbar, als landläufig angenommen wird, nämlich 10 bis 18 €/qm WF je nach Haushaltsgröße.

Auch wenn man nicht den Median nimmt, sondern möchte, dass zwei Drittel der Haushalte sich Neubaumieten leisten können, sind die Zahlen höher als vermutet. Diese Menschen und die, die noch weniger Einkommen haben, haben zudem Anspruch auf Wohngeld oder Bürgergeld. Ein Einpersonenhaushalt mit einem Nettoeinkommen von 1250 €, der 45 qm mal 15 €/qm = 675 € Miete bezahlen muss, bekommt 278 Euro Wohngeld. Bleiben 400 € zum selber bezahlen übrig, das wären 8,80 €/qm. Das ist knapp, aber leistbar, obwohl 15 €/qm landläufig nicht als günstige Miete gesehen wird. Außerdem sind dies Neubaumieten. Bestandswohnungen sind bei der GWG Tübingen immer noch deutlich günstiger zu haben.

Ohne den Wohnungsmarkt schönreden zu wollen, muss bedacht werden, dass Häuser ein kostbares Gut sind, das uns auch – zumindest beim Neubau- Geld wert sein muss.

8. Risiken

Zirkuläres Bauen bedarf teilweise der Verwendung von anderen Baumaterialien und Methoden der Fügung von Baustoffen, die sich vom heute dominierenden Kleben unterscheiden. Damit sind einige Risiken verbunden.

Für viele der Baustoffe, die heute in den Fokus kommen, existieren keine langen Erfahrungen. Wie die von uns geplante Strohdämmung in 50 Jahren noch wirken wird, ist heute kaum einschätzbar, auch ist kritisch zu hinterfragen, was unsere Nachkommen wohl von verleimtem Holz halten, das wir heute einbauen.

Die Verarbeitungsmethoden, die zirkuläres Bauen erfordern sind bei den Handwerkern keine Routine. Oder keine Routine mehr.

Umgekehrt verzichten wir auf viele erdölbasierte Baustoffe, die sich hinsichtlich Verarbeitbarkeit und Haltbarkeit bewährt hatten.

Baustoffe aus nachwachsenden Materialien sind oft anfälliger gegen Wasser. Eine über Jahre unbemerkte undichte (Ab-)wasserleitung hinter einer Wandverkleidung macht einem Betongebäude überhaupt nichts. Ein Holzbau aber leidet massiv!

9. Fazit

Es ist nicht nur eine Frage des Wollens! Zirkuläre Bauweisen sorgen für einiges an Zielkonflikten, die erkannt und abgewogen werden müssen. Das größte Problem ist, dass wir mit zirkulärem Bauen in erheblichem Maße Kosten in der Zukunft sparen, dass das uns heute aber nicht hilft, wenn wir die Mieten berechnen. Kosten die heute entstehen, müssen durch Darlehen finanziert werden und Zins und Tilgung müssen durch die Mieten gedeckt werden.

Nicht nur die Bauherren, sondern auch die ausführenden Firmen müssen viel lernen. Die GWG Tübingen macht daher Versuchsbauten, wie das hier dargestellte.

Möchte man ganz konsequent nur noch zirkulär bauen, müsste man jedoch manche Bauvorhaben komplett unterlassen, weil die Kosten dafür über die Mieten nicht refinanzierbar sind.

Und es braucht Lobbyarbeit zur Reduzierung von Kosten. Dass beispielsweise eine Zertifizierung über 100.000 € für ein Gebäude kostet ist dem geschuldet, dass viel zu viel Unwesentliches abgearbeitet werden muss. Der Nachhaltigkeit hilft dies nicht.

Kreislaufgerechte Holztragwerke

Realisierte Projekte, aktuelle Entwicklungen, zukünftige Potentiale

Juliane Deubel
knippershelbig
Stuttgart, Deutschland



Kreislaufgerechte Holztragwerke

1. Einleitung

Wenn ein Gebäude neu gebaut wird, entsteht mehr als die Hälfte der Treibhausgasemissionen bereits vor der eigentlichen Nutzung, nämlich bei der Herstellung und Errichtung. Klimagerecht zu bauen, bedeutet die Entstehung von Treibhausgasemissionen durch die Baubranche in ihrem zur Verfügung stehenden jährlich abnehmendem Budget zu halten und den Einsatz von Primärressourcen auf das Nötigste zu beschränken.

Das Bauwesen ist die Branche mit dem höchsten Ressourcenverbrauch und Abfallaufkommen. Der Bausektor in Deutschland sind 55% des Abfallaufkommens und 40% des Ressourcenverbrauchs verantwortlich. Angesichts der zunehmenden Ressourcenverknappung verschieben sich die Prioritäten im Gebäudeentwurf und in der Planung.

Kreislauffähigkeit bedeutet, Materialien in geschlossenen Materialkreisläufen zu behalten. Die Materialien werden am Ende ihrer Nutzung in möglichst gleichbleibender Qualität in den Kreislauf zurückgeführt und für die Herstellung neuer Produkte verwendet.

Wenn ein Baustoff nicht neu hergestellt werden muss, sondern wiederverwendet, werden kann, dann entstehen keine weiteren grauen Emissionen aus der Herstellung.

Holzbauteile sollten sowohl in Hinblick auf die Verfügbarkeit der Ressourcen als auch im Zusammenhang mit der dauerhaften Speicherung von CO_2 möglichst wiederverwendet werden. Erst in einem zweiten Schritt sollten die Bauteile in Form einer Kaskadennutzung recycelt werden. Dadurch bleibt das im Holz gebundene CO_2 langfristig der Atmosphäre entzogen.

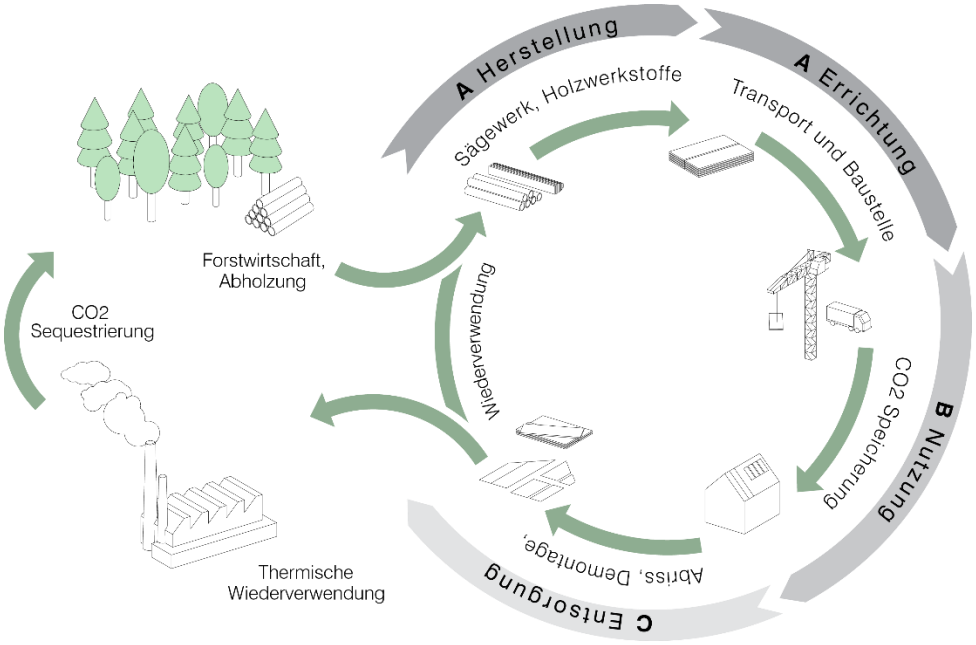
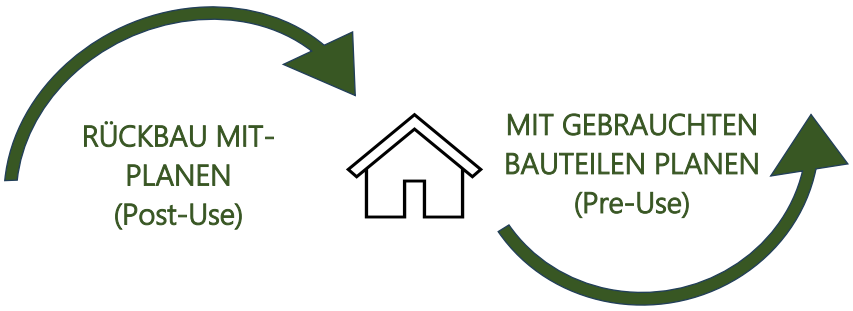


Abbildung 1: Zirkulärer Lebenszyklus von Holzprodukten (© knippershelbig)

2. Kreislaufgerechte Holztragwerke



In den nachfolgend vorgestellten Projekten von knippershelbig werden Bauvorhaben präsentiert, bei denen der Rückbau mitgeplant wurde (Post-Use) und Projekte, bei denen mit gebrauchten Bauteilen (Pre-Use) gebaut werden soll.

Rückbau mitplanen - Post-Use (Design for Disassembly)
Um die Kreislauffähigkeit eines Gebäudes am Ende des Lebenszyklus gewährleisten zu können, muss der Materialkreislauf bereits bei der Planung geschlossen werden: Der Rückbau muss mitgeplant werden. Das Bauvorhaben sollte also nach dem Prinzip «Design for Disassembly» geplant werden. Dabei ist während der Entwurfsplanung darauf zu achten, recyclingfähige Baustoffe zu verwenden, standardisierte Tragstrukturen zu bevorzugen und reversible Verbindungen zu planen. Auch erleichtern die Erstellung von Materialdatenbanken oder Gebäuderessourcenpässen die zukünftige Nutzung des Gebäudes. Durch die Entwicklung reversibler Gebäudekonzepte in Form von Trennbarkeits- und Demontagekonzepten, kann ein kreislauffähiger Rückbau des Gebäudes gewährleistet werden.

Mit gebrauchten Bauteilen planen (Pre-Use)
Die Realisierung von Kreislauffähigkeit im Pre-Use Szenario setzt das Planen nach dem Ansatz «Form Follows Availability» voraus. Statt den Entwurf optimal auf den Bedarf anzupassen, sollte die Planung vielmehr nach den Materialien ausgerichtet werden, die bereits vorhanden sind. Z.B. könnte die Spannweite auf Grundlage der Dimensionen wiederverwendbarer Träger festgelegt werden, statt typische Maße für eine bestimmte Nutzungsart zu verwenden. Es ist also eine frühzeitige Einbindung von verfügbaren, rückgebauten Materialien in den Entwurf erforderlich. Für eine Wiederverwendung rückgebauter Materialien, müssen diese bereits in frühen Phasen der Planung berücksichtigt werden. Dies macht veränderte Planungsprozesse vor allem in den frühen Projektphasen erforderlich.

Während die kreislaufgerechte Planung von Konstruktionen durch einen Design for Dissassembly Entwurfsansatz (Post-Use) vielfach Anwendung findet, stehen der Wiederverwendung rückgebauter Materialien im Tragwerk aktuell noch rechtliche und regulatorische Hürden im Weg.

3. Rückbau mitplanen - Design for Disassembly

3.1. The Cradle, Düsseldorf

Planungsbeginn: 2017
Fertigstellung: 2023
Bauherr: Interboden GmbH
Architekt: HPP Architekten
Tragwerksplanung: knippershelbig und sjb Kempter Fitze GmbH
Beratung Holzbau: Design-to-Production
C2C Beratung: EPEA
Ausführende Firma Holzbau: Derix
Ausführende Firma Rohbau: Overmann



Abbildung 2: Blick vom Rhein auf das Gebäude The Cradle (© Achim Birnbaum)

Das Projekt The Cradle basiert auf einem 2017 von der Stadt Düsseldorf ausgelobten geladenen Konzeptwettbewerb, der nachhaltiges Bauen und Betreiben als wesentliche Bedingung für die Veräußerung des attraktiven Grundstücks in erster Reihe am Düsseldorfer Medienhafen definierte. Das von HPP Architekten gemeinsam mit dem Fachplaner-Kernteam knippershelbig (Tragwerks- und Fassadenplanung) und Transsolar (Energieplanung) für die Interboden Gruppe (Investor) entwickelte Gebäude ist konsequent nachhaltig konzipiert.

Der Holzhybridbau mit einer Grundfläche von 26 x 48 m und 22 m Höhe besteht aus drei Untergeschossen und einem Erdgeschoss aus Ortbeton. Die fünf Obergeschosse und das zurückversetzte Staffelgeschoss sind in Holzbauweise ausgeführt. Die prägnanten V-Stützen in den Fassadenebenen sind sowohl Teil des Primärtragwerks als auch integrales Fassadenelement. Sie tragen vertikale und horizontale Kräfte ab, und bilden gemeinsam mit den Stahlbetonkernen die Gebäudeaussteifung. Die V-Stützen dienen zudem als Sonnenschutz, der entsprechend der Sonneneinstrahlung ausgerichtet ist. An Süd- und Westfassade stellen 1,92 m tiefe und 24 cm breite Holzelemente eine tiefere Verschattung dar, während quadratische Stützen (d= 36 cm) in Nord- und Ostausrichtung einen stärkeren Lichteintritt zulassen. Auf der Süd- und Westseite sind jeweils zwei Loggien pro Geschoss begehbar, weshalb die V-Stützen schlanker und daher nichttragend ausgeführt sind. Die gläserne Gebäudehülle besteht aus einer inneren Dreifach-Isolierverglasung. Um einen effektiven konstruktiven Holzschutz zu gewährleisten sowie zu Sicherstellung des Schallschutzes sind Prallscheiben als zweite Fassadenhaut vor jeder zweiten V-Stütze angebracht.

Die außenliegenden geometrisch komplexen V-Stützen im Erdgeschoss wurden als Sichtbetonbauteile realisiert. Um die Vertikal- und Horizontalkräfte vom Holzbau in den Betonbau zu übertragen, waren komplexe Einbauteile in der Betondecke zwischen den Fassadenstützen notwendig. Nach der Herstellung des Erdgeschosses wurden die Betonkerne aus Recyclingbeton bis zur vollen Höhe errichtet.



Abbildung 3: Fertigstellung Betonbau (© HPP Architekten)

Die Deckenkonstruktion aus Holz besteht aus 30 cm starken Brettsperrholz-Elementen, die zwischen Holzträgern und Kernwänden mit einer Länge zwischen 6 bis 7,15 m spannen. Die blockverleimten Stützen und Träger wurden in BauBuche ausgeführt, um möglichst geringe Bauteilabmessungen zu erzielen. Aufgrund der begrenzten Höhensituation konnten die Decken nicht auf den Unterzügen aufgelegt werden, sondern wurden dazwischen gehängt. Hier wurde auf einen Anschluss der BSP-Decken mit Hilfe von Vollgewindeschrauben gesetzt.

Am Deckenrand durchdringen die BSP-Platten die Fassadenkonstruktion und liegen auf dem außenliegenden Randträger auf. Damit die Last der Lärchenholz V-Stützen durch die Randträger aus BSH-Fichte an die darunterliegende Stütze durchgeleitet werden kann, sind im Randträger eingeschlitzte Stahl-Steckverbindungen erforderlich. Besonderes Augenmerk muss bei den Knotenpunkten auf die Abdichtung der außenliegenden V-Stützen gelegt werden, weshalb zur Absicherung in den Knotenpunkten ein Feuchte-Monitoring System eingebaut wurde.

Insgesamt wurden ca. 2.150 m³ Holz aus FSC-zertifizierter nachhaltiger Forstwirtschaft verbaut, davon 1.750 m³ Fichte, 225 m³ Lärche und 175 m³ Buche.





Abbildung 4: Knotenpunkt V-Stütze (© knippershelbig)
Herstellung BauBuche Knotenpunkt (© knippershelbig)

Namensgebend für The Cradle ist das Kreislaufprinzip Cradle to Cradle (C2C), was übersetzt «von der Wiege zur Wiege» bedeutet. Der in den 1990ern entwickelte Ansatz, nach dem Produkte in geschlossenen Kreisläufen geführt werden, findet heute in Pilotprojekten, wie The Cradle Anwendung. Dafür wurden bei der Auswahl der Materialien die Kriterien des C2C-Maßnahmenkatalogs beachtet, die neben Sortenreinheit und Trennbarkeit auch Materialgesundheit und Schadstofffreiheit umfassen.

Im Tragwerk von The Cradle konnten diese Anforderungen maßgeblich durch die sortenreine Holzbauteile erfüllt werden, die nur gesteckt oder geschraubt sind. Die verbauten Brettschichtholz- und Brettsperrholzelemente werden dann nach Ende der Nutzungsdauer vom Hersteller (Firma Derix) zurückgenommen. Die Firma Derix hat im Sinne des Cradle to Cradle Gedankens eine Rücknahmeverpflichtung für gebrauchte Bauteile eingeführt. Der Rückgabewunsch muss 12 Monate vor Rückgabe angemeldet werden. Bei einer positiven Bewertung des Bauteilzustands wird ein Angebot für die Rücknahme erstellt.

Um eine einfache Planung und Wiederverwendung zu gewährleisten, ist die Dokumentation und Verortung der kreislauffähigen Bauteile essenziell. Dafür wurde das BIM-Modell als Materialdatenbank genutzt und damit ein Material Passport erstellt. Die Materialdaten wurden 2021 als erste Projektentwicklung überhaupt in dem Materialkataster Madaster erfasst. In diesem Materialkataster sind neben Art und Menge der verbauten Materialen auch Informationen zur Zirkularität und der Restwert der Materialien aufgeführt. Die Daten sind Eigentum des Bauherrn, wechselt der Eigentümer wird der Zugang weitergegeben, so dass die Daten über den Lebenszyklus erhalten bleiben.

Digitale Gebäuderessourcenpässe sind unerlässlich für eine spätere Nachnutzung. Eine Einführung von Ressourcenpässen wurde auch in den Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung mit aufgenommen. Seit dem 29.05.2024 kooperiert Madaster mit NRW zur Einführung des digitalen Gebäuderessourcenpass für öffentliche Projekte.

3.2. Parkhaus Schwanenweg, Wendlingen

Planungsbeginn: 2020
Fertigstellung: 2024
Bauherr: Stadt Wendlingen am Neckar
Architekt: Hermann Bosch
Tragwerksplanung: knippershelbig
Beratung Holzbau: Design-to-Production
Ausführende Firma Holzbau: Pletschacher, Dasing
Ausführende Firma Rohbau: Brodbeck, Metzungen

In Wendlingen am Neckar entstand ein zukunftweisendes fünfgeschossiges rund 18m hohes Parkhaus in Holzbauweise. Das Gebäude mit Außenabmessungen von ca. 57m x 42m wurde als offizielles Projekt für die IBA27 der Stadtregion Stuttgart ausgewählt.
In unmittelbarer Nähe zum Bahnhof am Ortseingang gelegen, fungiert das Parkhaus als Blickfang und Auftakt zur Stadt. Das Gebäude hat eine wichtige Park-&-Ride-Funktion und fördert somit umweltfreundliche Mobilität.



Abbildung 5: Luftbild (© knippershelbig)

Es wurde eine stützenfreie Konstruktion mit 16m Spannweite gewählt. Die Grundkonstruktion besteht aus 108cm hohen Brettschichtholzträgern (BSH), die als Einfeldträger zwischen den Außen- und Innenstützen angeordnet sind. Die aufliegenden Decken aus Brettsperrholz (BSP) können aufgrund des Trägerabstands von 2,5m auf 12cm optimiert werden. Für die Rampen im Gebäudezentrum wurden Stahlbetonfertigteile verwendet, welche auf den Rampenträgern aus BSH liegen. Die Horizontalaussteifung der Konstruktion wird durch die beiden Treppenhaustürme aus Stahlbeton, welche in die jeweilige lokale Bodenplatte eingespannt sind, gewährleistet.

Das Dach erhält eine extensive Begrünung sowie eine Solaranlage, mit der die Elektroladesäulen gespeist werden können. Nordseitig ist das Parkhaus mit einer Schallschutzfassade aus Profilglas geschlossen, um seiner Funktion als Lärmschutzwand gerecht zu werden. Südseitig ist eine Fassadenbegrünung mit Edelstahl-Ranknetzen versehen. Das anfallende Regenwasser wird in einer Zisterne gesammelt und wird zur Bewässerung der begrünten Südfassade genutzt werden.

Die für den Anschluss der Träger an die Stützen verwendeten Steckverbinder bringen die Präzision der Vorfertigung im Holzbau auf die Baustelle. Montagezeiten werden auf ein Minimum reduziert und das Risiko von aufwändigen Nacharbeiten sinkt. Der vertikale Einschub des Steckverbinders wird durch das Eigengewicht der 16m langen Holzträger begünstigt. Es kommen insgesamt ca. 850 Steckverbinder zum Einsatz. Jeder Anschluss kann eine Bemessungslast von bis zu 180kN (~18to) aufnehmen.

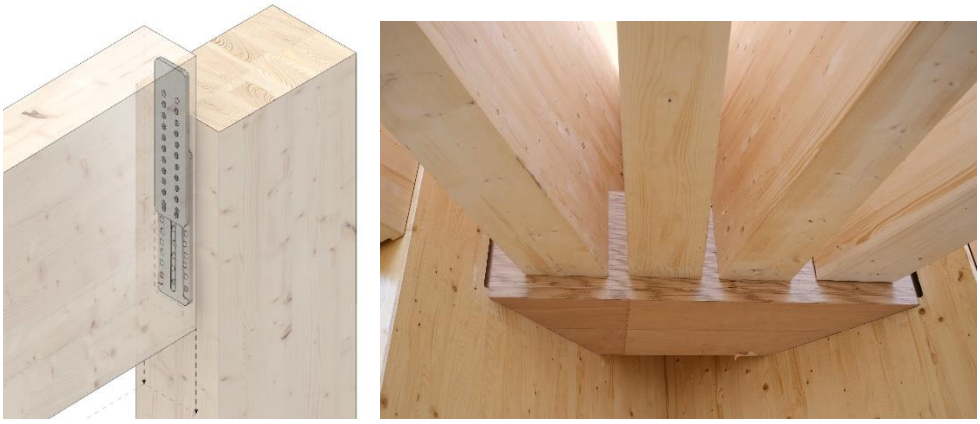


Abbildung 6: Trägeranschlüsse (© knippershelbig)

In den Radialbereichen laufen die BSH-Träger an den Rampenecken in einem Punkt zusammen. Damit alle Trägeranschlüsse Platz finden, wurde eine L-Stütze aus blockverleimtem BSH entwickelt. Vier der acht BSH-Träger schließen direkt über Steckverbinder an die L-Stütze an. Die vier Träger im Radialbereich werden an einen Sammelträger aus Furnierschichtholz BauBuche, der zwischen den beiden Schenkeln der Stütze spannt, angeschlossen.

Auf der Oberseite der Geschossdecken werden zwei Bitumenbahnlagen verlegt, die Erste vernagelt, die Zweite verschweißt. Eine 40mm starke Gussasphaltschicht bildet den Abschluss der Deckenoberseite. Die direkt bewitterten Außenstützen erhalten eine hinterlüfteten Verkleidung aus Lärchenholz und an den Stützenfußpunkten im Erdgeschoss sind zusätzliche Stahlsockelelemente vorgesehen. Somit sind alle tragenden Holzbauteile vor direkter Bewitterung geschützt.

Kreislauffähiges Bauen setzt voraus, dass jedes Bauteil leicht und rückstandsfrei demontierbar und hinsichtlich der mechanischen und konstruktiven Eigenschaften eindeutig identifizierbar ist. Daher wurde eine leicht montierbare und zerstörungsfrei demontierbare sortenreine Konstruktion mit größtenteils gesteckten Verbindungen konzipiert. Die CLT-Decken wurden auf die Unterzüge aufgelegt, so konnten die Anzahl der Verbindungsmittel reduziert werden.

Um eine Nachnutzung des Gebäudes zu gewährleistet, wurden die Geschosshöhen mit einer lichten Höhe von 2,35m, anstatt wie bei einem konventionellen Parkhaus, mit einer lichten Höhe von 2,1m geplant. Höhe und Stützenfreiheit ermöglichen einen einfachen Umbau des Parkhauses in eine Wohn- oder Gewerbenutzung mit einem natürlich belichteten Innenhof anstelle der zentralen Rampe.



Abbildung 7: Umnutzung Wohnen (© herrmann+bosch)

3.3. Studierendenhaus, Braunschweig

Planungsbeginn: 2019
Fertigstellung: 2022
Bauherr: Technische Universität Braunschweig
Architekt: Gustav Düsing & Max Hacke
Tragwerksplanung: knippershelbig
Ausführende Firma: Cornils GmbH

Das Studierendenhaus erhielt im Jahr 2024 den Mies-van-der Rohe EU-Preis für zeitgenössische Architektur und bereits im Jahr 2023 wurde es mit dem Deutschen Architekturpreis ausgezeichnet. Der Neubau des Studierendenhauses an der Technischen Universität Braunschweig bietet auf über 1.000 m² Platz für 200 Arbeitsplätze. Das zweigeschossige Gebäude ist ohne massive Wände ausgebildet und erlaubt eine flexible Nutzung.



Abbildung 8: Außenansicht Studierendenhaus (© Iwan Baan)

Das Primärtragwerk als Stahltragwerk ist mit einem regelmäßigen Stützenraster von 3,0m x 3,0m konzipiert, das auf einer 25 Zentimeter dicken Bodenplatte und Einzelfundamenten gegründet ist. Die horizontale Gebäudeaussteifung erfolgt über schubsteife Tragwerksfelder, die durch Integration zug-/drucksteifer Diagonalen in Treppenwangen und geschlossenen Wandbereichen integriert sind. Zusätzliche wird die Horizontalsteifigkeit des Systems durch die Einspannung der Stützen in die Fundierung erhöht. Die verschraubte, vorgespannte Fügung erleichtert und verkürzt die Montage und erlaubt eine einfache Demontage. Alle Stützen und Träger sind mit identischem Querschnitt als quadratische Stahlhohlprofile 100 x100 Millimeter einer Wandstärke von 10 Millimeter aus Stahl S355 ausgeführt und gelenkig miteinander verbunden. Um die Biegebeanspruchung der Träger zu vereinheitlichen, sind die Lignotrend-Deckenelemente alternierend ausgerichtet. Aufgrund dieser Vergleichmäßigung der Auslastung können Stützen und alle Träger mit identischen äußeren Querschnittsabmessungen ausgebildet werden. Als Dacheindeckung wird ein materialeffizientes Stahltrapezblech gewählt. Die Horizontalaussteifung erfolgt über eine liegende Verbandsebene, die oberhalb der Trapezblechhaut in den Dachaufbau integriert ist.
Die Fügung der Stahlhohlprofile erfolgt durch eine innenliegende, vorgespannte Schraubverbindung. Eine mit Senkkopfschrauben befestigte Deckplatte verschließt die unterseitige Montageöffnung. Zur Vereinfachung der konstruktiven Durchbildung der Anschlüsse wurden die Knotenpunkte in unterschiedliche Beanspruchungsgruppen unterteilt, um eine jeweils wirtschaftliche Ausführung für lokal variierende Beanspruchungen zu ermöglichen.

Um als Materiallager der Zukunft zu fungieren, müssen die Bauteile leicht und rückstandsfrei demontierbar und hinsichtlich mechanischer und konstruktiver Eigenschaften eindeutig identifizierbar sein. Das Tragwerk ist deshalb, als leicht fügbare und vollständig zerstörungsfrei entfügbare Konstruktion entwickelt.
Den Planenden ging es primär darum, das Gebäude als Ganzes so zu konstruieren, dass es nach einer Erstnutzung am Erstellungsort rückgebaut und an einem anderen Ort, ohne zusätzlichen Aufwand in unter Umständen variierter Konfiguration wieder errichtet werden kann. Deshalb ist das Tragewerk modular konstruiert, d.h. alle konstruktiven Bauteile haben gleiche Abmessungen und identische Anschlüsse. Das quadratische Achsmaß erlaubt es also nicht nur das Gebäude in seinem Inneren zu verändern, nachzuverdichten oder auszudünnen, es kann auch an einer anderen Stelle und in einer anderen Konfiguration wieder aufgebaut werden. Die Elemente der Stahl-Holzhybridkonstruktion sind so dimensioniert, dass diese mit Gabelstaplern oder Hebebühnen, also ohne schweres Krangerät montiert und demontiert werden können. Die komplett vorgefertigte Struktur erlaubt kurze (De-) Montagezeiten und durch das enge Toleranzfeld der vorgespannten Schraubverbindung eine hohe Montagepräzision.

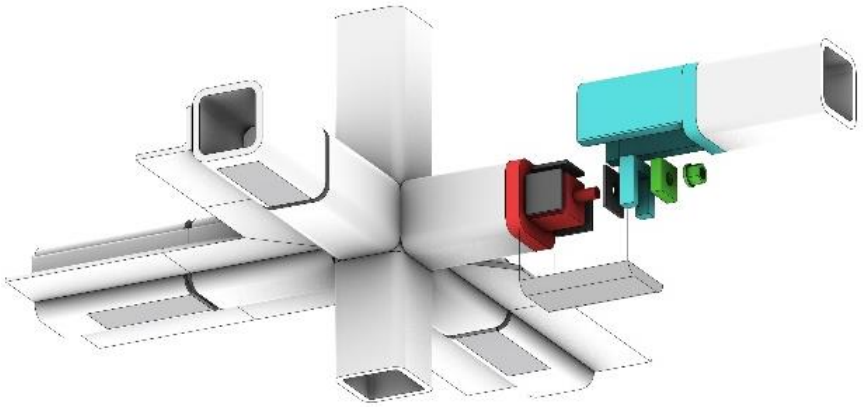


Abbildung 9: Axonometrie Trägeranschluss (© knippershelbig)



Abbildung 10: Innenansicht (© Iwan Baan)

4. Mit gebrauchten Bauteilen planen

4.1. Smart Mobility Hub, Stuttgart

Planungsbeginn: 2021
Fertigstellung: 2026
Bauherr: E. Breuninger GmbH & Co.
Architekt: haascookzemmrich
Tragwerksplanung: knippershelbig

Auf dem Grundstück des Breuninger Parkhaus in zentraler Stuttgarter Innenstadtlage entsteht der Neubau Smart Mobility Hub. Die Abrissarbeiten des Breuninger Parkhauses haben im April 2024 begonnen. Im Planungsprozess wurde beschlossen, Teile der Stahlkonstruktion des bestehenden Aufzugturms des Breuninger Parkhauses als Stützen für das neu entstehende Solardach des Holzparkhauses wiederzuverwenden.



Abbildung 11: links: Bestandsparkhaus Breuninger (© knippershelbig)
rechts: Rendering (© haascookzemmrich)

Die Rundhohlprofile 244,5x11 des Aufzugsturms aus dem Jahre 1999 werden zerstörungsfrei demontiert und in einer angemieteten Halle zwischengelagert. Die Dokumentation und Kennzeichnung der Profile für den Ausbau und Einlagerung erfolgt in Abstimmung mit der Landesstelle für Bautechnik. Für die Wiederverwendung der Stahlstützen ist derzeit eine Zustimmung im Einzelfall (ZIE) erforderlich, die von der Landesstelle für Bautechnik ausgestellt wird. Leider liegen keine ausreichenden Bestands-unterlagen mit Angaben zu den verwendeten Stahlsorten vor, deshalb müssen für die Erstellung der ZIE Versuchseihen durchgeführt werden. Als Orientierung gilt der Leitfaden für die Wiederverwendung von Holz- und Stahlbauteilen, der derzeit von der KIT in Karlsruhe erarbeitet wird. Dieser Leitfaden ist ein Förderprojekt des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen BW und soll im Herbst dieses Jahres veröffentlicht werden.

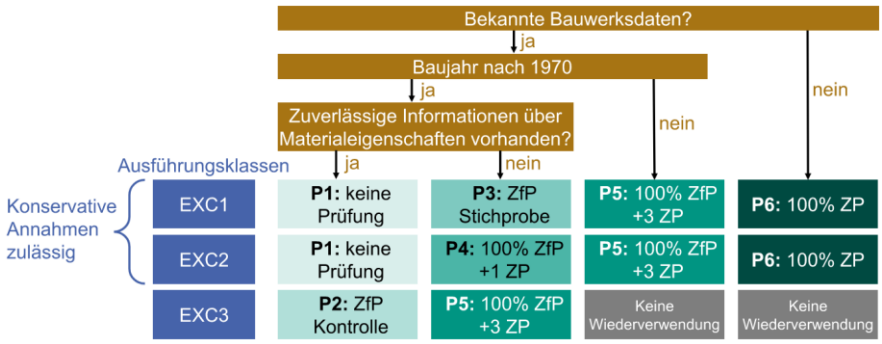


Abbildung 12: © Auszug Leitfaden KIT (Matthias Müller)

4.2. Kita und Jugendhaus Havelstraße, Darmstadt

Planungsbeginn: 2024
Fertigstellung: 2027
Bauherr: Eigenbetrieb Immobilienmanagement Darmstadt
Architekt: blrm Architekt*innen
Tragwerksplanung: knippershelbig



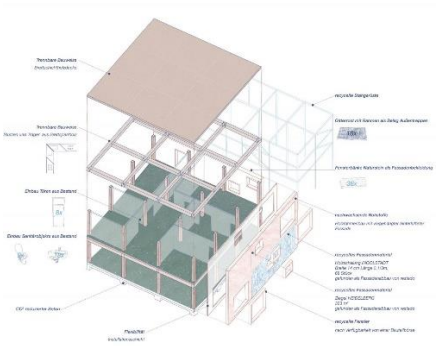


Abbildung 13: Wettbewerbsbeitrag blrm Architekt*innen GmbH

Im Mai 2024 war Projektstart für das Jugendhaus nach dem Entwurf von blauraum Architekten. Der Bau ist in einer einfachen modularen Struktur aufgebaut, ein Skelettbau mit kurzen Spannweiten. Die Fassade ist als Holzrahmenbaufassade geplant in die recyceltes Fassadenmaterial eingesetzt wird. Die Tragstruktur soll möglichst auch aus wiederverwendet Bauteilen bestehen oder ansonsten optimal trennbar ausgeführt werden.

Bei diesem Bauvorhaben sind einige Herausforderungen zu meistern:
- Beschaffung der Materialien für eine Wiederverwendung
- Lagerung gebrauchter Materialien, Materialeinkauf vor Vergabe
- Keine geregelten Rechtsgrundlagen zur Gewährleitung
- Prüfprozesse für gebrauchte Bauteile
- Ausschreibung von wiederverwendeten Bauteilen, nur der Montageleistung
- Höhere Anforderungen an die interdisziplinäre Zusammenarbeit
- Leistungshasen und Abläufe im Planungsprozess ändern sich

5. Fazit

Klimagerechtes Bauen ist mehr als nur ein Trend es ist eine Verpflichtung, die wir alle tragen müssen, um eine lebenswerte Zukunft für kommende Generationen zu sichern. Es fordert Mut zur Innovation und einen ganzheitlichen Blick auf das Bauvorhaben. Jeder Akteur in der Baubranche kann seinen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft, Ressourcenschonung und Emissionsreduktion leisten, je mehr sich dafür einsetzen desto schneller werden wir die Klimaschutzziele erreichen.

Sponsoren und Aussteller

binderholz



Flesberg Schule, Flesberg | NOR



Quartier Prinz-Eugen-Park, München | D



Wohnbau 'Haus auf Stelzen' Tillystraße, Regensburg | D



binderholz Bürogebäude Baruth | D

Komplettanbieter für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte Massivholzbaulösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettsperrholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressspanpaletten und -klötze | Biobrennstoffe | Pferdestreu

bbs@binderholz.com

www.binderholz.com



Mehr erfahren
www.egger.com/ecobox

Ein Blick in die Box – EcoBox. Überraschend einfach. Bei der Verarbeitung. In der Anwendung. Beim Transport. Durch den effizienten Materialeinsatz von EGGER OSB, EGGER Schnittholz und Holzweichfaserdämmung ist das Produkt besonders ressourcenschonend. **Weniger ist MEHR – mit der EGGER EcoBox.**

EGGER

MEHR AUS HOLZ.

hsbcad

FORUM HOLZBAU PREMIUM PARTNER

AUTODESK Authorized Developer

buildingSMART German Chapter Member

BUILD IN WOOD



Die Software für den Holzbau.

Durchgängige Holzbauplanung auf der Basis von AutoCAD® und Revit® vom Entwurf über die Maschine bis hin zur Montage – konsequent 3D und BIM-konform.

Flexible offsite construction software.

Consistent timber construction planning based on AutoCAD® and Revit® from design to manufacturing to assembly – consistently 3D and BIM compliant.

Mit unseren innovativen Lösungen hsbDesign, hsbMake und hsbShare unterstützen wir seit mehr als 30 Jahren erfolgreich Unternehmen in den Bereichen Zimmerei & Holzbau, Holzrahmenbau, Fertighausbau, BSP, Ingenieurholzbau sowie Modulbau.

Mit hsbDesign erstellen Sie basierend auf einem Architekturmodell die umfassende Holzbauplanung und Arbeitsvorbereitung – durchgängig und ohne Informationsverlust. Das Produktionsleitsystem (MES) hsbMake ermöglicht Ihnen einen digitalen und somit papierlosen Produktionsprozess. Aufträge werden automatisiert durch das individualisierte System gesteuert, jeder Arbeitsplatz erhält zur richtigen Zeit die richtigen Informationen im richtigen Format. Anschließend teilen Sie Ihre Projekte mit allen Projektbeteiligten über unsere cloud-basierte Lösung hsbShare.

With our innovative solutions, hsbDesign, hsbMake, and hsbShare, we have successfully supported companies in carpentry, timber construction, metal & timber frame construction, prefabricated house construction, CLT, timber engineering and modular construction for 30+ years.

With hsbDesign, you can create comprehensive timber construction planning and work preparation based on an architectural model – consistently and without loss of information. The manufacturing execution system (MES) hsbMake enables you to create a digital and thus paperless production process. The individualized system automatically controls orders; each workstation receives the right information in the right format at the right time. You then share your projects with all project participants via our cloud-based solution, hsbShare.

www.hsbcad.com



ISOCELL

WWW.ISOCELL.COM

ISOCELL GmbH & Co KG
Gewerbestraße 9
5202 Neumarkt am Wallersee
Tel: +43 6216 4108-0 | office@isocell.at

TIMBER Protect SK

TIMBER Protect SK ist eine Kombination aus beidseitig mit einer undurchlässigen Membran beschichtetem Vlies und einem speziell darauf abgestimmten Polyacrylkleber. Der reißfeste Kunststoffliner erleichtert die Handhabung. Mit den Breitbahnen können Bauelemente als Schutz beim Transport und während der Bauzeit vollflächig miteinander verklebt werden. Bahnstöße lassen sich problemlos längs entlang des Markierungsrasters und diagonal mit 10 cm Überlappung herstellen. Die Folie kann auch als dauerhafte Luftdichtheitsschicht innerhalb des Bauteils eingesetzt werden.

- **Optimierte Rücktrocknung**
- **Vollflächig selbstklebend**
- **Rutschsicher durch Anti – Slip Beschichtung**
- **Sehr gute Haftung auf sich selbst**
- **Doppelter Funktionsfilm Witterungsschutz**



TRANSPORT SCHUTZ



BAUZEIT SCHUTZ

LUFT DICHTHEITS SCHICHT

Team Holzbau.
Unschlagbar stabil.



Profitieren Sie von den herausragenden statischen Werten der fermacell® Gipsfaserplatte und sparen Sie Zeit und Geld mit einlagiger Beplankung sowie hervorragender Aussteifung, selbst mit weniger Verbindungsmitteln.

Die erfolgreiche Kombination im Team Holzbau: Ihre Fähigkeiten und die fermacell® Gipsfaserplatten

Verlass' Sie Sich drauf
fermacell® Gipsfaserplatten – seit über 50 Jahren das Original im Team Holzbau.

© 2024 James Hardie Europe GmbH. ™ und ® bezeichnen registrierte und eingetragene Marken der James Hardie Technology Limited und James Hardie Europe GmbH.

fermacell® Gipsfaserplatten
www.fermacell.de

fermacell®

KNAUF

Innovativer Holzbau mit System

Nachhaltig hochwertig



Knauf bietet ganzheitliche, perfekt aufeinander abgestimmte Lösungen für den Holzbau, die höchste Anforderungen an Schall-, Brand- und Wärmeschutz in Boden, Wand, Decke und Dach erfüllen.

Auf unserem Ausstellungsstand beraten Sie unsere Experten aus Deutschland, Österreich und der Schweiz umfassend zu neuen und bewährten Systema- und Dämmlösungen von Knauf, Knauf Insulation und Knauf Elements. Dabei stehen folgende Themen im Fokus:

- Außenwand-Systeme für den innovativen und auch mehrgeschossigen Holzbau
- Holzbalkendecken mit außergewöhnlichem Schallschutz – auch im tieffrequenten Bereich
- Wirtschaftliche und effiziente Dämmsysteme
- Funktionsplatten von Knauf zur Gebäudeaussteifung
- Vorgefertigte Elemente

Build on us.

www.knauf.com

Bester Schutz vor Bauschäden und Schimmel

+ SOLITEX® ADHERO VISTO

- Transparente Luftdichtungs- und Witterungsschutzbahn
- Markierungen auf der Decke bleiben sichtbar
- Vollflächig wasserfester Kleber
- Frei bewitterbar und rutschfest
- Komplettes Bauzeitenschutz-Konzept









Planungshandbuch kostenfrei anfordern unter **proclima.de**

... und die Dämmung ist perfekt

pro clima®

Fokus

HASSLACHER NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders.**



Qualität & Innovation

Kontakt
HASSLACHER Gruppe
T +43 4769 22 49-0
info@hasslacher.com

BESUCHT UNS
Stand 07

hasslacher.com

Design: UPPERCUT.at | Fotos: © BOKU Medienstelle Christoph Gruber, Adobe Stock

Eine Verbindung, die Grenzen neu definiert



Metall ist das Material, das uns den Weg zu Baustellen für traditionelle und hybride, vorgefertigte und demontierbare Holzkonstruktionen ebnet. Der neue Katalog **HOLZBAUVERBINDER FÜR HOLZ, BETON UND STAHL** ist aktueller denn je.

Produkte für alle Festigkeits- und Anwendungsbereiche, umfassende Berechnungstabellen mit präzisen und klaren Lösungen für verschiedenste Bausysteme.

Laden Sie den Katalog herunter und planen Sie gemeinsam mit uns

rothoblaas.de

rothoblaas

Solutions for Building Technology

STEICO
Das Naturbausystem

Natürlich dämmen und bauen

Ob stabile Dämmplatten, flexible Dämmmatten sowie Einblasdämmung. Ob Stegträger und Furnierschichtholz. STEICO ist DER Marktführer für Holzfaser-Dämmstoffe und bietet ein innovatives Dämm- und Konstruktionssystem für Neubau und Sanierung. Profitieren auch Sie von unserem umfassenden Sortiment und unseren branchenweit einzigartigen Service-Standards.



Exzellenter Hitzeschutz im Sommer



Hervorragender Kälteschutz im Winter



Diffusionsoffen zum Schutz der Konstruktion

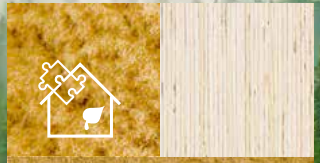
Aus natürlichem Nadelholz – der Umwelt zuliebe

Empfohlen vom Institut für Baubiologie



Dämmung und Regenschutz in einem

Passivhaus-zertifizierte Komponenten



Dämmung und Tragwerk aus einer Hand

Spart CO_2
Speichert CO_2
STEICO HOLZFASER

Wir feiern 160 Jahre Innenausbau!



160years.ampack.biz

Besuchen Sie uns an unserem Messestand Nr. 11



best wood **CLT BOX – DECKE FS**

DAS DECKENSYSTEM FÜR DEN MEHRGESCHOSSIGEN HOLZBAU

» **große Spannweiten** möglich

» **erhöhter Schallschutz auch im tieffrequenten Bereich**

» **Brandschutz bis F 90 / REI 90**

» **Ressourcenschonend:** bis zu 40 % Materialeinsparung

---

best wood **INGENIEURBÜRO**

» unterstützt Sie bei der Planung und erstellt für Sie Brandschutz-, Schallschutz- und Statiknachweise

Hier gehts direkt zur CLT BOX – DECKE FS

best wood® SCHNEIDER

www.schneider-holz.com

ERLUS

Die RS-Familie

REGENSICHER AB 10° DACHNEIGUNG



Der Geradlinige
Level RS

Der Kantige
Karat RS NEU
AB 7° DACHNEIGUNG
RED DOT: BEST OF THE BEST 2024

Der Klassische
E 58 RS

Architekten lieben
das Design

Verarbeiter Form
und Funktion

Bauherren Regensicherheit und
Hagelwiderstand

reddot winner 2024
best innovative product

erlus.com/regensicher

isofloc®

Einfach perfekt dämmen

Hochhinaus. Nachhaltig mit jeder Faser.

Regional verwurzelt. Nachhaltig. Innovativ.



isover
SAINT-GOBAIN

rigips
SAINT-GOBAIN



Dein starker Partner
SAINT-GOBAIN
kompetent
verlässlich
nachhaltig
im Holzbau

Besser im System:
ULTIMATE und Rigidur® Gipsfaserplatten – zwei starke Partner.

Für optimal kombinierten Wärme-, Schall- und Brandschutz in schlanken Konstruktionen auch bei hohen mechanischen und optischen Anforderungen.

www.isover.de/
holzbau

www.rigips.de/
holzbau

SAINT-GOBAIN

Zukunft ist jetzt!





Unsere Lösungen für Ihre Ideen!

MM masterline
Brettschichtholz (BSH)

MM crosslam
Brettsperrholz (BSP)

MM masterline
Brettschichtholz
Sonderbauteile

XC LAM – CONCRETE®
Holz-Beton-Verbundelement
by MMK

Montagefertig!

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!

MAYR MELNHOF HOLZ

WHERE
IDEAS
CAN
GROW.

www.mm-holz.com

Fotos: Boris Zeisser, pierer.net



2.770 vorgefertigte Holzbauelemente ließen das Projekt emporwachsen.

Roots, Deutschlands höchstes Holzhochhaus



„Roots" in der Hamburger HafenCity – Deutschlands höchstes Holzhochhaus. 72 m Gesamthöhe, 20 Nutzgeschosse, davon 16 in Holzbauweise.

Holz ist der einzige Baustoff, mit dem sich Hochbauten in der erforderlichen Größe errichten und dabei die durch den Bau verursachten CO_2-Emissionen senken lassen – im Neubau, bei energetischen Sanierungen, Aufstockungen und bei der urbanen Nachverdichtung. Das Holzhochhaus „Roots" in der Hamburger HafenCity ist mit seiner Gesamthöhe von 72 Metern ein herausragendes Beispiel für den wegweisenden individuellen Ingenieurholzbau von Rubner.

RUBNER





NEU

Wetguard: Transparente Feuchteschutz-Membrane von SIGA

SIGA Wetguard ist die neue vollflächig selbstklebende Feuchteschutz-Membrane und kann bereits werkseitig, in der Vorfertigung, oder auf der Baustelle montiert werden.

SIGA Wetguard 200 SA schützt vorgefertigte Holzelemente zuverlässig vor Feuchtigkeit und Beschädigungen während Lagerung, Transport, Montage und der Bauphase und verhindert damit Feuchteschäden wie Verfärbungen im Sichtbereich oder Spannungen und Massungenauigkeiten durch Aufquellen der Elemente.

Über Wetguard

SIGA Wetguard ist diffusionsfähig und mit einer rutschfesten und wasserdichten Spezialbeschichtung ausgerüstet. Das robuste Vlies schütz vor mechanischer Beschädigung und der vollflächig aufgebrachte SIGA-Hochleistungsklebstoff sorgt für sichere Haftung auf Holzoberflächen. Mit der transparenten Optik von SIGA Wetguard bleiben nicht nur im Werk angebrachte Markierungen oder Durchdringungen sichtbar, sondern auch die charakteristische Oberflächenstruktur des Werkstoffes Holz.

Die Folie ist robust gegenüber mechanischer Belastung und auch bei Nässe rutschfest. Der formstabile Träger ermöglicht einfaches, schnelles und faltenfreies Verlegen und ist sofort dicht verklebt. SIGA Wetguard ist in drei Produktdimensionen (1560mm / 780mm / 390mm x 50m) erhältlich. Für spezielle Anwendungen können nach Kundenwunsch verschiedene Dimensionen und Ausführungen hergestellt werden.

SIGA Wetguard sorgt für maximale Sicherheit über den gesamten Bauablauf und erspart dem Handwerker zusätzliche Arbeitsschritte und Zeit. Damit ist sie die ideale Abdichtung während der Bauzeit, ob für einfache oder herausfordernde Holzbauprojekte.



Bauvorhaben sicher, stabil und effizient verwirklichen

Simpson Strong-Tie, weltweit führender Anbieter von Holzverbindern, mechanischen und chemischen Dübeln sowie Schrauben – Produkte für Konstruktionen auf höchstem technischen Niveau. Ob Neubau, Sanierung oder Erweiterung, unsere Systeme tragen stets zur nachhaltigen Nutzung der Ressourcen bei.

Entdecken Sie unsere Lösungen unter **strongtie.de** oder rufen Sie uns an: +49 6032 8680-0.

SIMPSON
Strong-Tie®

© 2024 Simpson Strong-Tie Company Inc.



Holzwerk Gebr. Schneider GmbH / D-Eberhardzell
TW Mill M 4500 2U

Sie wünschen,
Wir **bauen.**

Die Lösungen
vom Maschinenbauer für's Holz
TechnoWood AG

Unsere Lösungen:

- **TW-Concept Line**
  Die Fertigungslinie

- **TWOODS Line**
  Das Vollholzsystem

- **TW-Agil**
  Das Abbundcenter

techno wood swiss art of wood machining

Hier erfahren Sie
mehr über die
TW-Lösungen.

NEU – als Print und Download!

Eine Serie klimapositiver Informationen



Besuchen Sie uns am Stand 16

Detailinfos für das nächste Projekt:

Flachdächer, Gebäudesanierung, Bauphysik, Konstruieren, Holzbau, Innenausbau, Verarbeitung …

West Fraser

www.Westfraser.com | www.SterlingOSB.de

westfraser_d.a.ch

Tel: **00800 OSBANRUF***(00800 67226783) kostenfrei D/A/CH

WÜRTH

HOLZ-BETON-VERBUND

Effizienter Einsatz nachwachsender Rohstoffe sowie ressourcenschonende Demontage inkl. Wiederverwendbarkeit

Mehr Raum durch weitgespannte Holz-Beton-Verbunddecken mit dem WÜRTH FT-Verbinder

- Kurze Montagezeiten
- Große Spannweiten
- Hohe Steifigkeit und Tragfähigkeit



Mehr Infos unter wuerth.de/holzbau

Adolf Würth GmbH & Co. KG · 74650 Künzelsau · T +49 7940 15-0 · F +49 7940 15-1000 · www.wuerth.de · info@wuerth.com

CMC - DDK - DZ - 22 - 05/24

Rationalisieren ohne Automatisieren

FÜR HOLZBAUPROFIS

Dach | Wand | Decke



TOP 1 ELEMENTIERUNG

tectofix robust & wartungsfrei

tectofix
VOM HOLZBAUER. FÜR HOLZBAUER.

Filme auf www.tectofix.de

ZEITEINSPARUNG
40 % durch Vorfertigung

40 JAHRE ERFAHRUNG
Montagefreundliche Elementstöße

PRAXISNAH
dank einfacher Bedienbarkeit

PLATZSPAREND
zum Parken zusammenschieben

BG BAU EMPFIEHLT
Vorfertigung für mehr Sicherheit

Leichte Bedienung der Anlage



Wohnhaus: Sichtdachstuhl mit Querbaukehle



KiTa Stromboli: Alle Wand- und Dachelemente wurden auf **tectofix** von Geiger Holzbau, Westhausen-Lippach, vorgefertigt.
Keine ◺ ◿ - Die Dachlandschaft passt perfekt durch vollflächige Elementierung. Tel. 07363/9655-0, E-Mail info@geiger-holz.de





Wände im Objektbau beliebig hoch, z.B. 6,50m produzierbar - keine Tischbegrenzung

Ergonomie durch begehbaren Tisch und optimale Arbeitshöhe



Wandspannsystem - Alle Anschläge beliebig im Unterflansch einhängbar



Ein genialer Dreh ist der schwenkende Kervenanschlag



BKI Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH









Wir über uns

Das Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) ist die zentrale Service-Einrichtung für über 100.000 Architekt*innen. Die BKI-Baukostendatenbanken umfassen mehrere tausend abgerechnete Projekte zu Neubauten, Altbauten, Innenräumen und Freianlagen. Diese sind die Grundlage für das BKI-Fachinformationsprogramm im Bereich der Kostenplanung. Seit 2002 bietet das BKI auch erfolgreich Fachinformationen für das energieeffiziente Planen und Bauen.

Das BKI-Fachinformationsprogramm umfasst:

- **Fachbücher**
- **Software**
- **Seminare**
- **Baukostenberatung**
- **Baukosten-Downloads**

Neue Holzbau-Fachinformation

Aktuelle Kostenkennwerte 2024 von Holzbauten – ausführlich mit Fotos, Zeichnungen und Baubeschreibungen dokumentiert.

- Statistische Kostenkennwerte für Holzbau:
  - Büro- und Verwaltungsgebäude
  - Schulen und Kindergärten
  - Ein- und Zweifamilienhäuser
  - Doppel- und Reihenendhäuser und Mehrfamilienhäuser
  - Gemeindezentren und sonstige Gebäude
- Aktuelle Kostenkennwerte nach DIN 276 und Leistungsbereichen



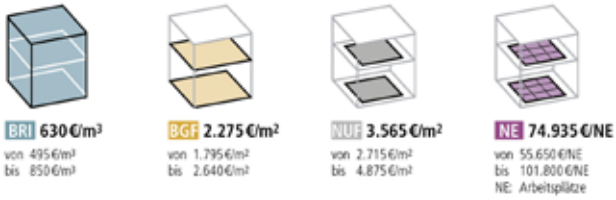
Weitere Infos:

€ 99.-

Prozentanteile der Kosten für Leistungsbereiche nach STLB (Kosten Bauwerk nach DIN 276)

LB	Leistungsbereiche	5%	10%	15%	20%	▷	% an 300+400	◁
000	Sicherheits-, Baustelleneinrichtungen inkl. 001					2,4	3,3	4,1
002	Erdarbeiten					1,0	1,4	1,9
006	Spezialtiefbauarbeiten inkl. 005					0,2	1,5	2,6
009	Entwässerungskanalarbeiten inkl. 011					0,2	0,4	0,6
010	Drän- und Versickerarbeiten					–	–	–
012	Mauerarbeiten					0,0	< 0,1	< 0,1
013	Betonarbeiten					6,6	9,6	11,5
014	Natur-, Betonwerksteinarbeiten					0,0	0,3	0,5
016	Zimmer- und Holzbauarbeiten					12,6	15,0	17,8
017	Stahlbauarbeiten					0,4	0,6	0,8
018	Abdichtungsarbeiten					< 0,1	0,4	0,8
020	Dachdeckungsarbeiten					–	–	–
021	Dachabdichtungsarbeiten					3,4	5,6	6,9
022	Klempnerarbeiten					0,6	1,0	1,3
	Rohbau					37,0	39,1	41,0
023	Putz- und Stuckarbeiten, Wärmedämmsysteme					0,3	2,2	3,5
024	Fliesen- und Plattenarbeiten					0,2	0,4	0,6
025	Estricharbeiten					0,4	1,9	3,0

Kostenkennwerte für die Kosten des Bauwerks (Kostengruppen 300+400 nach DIN 276)



- Mit zusätzlichen detaillierten Daten (2. und 3. Ebenen) als Downloadlink
- Bundesweite Kostensicherheit für jede Stadt und Landkreismit BKI Baukosten-Regionalfaktoren 2024

Mit Fachartikeln von:

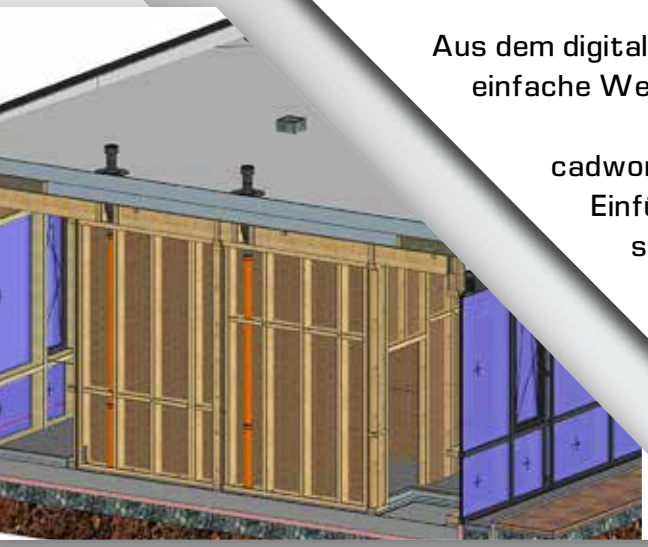
- Prof. Dr.-Ing. Wolfdietrich Kalusche - „Vergleich Holzbau und Massivbau“
- Holzbau Deutschland-Institut e.V. - „Regelwerke im Holzbau“
- BM HBM DI Dr. techn. Jörg Koppelhuber - „Technische und wirtschaftliche Prozessoptimierung im Holzsystembau“

Kontaktdaten:

BKI Baukosteninformationszentrum
Deutscher Architektenkammern GmbH
Seelbergstraße 4 • 70372 Stuttgart
Tel.: 0711 954 854-0 • Fax: 0711 954 854-54
Internet: www.bki.de • E-Mail: info@bki.de

cadwork®
3D CAD/CAM

Die 3D-CAD/CAM Referenz im Holzbau



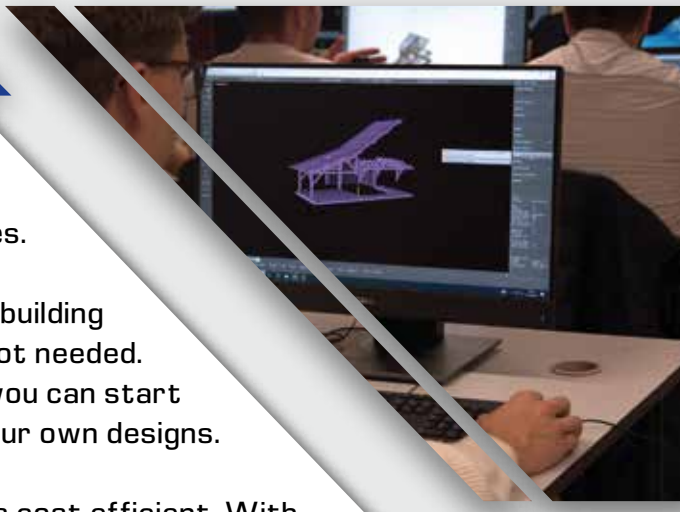
Unter den Konstruktionsprogrammen ist cadwork die treibende Kraft, wenn es um die Entwicklung und Unterstützung neuester Maschinentechnologien geht.

Aus dem digitalen Gebäudemodell werden Produktionsdaten auf einzigartig einfache Weise abgeleitet. Aufwändige Stammdaten sind unnötig.

cadwork ist leicht zu erlernen - schon nach zwei Tagen Einführungsschulung können Sie mit ihren eigenen Projekten starten.

cadwork hat eine konkurrenzlos einfache Modulstruktur und ist kostengünstig - selbst mit dem Holzbaupaket können Sie jede Konstruktion und jedes Projekt schnell und ohne Einschränkungen erstellen, Listen und Pläne ausgeben.

3D CAD/CAM Technology Leader



cadwork is a driving force among design software when it comes to developing and supporting the latest machine technologies.

Part data is uniquely and easily derived from the digital building model. Complex master data is not needed.
cadwork is easy to learn. After two days of initial training, you can start working on your own designs.

cadwork has an unrivalled simple modular structure and is cost efficient. With the ProBuild package you can quickly design any project, and output lists and shop drawings, without limits.

Folgen Sie uns in den sozialen Netzwerken!
Follow us on social networks !

www.cadwork.com

CECON

natural building concepts



Serieller Holzhybridbau. Das beste aus zwei Welten.

Foto: Kohle/ Bauer

- Bis zu 10% Kostenersparnis gegenüber reinem Holzbau!
- Bis zu 30% schnellere Bauzeiten durch Vorfertigung!
- Deutliche Flächeneinsparung durch schlankere Wandaufbauten!
- Bis zu 10% CO_2-Einsparung gegenüber Massivbau -> QNG-ready!

CECON Buildings GmbH, Fuchseckstr. 7, 70188 Stuttgart | info@cecon-buildings.com | www.cecon-buildings.com

COMBiLiFT
LiFTING INNOVATION

LAGERPLATZ, SICHERHEIT, EFFIZIENZ



MEHR LAGERPLATZ, SICHERHEIT UND EFFIZIENZ MIT COMBILIFT

Combilift ist die perfekte Lösung für die Holzbauindustrie.

Unsere Mehrwege- und Seitenstapler, Mobile Portalhubwagen und Portalkräne eignen sich perfekt für den Transport großer oder sperriger Produkte und ermöglichen es Ihnen, Ihre Lagerhaltung, Effizienz und Sicherheit zu maximieren.

KONTAKTIEREN SIE UNS NOCH HEUTE

Um mehr darüber zu erfahren wie Combilift Ihnen helfen kann, jeden Zentimeter Ihres Lagers zu nutzen.

combilift.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.

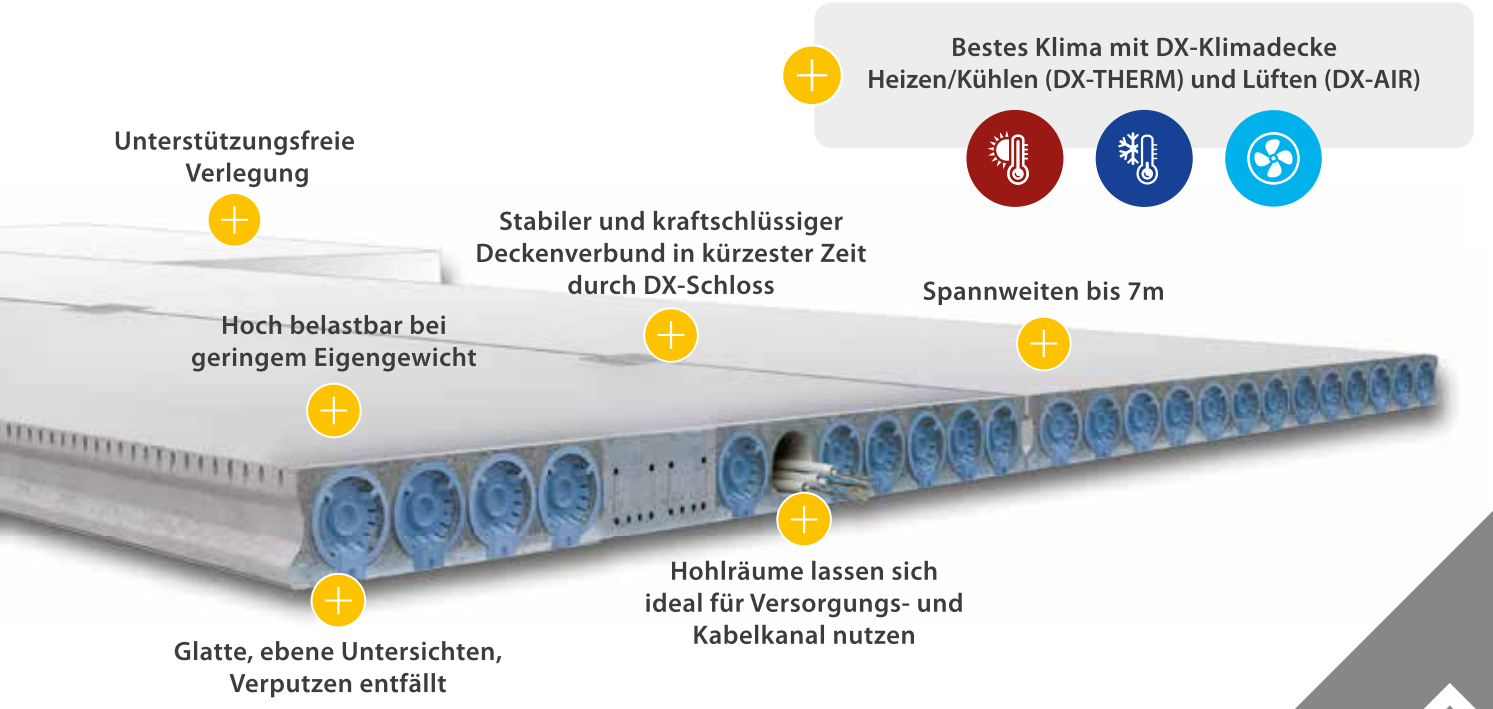
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begehbar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

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

ECO-TIMBER
Abbund und Holzbau für Profis.
Wir machen mehr aus Ihrem Holz.

ECO-TIMBER GmbH & Co. KG
Franz-Kühne-Str. 6
37308 Heilbad Heiligenstadt

Tel.: +49 (0) 3606 502310-0
Mail: info@eco-timber.de

ECO-TIMBER ist eins der modernsten Holzbau- und Abbundzentren in Deutschland, mit umfangreichen Kapazitäten und vor allem einem professionellen Serviceangebot. Alles aus einer Hand, auch im Holzbau! Die Kombination des hergebrachten Wissens mit modernster Technik zeichnet den innovativen Holzbau aus. Holz steht für Umweltverträglichkeit, niedrige Energie-Bilanzen, Langlebigkeit, Flexibilität und kürzere Bauzeiten. Wir freuen uns auf ein Kennenlernen und die erfolgreiche Zusammenarbeit



Abbund
in drei Qualitäten



Holzelementbau
zertifiziert und individuell



BauBuche
Abbund und Beschichtung

3D-Aufmaß-Sercive
auch mit Drohne



elka®
Markenprodukte

Schnittholz & Holzwerkstoffe
in Perfektion
– seit 1906

HOLZ RETTET KLIMA
Mission Holz 2030


Dachausbau


Möbel- und Innenausbau


Konstruktiver Holzbau


Dachbodensanierung

elka® Holzwerke GmbH · Hochwaldstraße 44 · D-54497 Morbach · www.elka-holzwerke.eu

euroTECH HANDLING



Vakuum-Komponenten



Hebegeräte



Anlagenbau

euroTECH bietet zukunftsorientierte Handling- und Transportlösungen im Bereich der Vakuumtechnik. euroTECH entwickelt und produziert kundenspezifische Vakuumsysteme und -komponenten für automatisierte Handhabungsaufgaben aus einer Hand.

Eine flexible Anpassung der Komponenten, Applikationen und Anlagen an die jeweiligen Kundenwünsche ist mit dem euroTECH-Baukastensystem möglich. Der umfangreiche Service garantiert u. a. einen schnellen und kostengünstigen Austausch von Ersatzteilen.

Maybachstr. 7
D-72348 Rosenfeld | Germany
T +49 7428 93912-0
info@et-handling.de
www.et-handling.de

Die clevere Art, Lasten zu heben

#HolzKannDas

Natürlich. Nachwachsend.



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

Wir fördern holzbasierte Innovationen für eine klimafreundliche Wirtschaft im Auftrag des BMEL

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

CHARTA FÜR HOLZ 2.0 – KLIMA WERTE RESSOURCEN

FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Fixpod

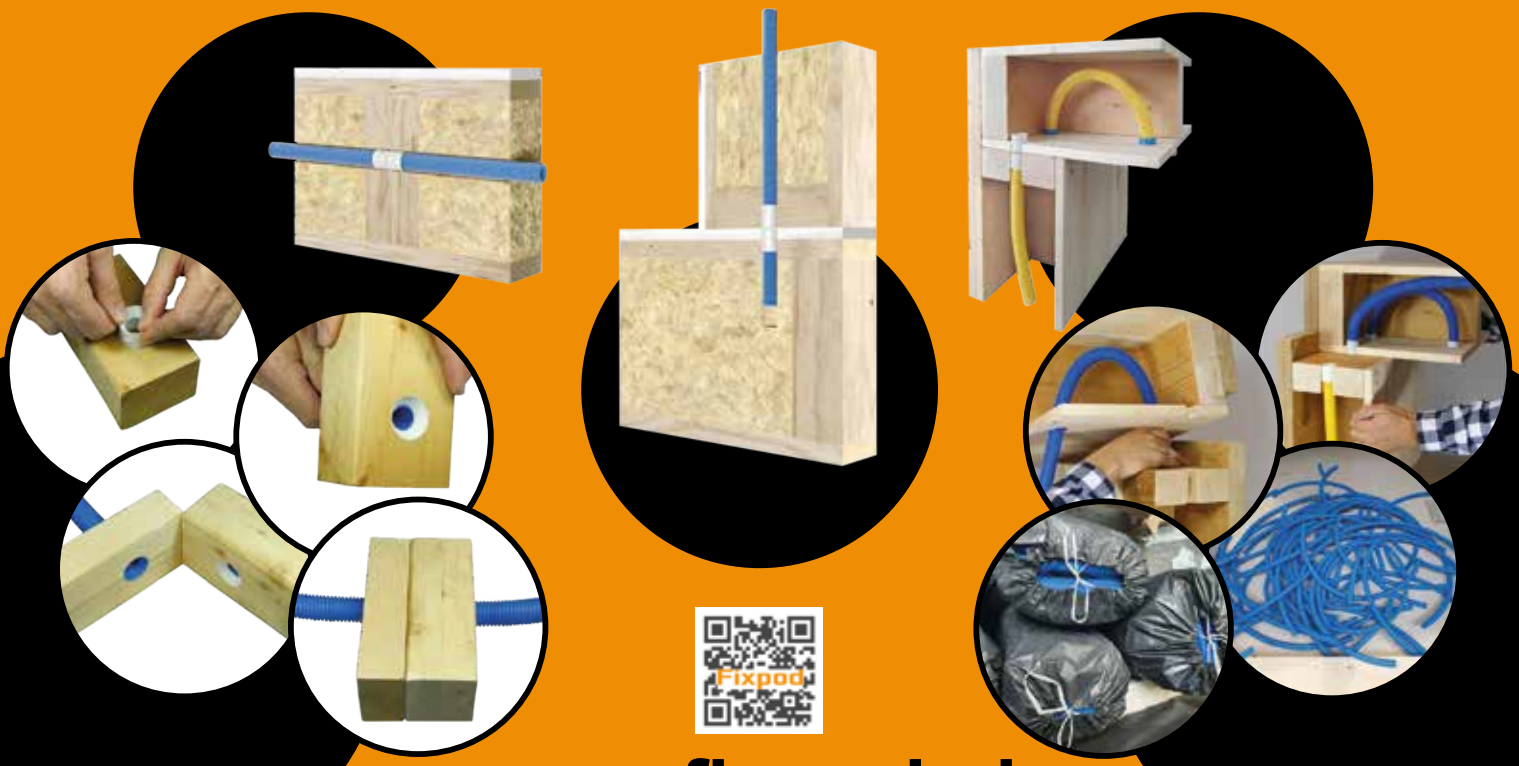
Die innovative Installationslösung für den Holzbau





Die Vorteile auf einen Blick

• Effizientere Prozesse • Arbeitssicherheit • Nachhaltigkeit



www.fixpod.ch

Fixpod GmbH - Randstrasse 3 - CH-8261 Hemishofen

FRANKEN SYSTEMS

Das
NACHHALTIGE
Abdichtungssystem
für wohngesundes
BAUEN



GEPRÜFT NACHHALTIGES PRODUKT
QNG READY
SENTINEL HOLDING INSTITUT

GEV-EMICODE® EC 1 PLUS sehr emissionsarm



Hier geht's zum **Verarbeitungs-video**

SCAN ME

www.franken-systems.de

Funderplan – 100% Naturprodukt zum Wohlfühlen

- statisch wirksame raumseitige Beplankung im Holzbau, bauseitig auch im Kleinformat **ermöglicht schnelles Endlosverlegen**
- frisches **Industrieholz** aus regionaler Forstwirtschaft
- Wohnraumgewinn durch schlanken Aufbau
- formschlüssige fugenlose Verbindung
- Geprüft und zertifiziert nach QNG, DGNB, BND, BEEAM bis hin zu EU Taxonomie Anforderungen

For you to create

Fundermax
office@fundermax.at
www.fundermax.com

Fundermax







Gaulhofer

Fenster zum Wohnfühlen

FENSTER DIE SINN MACHEN

Zukunfts-Aussichten ökologisch denken

Wir von Gaulhofer wollen Fenster und Haustüren nach höchsten ökologischen Anforderungen fertigen – dafür gehen wir jeden Tag einen Schritt weiter.

Unser jüngstes Werk in Sachen Nachhaltigkeit und „zurück zur Natur“ ist die „Wilde Sortierung“ bei der Holzart Astfichte. Hier wird der Wald eindrucksvoll spürbar – mit Hölzern aus der Region und ressourcenschonender Produktion.

QUALITÄTS FENSTER
MADE IN AUSTRIA

GERMAN DESIGN AWARD WINNER 2023

www.gaulhofer.com



GREENLINE

ÖKOLOGISCH, RESSOURCENSPAREND UND WIRTSCHAFTLICH.

HOLZVERBINDER

Die **GH „GREENLINE"** Produktserie widmet sich bereits seit 10 Jahren neben der erfolgreichen innovativen **„TOPLINE"** Serie einem für die Zukunft immer wichtigeren Aspekt mit dem Ziel einer ressourcensparenden Herstellung von Produkten bei fast unveränderten oder auch besseren statischen Werten.

Da gerade bei der Stahlherstellung enorme Emissionen ca. 1,7 Tonnen CO_2 je Tonne Stahl erzeugt werden, haben wir schon vor vielen Jahren damit begonnen, Möglichkeiten zu suchen, die eine Reduzierung der Emissionen ermöglichen.

Durch neue Produktionsprozesse und spezielle Materialien mit höherer Festigkeit konnten wir bei den **GREENLINE** Artikeln mit reduzierten Querschnitten im Vergleich zu bisherigen konventionellen Standardprodukten, in den letzten **10 Jahren ca. 7.300 to CO_2** vermeiden.

Zur Veranschaulichung, dies entspricht in etwa einer CO_2 Jahresemissionseinsparung von einem energiebedingten Bedarf von 1.000 Bundesbürgern.
(Quelle: https://de.statista.com/IEA)

Dies ist neben der ökologischen Vernunft auch wirtschaftlich für alle Beteiligten von Vorteil und spart zudem Kosten beim Transport, die hierbei noch nicht eingerechnet sind.

Als erster Hersteller mit Balkenschuhen in 1,5 mm sowie dem bereits etablierten Windrispenband in 1,5 mm folgten in den Jahren weitere **GREENLINE** Produkte wie Standard-Winkelverbinder, KR-Winkel, Sparrenpfettenanker und Lochplatten.

Uns ist es meist auch gelungen, gleiche oder sogar bessere statische Werte zu erzielen als bei herkömmlichen Standard-Winkelverbindern und das bei einem noch zudem lukrativeren Preis-Leistungs-Verhältnis.

WINKELVERBINDER TYP KR 90 E



BALKENSCHUHE TOP/TOP-M



BALKENSCHUH TOP K 50



BALKENSCHUH TYP 04 INNENLIEGEND



BALKENSCHUH TYP 04 AUSSENLIEGEND



WINKELVERBINDER TYP 70/90/105



BALKENSCHUH TYP 05 INNENLIEGEND



BALKENSCHUH TYP 05 AUSSENLIEGEND



VERBINDER TOP 80/120 VARIO



MADE IN GERMANY

VERBINDER TOP 80/120



SPARRENPFETTEN-ANKER RL-D



WINDRISPENBAND TYP Z



LOCHPLATTEN



GH Baubeschläge GmbH
Austraße 34
D-73235 Weilheim/Teck

Telefon +49 7023 743323-0
Telefax +49 7023 743323-29

info@holzverbinder.de
www.holzverbinder.de

HBS

Ein Unternehmen der ante-Gruppe

www.hbs-berga.de

Holzbausysteme







- Dach-/Wand und Deckenkonstruktionen aus CLT
- Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse
- Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekten

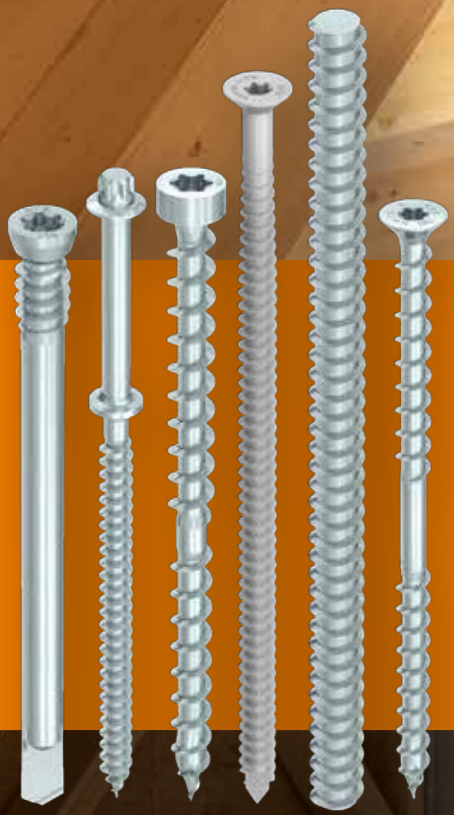
Als Hersteller von CLT bietet HBS großformatige Massivholzelemente welche als Wand-, Decken- und Dachbauteile eingesetzt werden können.

Diese Bauteile sind standardmäßig in den Abmessungen von 3,50 m x 16,00 m herstellbar, Stärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten. Überlängen und/ oder Sonderstärken sind auf Anfrage möglich.

Der montagefertige Zuschnitt erfolgt präzise nach Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen.

HBS Berga GmbH & Co. KG
Ahornweg 1 • 06536 Berga - Südharz
Tel: +49 34651 451-0 • e-mail: info@hbs-berga.de

HECO®
SCHRAUBEN



HECO®-Befestiger: Entwickelt für den konstruktiven Holzbau.

Verbinden. Verstärken. Befestigen.
HECO hat die Spezialisten
für Ihr individuelles Bauprojekt.

heco-schrauben.com







CLT HERSTELLUNG:
DIGITAL. NACHHALTIG. IM SCHWARZWALD.

// Höchste Qualität und ein hohes Mass an Serviceleistungen.

Erfahrung, gepaart mit Innovationskraft: unsere drei Gesellschafter, die Sägewerke Streit, Echtle und Kübler haben in Summe über 450 Jahre Erfahrung mit Holz und 30 Jahre Erfahrung im Abbund und Holzelementbau!

- ... CLT aus vollständig flankenverklebten Brettern, in allen Lagen
- ... Edle Oberflächen aus Weißtanne und Fichte
- ... Hohe Maßhaltigkeit durch innovativen Plattenaufbau, hydraulische Presstechnik und Kalibrierschliff
- ... Schleifen von Sichtqualität in Faserrichtung
- ... CLT aus der Region für die Region
- ... 3D Holzbaufach-/Konstruktionsplanung
- ... 30 Jahre Abbunderfahrung
- ... Ansprechpartner mit Handwerkserfahrung auf Augenhöhe unserer Kunden
- ... CLT Abbund mit innovativer Technik

HolzBauWerk Schwarzwald GmbH
Gewerbestraße 32 · 72297 Seewald
Tel. +49 (0) 7447 89690-0
info@hbw-schwarzwald.de
www.holzbauwerk-schwarzwald.de

HOLZBAUWERK SCHWARZWALD

GÜNTHNER



woodframe FLEXI

„die perfekte Lösung für vorgefertigte Fenster- und Türenmodule“

Flexibel in Abmessung und Ausführung

Alle Fenstertypen möglich

Einfache Bestellung über Öffnungsmaß

Einfache und schnelle Montage durch komplette Vorfertigung

Fertige Leibungen inkl. Putzanschlußprofilen

Zweite wasserführende Ebene inkl. Putzanschlußprofil

IFT geprüfte schlagregendichte Ausführung

IFT geprüfte Absturzsicherung in Glas oder Stahl möglich

www.guenthner.de



KEIM LIGNOSIL®

EIN MEILENSTEIN FÜR HOLZOBERFLÄCHEN

Das KEIM Lignosil-System umfasst Silikatfarben und Lasuren für außen und innen, von deckend bis lasierend. Das samtmatte Erscheinungsbild von KEIM Lignosil setzt neue Maßstäbe in Punkto Holzästhetik und Holzschutz.

CERTIFIED cradle to cradle SILVER

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

www.keim.com

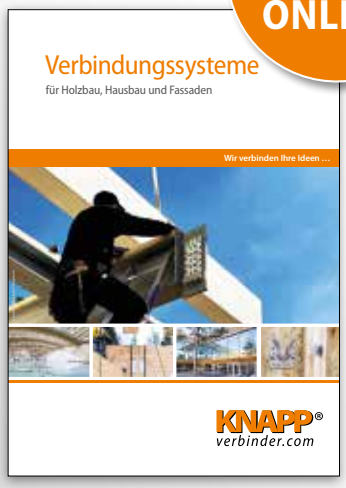
KNAPP® Verbinder für das zirkuläre Bauen!

Klimagerechte Qualität nach dem Kreislaufprinzip: Knapp-Verbinder sind hochwertig, langlebig, leicht zu verbauen sowie wiederverwend- und recyclebar.

Unsere Verbinder ermöglichen es, Gebäude bei Bedarf mühelos zu verändern, ab- und wieder aufzubauen, was auch den **Re-Use-Holzbau** erleichtert.

Besuchen Sie unseren Stand, um sich über nachhaltiges Bauen mit unseren Verbinderneuheiten auszutauschen. Wir freuen uns am Stand 34 auf Sie!

NEUER KATALOG ONLINE!



JETZT DOWNLOADEN UND BLÄTTERN

Gerne senden wir Ihnen den Katalog auch per Post zu – schreiben Sie uns einfach eine E-Mail: info@knapp-verbinder.com







Fotos: GEC Architecture, Andreas Aufschnaiter Red Bull Content Pool, Gruenderrodeschule© Krogmann, Andreas Labes Berlin

Wiederverwendbar upcyclingfähig recyclebar





Knapp GmbH | Wassergasse 31 | A-3324 Euratsfeld | Tel.: +43 (0)7474 / 799 10 | Fax: +43 (0)7474 / 799 10 99

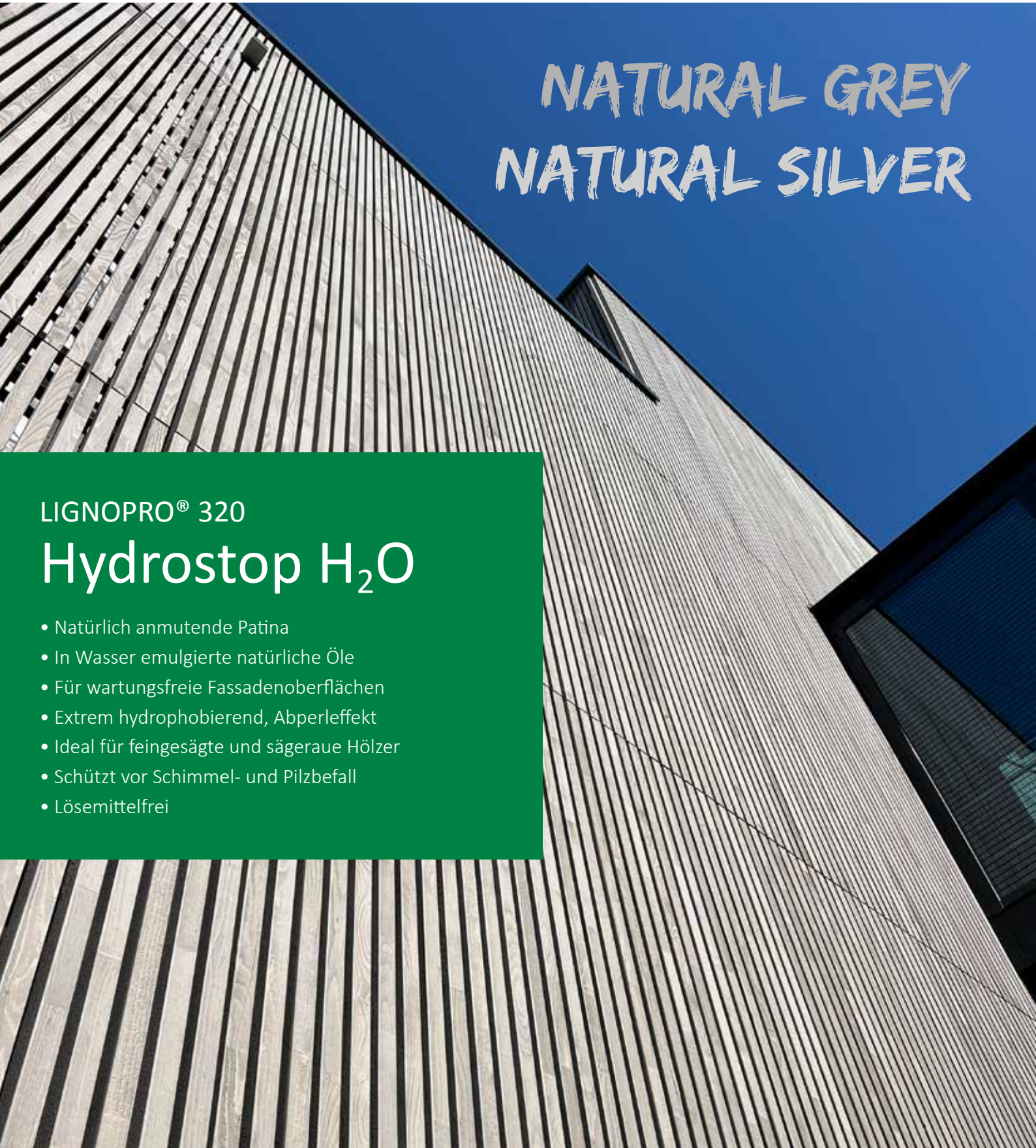
Knapp GmbH | Vertrieb Deutschland | Föhrenweg 1 | D-85591 Vaterstetten
Tel.: +49 (0)8106 / 99 55 99 0 | E-Mail: info@knapp-verbinder.com | www.knapp-verbinder.com

KNAPP® verbinder.com

YouTube

online-store

KOCH & SCHULTE
WOOD COATINGS



LIGNOPRO® 320

Hydrostop H_2O

- Natürlich anmutende Patina
- In Wasser emulgierte natürliche Öle
- Für wartungsfreie Fassadenoberflächen
- Extrem hydrophobierend, Abperleffekt
- Ideal für feingesägte und sägeraue Hölzer
- Schützt vor Schimmel- und Pilzbefall
- Lösemittelfrei



mafell
creating excellence

Vielseitig, leistungsstark, präzise:

Die Nutfräse NFU 50

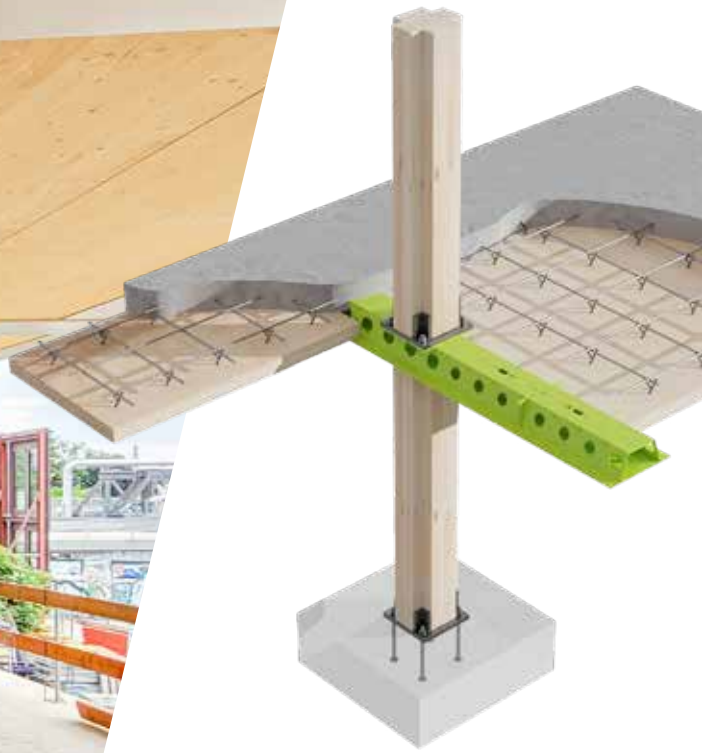
Die Nutfräse NFU 50 ist flexibel einsetzbar und ein Allrounder für unterschiedlichste Fräsungen im Holzbau. Umfangreiches Sonderzubehör erweitert dabei die Möglichkeiten im täglichen Job.

nfu50.mafell.de

Hybride Konstruktionen mit DELTABEAM®







- Brandschutz integriert
- CO_2-Äquivalent reduziert
- Nutzung optimiert
- Flexibilität fokussiert

DELTABEAM® Green besteht zu **mehr als 90 % aus recyceltem Stahl und minimiert den Materialverbrauch** im Vergleich zu herkömmlichen Stahlkonstruktionen. Das System ist voll kompatibel mit LEED, BREEAM und EPD und sorgt für eine **deutlich bessere Bewertung Ihres Bauprojekts**.

peikko®

www.peikko.de/hybrid



NATÜRLICH NACHHALTIG

Das Pfleiderer Bekenntnis zur Nachhaltigkeit.
Wir sind stolz darauf, dass für unsere Produkte schon lange kein Baum mehr gezielt gefällt wird. Jetzt gehen wir den nächsten Schritt: Mit einer Nachhaltigkeitsstrategie, die unser Handeln konsequent zukunftssicher ausrichtet. Vom Ausbau der Kreislaufwirtschaft über Strategien zur Senkung von CO_2-Emissionen bis zum Bekenntnis zu Transparenz und sozialer, werteorientierter Unternehmensführung.

pfleiderer.com/nachhaltigkeit

SIEGER
Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2024

MADE IN GERMANY

MAKE YOUR VISIONS WORK.

DUROPAL | thermopal | WCS

PFLEIDERER









Hightech-Holz für Ihre Bauprojekte

Unsere Stärke liegt in der Produktion von **außergewöhnlichen Dachkonstruktionen** und passgenauem **X-LAM** (Massivholz).

Wir beraten und begleiten Sie von der Planung bis zur Fertigstellung.

www.derix.de

HOLZ IN NEUER DIMENSION

DERIX

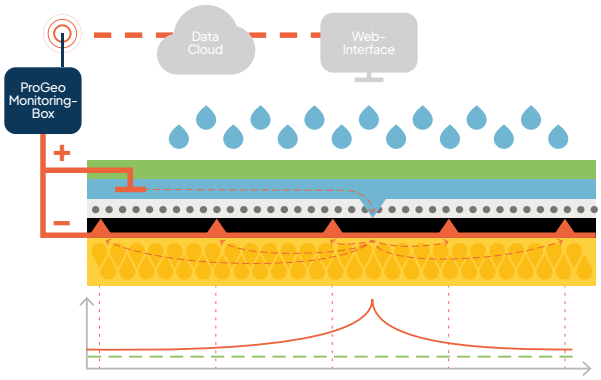
PROGEO®

The Monitoring People



smartex® Monitoring – Nachhaltigkeit durch Information.

Unsere Echtzeitmonitoring-Lösungen erfassen kritische Zustände des baulichen Feuchteschutzes, bevor substanzielle Schäden und Ressourcenverluste entstehen. So tragen wir seit über 30 Jahren dazu bei, unsere Welt nachhaltiger zu gestalten und Werte für die Zukunft zu bewahren – in tausenden Projekten in Deutschland, Europa und weltweit.



Unsere Lösungen beginnen mit Ihrem Projekt.


Flachdächer


Solardächer


Deponien und Becken


Fertighäuser


Holzbau


Tunnelabdichtungen


Gründächer


Industrie


Brücken

Besuchen Sie uns gerne am Messestand.

contact.progeo.com

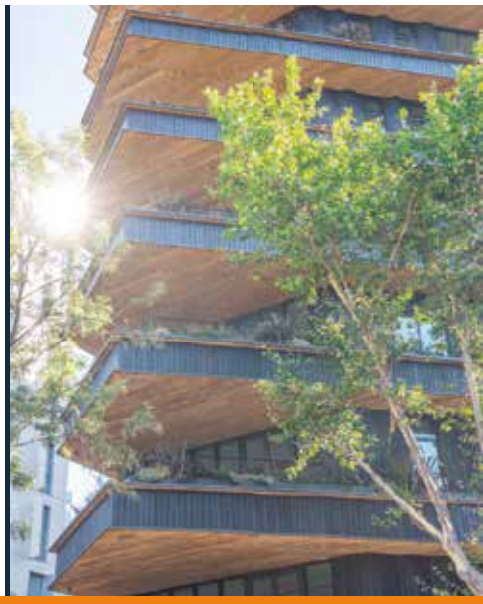
ProGeo Monitoring Systeme und Services GmbH & Co. KG
Hauptstraße 2, 14979 Großbeeren bei Berlin

WWW.REX-INDUSTRIE-PRODUKTE.DE

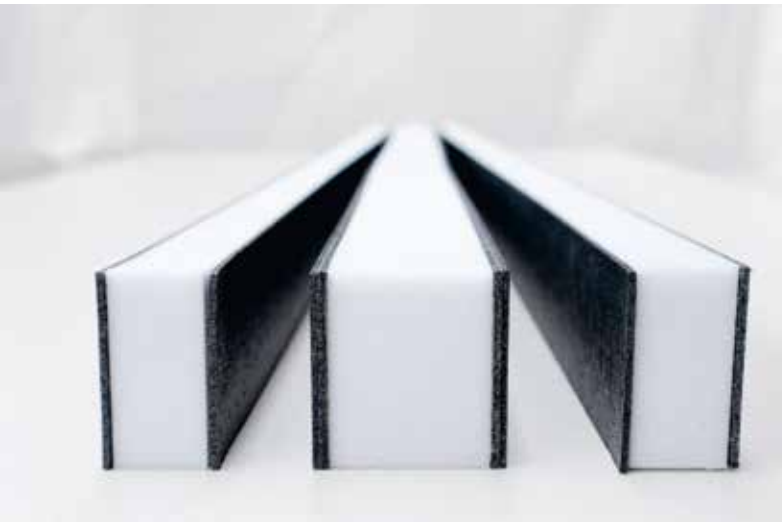
Brandschutz-Fugenfüllsysteme

für Holz- und Hybridbau

Jetzt Broschüre herunterladen



Erfahren Sie mehr in der **Schwabenlandhalle - Stand 51**





REXPANDIT

EI 90 Dehn- & Scherfuge

- Dehn- und Bewegungsfugen von 10 bis 30mm und 20 bis 40mm
- An Wänden und Decken
- Für Holzbau an Holzbau oder Holzbau an Massivbau
- Scherbewegung bis 25mm
- Geprüfter Fugenschallschutz

FLATON-FLEX A

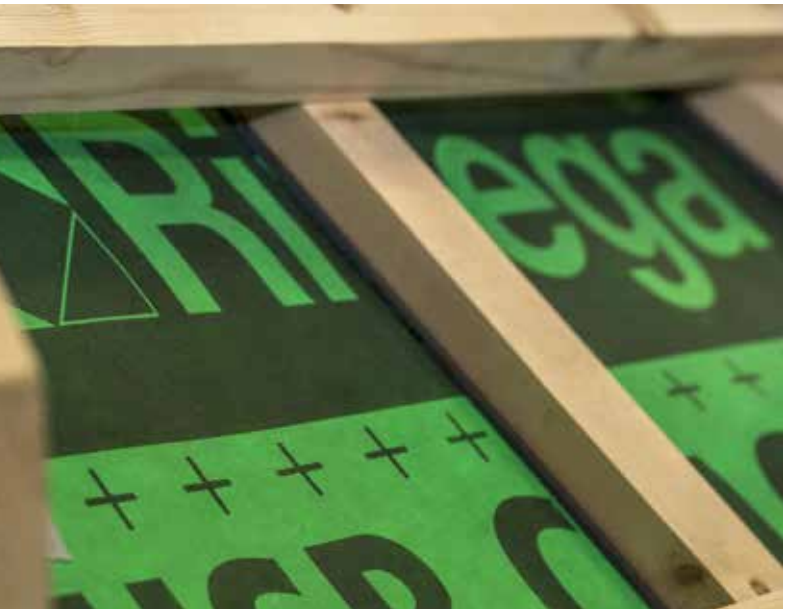
EI 90 Fuge

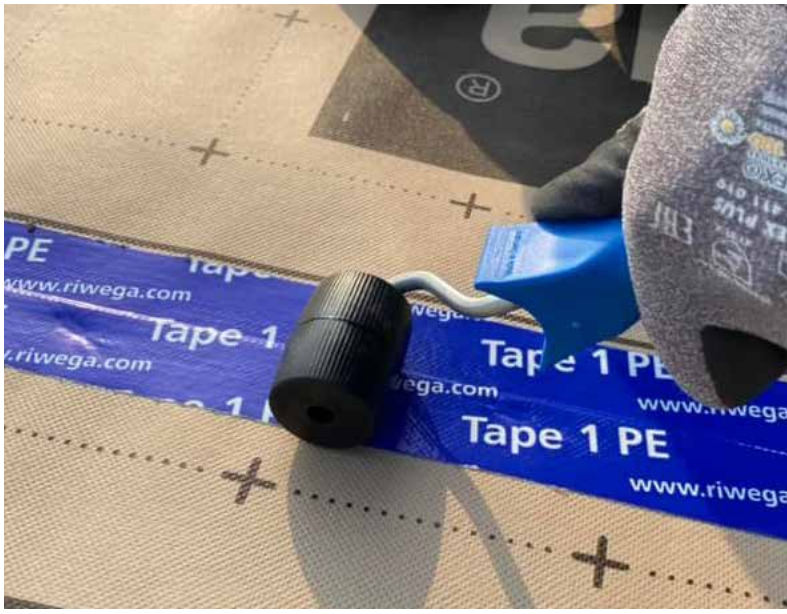
- Fugenbreite bis 10mm bei Holzbau an Holzbau
- Fugenbreite bis 5mm bei Holzbau an Massivbau
- Fugenbreite bis 5mm bei Decken-Wandanschluss

Gerexte Fugen Brandschutz auf höchstem Niveau

Riwega®

Das Beste für **Dach und Wand**!









member of Ergepearl group

NUR-HOLZ

ROMBACH

Die einstoffliche Massivholz-Bauweise
aus dem Schwarzwald

Gesund leben in Holz. Wie werden wir in Zukunft Bauen, Wohnen und Arbeiten? Für uns eindeutig mit einem NEIN zu Einweg- und Verbundmaterialien und ein JA zu einfachem und zirkulärem Bauen.

Dafür sind rückbaubare, sortenrein trennbare und zweifelsfrei wiederverbaubare Stoffe -unverklebt-, leicht lösbar, variabel im Format und Handling im Einsatz.

Unsere Ausführungsvarianten NUR-HOLZ „Sichtqualität“ „insulated“ und im besonderen unsere „rustial“-Ausführung, bei der ausschließlich Klimaholz zum Einsatz kommt, erfüllen alle diese Kriterien!

Hauptressource ist das im Umkreis um unser Werk geerntete Fichten- und Tannenholz.
Unsere Vision ist Wohnen und Arbeiten im Rohstofflager.

Vielleicht können wir so -gemeinsam- Akzente setzen.



Hersteller NUR-HOLZ:
Rombach Bauholz + Abbund GmbH
Holdersbach 7, 77784 Oberharmersbach
Tel.: 07837/9229-0, info@nur-holz.com
www.nur-holz.com













Hallenbau · Brückenbau · Kreativbau · Brettschichtholz



© EdelSteinLand, René Nolle Soonteam

Aussichtsturm Idarkopf, Stipshausen im Hunsrück

Wir schaffen gute Aussichten

SCHAFFITZEL

Bauen mit Holz und Ideen

Schaffitzel GmbH + Co. KG · 74523 Schwäbisch Hall
www.Schaffitzel.de



SCHULER
CONSULTING

Ihr Partner im Holzbau

Strategische Produktionsentwicklung
Maßgeschneiderte Planung von Produktion, Intralogistik und des Grundstücks

Schlanke Fertigung
Optimierung der Produktionsprozesse und Abläufe

Digitalisierung
Ideale Gestaltung aller Geschäftsprozesse, vom Büro bis in die Fertigung

Finanzcontrolling
Erkennen von Potenzialen und Entwicklung eines strategischen Fahrplans

SCHULER Consulting GmbH
info@schuler-consulting.com
www.schuler-consulting.com

Tel.: +49 7445 830-791 00

Lernen Sie uns kennen.
Wir beraten Sie gerne persönlich!

Brettsperrholz PLUS Elemente

Holz. Ganz in seinem Element.

Beplankung

Optimal geeignet für aktuelle Wärme-, Schall- und Brandschutzanforderungen.

Wohnklima

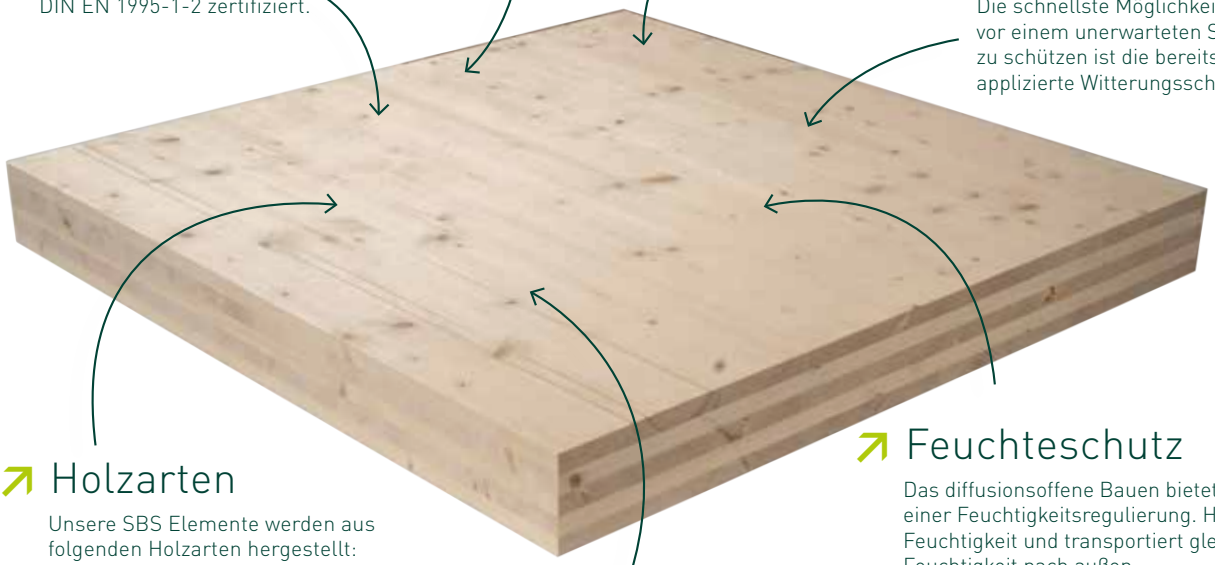
Die selbstregulierenden Isoliereigenschaften von Holz wirken sich mehrfach positiv auf den Wohnkomfort aus.

Brandschutz

Holz erfüllt Brandschutznormen. Die SBS Elemente sind DIN EN 1995-1-2 zertifiziert.

Witterungsfolie

Die schnellste Möglichkeit um Gebäude vor einem unerwarteten Schlagregen zu schützen ist die bereits im Werk applizierte Witterungsschutzfolie.



Holzarten

Unsere SBS Elemente werden aus folgenden Holzarten hergestellt: Fichte, Weißtanne, Lärche, Douglasie.

Feuchteschutz

Das diffusionsoffene Bauen bietet den Vorteil einer Feuchtigkeitsregulierung. Holz speichert Feuchtigkeit und transportiert gleichzeitig Feuchtigkeit nach außen.

Schallschutz

Die große Masse, das Gewicht und der Aufbau verschaffen den massiven Elementen guten Trittschallschutz sowie gute Luftschalldämmung.

Hergestellt im **Schwarzwald**

SBS®
Schwarzwald Holzbausysteme



www.sbselemente.de

Wir beraten Sie gerne!
Tel.: +49 7821 588 20 - 0
Mail.: info@sbselemente.de

Erfüllt alle Ihre Anforderungen.

Mehr Geschwindigkeit, mehr Flexibilität









Oikos xs ist die kompakte und preisgünstige CNC-Abbundanlage für den Holzbau, die eine **hohe Produktivität und Präzision** bei der Bearbeitung von Trägern mit einem Querschnitt von **bis zu 450X240 mm bietet.**

Das Werkstück wird durch ein Spannsystem mit integriertem Hub schnell vorwärts bewegt. Alle 6 Seiten des Werkstücks werden durch das innovative Revolverfräsaggregat in einer einzigen Aufspannung und dank eines dynamischen Unterstützungssystems und des **SCM-Lasertasters** mit höchster Präzision bearbeitet.

SCM bietet ein komplettes Angebot an spezifischen Lösungen für den Holzbau, einschließlich CNC-Abbundanlagen für BSP-, BSH-Elemente bis zu 1.250x610 mm und BSP-Platten bis zu 3.600x400 mm, sowie Kalibrier-Schleifmaschinen für BSP-Wände bis zu 3.700x500 mm.

FORUM
HOLZBAU
DEUTSCHLAND
STUTTGART

10.-11. Juli 2024
Stuttgart

SCM Group Deutschland GmbH
Seilerstraße 2 – 72622 Nürtingen
+49 (0) 7022 92540
info@scmgroup.de
www.scmgroup.com

ERFAHREN SIE MEHR

scm woodworking technology | *is more*

THERMORY®

Thermory vereint Design und Wissenschaft,
Schönheit und Innovation.

Als größter Hersteller von thermisch modifiziertem Holz und Saunamaterialien können wir weltweit auf unzählige Bauprojekte blicken, die mit unseren nachhaltigen sowie langlebigen Produkten verwirklicht wurden.

NEU:
Feuerbeständiges Design-Holz von THERMORY



Foto: Veronika Stuksrud, Wohngebäude in Norwegen Fassade: Thermory Benchmark Thermokiefer Mix & Match

LEAVE A LASTING IMPACT! → thermory.de



IN BETON DENKEN - MIT HOLZ BAUEN.

TS3 kann alles, was Beton kann – nun auch in Deutschland.

www.ts3.biz

TS3
Timber Structures 3.0

WIEHAG

TIMBER CONSTRUCTION







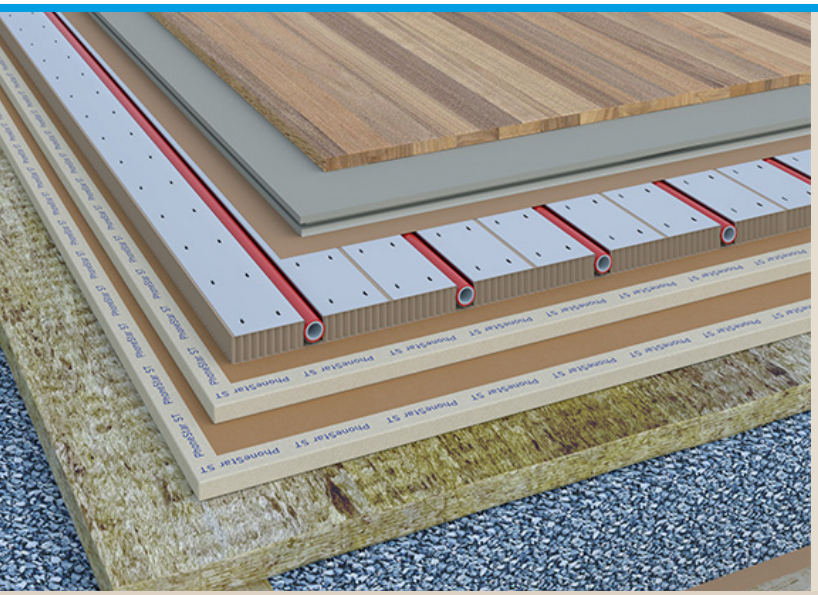
TIMBER PIONEER FRANKFURT



EDEKA LOGISTIKZENTRUM MARKTREDWITZ

WOLF® Bavaria

SCHALLDÄMMUNG FLÄCHENHEIZUNG TROCKENESTRICH



PhoneStar Schalldämmplatten

PowerFloor Fußbodenheizung

PhoneStrip Entkopplungsstreifen

Spezialprodukte Messtechnik

TROCKENE SYSTEMLÖSUNGEN

für Boden, Wand und Decke - bei Neubau (Massiv / Holz) und Sanierung

20 JAHRE INNOVATION

OneFrame-Wall | Wohnungstrennwand

Effektivität steigern & Kosten senken im Holztafelbau

NEU

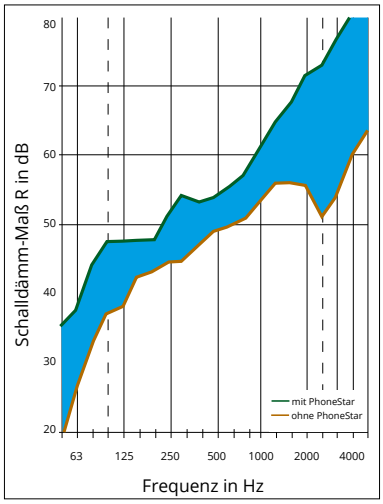


bis zu R_w = 62 dB

✓ressourcenschonend

✓effektiv

Durchgängig geprüftes System mit am Markt leicht verfügbaren Produkten.



PhoneStar EFFEKT

bis zu 30%	Materialeinsparung
bis 15%	Raumgewinn
bis 40%	Senkung der Montagezeit
bis zu 50%	Senkung der Richtzeiten
Σ 30 - 40%	Einsparungspotenzial



✓innovativ ✓ökologisch ✓regional

Wolf Bavaria GmbH - ist seit 2004 ein erfolgreiches, innovatives und expandierendes Unternehmen welches Systemlösungen für den Holz-, Massiv- und Trockenbau anbietet. Dabei bildet die Verwendung von nachhaltigen Rohstoffen regionaler Herkunft sowie die Entwicklung rückbaubarer Systeme die Grundlage all unserer Aktivitäten.

Wolf Bavaria GmbH
Gutenbergstraße 8
91560 Heilsbronn
Germany

Kontakt
Tel.: +49 (0) 9872 953 98 0
Fax: +49 (0) 9872 953 98 - 11
Email: info@wolf-bavaria.com

www.wolf-bavaria.com

Regional, wertvoll, materialeffizient

LIGNO® BSP-Rippenelemente und -Akustikpaneele: Rohstoff aus dem Schwarzwald – zur Höchstleistung veredelt.







Tragfähigkeit

Variable Steghöhen für Spannweiten bis 18 m,
Statik mit Schwingungsnachweis

Sichtoberflächen

Echtholz-Oberlächen – geschlossen
und in verschiedenen Profilierungen

Schallschutz / Wärmeschutz

Erhöhter Schallschutz – auch tieffrequent,
integrierte Wärmedämmung

Brandschutz

Feuerwiderstand bis REI 90,
auch schwerentflammbare Oberflächen

Raumakustik

Integrierter Akustikabsorber
aus natürlicher Holzfaser

Installationen

Ober- und unterseitige Leitungsführung:
längs und/oder quer

Baubiologie

natureplus®-zertifizierte
gesundheitliche Unbedenklichkeit

LIGNO TREND®

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Steinbachstr. 41 | 79809 Weilheim | Deutschland
Tel.: +49 (0) 7755 - 9200-0
E-Mail: info@lignotrend.com

Konfigurieren Sie das individuelle
Element für Ihr Projekt selbst:
www.lignotrend.com/konfigurator

LENO®-BSP MIT BAUARTGENEHMIGUNG!



ZÜBLIN Timber
Industriestr. 2
86551 Aichach
Tel. +49 8251 908-0
timber@zueblin.de

Ihr Spezialist im Holzbau

ZÜBLIN Timber steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen in allen Bereichen des Holzbaus. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbausysteme – von der Bauteillieferung über den komplexen Ingenieurholzbau und Fassadenbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kundinnen und Kunden gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

www.zueblin-timber.com



Vertrieb FORUM **HOLZBAU**
Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz
T +41 32 372 20
info@forum-holzbau.com, www.forum-holzbau.com

ISBN 978-3-906226-65-1