FORUM HOLZBAU DEUTSCHLAND KŒLN

17. Europäischer Kongress (EBH)
16./17. Oktober 2024
Gürzenich Köln, Deutschland

Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum

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

Inhalt

Veränderungen – Bauen und Märkte

Zukünftige Holzversorgung und -verwendung – notwendige Anpassung im Klimawandel 13
Dr. Ralf Petercord, Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Deutschland

Sanierungspotenziale von Wohnimmobilien in Deutschland 23
Pekka Sagner, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln, Deutschland

Block A1
Architektur – Hoch Hinaus mit Holz

Holzbau – rechtliche Risiken erkennen, Fallstricke vermeiden! 35
Dr. Felix Nieberding, AntweilerLiebschwagerNieberding Rechtsanwälte, Düsseldorf, Deutschland

Hochhäuser leicht machen – Hochhäuser (Holz-)hybrid machen 49
Tobias Unterberg, JSWD Architekten, Köln, Deutschland

The Ascent – das derzeit höchste Holzhochhaus der Welt 61
Johannes Habenbacher, KLH Massivholz, Teufenbach-Katsch, Österreich KLH US, Portland, USA

Block A2
Bezahlbarer Wohnraum im Holzbau – Erfahrungen aus Neubau und Bestandsbewirtschaftung

Wo steht der Holzbau in der nord-rheinwestfälischen Wohnungswirtschaft? 69
Isabelle Bothe, Verband der Wohnungswirtschaft Rheinland Westfalen, Düsseldorf, Deutschland

Projekt «Woodstöckchen» – Quartiersentwicklung in Holz 79
Stephan Zehnpfennig, Aachener Siedlungs- und Wohnungsgesellschaft, Köln, Deutschland
Anna Gerlach, schultearchitekten, Köln/Paris, Deutschland/Frankreich

HANSEeins – Brachflächenrevitalisierung durch Holzbau 89
Olaf Pestl, Iserlohner Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft, Iserlohn, Deutschland

Holzbau in der Bewirtschaftungspraxis – Herausforderung oder Selbstläufer? 97
Klaus Pelzer, GWG Wohnungsgesellschaft Rhein-Erft, Hürth, Deutschland

Block B1
Energetische Sanierung – umfassend erklärt

Energetische und strukturelle Anpassung als Chance: Holzbaulösungen für die Gebäudemodernisierung 109
Olaf Scheinpflug, ACMS Architekten, Wuppertal, Deutschland

Tragwerk, Bauphysik und Brandschutz: Es braucht das Ganze Engineering – und mehr… 125
Jonas Langbehn, PIRMIN JUNG Deutschland, Remagen, Deutschland

Serielle Sanierung – digital, vorgefertigt und kurze Bauzeit Zwei Umsetzungen in der Gebäudeklasse 4+5 137
Holger Kappler, Holzbau Kappler, Gackenbach-Dies, Deutschland

Block B2
Mit Schallschutz wirtschaftlich bauen

Die DIN 4109 und weitere Richtlinien – viel Neues oder Durcheinander? 149
Martin Schneider und Heinz-Martin Fischer, Hochschule für Technik Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

Schalltechnisch optimierte Konstruktionen im Holzbau – nicht immer nur teuer! 159
Prof. Dr. Andreas Rabold, Technische Hochschule Rosenheim und ift Rosenheim, Rosenheim, Deutschland
Adrian Blödt, IB Blödt / Blödt Holzkomplettbau, Kohlberg, Deutschland

Aufzugschächte in Holzbauweise – Konstruktionsprinzipien und Prognosemöglichkeiten für den Schallschutz 177
Adrian Blödt, IB Blödt / Blödt Holzkomplettbau, Kohlberg, Deutschland

HOLZBAUPREIS NRW 2024

In Holz gedacht 193
Prof. Felix Waechter, Waechter + Waechter Architekten, Darmstadt, Deutschland

Block A3
Hybride Konstruktionen im Hochbau

HBV-Decken vollständig kreislauffähig – re-use und re-cycling, beides möglich! 205
Dr. Jan Wenker und Stefan Behring, Brüninghoff Group, Heiden, Deutschland

Wo die Musik spielt – das «Neue GEMA» Gebäude in Berlin 217
Roman Koditek, Zimmerei Sieveke, Lohne, Deutschland
Henning Ernst, SWG/Engineering, Rülzheim, Deutschland

Geschossdecken in Holz-Stahl-Hybridbauweise 237
Dr. Heinz Pape, bauart Konstruktions, Lauterbach, Deutschland

Beton und Holz – Ausführungsdetails und Praxistipps bis zur Umsetzung in GK 5 245
Burkhard Walter, Walter + Reif Ingenieurgesellschaft, Aachen, Deutschland

Block A4
Die «NEUE» Muster-Holzbaurichtlinie und Zuordnungstabellen von Baustoffen

Zuordnungstabellen für das Brandverhalten von Baustoffen – Folgen für den Holzbau 267
Hanno Werning, Technische Hochschule Rosenheim, Rosenheim, Deutschland

MHolzBauRL 2023 – Aktuelles zur Überarbeitung der Muster-Holzbaurichtlinie 283
Björn Kampmeier und Felix Steeger, Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, Deutschland

VwV Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg – erweiterte Möglichkeiten des mehrgeschossigen Holzbaus in Baden-Württemberg 297
Bernd Gammerl, Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, Stuttgart, Deutschland

Block B3
NRW und Benelux

Kerschensteiner Grundschule Nachhaltige Clusterschule in Holzmodulbauweise 307
Thomas Pier, Saint-Gobain Brüggemann Holzbau, Neuenkirchen, Deutschland

Building with wood – best practice projects in different structural applications 317
Charline Lefèvre, Ney & Partners WOW, Brussels, Belgien

Matchbox – Dreierbeziehung in einer Sozialwohnung 325
Hannes Ochmann, KAAN Architecten, Rotterdam, Niederlande

Skypark Business Center – Luxembourg 337
François Ducatez, Bjarke Ingels Group, Kopenhagen, Dänemark

Block B4
Baurecht und Baubetrieb

Was sind «ersparte Aufwendungen», der «anderweitige Erwerb» und ein «echter Füllauftrag» nach § 8 VOB/B? 349
Frank Wischerhoff, Büro Prof. Dr. Mitschein, Wischerhoff und Partner, Mülheim an der Ruhr, Deutschland

Single Source of Truth: Der Dreh- und Angelpunkt für Bauprojekte 357
Prof. Dr. Michael Ehlers, Hochschule Osnabrück, Osnabrück, Deutschland

Einfach Bauen – mit natürlichen Materialien

Einfach Massiv – monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern 379
Andrea Kufner und Thorsten Kopp, B&O Bau Bayern, Regensburg, Deutschland

Mikro-modularer Massivholzbau – Einfachheit durch Standardisierung 391
Lewin Fricke, TRIQBRIQ, Stuttgart, Deutschland

HORTUS – ein Bürobau im Standard von morgen 397
Richard Jussel, Blumer-Lehmann, Gossau, Schweiz

Moderatoren

Prof. Dr. Bartels Niels
Technische Hochschule Köln
Claudiusstrasse 1
50678 Köln, Deutschland

+49 2218 275 41 18
niels.bartels@th-koeln.de

Prof. Dr. Becker Jörg
Fachhochschule Dortmund
Sonnenstrasse 96
44139 Dortmund, Deutschland

+49 2317 5544 26
joerg.becker@fh-dortmund.de

Crayen Susanne
Architektenkammer Nordrhein-Westfalen
Zollhof 1
40221 Düsseldorf, Deutschland

+49 2114 96 70
info@crayen-partner-architekten.de

Eisfeld Matthias
Landesbeirat Holz NRW e.V.
Carlsauestrasse 91a
59939 Olsberg, Deutschland

+49 2962 974 98 17
eisfeld@landesbeiratholz-nrw.de

Prof. Frühwald-König Katja
Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Campusallee 12
32657 Lemgo, Deutschland

+49 5261 702 58 27
katja.fruehwald@th-owl.de

Heemann Christoph
Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen
Zollhof 2
40221 Düsseldorf, Deutschland

+49 2111 306 71 17
heemann@ikbaunrw.de

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

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

Niermann Oliver
Verband der Wohnungs- und
Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen e.V.
Goltsteinstrasse 29
40211 Düsseldorf, Deutschland

+49 2111 699 83 80
o.niermann@vdw-rw.de

Prof. Dr. Noosten Dirk
Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Emilienstrasse 45
32657 Detmold, Deutschland

+49 5231 769 66 12
dirk.noosten@th-owl.de

Rose Christof
Architektenkammer Nordrhein-Westfalen
Zollhof 1
40221 Düsseldorf, Deutschland

+49 2114 967 34
rose@aknw.de

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

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

Scherer Tim
Wald und Holz NRW
Albrecht-Thaer-Strasse 34
48147 Münster, Deutschland

+49 2519 179 72 07
tim.scherer@wald-und-holz.nrw.de

Dr. Wieland Stefanie
Wald und Holz NRW
Albrecht-Thaer-Strasse 34
48147 Münster, Deutschland

+49 2931 786 64 59
stefanie.wieland@wald-und-holz.nrw.de

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

+43 1588 010
winter@iti.tuwien.ac.at

Referenten

Blödt Adrian
Blödt Holzkomplettbau GmbH
Ahornweg 5
92702 Kohlberg, Deutschland

+49 9608 583
info@holzbau-bloedt.de

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

+49 2111 699 83 73
i.bothe@vdw-rw.de

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

+45 2429 83 25
francoisd@big.dk

Prof. Dr. Ehlers Michael
Hochschule Osnabrück
Albrechtstrasse 30
49076 Osnabrück, Deutschland

+49 5419 695 345
m.ehlers@hs-osnabrueck.de

Ernst Henning
SWG Schraubenwerk Gaisbach GmbH
Eisenbahnstrasse 18
76761 Rülzheim, Deutschland

+49 7942 947 26 16
henning.ernst@swg-engineering.de

Fricke Lewin
TRIQBRIQ AG
Stuttgarter Strasse 115
70469 Stuttgart, Deutschland

+49 7112 528 15 90
l.fricke@triqbriq.de

Gammerl Bernd
Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen
Baden-Württemberg
Theodor-Heuss-Strasse 4
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7111 232 906
bernd.gammerl@mlw.bwl.de

Gebhard Andrea
Präsidentin Bundesarchitektenkammer
Askanischer Platz 4
10963 Berlin, Deutschland

+49 3026 39 44 14
jaegerhuber@mgk-la.com

Gerlach Anna
schultearchitekten köln
Altengrabengässchen 5-7
50668 Köln, Deutschland

+49 2219 499 43 27
a.gerlach@schultearchitekten.de

Habenbacher Johannes
KLH Massivholz GmbH
Gewerbestrasse 4
8842 Teufenbach-Katsch, Österreich

+43 3588 88 35
johannes.habenbacher@klh.at

Jussel Richard
Blumer-Lehmann AG
Erlenhof
9200 Gossau, Schweiz

+41 71 388 58 61
richard.jussel@blumer-lehmann.com

Prof. Dr. Kampmeier Björn
Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstrasse 2
39114 Magdeburg, Deutschland

+49 3918 864 967
bjoern.kampmeier@hs-magdeburg.de

Kappler Holger
Holzbau KAPPLER GmbH & Co. KG
Gelbachstrasse 3
56412 Gackenbach-Dies, Deutschland

+49 6439 902 96 60
hkappler@holzbau-kappler.de

Koditek Roman
Zimmerei Sieveke GmbH
Bakumer Strasse 24
49393 Lohne, Deutschland

+49 4442 928 215
koditek@sieveke.de

Kopp Thorsten
B&O Bau Bayern GmbH
Dietrich-Bonhoeffer-Strasse 14
83043 Bad Aibling, Deutschland

+49 8061 280 20
t.kopp@bo-gruppe.de

Kufner Andrea
B&O Bau Bayern GmbH
Dietrich-Bonhoeffer-Strasse 14
83043 Bad Aibling, Deutschland

+49 8061 280 20
a.kufner@bo-gruppe.de

Langbehn Jonas
PIRMIN JUNG Deutschland GmbH
Am Güterbahnhof 16
53424 Remagen, Deutschland

+49 2642 905 91 25
jonas.langbehn@pirminjung.de

Dr. Nieberding Felix
AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte PartG mbB
Immermannstrasse 20
40210 Düsseldorf, Deutschland

+49 2118 604 72 31
f.nieberding@aln-partner.de

Panhuysen Vincent
KAAN Architecten
Boompjes 255
3011 XZ Rotterdam, Niederlande

+31 1020 600 00
vp@kaanarchitecten.com

Pelzer Klaus
GWG Wohnungsgesellschaft mit beschränkter Haftung Rhein-Erft
Kölnstrasse 16
50354 Hürth, Deutschland

+49 2233 719 50
pelzer@gwg-rhein-erft.de

Dr. Petercord Ralf
Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW
Stadttor 1
40219 Düsseldorf, Deutschland

+49 2113 843 32 20
ralf.petercord@mlv.nrw.de

Prof. Dr. Rabold Andreas
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 25 33
andreas.rabold@th-rosenheim.de

Scheinpflug Olaf
ACMS Architekten GmbH
Friedrich-Ebert-Strasse 55
42103 Wuppertal, Deutschland

+49 2024 457 100
o.scheinpflug@acms-architekten.de

Dr. Spiegels Thomas
Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft mbH
Trinkausstrasse 7
40213 Düsseldorf, Deutschland

+49 2118 829 29
spiegels@mkrg.com

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

+32 2 899 30 43
cle@ney.partners

Ochmann Hannes
KAAN Architecten
Boompjes 255
3011 XZ Rotterdam, Niederlande

+31 1020 600 00
h.ochmann@kaanarchitecten.com

Dr. Pape Heinz
bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Spessartstrasse 13
36341 Lauterbach, Deutschland

+49 6641 966 180
pape@bauart-ingenieure.de

Pestl Olaf
IGW - Iserlohner Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft mbH
Hansaallee 1
58636 Iserlohn, Deutschland

+49 2371 793 120
pestl@igw-wohnen.de

Pier Thomas
SAINT-GOBAIN Brüggemann Holzbau GmbH
Erlenstrasse 1
48485 Neuenkirchen, Deutschland

+49 5973 944 051
T.Pier@brueggemann-holzbau.de

Sagner Pekka
Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.
Konrad-Adenauer-Ufer 21
50668 Köln, Deutschland

+49 2214 981 881
sagner@iwkoeln.de

Schneider Martin
Hochschule für Technik Stuttgart
Schellingstrasse 24
70174 Stuttgart, Deutschland

+49 7118 926 28 36
martin.schneider@hft-stuttgart.de

Unterberg Tobias
JSWD Architekten GmbH & Co. KG
Maternusplatz 11
50996 Köln, Deutschland

+49 2219 355 500
t.unterberg@jswd.de

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

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

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

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

Wischerhoff Frank
Prof. Dr. Mitschein, Wischerhoff und Partner
Brandenberg 67
45478 Mülheim an der Ruhr, Deutschland

+49 2086 201 600
wischerhoff@mwp-online.net

Prof. Walter Burkhard
Walter + Reif Ingenieurgesellschaft mbH
Charlottenburger Allee 60
52068 Aachen, Deutschland

+49 2419 490 914
b.walter@wr-ing.de

Werning Hanno
Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 23 35
hanno.werning@th-rosenheim.de

Zehnpfennig Stephan
Aachener Siedlungs- und
Wohnungsgesellschaft mbH
Mevissenstrasse 14
50668 Köln, Deutschland

+49 2217 745 613
s.zehnpfennig@aachener-swg.de

Mittwoch, 16. Oktober 2024

Veränderungen – Bauen und Märkte

Zukünftige Holzversorgung und -verwendung – notwendige Anpassung im Klimawandel

Dr. Ralf Petercord
Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Düsseldorf, Deutschland

Zukünftige Holzversorgung und -verwendung – notwendige Anpassung im Klimawandel

Die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid in der Atmosphäre steigt derzeit im Mittel um 2,5 ppm pro Jahr. Die weltweite Kohlendioxid-Konzentration lag im Jahr 2023 bei 419,55 ppm, so dass für das Jahr 2024 ein Durchschnittswert von über 421 ppm erwartbar ist. Im Vergleich dazu lag die Kohlendioxid-Konzentration in vorindustrieller Zeit bei etwa 280 ppm. Die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid hat sich damit in den letzten 150 Jahren um fast genau 50 % erhöht. Aus dieser Erhöhung resultiert eine Temperaturerhöhung, die global 1,2 °C und in Deutschland 1,8 °C beträgt. Gleichzeitig verändern sich eine Vielzahl von Bedingungen, wie die Länge der Vegetationsperiode, die Niederschlagsmenge, die Niederschlagsverteilung, die Sonnenscheindauer, die Bewölkung, die Wahrscheinlichkeit für Witterungsextreme, die Höhe des Meeresspiegels, der pH-Wert der Meere, die Eisbedeckung (Polarregionen und Gletscher), die Verwitterungsrate, die Zersetzungsrate und weitere, die unser Klima beschreiben und sich gegenseitig beeinflussend bestimmen. Der Anstieg der Kohlendioxid-Konzentrationen beruht hauptsächlich auf der anthropogenen Energiegewinnung aus fossilen Rohstoffen. Der Klimawandel ist bereits deutlich spürbar, seine anthropogene Ursache unbestreitbar.

Wald und Holzwirtschaft stehen wie kaum ein anderer Sektor mit dem Klima in Wechselwirkung. Einerseits können grüne Pflanzen über die Photosynthese Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen und in Biomasse, die im Wesentlichen aus Kohlenstoff besteht, umwandeln und speichern. Die Nutzung und Überführung dieser Biomasse in möglichst langlebige Produkte, ermöglicht den Aufbau eines zweiten eines externen Speichers außerhalb der Ökosysteme. Beide Prozesse Biomasseaufbau und Biomassenutzung können damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Aktuell geht man davon aus das die Landvegetation seit dem Jahr 1850 rund 31 Prozent der vom Menschen verursachten Kohlendioxidemissionen aufgenommen und in Biomasse sowie im Boden gespeichert hat. Dabei spielen die Wälder eine herausragende Rolle, im Zeitraum 2001 bis 2022 nahmen die Wälder jährlich 7,72 Gigatonnen CO_2-Äquivalente mehr auf als sie emittierten, damit konnten sie gut 22 % der jährlichen CO_2-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger kompensieren.

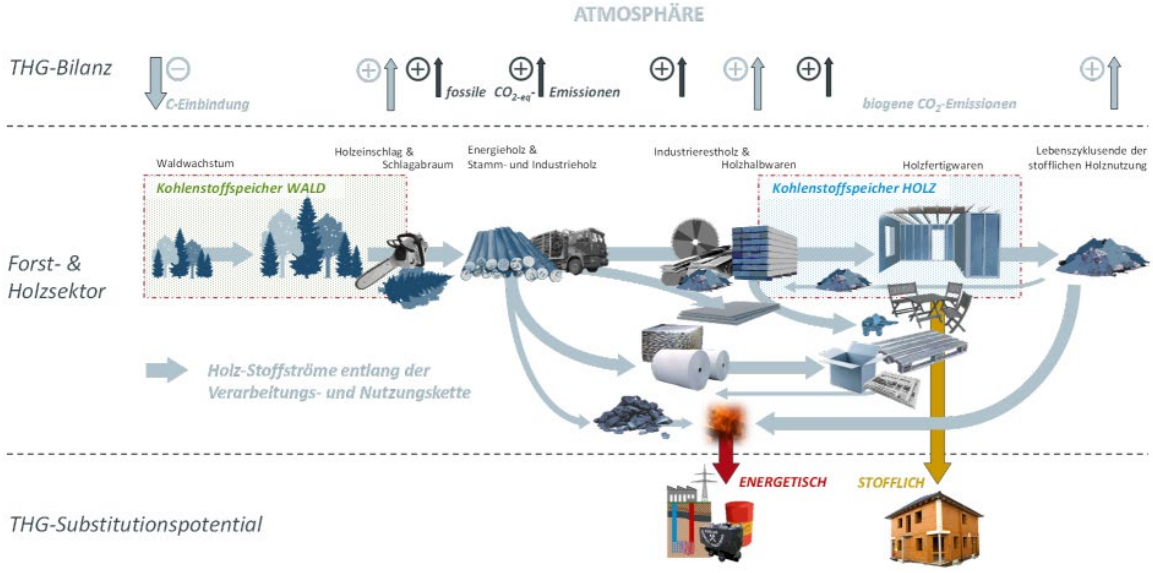


Abbildung 1: Schema zur THG-Bilanz des Forst- und Holzsektors (Rüter, 2023).

Zudem zeigen waldwachstumskundliche Untersuchungen seit 1870 ein zunehmend beschleunigtes Waldwachstum in Mitteleuropa sowohl auf Ebene der Individuen als auch der Waldbestände. Entsprechende Wachstumstrends finden sich auch in anderen Weltregionen. Dabei kommen mehrere Faktoren zum Tragen, neben dem größeren CO_2-Gehalt in der Atmosphäre, der düngend wirkt, begünstigen die bereits eingetretene Temperaturerhöhung, die Verlängerung der Vegetationszeit und Stickstoffeinträge das Waldwachstum.

Gleichzeitig wirken sich die Klimaveränderungen, insbesondere über extreme Witterungsbedingungen, wie Stürme, Dürren und Überflutungen direkt sowie über die Begünstigung von Insektenmassenvermehrungen indirekt negativ auf die Wälder aus. Auch das gesteigerte Waldwachstum ist im Grunde eher negativ, da es mit einer beschleunigten Seneszenz einhergeht, so dass die Alterserwartung zurückgeht. Mit fortschreitendem Klimawandel werden die Wälder damit zunehmenden an Resilienz verlieren. Bereits heute ist durch ein vermehrtes Absterben großer und alter Bäume ein klarer Trend zu jüngeren Wäldern weltweit erkennbar. Dies hat negativen Einfluss auf die Biodiversität, für die alte Bäume durch ihre Nischenvielfalt aber auch durch ihre genetische Ausstattung von besonderer Bedeutung sind, sowie auf die Speicherkapazität der Wälder für Kohlenstoff.

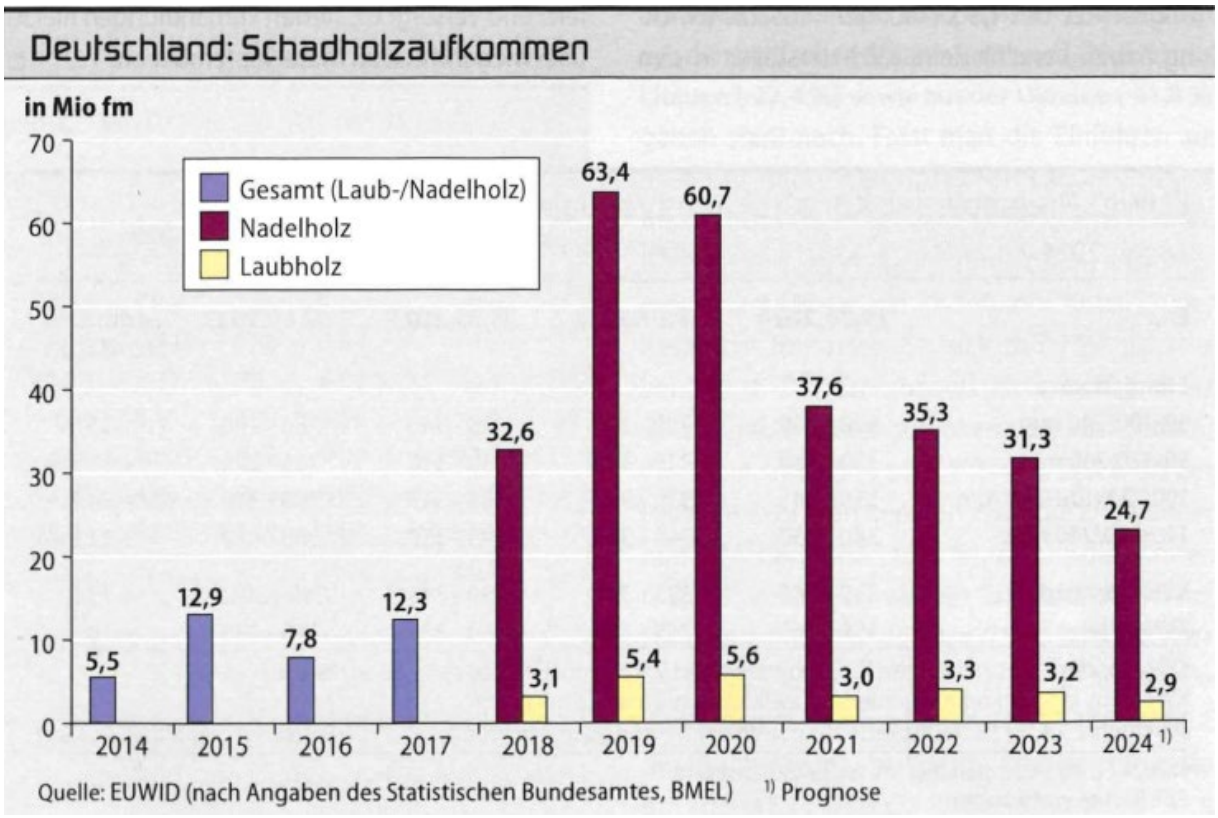


Abbildung 2: Schadholzaufkommen in Deutschland 2014 bis 2024 (Stand 30.06.2024) (EUWID, 2024).

Bis 2018 war der Klimawandel für den Waldbesitz eine eher abstrakte Gefahr, die sich in Projektionen über Temperatur- und Niederschlagsveränderungen und Modellierungen über deren mögliche Auswirkungen widerspiegelte. Seine reale Dimension, die sich aus dem komplexen Zusammenwirken von Sturm, Dürre und Insekten selbstverstärkend entwikkelte, überstieg in der Folge das bisher Vorstellbare um ein Vielfaches. Insgesamt sind in Deutschland gut 300 Millionen Kubikmeter Schadholz in den vergangenen Jahren angefallen, ca. 500.000 Hektar Schadfläche müssen wiederbewaldet werden. Und dies bereits bei einer bisher vergleichsweise moderaten durchschnittlichen Temperaturerhöhung gegenüber dem vorindustriellen Niveau. Das Schadgeschehen der vergangenen sechs Jahre hat damit gezeigt, dass katastrophale Waldschäden im dynamischen Klimawandelgeschehen jederzeit eintreten, nicht eindeutig vorhergesagt und damit nicht kurzfristig verhindert werden können. Die Gefahr ist damit nicht mehr abstrakt unerwartet, sondern konkrete, bereits gegenwärtige Realität, an die es sich anzupassen gilt. Eine gelungene Anpassung ermöglicht zielgerichtete Handlungsfähigkeit im Krisenfall, so dass diese sich nicht zur

Katastrophe auswächst, sondern vielmehr in ihren Auswirkungen begrenzt werden kann. Teil der neuen Realität ist ein hohes Maß an Unsicherheit, die sich beispielsweise in der Frage nach der «richtigen» Baumart äußert, letztlich aber nicht zweifelsfrei aufgelöst werden kann. Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer werden mit dieser Unsicherheit leben und trotzdem ihren Wald aktiv, zukunftsfähig gestalten müssen. Für die Holzwirtschaft manifestiert sich die waldbauliche Unsicherheit in den Holzarten und Sortimenten, die kurz-, mittel- und langfristig zur Verfügung stehen werden. Der Cluster Forst und Holz steht damit bereits heute im Fokus einer notwenigen Klimaanpassung. Die Dimension dieser Aufgabe gilt es gesellschaftlich zu verstehen und ihre Lösung entsprechend ihrer gesellschaftlichen Relevanz zu unterstützen.

Die natürliche Zusammensetzung der Waldgesellschaften ist vorrangig klimatisch bedingt und differenzieren sich dann entsprechend den örtlichen Standortsverhältnissen. Entsprechend der relativen Kontinuität der klimatischen und standörtlichen Bedingungen strebten sie in der Vergangenheit letztlich den bekannten Klimax-Phasen zu. Mit dem Klimawandel wird sich dies dramatisch verändern, bedingt durch die Geschwindigkeit der Veränderung, aber insbesondere durch die Extremereignisse, die den Zusammenbruch der bisherigen Systeme forcieren. Die Fokussierung der Klimafolgendiskussion auf eine «Mittelwertsklimatologie» ist daher verharmlosend falsch!

Extreme Witterungsereignisse werden hinsichtlich ihres Auftretens, ihrer Andauer und Intensität zunehmend extremer, abiotische Störungsereignisse damit immer wahrscheinlicher. Selbstverständlich beginnend in den vulnerabelsten Waldbeständen. Die aktuellen Schadereignisse in der Fichte, sind also folgerichtig, stellen aber nicht das Ende der Veränderungsdynamik da, sondern nur einen beeindruckenden Beginn des Anfangs der Veränderungen. Letztlich werden die ökologischen Beziehungen in den Ökosystemen kollabieren, unabhängig von der Bewirtschaftungsform oder der Naturnähe. Dabei werden Schadorganismen die Dynamik wesentlich beschleunigen. Dürre und Sturmwurf hätten ohne den Faktor Buchdrucker in den vergangenen sechs Jahren deutlich weniger Schäden in den Fichtenbeständen verursacht. Schadorganismen profitieren zweifach vom Klimawandel, direkt, da die temperaturabhängige Ontogenese schneller abläuft, was eine höhere Reproduktion bei geringerer Mortalität ermöglicht, und indirekt, da die Wirtspflanzen von Witterungsextremen geschwächt wird und damit mehr Brutraum zur Verfügung steht.

Diesen Prozess kann man auch als ökosystemare Neubewertung der Waldökosysteme und der sie bewirtschaftenden Forstwirtschaft durch einheimische und invasive Schadorganismen verstehen, die durch dynamisch Anpassungsprozesse zu immer neuen Systemzuständen führen werden, bis sich das Klima letztlich wieder stabilisiert.

Da die bisherigen Modellvorstellungen zur Waldentwicklung, die biotischen Schadfaktoren mehrheitlich vernachlässigen, sind sie grundsätzlich zu optimistisch. Das Schadgeschehen in den Beständen der einheimischen Nadel- und Laubbaumarten werden umfassender sein, als bisher prognostiziert. Endsprechende Entwicklungen zeichnen sich bei allen Hauptbaumarten bereits ab, die Schäden durch den Eichenprachtkäfer, Borken- und Prachtkäfer an Kiefer, die Rußrindenkrankheit des Bergahorns, das Eschentriebsterben, das Kiefterntriebsterben an verschiedenen Nadelbaumarten, die Rußige Douglasienschütte und die Douglasien-Gallmücke aber auch die zunehmende Verbreitung der Mistel sind beredte Zeugen dieser Entwicklung. Das Kalamitätsgeschehen der vergangenen Jahre wird sich damit absehbar fortsetzen, auch die Borkenkäfergradation der Fichte, und ausweiten. Günstige Witterungsbedingungen, wie sie im 2023 und 2024 auftraten, dürfen darüber nicht hinwegtäuschen, sondern müssen konsequent genutzt werden, um sich auf die nächsten Schadereignisse in allen Waldbesitzarten besser vorzubereiten.

1. Baumartenwahl im Klimawandel

Die «Wunderbaumart» für den Klimawandel gibt es nicht. Die Frage der Baumartenwahl entscheidet sich weiterhin am forstlichen Standort, zu dem bekanntermaßen neben den abiotischen auch die biotischen Faktoren zählen. Die häufig singuläre Betrachtung von Baumarten, und ob diese unter den zukünftigen Klimabedingungen noch geeignet sind, greift damit zu kurz – vielmehr gilt es die Waldökosysteme bei der Baumartenwahl mit zu

berücksichtigen. Folglich sind nur die Baumarten geeignet, die vom Ökosystem toleriert werden und gleichzeitig das Ökosystem nicht zusätzlich destabilisieren.

Die abiotischen Bedingungen des forstlichen Standorts werden sich im Klimawandel in Teilen verändern. Während die Nährstoffausstattung als gleichbleibend betrachtet werden kann, wird sich die Länge der Vegetationszeit durch ein höheres Wärmeangebot entsprechend der Temperaturerhöhung und die Wasserversorgung durch veränderte Niederschlagsbedingungen verändern. Damit ist eine Standortsdrift anzunehmen, die mit einer Reduktion der Wasserhaushaltsstufe einhergeht.

Parallel zu diesem abiotischen Anpassungsdruck wird es durch Versauerung, Eutrophierung und den Auswirkungen des Klimawandels auch zu biotischen Veränderungen kommen, deren komplexe Wechselwirkungen auf die Waldökosysteme nur unzureichend bekannt sind und folglich meist vernachlässigt werden.

2. Wiederbewaldungskonzept Nordrhein-Westfalen

Ausgehend von den abiotischen Veränderungen lässt sich für die verschiedenen Klimaprojektionen eine Standortveränderung («Standortdrift») ableiten. Für Nordrhein-Westfalen ergeben sich aus der Länge der mittleren Vegetationszeit (Tage ≥ 10 °C Tagesmitteltemperatur), dem Gesamtwasserhaushalt und der Nährstoffversorgung 72 Standorttypen. Diese Standorttypen sind der forstlichen Standortkarte hinterlegt und ihnen können nun Waldentwicklungstypen, so zugeordnet werden, dass diese bei Berücksichtigung der Standortdrift ideal zu den Standortbedingungen passen. Waldentwicklungstypen stellen idealtypische Mischbestände für verschiedene Standortbedingungen dar, die als Bestandesziel angestrebt werden sollen. Sie wurden mit dem übergeordneten Ziel der Stabilität und Resilienz im Klimawandel, entsprechend der Standortansprüche der verschiedenen Baumarten, ihrem Wuchs- und Konkurrenzverhalten untereinander, der erwarteten ökologischen Wertigkeit der Bestände, der Erfüllung der Waldfunktionen sowie der Massen- und Wertleistung der Bestände entwickelt. Damit erfüllen die Waldentwicklungstypen alle Anforderungen einer nachhaltigen Forstwirtschaft und vermindern dessen betriebliches Risiko. Insgesamt wurden 23 Waldentwicklungstypen beschrieben, die ausgehend von den heimischen Haupt- und Nebenbaumarten in ihrer Herkunftsbreite und in Teilen auch bewährte eingeführte Baumarten als Beimischung sowie weitere vermutlich geeignete eingeführte Baumarten («Experimentierbaumarten») als Ergänzungsmöglichkeit beinhalten. Es werden sowohl Laub- als auch Nadelholz-geprägte Mischbestände empfohlen. Für alle Waldentwicklungstypen ist ein Mindestanteil an Laubbaumarten vorgesehen. Damit steht den Waldbesitzerinnen und Waldbesitzern im Rahmen der forstgesetzlichen Bestimmungen und ihrer betrieblichen Anforderungen grundsätzlich ein breites Baumartenportfolio zur zielführenden Mischung zur Verfügung. Die klare Schwerpunktsetzung auf die einheimischen Baumarten berücksichtigt gerade auch die biotischen Standortfaktoren der Waldökosysteme. Allerdings ist mit zunehmendem CO_2-Gehalt in der Atmosphäre mit einer sich verstärkenden Standortdrift zu rechnen, in deren Folge sich die Anteile der Baumarten verschieben werden, während die Bedeutung der heimischen Baumarten zurückgehen wird, werden eingeführte Baumarten zunehmen. Über das Internetportal Waldinfo.NRW und der Beratung durch das örtliche Forstpersonal stehen den Waldbesitzerinnen und Waldbesitzern alle notwendigen Informationen zur Wiederbewaldung zur Verfügung. Ziel ist der Aufbau standortsgerechter, klimaanpassungsfähiger und strukturreicher möglichst dauerhafter Mischbestände.

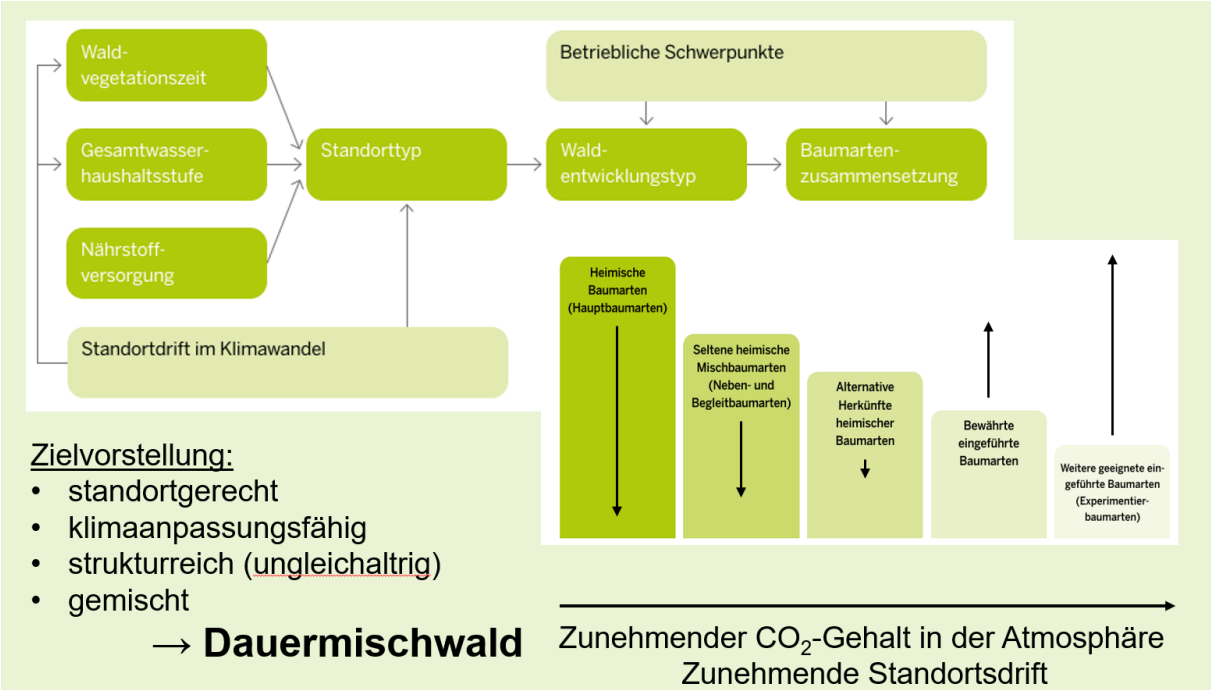


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen klimawandelbedingter Standortdrift und zukünftiger Baumartenzusammensetzung (veränd. n. MULNV, 2021).

3. Mischbestände erfordern einen höheren Pflegeaufwand

Entsprechend des hohen finanziellen Aufwands, den Fragen der Baumarten- bzw. Sortiments- und Arbeitskräfteverfügbarkeit bei der künstlichen Kulturbegründung wird bei der Wiederbewaldung der Schadflächen die natürliche Wiederbewaldung selbstverständlich eine wichtige Rolle spielen. Teilweise ist bereits eine Verjüngung aus dem Vorbestand vorhanden oder findet sich durch Nachbarbestände, einzelne Überhälter oder über Pionierbaumarten ein. Die sinnvolle Kombination von geeigneter Naturverjüngung und ergänzender Pflanzung oder Saat weiterer geeigneter Baumarten ist dann optimal und kann erhebliche Risiken mindern sowie Kosten reduzieren. Allerdings ist nicht zu erwarten, dass die Verjüngung immer standortgerecht sein wird. Dies gilt insbesondere für die Verjüngung der Fichte, die auf den Flächen ehemaliger Fichtenreinbestände zu erwarten ist. Auch die aufkommenden Weichlaubhölzer werden, insbesondere die Anforderungen der Forst- und Holzwirtschaft an die Wertleistung nur in Teilen erfüllen können. Ohnehin ist ihr Anteil mit 15 % an der Waldfläche in Nordrhein-Westfalen bereits relativ hoch. Eine ausschließlich auf den Prozessen der biologischen Automation beruhende Wiederbewaldung wird den Ansprüchen an klimaanpassungsfähige Wälder nicht genügen können. Nichtsdestotrotz kann und sollte die natürliche Verjüngung vollumfänglich genutzt werden und sei es, auch wenn sie letztlich nicht in den Waldentwicklungstyp integriert werden kann, als wertvolle Zeitmischung oder als Vorwald. Beides bedingt aber eine konsequente, aktive Pflege der Bestände.

4. Waldumbau und Bestandespflege

Neben den notwendigen Wiederbewaldungsmaßnahmen muss auch der Waldumbau vorangetrieben werden, ca. 250.000 Hektar werden in Nordrhein-Westfalen als umbaudringlich angesehen. Dabei handelt es sich nicht nur um Nadelholzbestände, sondern auch um Laubholzbestände, häufig um alte Reinbestände, die eine hohe Anfälligkeit für die Folgen des Klimawandels haben oder durch Krankheitserreger ausfallen. Unter die bestehenden Altholzschirme dieser Bestände können die Schattbaumarten eingebracht werden, die auf den Freiflächen der Kalamität bei hohem Ausfallrisiko derzeit nichts zu suchen haben.

In den Kalamitätsjahren sind verständlicherweise reguläre Pflege- und Erntemaßnahmen zurückgestellt worden, die in den kommenden Jahren nachgeholt werden müssen, um die

Resilienz der Bestände im Klimawandel zu stärken und Anpassungsmöglichkeiten der Verjüngung zu ermöglichen.

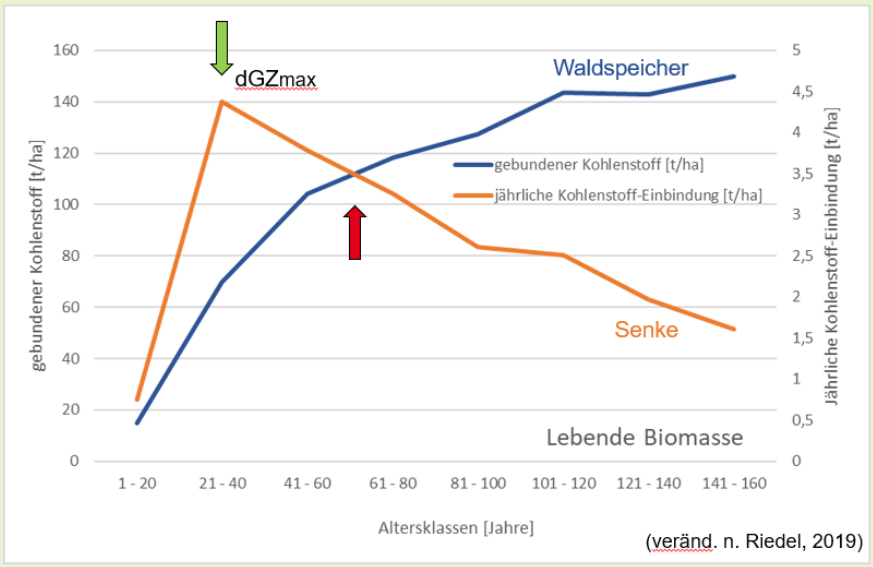
5. Gesicherte aber veränderte Holzversorgung

Entsprechend den aufgezeigten Anpassungsnotwendigkeiten in der Forstwirtschaft wird sich die einheimische Holzversorgung verändern. Die Berücksichtigung der klimawandelbedingten Standortdrift bei Wiederbewaldung und Waldumbau führt zu einem größeren Baumarten- und damit Holzartenmix. Der demographische Wandel im Wald, der aus einer schnelleren Seneszenz resultiert, wird die Sortimentsstruktur hin zu einem größeren Anteil schwächerer Sortimente verändern. Die gravierendsten Auswirkungen sehen wir aktuell bei der Fichte, die bereits in den vergangenen Jahren nennenswerte Vorratsverluste verloren hat – wenn auch regional in unterschiedlichem Ausmaß. Diese Entwicklung wird sich, insbesondere getrieben durch biotische Schadfaktoren, fortsetzen und weitere Baumarten betreffen. Auch wenn die regionale Versorgung, explizit bei Fichtenholz, bereits heute angespannt sein kann, wird diese Entwicklung kurz- bis mittelfristig aber keine überregionalen negativen Auswirkungen auf die Holzversorgung haben. Eher im Gegenteil, dringliche Pflege- und Waldumbaumaßnahmen, sowie Kalamitätsnutzungen werden zu einem höheren Holzangebot führen, allerdings bereits mit veränderter Sortimentsstruktur. Langfristige Aussagen zur Holzversorgung sind mit großen Unsicherheiten, die aus der Dynamik des ablaufenden Klimawandels resultieren, verbunden. Perspektivisch wird der Nadelbaumanteil abnehmen, auch wenn über die Naturverjüngung und Wiederaufforstung Fichten, Douglasien, Lärchen und Tannen Bestandteil der neuen Waldgesellschaften sein werden. Beim Laubholz wird sich der Anteil der Weichlaubhölzer überproportional erhöhen. Insgesamt wird der Baumartenmix größer und zwingt damit auch die Holzverwendung zur Anpassung. Die insgesamt jüngeren Wälder, werden zu einem höheren Schwachholzangebot führen. Nutzungsverzichte zum Schutz der Biodiversität werden in Teilen notwendig sein, sind aber als Beitrag zur Produktionssicherheit in der Waldwirtschaft auch aus ökonomischer Sicht zwingend erforderlich.

Der Klimawandel stellt Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer langfristig vor immense Herausforderungen, die sie alleine nicht bewältigen werden können. Wiederbewaldung und Waldumbau werden daher in Nordrhein-Westfalen als gesamtgesellschaftlich Aufgabe der Daseinsvorsorge verstanden. Ziel muss der Aufbau strukturreicher, klimaanpassungsfähiger Mischbestände sein, die die gesellschaftlichen Anforderungen auch zukünftig erfüllen können. Dazu muss auch die Forstwirtschaft insgesamt krisenfester aufgestellt werden, hier bilden insbesondere die forstlichen Selbsthilfeorganisationen einen Schwerpunkt. Nordrhein-Westfalen bietet bereits eine breite Unterstützung durch Beratung, Schulungen, digitale Hilfsmittel und Fördermittel an, die bedarfsgerecht weiterentwickelt werden. Wichtig sind aber auch der Dialog, das gegenseitige Verständnis und die Zusammenarbeit aller am Wald interessierten gesellschaftlichen Gruppen. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei der am Vegetationszustand orientierten Bejagung des Schalenwildes zu.

6. Holzverwendung für Waldwirtschaft und Klimaschutz

Die Holzverwendung ist der Schlüssel zum Walderhalt und zum Waldumbau. Nur durch die Holzverwendung verfügt der Waldbesitz über die notwendigen Mittel zur Durchführung der erforderlichen Maßnahmen. Gleichzeitig leistet die Holzverwendung einen entscheidenden Beitrag zum Klimaschutz, durch die CO_2-Speicherung im Holzproduktespeicher und die Substitutionsleistung bei der Holzverwendung. Entgegen populärer Einschätzungen, die häufig auf einem Ideologie getriebenen «Waldwunschdenkens» beruhen. Ist der Waldspeicher im Klimawandel zunehmend labil und der Waldbodenspeicher nur begrenzt erweiterbar. Die einseitige Bevorzugung dieser Speicher in Politiken ist damit abzulehnen. Vielmehr wird es darauf ankommen, alle Speicher und Substitutionsleistungen optimal zu nutzen, so dass die Erfordernisse des Biodiversitäts- und Klimaschutzes im notwendigen Umfang berücksichtigt und nicht unilateral maximiert werden.



- Nutzung aller Speicher und Substitutionsleistung bei Holzverwendung
- Optimierung des Wald- und Waldbodenspeichers
- Maximierung des Holzproduktespeichers (Holzbau)

Abbildung 4: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Alter, Waldspeicherkapazität und Senkenleistung je Hektar Waldfläche (veränd. n. Riedel et al., 2019).

Der Holzproduktespeicher ist hinsichtlich des Klimaschutzes am wirkungsvollsten, wenn durch ihn eine langfristige Speicherung möglich ist. Damit kommt dem Holzbau eine entscheidende Rolle im Klimaschutz zu. Er ist geeignet die hohe Senkenleistung des Waldes über den jährlichen Zuwachs in einen stabilen Speicher zu transformieren. Am effektivsten gelingt dies im Bereich des maximalen durchschnittlichen Gesamtzuwaches (dGZmax), der allerdings bei allen Baumarten in vergleichsweise frühen Altern auftritt. Tendenziell ist damit die Nutzung schwächere Sortimente erforderlich. Ziel der nachhaltigen Waldbewirtschaftung muss es daher sein, die Wälder im Bereich des dGZmax zu halten, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Erfordernisse des Biodiversitätsschutzes, daher ist der Aufbau unterschiedlich alter strukturreicher Mischbestände notwendig.

Das kurz- und mittelfristig vorhandene vergleichsweise hohe Holzaufkommen ist aus Klimaschutzgründen vorrangig für eine konsequente Erhöhung der Holzbauquote zu nutzen. Aktuell stehen die dafür erforderlichen Holzmengen in Deutschland ohne die Nachhaltigkeit oder den Biodiversitätsschutz vernachlässigen zu müssen, problemlos zur Verfügung. Diese Chance gilt es für die gesellschaftliche Daseinsvorsorge konsequent zu nutzen.

7. Literatur

[1] Bemmann, A.; Irslinger, R. und Anders, K. (Hrsg.) (2022): Vom Glück der Ressource – Wald und Forstwirtschaft im 21. Jahrhundert. oekom verlag, München: 333 S.

[2] Bolte, A.; Ammer, Ch.; Annighöfer, P.; Bauhus, J.; EIisenhauer, D.-R.; Geissler, C.; Leder, B.; Petercord, R.; Rock, J.; Seifert, Th.; Spathelf, P. (2021): Fakten zum Thema: Wälder und Klimaschutz. AFZ/Der Wald 11: 12-15.

[3] Bugmann, H.; Bigler, Ch. (2011): Will the CO_2 fertilization effect in forests be offset by reduced tree longevity? Oecologia; 165 (2): 533-544. doi: 10.1007/s00442-010-1837-4. Epub 2010 Nov 23.

[4] EUWID (2024): Schadholzprognose zur Jahresmitte weiter abgesenkt – Witterungsverlauf führt nur zu leichter Entspannung der Forstschutzsituation. Holz und Möbel, Nr. 35: S.5.

[5] Forzieri, G.; Girardello, M.; Ceccherini, G.; Spinoni, J.; Feyen, L.; Hartmann, H.; Beck, P. S.A.; Camps-Valls, G.; Chirici, G.; Mauri, A.; Cescatti, A. (2021): Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. Nature Communications 12, 1081; https://doi.org/10.1038/s41467-021-21399-7

[6] Graßl, H. (2007): Der Klimawandel – zu schnell für jeden Baum. In: LWF-Aktuell 60: Wälder im Klimawandel: S. 3-4.

[7] McDowell, N. G.; Allen, C. D.; Anderson-Teixeira, K.; Aukema, B. H.; Bond-Lamberty, B.; Chini, L.; Clark, J. S.; Dietze, M.; Grossiord, C.; Hanbury-Brown, A.; Hurtt, G. C.; Jackson, R. B.; Johnson, D. J.; Kueppers, L.; Lichstein, J. W.; Ogle, K.; Poulter, B.; Pugh, T. A. M.; Seidl, R.; Turner, M. G.; Uriarte, M.; Walker, A. P.; Xu, C. (2020): Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world. Science 368 (6494). doi:10.1126/science.aaz9463 Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2022): Internetportal Waldinfo.NRW – Digitale Informationen zu Wäldern und für die Waldbewirtschaftung.

[8] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2015): Wald und Waldmanagement im Klimawandel – Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen. 2. Aufl., Düsseldorf: 62 S.

[9] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2018): Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. 1. Aufl., Düsseldorf: 198 S.

[10] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2021): Waldbaukonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung. 3. übarb. Aufl., Düsseldorf: 190 S.

[11] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2020): Wiederbewaldungskonzept Nordrhein-Westfalen – Empfehlungen für eine nachhaltige Walderneuerung auf Kalamitätsflächen. Düsseldorf: 118 S.

[12] Petercord, R. (2024): Wald im Klimawandel – Risiken und Anpassung. Holzhandel – das Magazin, Nr. 5: 32-37.

[13] Petercord, R.; Liesebach, M.; Teutenberg, A.; Eisenhauer, D.-R.; Freise, L.; Strunk, M.; Stahlmann, J.K.; Schmitt, J. (2024) Demographischer Wandel im Wald – Vitalität und Alterserwartung im Klimawandel (in Vorbereitung).

[14] Pretzsch, H. (2004): Der Zeitfaktor in der Waldwachstumsforschung. In: LWF-Wissen 47: Innovation durch Kontinuität: S. 11-40.

[15] Riedel, T.; Stümer, W.; Hennig, P.; Dunger, K.; Bolte, A. (2019): Wälder in Deutschland sind eine wichtige Kohlenstoffsenke. AFZ Der Wald 74(14):14-18.

[16] Pretzsch, H.; Biber, P.; Schütze, G.; Kemmerer, J.; Uhl, E. (2018): Wood density reduced while wood volume growth accelerated in Central European forests since 1870. Forest Ecology and Management 429: 589-616.

[17] Rüter, S. (2023): Abschätzung von Substitutionspotentialen der Holznutzung und ihre Bedeutung im Kontext der Treibhausgas-Berichterstattung. Braunschweig; Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Working Paper 214: 50 S.Yu, K.; Smith, W. K.; Trugman, A. T.; Condit, R.; Hubbell St. P.; Sardans, J.; Peng Ch.; Zhu, K.; Peñuelas, J. ; Cailleret, M.; Levanic, T.; Gessler, A.; Schaub, M.; Ferretti, M.; Landeregg, W. R. (2019): Pervasive decreases in living vegetation carbon turnover time across forest climate zones. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 116 (49): 24662-24667. doi:10.1073/pnas.1821387116. Epub 2019 Nov 18.

Sanierungspotenziale von Wohnimmobilien in Deutschland

Pekka Sagner
Institut der deutschen Wirtschaft
Köln, Deutschland



Sanierungspotenziale von Wohnimmobilien in Deutschland

Hinweis: Referat basiert auf einer Studie für den Verband der Sparda-Banken e.V.:
Sagner, Pekka / Ewald, Johannes / Kempermann, Hanno, 2024, Sanierungspotenziale von Wohnimmobilien in Deutschland, Studie für den Verband der Sparda-Banken e.V., Köln

1. Vorwort

Deutschland hat ehrgeizige Pläne und möchte bis 2045 Klimaneutralität erreichen. Ein zentraler Baustein dieser Bestrebungen ist die drastische Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Bundesweit wurden 2023 insgesamt noch rund 674 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente ausgestoßen. Von 2023 bis 2030 sollen die Emissionen gemäß Bundesklimaschutzgesetz um 35 Prozent zurückgehen. Gebäude gelten als einer der Hauptverursacher von CO_2 – dem verbreitetsten Treibhausgas. Ihnen lassen sich fast ein Drittel der Emissionen zuordnen. Davon ist wiederum ein Großteil auf private Haushalte zurückzuführen. Diese Erkenntnis bildet den Ausgangspunkt dieser Analyse, die sich auf den Effekt von Bestandssanierungen von Wohnimmobilien auf die CO_2-Emissionen konzentriert.
Diese Studie untersucht die Herausforderungen und Chancen, die mit der Dekarbonisierung des Gebäudesektors einhergehen. Sie verdeutlicht die dringende Notwendigkeit, den Gebäudebestand zu modernisieren, um signifikante CO_2-Einsparungen zu erzielen und damit einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaziele zu leisten. Es wird deutlich, dass der private Gebäudesektor einerseits eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen spielt, andererseits jedoch noch erhebliche Anstrengungen unternommen werden müssen, um die erforderlichen CO_2-Einsparungen zu realisieren. Diese Anstrengungen unterscheiden sich zudem regional. Im ländlichen Raum ist der Sanierungsbedarf größer. Die Verantwortung dafür liegt auch bei der Politik, die entsprechende Anreize und Unterstützungsmaßnahmen bieten sollte.

2. Geringe Energieeffizienzwerte im deutschen Wohneigentumsmarkt sind die Regel

2.1. Im Mittel kaum besser als D

Im Jahr 2023 hatte knapp die Hälfte (47 Prozent) der in Deutschland zum Verkauf stehenden Eigentumswohnungen und Häuser eine Energieeffizienzklasse von E und schlechter. Damit ist der Anteil an wenig effizienten Objekten im Transaktionsmarkt noch einmal höher als im Bestand. Kaestner et al. (2023) beziffern den Anteil der Objekte mit einer Energieeffizienz von E und schlechter auf 34 Prozent. 10 Prozent der angebotenen Wohnungen und Häuser erfüllen die höchsten Energieeffizienzstandards A (4 Prozent) und A+ (6 Prozent). Ein Fünftel aller Objekte werden mit einem Energieverbrauch der schlechtesten Klassen G (9 Prozent) und H (11 Prozent) angeboten.

Bei der näheren Betrachtung der Objekttypen fallen insbesondere Ein- und Zweifamilienhäuser mit schlechteren Energieeffizienzwerten ins Auge. Zwei Drittel der zum Verkauf stehenden Einfamilienhäuser haben eine Energieeffizienz von E oder schlechter. Bei Objekten, die typischerweise in Mehrfamilienhäusern zu finden sind, das heißt Wohnungen, ist die Energieeffizienz höher. Dies liegt oft daran, dass Mehrfamilienhäuser von vornherein auf eine effiziente Nutzung von Ressourcen ausgelegt sind. Durch die gemeinsame Nutzung von Heizungs- und Warmwassersystemen sowie die kompakte Bauweise können Energieverluste minimiert werden. Zudem ermöglichen größere Wohnanlagen oft Investitionen in energieeffiziente Technologien wie Wärmedämmung, moderne Heizsysteme und intelligente Energiesteuerungssysteme, die dazu beitragen, den Energieverbrauch weiter zu reduzieren. Grundsätzlich weisen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern ein geringeres Verhältnis von Außenfläche zu Volumen auf, was eine kleinere wärmeübertragende Fläche

impliziert als dies beispielsweise bei freistehenden Einfamilienhäusern der Fall ist. Zusätzlich stehen Ein- und Zweifamilienhäuser häufig vor der Herausforderung, individuelle Lösungen für ihre Energieversorgung zu finden, was mitunter zu niedrigeren Energieeffizienzwerten führen kann.

Das Einfamilienhaus ist mit Blick auf die Energieeffizienz und potenzielle Energieeinsparziele von besonderem Interesse. Innerhalb der hier ausgewerteten Objekte zeigt sich zum einen, dass der Anteil weniger effizienter Objekte hoch ist, zum anderen machen die Einfamilienhäuser mit 29,4 Prozent der analysierten Objekte den größten Anteil aus. Am zweithäufigsten werden Dreizimmerwohnungen angeboten, mit einem Anteil von 20 Prozent. Einfamilienhäuser sind nicht nur wegen der im Mittel geringen Energieeffizienz und dem hohen Anteil an allen zum Verkauf stehenden Objekten von Interesse. Hinzu kommt, dass Einfamilienhäuser deutlich mehr Wohnfläche bieten als andere Objekttypen, mit der Ausnahme der Zweifamilienhäuser. Einfamilienhäuser sind im Durchschnitt 160 Quadratmeter groß, Dreizimmerwohnungen mit 83 Quadratmetern ungefähr halb so groß. Da die Energieeffizienzklasse auf Basis des Energieverbrauchs oder -bedarfs je Quadratmeter Wohnfläche bestimmt wird, ergibt sich bei Einfamilienhäusern in absoluten Werten zusätzliches Einsparpotenzial. Zusammengefasst bedeutet dies, dass der energetischen Sanierung von Einfamilienhäusern eine wichtige Rolle zukommt, um die Energieeinsparziele zu erreichen.

2.2. Sanierungspotenziale variieren regional stark

Regionale Differenzen in der Energieeffizienz ergeben sich unter anderem durch den regional üblichen Bebauungsstil. In urbanen Räumen ist der Anteil an Mehrfamilienhäusern höher, im ländlichen Raum wiederum überwiegen Einfamilienhäuser. Darüber hinaus ist die Energieeffizienz eines Gebäudes auch mit dem Baujahr korreliert. Vorausgesetzt eine Wohnung oder ein Haus hat noch keine energetische Sanierung erfahren, impliziert ein älteres Baujahr in der Regel eine schlechtere Energieeffizienz.

In dünn besiedelten ländlichen Regionen liegt der Anteil an weniger effizienten Objekten (E und schlechter), die im Jahr 2023 zum Verkauf standen, mit 51 Prozent höher als in den Großstädten, wo 41 Prozent der Objekte eine Energieeffizienzklasse von E und schlechter aufweisen. Vorherrschender Bebauungstyp und das durchschnittliche Baujahr sind nur für einen Teil der regionalen Unterschiede in den Energieeffizienzklassen der zum Verkauf stehenden Objekte verantwortlich. So liegt im Bundesländervergleich Bremen mit dem zweitgrößten Anteil der Objekte mit geringer Energieeffizienz weit vorne. Der Anteil der zum Verkauf stehenden Objekte mit einer Energieeffizienz von E und schlechter liegt dort bei 61 Prozent. Als Stadtstaat mit einem großen Teil an Mehrfamilienhausbebauung hätte eigentlich davon ausgegangen werden können, dass Bremen hier besser abschneidet. Als Gründe für den hohen Anteil der weniger effizienten Objekte wird eine geringe Neubauaktivität und schwierige Sanierungsentscheidungen aufgrund eines hohen Anteils an Eigentümergemeinschaften genannt (buten un binnen, 2023).

Am größten ist der Anteil der wenig effizienten Objekte jedoch im Saarland mit 71 Prozent. Das Bundesland zeichnet sich zum einen durch einen hohen Anteil an Einfamilienhausbebauung aus. Unter den hier ausgewerteten Objekten machten die Einfamilienhäuser im Saarland 41 Prozent aus. Zum anderen ist das Saarland als eine der demografisch belasteten Regionen bereits heute von Abwanderungs- und Schrumpfungstendenzen geprägt. Eine demografisch weniger positive Aussicht macht Investitionen in den Bestand weniger wahrscheinlich, da potenziell keine Amortisation der Investition realisiert wird. Zudem bedeutet ein hoher Anteil an älterer Bevölkerung unter sonst gleichen Bedingungen, dass davon auszugehen ist, dass auch der Anteil an älteren Objekten größer ist. Ähnliche Begründungen gelten für Rheinland-Pfalz. Im größten Bundesland Nordrhein-Westfalen ist der Anteil der weniger effizienten Objekte mit 53 Prozent ebenfalls noch überdurchschnittlich hoch. Hier zeigt sich die große Heterogenität innerhalb des Landes. Nordrhein-Westfalen ist in weiten Teilen urban, dicht besiedelt und in den letzten Jahren mit dem Blick auf die Einwohnerentwicklung wachsend, so etwa in der Metropolregion Rhein-Ruhr. Darüber hinaus gibt es demografisch schnell alternde Regionen wie das Sauerland mit einer überwiegenden Einfamilienhausbebauung.

Auch in anderen Bundesländern gibt es diese Differenzen zwischen wachsenden, eher urbanen Regionen und den ländlichen Regionen, in denen eher weniger effiziente Objekte zum Verkauf stehen. So zum Beispiel in Bayern, das im wirtschaftlich geprägten Süden und den Großstädten einen geringen Anteil an wenig effizienten Objekten aufzeigt, während in demografisch perspektivisch schrumpfenden und bereits heute wirtschaftlich weniger starken Regionen, so zum Beispiel im oberfränkischen Kronach (85 Prozent) und Hof (81 Prozent), hohe Anteile an Objekten mit einer geringeren Energieeffizienz zum Verkauf stehen.

Deutschlandweit variiert der Anteil der Objekte mit der geringsten Energieeffizienz stark. In Schwerin (10 Prozent) und Rostock (15 Prozent), beide in Mecklenburg-Vorpommern, ist er am geringsten. Aber auch in Leipzig, Chemnitz und Gera liegt der Anteil an wenig effizienten Objekten bei unter 20 Prozent. Hier zeigt sich zum einen ein hoher Investitionsgrad nach der Wiedervereinigung, zum anderen aber auch die Sanierungsanstrengungen aus der jüngeren Vergangenheit. Ostdeutsche Großstädte haben dabei einen hohen Zufluss von Investitionsmitteln gesehen und eine energetische Sanierung bestehender Gebäude war möglicherweise unter anderem aufgrund der Möglichkeit, die Absetzung für Abnutzung (AfA) für Gebäude bei denkmalgeschützten Objekten anzuwenden. Dies hat wichtige Investitionsanreize gesetzt und zeigt sich nun in einem geringen Anteil weniger effizienter Objekte, die zum Verkauf stehen.

2.3. Energieeffizienz hat ihren Preis

Energieeffizientere Objekte sind unter sonst gleichen Bedingungen teurer als weniger effiziente Objekte. Im bundesdeutschen Durchschnitt kostete ein Quadratmeter Wohnfläche für ein Objekt mit einer Energieeffizienzklasse von A+ im Jahr 2023 5.100 Euro, in kreisfreien Großstädten waren es sogar 6.600 Euro und im dünn besiedelten ländlichen Raum waren es 4.300 Euro. Für den mittleren Energieeffizienzstandard D, der deutschlandweit im Bestand und auch in den hier analysierten Objekten, die zum Verkauf angeboten werden, am verbreitetsten ist, liegen die Preise im bundesweiten Durchschnitt bei 3.400 Euro, in den Großstädten werden 4.300 Euro aufgerufen und im dünn besiedelten ländlichen Raum 2.800 Euro. Aus den durchschnittlichen Kaufpreisen lassen sich jedoch noch keine Auf- oder Abschläge für die Energieeffizienz ableiten. Hierzu muss für weitere Lage- und Ausstattungsparameter kontrolliert werden, wobei hier typischerweise hedonische Regressionsverfahren Anwendung finden. Bei dieser Regressionsmethode wird in der Regel eine Referenzgruppe gewählt, gegenüber derer dann Preisauf- und Abschläge bestimmt werden können. Als Referenzgruppe wurde hier die Energieeffizienzklasse D gewählt. Diese Klasse ist nicht nur die «mittlere» Energieeffizienzklasse zwischen A+ und H, sondern auch die «mittlere» Energieeffizienzklasse deutschlandweit, das heißt, innerhalb dieser Klasse teilt sich der Markt in effizientere und weniger effiziente Objekte, zudem ist es die häufigste Energieeffizienzklasse in Deutschland.

Die höchsten Preisaufschläge für besonders energieeffiziente Objekte (A+) werden in den Großstädten ausgerufen. Relativ zur mittleren Energieeffizienz D sind diese 28 Prozent teurer. Im bundesdeutschen Mittel beträgt der Aufschlag 25 Prozent. Der höhere Aufschlag in den Großstädten könnte darauf hindeuten, dass hier das Interesse nach den effizientesten Objekten höher sein könnte und deshalb eine höhere Zahlungsbereitschaft vorliegt. Auch für Investoren, die häufiger in urbanen Räumen auftreten, ist eine hohe Energieeffizienz zu einem wichtigeren Auswahlkriterium geworden. Interessanterweise zeigen sich in den Großstädten kaum Preisabschläge bei den weniger effizienten Objekten relativ zur Klasse D, jedoch sehr wohl im dünn besiedelten ländlichen Raum. Dort ist der Markt nach unten am stärksten ausdifferenziert und weniger effiziente Objekte erfahren Preisabschläge von mehr als 10 Prozent relativ zur Klasse D. Dies könnte darauf hindeuten, dass innerhalb des ländlichen Raums einer sehr geringen Energieeffizienz eine stärkere Signalwirkung zukommt, während im urbanen Raum die Lage einen größeren Beitrag zum Kaufpreis leistet, sobald eine Grenze bei der Energieeffizienz nach unten überschritten wurde.

3. Energieeinsparpotenziale und regionale Erschwinglichkeit

3.1. CO_2-Einsparpotenziale im Heizbereich

Um die Energieeinsparpotenziale in Summe zu schätzen, wurden die Energieverbräuche für Objekte, für die keine Angaben zur Verfügung stehen, auf Basis der Objekte mit Angaben mit einem hedonischen Verfahren imputiert. Aufgrund von weiteren fehlenden Angaben, kann der Energieverbrauch jedoch nicht für jedes Objekt geschätzt werden, sodass die hier angegebenen Werte das Einsparpotenzial wahrscheinlich unterschätzen. Es wurden zudem einige Annahmen zur Sanierung getroffen. Der mittlere Energieverbrauch nach Sanierung soll bei 40 kWh/(m²·a) liegen, außerdem soll eine Luft-Wärmepumpe im Strommix mit 150 gCO_2/kWh betrieben werden. Berücksichtigung fanden rund 200.000 Wohnungen mit einer Energieeffizienzklasse von E und schlechter.

Durch die Sanierung der im Jahr 2023 in den Online-Plattformen zum Verkauf stehenden Objekte mit einer Energieeffizienz von E und schlechter ergibt sich ein geschätztes Energieeinsparpotenzial im Heizbereich von > 1,1 Mio. Tonnen CO_2 pro Jahr. Das entspricht 0,9 Prozent des Gesamtausstoßes an CO_2 durch das Heizen und die Warmwassererzeugung in privaten Haushalten pro Jahr, welcher zuletzt bei 116,5 Mio. Tonnen CO_2 lag (UBA, 2024). Unterstellt wurde dabei die Sanierung von rund 200.000 Wohnungen und Häusern, was circa 0,5 Prozent des gesamten deutschen Wohnungsbestands entspricht. Damit ergibt sich ein Hebel zur CO_2-Einsparung von 1,8, was aufzeigt, wie wichtig eine Fokussierung der Anstrengungen zur Heizverbrauchsoptimierung bei weniger effizienten Objekten ist.

3.2. Sanierungskosten im regionalen Preisgefüge

Das regionale Immobilienpreisniveau unterscheidet sich mitunter deutlich. Dies impliziert große regionale Differenzen in der Anreizwirkung zur energetischen Sanierung. In Regionen mit hohem Immobilienpreisniveau fallen die Kosten für eine energetische Sanierung weniger stark ins Gewicht als in Regionen, in denen Immobilien im bundesweiten Vergleich günstig zu erwerben sind. Dies könnte zu einer geringeren Bereitschaft führen, in diese Maßnahmen zu investieren, insbesondere wenn die finanziellen Mittel begrenzt sind. Die relativen Mehrkosten, die durch eine energetische Sanierung entstehen, variieren regional stark. Am geringsten sind diese im Mittel beispielsweise in Miesbach (12 Prozent), München und Starnberg (je 14 Prozent). In diesen Regionen sind die Immobilien ohnehin schon sehr hochpreisig.

In anderen, im Vergleich sehr günstigen, Kreisen verdoppeln sich die potenziellen Gesamtkosten, so zum Beispiel in Hildburghausen (107 Prozent), Mansfeld-Südharz (100 Prozent) oder dem Kyffhäuserkreis (94 Prozent). Im Mittel der Landkreise erhöhen sich die Gesamtkosten durch die Sanierung um mehr als ein Drittel (38 Prozent).

Aus dem Ungleichverhältnis der relativen Mehrkosten, ergeben sich Herausforderungen. Zum einen droht den Regionen, in denen die Mehrkosten deutlich stärker ins Gewicht fallen ein Wettbewerbsnachteil. Obwohl bis zum Erscheinen dieser Publikation keine explizite Sanierungspflicht für Wohngebäude in Deutschland verabschiedet wurde, kann argumentiert werden, dass eine implizite Sanierungspflicht bereits im Gebäudeenergiegesetz (GEG) enthalten ist. Die Bedingung, dass eine Heizung mit mindestens 65 Prozent erneuerbaren Energien betrieben werden muss, bedeutet insbesondere im ländlichen Raum und für den Einfamilienhausbereich, dass nach aktuellem Stand der Technik in der Regel eine Wärmepumpe genutzt werden muss. Um diese effizient zu betreiben, impliziert dies auch Maßnahmen an der Gebäudehülle und die hier unterstellten Kosten für eine umfassende energetische Sanierung sind implizit notwendig.

Der regionale Wettbewerbsnachteil entsteht dadurch, dass der Preis in weniger attraktiven, oft demografisch belasteten Regionen, relativ stärker ansteigt als in bereits hochpreisigen Regionen. Dies impliziert eine interregionale Immobilienpreiskonvergenz und Regionen mit geringem Immobilienpreisniveau verlieren einen Teil des Standortvorteils günstigerer Immobilienpreise. Immobilien in diesen Regionen, die ohnehin weniger nachgefragt sind als in wirtschaftlichen Hochburgen, drohen zusätzlich an Attraktivität zu verlieren.

3.3. Sanierungskosten reduzieren lokale Erschwinglichkeit

für eine Immobilie aus dem Bestand mit einer Energieeffizienz von höchstens E im bundesdeutschen Vergleich und jeweiligen regionalen Mittel mindestens 10 Prozent und bis zu 92 Prozent des monatlichen Einkommens aufwenden. Das heißt, es gibt Regionen, in denen es für die Einkommensmitte bereits nicht möglich ist, Wohneigentum zu bilden. Dies gilt insbesondere im Großraum München aber auch in vielen urbanen Ballungsräumen. Wird nur der Kaufpreis finanziert, so müsste in ländlichen, dünn besiedelten Regionen im Mittel 23,7 Prozent des monatlichen Einkommens für die Finanzierung aufgewendet werden. Je urbaner der Regionstyp wird, desto höher sind die finanziellen Anforderungen an die lokale Bevölkerung, wenn der Wohneigentumserwerb angestrebt wird. Im Mittel der Großstädte sind bereits 35,2 Prozent des Einkommens aufzuwenden. Im Mittel aller 400 deutschen Landkreise und kreisfreien Städte müssten 28,5 Prozent des monatlichen Einkommens aufgebracht werden.

Wird eine Immobilie zum Kaufzeitpunkt energetisch saniert, steigen die Gesamtkosten an. Auch nach Berücksichtigung von Fördermöglichkeiten (KfW 261 Darlehen), verbleibt eine erhebliche monatliche Mehrbelastung bei der Finanzierung. Werden die Sanierungskosten berücksichtigt, erhöht sich die monatliche Belastung in Relation zur Finanzierung des reinen Kaufpreises im regionalen Mittel um 8,4 Prozentpunkte auf 36,9 Prozent. Im Mittel der ländlichen, dünn besiedelten Regionen steigt der aufzuwendende Anteil um 9,0 Prozent, in den Großstädten um 7,3 Prozent.

Konkret bedeutet dies, dass die Mehrkosten einer energetischen Sanierung sowohl innerhalb einer Region einen Teil der potenziell Erwerbswilligen ausschließen, da sie mit zu hohen Kosten konfrontiert werden, aber auch im regionalen Vergleich ändert sich das Bild noch einmal deutlich. Dies soll anhand einer klassischen moderat gewählten Finanzierungsgrenze illustriert werden. Die Annahme ist, dass nicht mehr als 30 Prozent des Haushaltsnettoeinkommens für die Finanzierung, das heißt die Summe aus Zins- und Tilgung, aufgewendet werden sollen. Es zeigt sich, dass diese Grenze auch beim Erwerb von wenig effizienten Objekten in vielen Regionen und bei der alleinigen Finanzierung des Kaufpreises (ohne Sanierungskosten) schon bedeutet, dass die Einkommensmitte vom Wohneigentumserwerb ausgeschlossen ist. Dies galt vor der Zinswende zu Beginn des Jahres 2022 in deutlich weniger Regionen (Sagner, 2023). Werden die Sanierungskosten berücksichtigt, sinkt der Anteil der Regionen, in denen die Wohneigentumsbildung für die Einkommensmitte möglich wäre, noch weiter, auf 74 von 400 Regionen. Von diesen 74 Regionen sind 59 ländlich geprägt, die meisten finden sich in dünn besiedelten Regionen im Osten des Landes.

3.4. Wohneigentumsförderung für den Bestand

Die Darstellung der aktuellen Marktsituation zeigt deutlich, dass die Wohneigentumsbildung für die Einkommensmitte auch im Bestand und insbesondere unter Berücksichtigung der Sanierungskosten nur schwierig zu erreichen ist. Neben dem klassischen Argument, dass die Wohneigentumsbildung ein wichtiger Baustein für die Vermögensbildung ist, wurde aufgezeigt, dass aktuell durch ausbleibende Transaktionen und Sanierungen ein wichtiger Teil des Energieeinsparpotenzials nicht gehoben wird. Es braucht daher eine verbesserte Wohneigentumsförderung für den Erwerb von Bestandsobjekten.

Ein Ansatz wäre das Ansetzen an der Grunderwerbsteuer. Die Einnahmen aus der Grunderwerbsteuer lagen im ersten Halbjahr 2023 aufgrund des deutlich gesunkenen Transaktionsvolumens gut ein Drittel unter dem Niveau im ersten Halbjahr 2022 (Destatis, 2024). Eine Absenkung oder das zeitweise befristete komplette Aussetzen der Grunderwerbsteuer würde die Erschwinglichkeit von Wohneigentum deutlich erhöhen und das Transaktionsgeschehen ankurbeln. Die somit sinkende Hürde der Erwerbsnebenkosten würde insbesondere jüngeren Schwellenhaushalten zugutekommen, da deren Ansparzeit für die Erwerbnebenkosten sich deutlich verringern würde. Eine Eingrenzung auf wenig energieeffiziente Objekte hätte zudem das Potenzial, Kapital in die vor dem Hintergrund der Erreichung der Klimaschutzziele wichtige Sanierung von Bestandsgebäuden zu lenken.

Ein Aussetzen der Grunderwerbsteuer, würde die monatliche Belastung der Haushalte durch die Finanzierung um 2 Prozentpunkte mindern, was einer Reduktion von fast einem Viertel der durch die Sanierung entstehenden Mehrbelastung entspricht und eine spürbare Entlastung für die Haushalte bedeuten würde. Das Halbieren der Grunderwerbsteuer würde entsprechend die Hälfte der Entlastung bringen, jedoch die Mehrbelastung, die durch die Finanzierung der energetischen Sanierung anfällt, um 12 Prozent reduzieren.

4. Fazit und Empfehlungen

Die vorliegende Studie hebt hervor, dass trotz des anhaltend hohen Wunsches nach Wohneigentum unter privaten Haushalten (noch immer möchten 16 Prozent der Mieter in den nächsten Jahren Eigentum erwerben) die Realisierung dieses Ziels durch aktuelle Finanzierungsbedingungen und die zusätzlichen Kosten für die Sanierung von Bestandsimmobilien erschwert wird. Diese Herausforderung erstreckt sich über breite Bevölkerungsschichten und hat sowohl soziale als auch ökonomische Implikationen. So wird nicht nur die Möglichkeit zur Vermögensbildung für viele eingeschränkt, sondern auch die Erreichung klimapolitischer Ziele im Gebäudebereich beeinträchtigt.

28 Prozent aller CO_2-Emissionen sind direkt oder indirekt auf Gebäude zurückzuführen. Das Emissionsminderungsziel der direkten Emissionen von Gebäuden gemäß Bundesklimaschutzziel wurde zuletzt vier Jahre in Folge verfehlt. Die Förderung von Wohneigentum im Bestand wird daher als entscheidend angesehen, nicht nur aus finanzieller, sondern auch aus ökologischer Perspektive. Das liegt vor allem daran, dass 62 Prozent oder 117 Millionen Tonnen des gebäuderelevanten CO_2 auf die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten zurückzuführen ist. Mit energetisch besser gestellten Wohngebäuden könnte viel CO_2 vermieden werden. Das gilt unabhängig von der aktuellen Debatte, ob Klimaschutzziele sektorscharf oder nicht definiert werden sollten.

Die Studie zeigt auf, dass durch die Sanierung der Objekte mit der geringsten Energieeffizienz (E und schlechter), die im Jahr 2023 zu Verkauf standen, jährlich 1,1 Mio. Tonnen CO_2 eingespart werden könnte. Das entspricht 0,9 Prozent des jährlichen CO_2-Ausstoßes privater Haushalte im Gebäudebereich. Unterstellt wurde in dieser Analyse die energetische Sanierung von rund 200.000 Wohnimmobilien mit einer Energieeffizienzklasse von höchstens E, was knapp der Hälfte (47 Prozent), der im Jahr 2023 angebotenen Objekte entspricht. Das bedeutet, dass eine energetische Sanierung dieser Objekte zum Kaufzeitpunkt mit einem Hebel von 1,8 auf die CO_2-Einsparziele im Gebäudebereich einzahlt.

Die Erschwinglichkeit von Wohneigentum ist nach der Zinswende im Jahr 2022 regional immer noch geringer als zu Beginn der 2020er Jahre. Werden die impliziten Sanierungskosten von 880 Euro pro m² berücksichtigt, so reduziert sich der Kreis der Haushalte, die potenziell Wohneigentum bilden könnten deutlich. Im regionalen Vergleich ist die Wohneigentumsbildung für die Einkommensmitte dann nur noch in demografisch stark belasteten Regionen möglich. Allerdings droht diesen Regionen dennoch im interregionalen Vergleich ein zusätzlicher Wettbewerbsnachteil. Der regionale Wettbewerbsnachteil resultiert aus dem verstärkten relativen Anstieg der Preise durch die Berücksichtigung der implizit verpflichteten energetischen Sanierungskosten in weniger attraktiven Regionen im Vergleich zu bereits hochpreisigen Gebieten. Dies führt zu einer Angleichung der Immobilienpreise zwischen den Regionen, wodurch Standortvorteile durch niedrigere Preise in weniger entwickelten Gebieten schwinden. Immobilien in diesen Regionen, die bereits weniger gefragt sind als in wirtschaftlichen Zentren, könnten dadurch zusätzlich an Attraktivität verlieren.

Durch die schwierige Erschwinglichkeitssituation bleiben aktuell Immobilienkäufe und anschließende Sanierungen aus und es wird wichtige Zeit bei der Zielerreichung der ökologischen Transformation des Gebäudebereichs verspielt.

Insgesamt erfordert die Förderung von Wohneigentum im Bestand eine ganzheitliche Herangehensweise, die sowohl die finanziellen Bedürfnisse der Bevölkerung als auch die ökologischen Anforderungen berücksichtigt. Nicht nur beim Kauf von Immobilien sollte finanziell unterstützt werden. 28 Prozent der Eigentümer, die in ihrer eigenen sanierungsbedürftigen Immobilie wohnen, wünschen sich mehr Unterstützung des Staates. Durch eine gezielte Förderung könnten nicht nur soziale Ungleichheiten abgebaut, sondern auch wichtige Schritte hin zu einer nachhaltigeren und klimafreundlicheren Wohnraumversorgung unternommen werden.

5. Literatur

[1] buten un binnen, 2023, Klimakiller Wohnen: Darum muss Bremen besonders viele Gebäude sanieren, verfügbar unter: https://www.butenunbinnen.de/nachrichten/klima-gebaeude-sanierung-bremen-100.html.

[2] Destatis 2024c, Statistisches Bundesamt, Einnahmen aus der Grunderwerbsteuer im 1. Halbjahr 2023 um 33,5 % niedriger als im 1. Halbjahr 2022, Pressemitteilung Nr. N009, online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/02/PD24_N009_61_73.html.

[3] Kaestner, Kathrin / Frondel, Manuel / Gerster, Andreas / Henger, Ralph / Oberst, Christian / Pahle, Michael / Schwarz, Antonia / Singhal, Puja, 2023, Erkenntnisse zur Energiekrise aus dem Ariadne Wärme- & Wohnen-Panel, Gutachten des Ariadne Kopernikus-Projekts «Die Zukunft unserer Energie» im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Berlin.

[4] Sagner, Pekka, 2023, Aktuellen Herausforderungen im Wohneigentumsmarkt begegnen, Gutachten im Auftrag vom BFW Landesverband Nordrhein-Westfalen e.V., Köln.

[5] UBA, 2024, Umweltbundesamt, CO_2-Anwendungsbilanzen, Sonderbestellung.

Block A1
Architektur – Hoch Hinaus mit Holz

Holzbau – rechtliche Risiken erkennen, Fallstricke vermeiden!

Dr. Felix Nieberding
AntweilerLiebschwagerNieberding Rechtsanwälte
Düsseldorf, Deutschland



AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Holzbau und Zivilrecht

Nicht nur stellen Bestimmungen der BauOen große Probleme für den innovativen Holzbau dar.

Auch zivilrechtlich gilt einiges zu beachten.

Insbesondere dann, wenn Innovation im Spiel ist.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

§ 633 BGB

Die leidigen allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Wurden nur durch die Rechtsprechung entwickelt, sind aber nichts im BGB normiert.

Diese stammen schon aus der Zeit des Reichsgerichts.

Doch wie soll man mit innovativem Bau Regeln einhalten, die es noch gar nicht gibt?

Innovationsbremse der Rechtsprechung?

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

BGH Urt. v. 30.10.1975 – VII ZR 309/74

Der Architekt muss mit erhöhter Sorgfalt prüfen, ob er sich mit seiner Empfehlung auf das Gebiet riskanter Planung begibt.

Kann der Architekt dies erkennen – trifft ihn eine entsprechende Belehrungspflicht.

Dabei darf er sich aber auf die Angaben des Herstellers verlassen, es sind keine eigenen Nachforschungen nötig.

Er muss dabei mit allen ihm zur Verfügung stehenden Informationen aufklären, vor allem über alle Risiken und mögliche Schäden.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Neueres Urteil? - 1989

OLG Köln, Urteil vom 24.05.1989 - 13 U 331/88

Auch wenn die Verwendung auf Wunsch des Auftraggebers beruht, muss der Architekt sich besonders sorgfältig informieren.

Er muss den Bauherrn erschöpfend über die mit der Bauweise verbundenen Risiken aufklären.

Auch hier ist wieder die Aufklärung über mögliche Schäden unerlässlich.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Die Aufklärungspflicht

- Diese ist essenziell bei der Abweichung von den allgemein anerkannten Regeln der Technik.
- Nur wenn dieser Pflicht nachgekommen wird, kann eine wirksame Abweichung von den a.a.R.d.T mit dem Bauherrn vereinbart werden.
- Unabhängig davon, ob es sich um unbekannte oder ungewöhnliche Bauweisen handelt.
- Der Umfang der Aufklärung richtet sich sehr nach dem Einzelfall, dabei ist insbesondere die Fachkenntnis des Bauherrn von großer Bedeutung.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Ein Extrembeispiel nach dem OLG München

- Hier wurde der Planer als Sonderfachmann von einem selbst fachkundigen Bauherrn hinzugezogen.
- Der Planer hat eine Vereinbarung über die Abweichung der a.a.R.d.T. getroffen und genau die Unterschiede zwischen der geplanten und üblichen Bauweise erläutert.
- Trotzdem kam er damit seiner Aufklärungspflicht nicht nach.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Ein Extrembeispiel nach dem OLG München

Auch von einem fachkundigen Bauherrn kann nicht erwartet werden, dass er die Risiken selbst erkennt.

Stattdessen muss der Planer ihn auf den eigenen Kenntnisstand erheben und genau über mögliche Schäden im Detail aufklären.

Folglich war keine wirksame Abweichung vereinbart worden, das Werk mangehaft und der Planer schadensersatzpflichtig.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Ein weiteres Beispiel nach dem OLG Celle

OLG Celle, Urteil vom 15.02.2017 - 7 U 72/16

Eine Konstruktion des Fußbodens mit Abweichung der a.a.R.d.T. war aufgrund der Bodenbeschaffenheit zwingend notwendig.

Der Auftragnehmer hat mit dem Bauherrn seine Konstruktionsweise besprochen, aber nicht darauf hingewiesen, dass diese nicht den a.a.R.d.T. entspricht und auch nicht die Risiken benannt.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Ein weiteres Beispiel nach dem OLG Celle

Die Vereinbarung über eine Abweichung wurde also nie getroffen, die Ausführung war mangelhaft und der Auftragnehmer schadensersatzpflichtig für Feuchtigkeitsschäden.

Das Risiko der Bauung auf dem ungewöhnlichen Fußboden blieb also beim Auftragnehmer.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Passendes Zitat des OLG Celle

„Nur wenn die Beklagte - sinngemäß - gesagt hätte, es gebe Probleme, sie hoffe, das gewünschte Ergebnis durch die bestimmte, von ihr vorgeschlagene Konstruktion erreichen zu können, dies entspreche allerdings nicht den anerkannten Regeln der Technik und es könne passieren, dass es zu (Feuchtigkeits-) Problemen komme, und die Klägerin daraufhin erklärt hätte, sie nehme dieses Risiko in Kauf und wolle dennoch die Ausführung, könnte von einer Risikoverlagerung ausgegangen werden. Nach den bindenden Feststellungen des Landgerichts auf Seite 24 und 25 des angefochtenen Urteils sind die Risiken der Planung aber gerade nicht aufgezeigt worden."

www.aln-partner.de
11
www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Ein Extrembeispiel nach dem KG Berlin

- KG, Urteil vom 5. 6. 2001 - 7 U 6697/00
- Das Bauwerk wurde nach den zur Zeit der Planung a.a.R.d.T ausgeführt.
- Während der Bauphase haben sich aber neue Techniken etabliert.
- Diese neuen Techniken bedeuteten für den Bauherrn einen wirtschaftlichen Vorteil.
- Den Auftragnehmer traf eine Pflicht, über diese neuen Techniken zu informieren und einen Einbau dieser anzubieten.
- Folge: Der Auftragnehmer wurde Schadensersatzpflichtig und verlor seinen Anspruch auf Werklohn.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Zahlt der Haftpflichtversicherer?

- Die Architektenhaftpflicht- bzw. Betriebshaftpflichtversicherung zahlt keinen Schaden, der aufgrund bewusster Pflichtwidrigkeit entstanden ist.
- Die Rechtsprechung geht aber bei einer Abweichung von den a.a.R.d.T. von bewusster Pflichtwidrigkeit aus (OLG Hamm, Urteil vom 07.03.2007 - 20 U 132/06).
- Der Versicherungsschutz entfällt also.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Wie sollte die Aufklärung dokumentiert werden?

- Vor Gericht muss der Auftragnehmer nachweisen, dass er eine Vereinbarung über die Abweichung von den a.a.R.d.T getroffen hat.
- Zu der Wirksamkeit dieser Vereinbarung gehört eben auch die Aufklärungspflicht.
- Am besten wird die Aufklärung schriftlich beurkundet.
- Der Auftragnehmer sollte seine Aufklärung lückenlos und vollständig nachweisen können.
- Auch kann der Auftraggeber bei einer schriftlichen Information besser die Risiken überdenken.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Problem: Was gehört zu den a.a.R.d.T.?

- Nur Sicherheitsstandards oder auch Komfortstandards?
- Wann ist ein Standard ein Sicherheitsstandard?
- Wegweisendes Urteil des OLG Düsseldorf: OLG Düsseldorf Urteil vom 9.2.2023 – 5 U 227/2
- A.a.R.d.T. müssen sicherheitstechnische Relevanz vorweisen.
- Folge: Standards, die etwa eine bestimmte Menge an Steckdosen oder Schaltern vorgeben, sind keine a.a.R.d.T.
- Damit hat das OLG das vergünstigte Bauen erheblich vereinfacht.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Ähnlich gelagert: Die Gesetzesinitiative des BMJ

- Entwurf eines Gesetzes zur zivilrechtlichen Erleichterung des Gebäudebaus
- Gebäudetyp-E Gesetz
- E wie Einfach oder Experimentell
- Juli dieses Jahres – könnte die Ampel noch verabschieden.
- Hier wird vor allem das Problem im Zivilrecht aufgegriffen.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Neuer Abs. 3 im § 650a BGB

- Nur für sicherheitstechnische Anforderungen soll vermutet werden, dass diese a.a.R.d.T sind.
- Auch wieder nur eine Vermutung – Einzelfallentscheidungen der Rechtsprechung/Sachverständiger.
- Für Komfort- und Ausstattungsstandards soll diese Vermutung gerade nicht gelten.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Gebäudebauverträge zwischen Fachkundigen Unternehmern

- Neues Kapitel 4 im Werkvertragsrecht
- Neuer § 650o BGB
- Betrifft Bauleistungen an Gebäuden und Außenanlagen.
- Dieser erlaubt es dem Auftragnehmer, auch ohne Aufklärung über die Risiken und Konsequenzen von den a.a.R.d.T. abzuweichen.
- Dabei muss er trotzdem weiterhin über die Abweichung informieren.
- Ist die Sicherheit und Eignung des Gebäudes oder der Außenanlage gleichgeblieben, liegt trotz Abweichung kein Mangel vor.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Problem gelöst?

- Die Vorteile liegen auf der Hand: Verbraucher werden weiterhin geschützt, während eine Risikoverteilung neuer und innovativer Bautechniken auf den fachkundigen Bauherrn erleichtert wird.
- Da zeigt sich aber ein Problem: Die meisten Bauherrn nutzen ihre Immobilie nicht selbst.
- Oftmals finden Verkauf oder Vermietung an Verbraucher statt.
- Dabei müssen die Verbraucher natürlich weiterhin über die Risiken der Bauweise aufgeklärt werden.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Problem gelöst?

Die Bundesregierung will Verbraucher auch weiterhin umfassend schützen, eine Aufweichung der Aufklärungspflichten scheint unrealistisch.

Das Problem verlagert sich also lediglich auf den Bauherrn, dieser überlegt sich zweimal, ob er noch innovativ bauen will.

Sobald also Verbraucher ins Spiel kommen, besteht das Problem weiterhin.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Und jetzt?

Es handelt sich um ein Problem der Rechtsprechung.

Dieses kann vom Gesetzgeber nur sehr schwer gelöst werden.

Stattdessen muss die Rechtsprechung das Problem lösen.

Die Rechtsprechung kann aber nur aktiv werden, wenn bei entsprechenden Fällen geklagt wird.

Nur durch wegweisende Urteile kann die Rechtsprechung klare Regeln aufstellen.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

Was heißt das für Sie?

- Das heißt, Sie müssen sich trauen, von den a.a.R.d.T. abzuweichen.
- Klären Sie umfassend auf, nehmen Sie sich die heute genannten Urteile als Anhaltspunkte.
- Informieren Sie den Bauherrn über alles, was Sie auch wissen.
- Lassen Sie sich von der AKNW helfen, dort gibt es gute Juristen.
- Denken Sie auch an die umfassenden Praxishinweise der AKNW.

www.aln-partner.de

AntweilerLiebschwagerNieberding
Rechtsanwälte

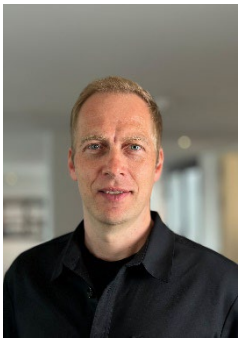
Was heißt das für Sie?

- In der Geschichte wurde schon immer von den a.a.R.d.T. abgewichen, sonst würden wir noch in Burgen leben.
- Wenn Sie besonders große Bauvorhaben planen, ziehen Sie sich rechtliche Experten an die Seite.
- Sobald Sie richtig aufklären, wird keine Klage gegen Sie Erfolg haben.
- Nur so kann die Rechtsprechung aufzeigen, dass Innovation und Experimente im Holzbau möglich sind.

www.aln-partner.de

Hochhäuser leicht machen – Hochhäuser (Holz-)hybrid machen

Tobias Unterberg
JSWD
Köln, Deutschland



Hochhäuser leicht machen – Hochhäuser (Holz-)hybrid machen



Abbildung 1: JSWD-Neubauprojekt in Düsseldorf, Visualisierung: Renderbarn, Bildrechte: JSWD und GINA

Wenn in europäischen Städten Hochhäuser geplant werden, führt das häufig zu kontroversen Diskussionen. Dafür gibt es gute Gründe: Die meisten europäischen Großstädte sind durch Renaissance, Barock oder Klassizismus geprägt. Moderne Hochhäuser treten dort in Konkurrenz zu Kirchtürmen oder Rathaustürmen, die lange Zeit die städtebauliche Dominante waren und als Wahrzeichen galten. Ein neues Hochhaus verändert die historisch gewachsene Stadtsilhouette und kann Sichtachsen beeinträchtigen. Das macht es für jede gewachsene Stadt zu einer großen Herausforderung, den richtigen Weg im Umgang mit Gebäuden zu finden, die alles andere überragen. Wenn schon Hochhaus, dann aber bitte mit möglichst leichten und klimaschonenden Materialien. Diesem Anspruch vieler Akteure und der Gesellschaft kommt man mit der Holzhybridbauweise deutlich näher.

1. JSWD-Erfahrungen in Köln, München, Wien

JSWD hat in seiner Geschichte sehr unterschiedliche Erfahrungen mit Hochhausprojekten gemacht. Unser erster Wettbewerb war der «ICE-Terminal Köln-Deutz/Messe» im Jahr 2000 – gleichzeitig unsere Geburtsstunde als gemeinsames Büro. Um den Bahnhof im rechtsrheinischen Stadtteil Deutz herum hatten wir ein Hochhausensemble entworfen – als Pendant zur historischen Stadtkrone des Doms auf der gegenüberliegenden Rheinseite. Die Stadtpolitik passte die zulässige Bauhöhe immer weiter nach oben an. Die UNESCO sah schließlich die Wirkung des Doms durch die bis zu 120 Meter hohen Häuser beeinträchtigt und drohte mit Entzug des Welterbe-Status. Am Ende einigte man sich auf eine annähernd halbierte Gebäudehöhe.
2004 wiederholte sich diese Debatte in München, wo die Frauenkirche die Stadtsilhouette prägt. Wir entwarfen im Zuge eines Wettbewerbs das Stadtquartier «Isar Süd» für Siemens, zu dem auch drei hohe Häuser gehörten. Nach zwei Jahren Planungszeit wurde das Projekt in den – noch heute andauernden – Diskussionen um geeignete Hochhausstandorte und -höhen zerrieben und letztlich aufgegeben.
In Wien schließlich haben wir 2015 bis 2019 ein Hochhausensemble neben dem neuen Hauptbahnhof geplant und zum Erfolg geführt. Der große Unterschied: Die Stadt hatte zuvor Planungssicherheit geschaffen: Hochhausstandorte wurden ausgewiesen, deren Lage und vertretbare Höhen im Vorfeld über Sichtfeldanalysen geprüft.
Hier zeigte sich: Wenn Hochhäuser Teil eines umfassenden Stadtentwicklungskonzepts sind und die Stadtgesellschaft einbezogen wird, lassen sie sich problemlos verwirklichen. Denn sie bieten viele Vorteile.

2. Hochhäuser – fürs Flächensparen unumgänglich

Bereits heute ist in wachsenden Städten Baugrund knapp und der Flächenbedarf groß. Laut Prognosen werden bis 2050 weltweit zwei Drittel der Menschen in Städten leben, die Problematik wird sich daher noch verstärken.
Der Vorteil von Hochhäusern: Arbeits- und Wohnflächen können auf verhältnismäßig kleiner Grundstücksfläche konzentriert werden. Wenn wir neue Räume in unseren Innenstädten schaffen und gleichzeitig die Zersiedlung beenden wollen, müssen wir im Innern verdichten. Wollen wir dann zusätzlich Grünflächen in den Innenstädten, was für lebenswerte Städte, Versickerungsflächen für eine natürliche Verdunstung und vorbeugenden Hochwasserschutz elementar ist, kommen wir nicht umhin, auch in die Höhe zu gehen.
Ein weiterer Vorteil, wenn wir auf wenig Grundfläche in die Höhe bauen: Auch die Infrastruktur konzentriert sich, benötigt weniger Ausbau pro Bewohnerin bzw. Nutzer.
Um das Ganze nachhaltig zu gestalten, brauchen wir natürlich einen gut ausgebauten und funktionsfähigen ÖPNV und möglichst eine Nutzungsmischung sowie eine öffentliche Zugänglichkeit der Sockelzone, damit das Hochhaus auch von seiner Umgebung angenommen werden kann und mit ihr in Interaktion tritt. In Wien zeigt sich zudem, dass die Konzentration am Verkehrsknotenpunkt Hauptbahnhof dazu führt, dass über 80 Prozent der Nutzerinnen und Besucher des Hochhausensembles mit dem ÖPNV an- und abreisen.
Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Hochhaus an Standorten, an denen die Ressource Fläche knapp ist, einen besonders zukunftsfähigen und nachhaltigen Bebauungstyp darstellt.

3. Holzhybridbauweise – Vor- und Nachteile

3.1. Materialeigenschaften und Einsparung bei Treibhausgasemissionen

Bei Hochhäusern immer ein Kritikpunkt ist der immense Materialbedarf. Angesichts der Tatsache, dass in der westlichen Welt etwa 500 Tonnen gebaute Umwelt pro Kopf anfallen, ist es dringend geboten, den Materialbedarf im Bausektor allgemein zu senken.
Wir haben zukünftig die Aufgabe mehr mit weniger Material zu bauen. Eine Möglichkeit dies zu erreichen, ist, ein Gebäude in Holzhybridbauweise zu errichten.
Wir bei JSWD stellen uns seit einigen Jahren vor jedem Projekt gemeinsam mit dem Bauherrn die Frage: Ist es sinnvoll, das Gebäude in Holzhybridbauweise zu planen und zu errichten? Nach sorgfältiger Abwägung geht die Entscheidung dann einmal in die eine und einmal in die andere Richtung.
Holz ist ein Leichtbaustoff. Je mehr Holz eine Konstruktion enthält, umso leichter ist sie und umso weniger Masse ist demnach z. B. für das Fundament nötig. So kann Beton eingespart werden, bei dessen Herstellung viel CO_2 ausgestoßen wird.
Auch im Gebäude selbst wird weit weniger Beton verbaut, vor allem in den Deckenbereichen. Bei klassischen Flachdecken hat das Bauteil meist eine Stärke von 25 bis 30 Zentimetern. Beim Holzhybridbau reicht in der Regel ein 12 Zentimeter starkes Stahlbeton-Fertigteil mit zudem geringeren Anforderungen an die Betonfestigkeit und den Bewehrungsgrad. Allein hier reduziert sich der Anteil des Betonbedarfs um über 50 Prozent.
Beim GWP (Global Warming Potential in kg CO_2-Äquivalent/m²) ist der Unterschied zwischen einem Hochhaus mit konventionellen Stahlbetonflachdecken zu einem mit Holz-Hybriddecken beeindruckend: Die Ökobilanz des gesamten Gebäudes verbessert sich ohne weitere Maßnahmen um 25 Prozent, da ca. 70 Prozent der grauen Energie des Gebäudes im Tragwerk und davon wiederum ca. 45 Prozent in den Decken verbaut werden und die Einsparung von kg CO_2-Äquivalent/m² der Holz-Hybriddecke gegenüber der Stahlbetonflachdecke ca. 80 Prozent beträgt.

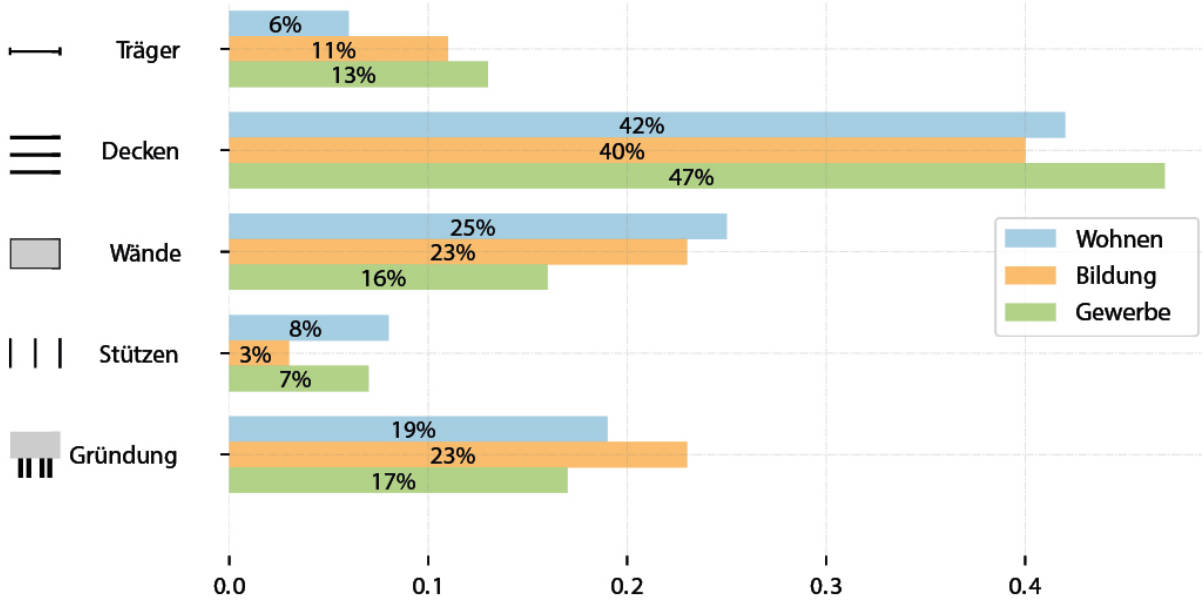


Abbildung 2: GWP_K eines Bauwerks je nach Tragwerkselement und Gebäudenutzung, Bildquelle: www.nbau.org

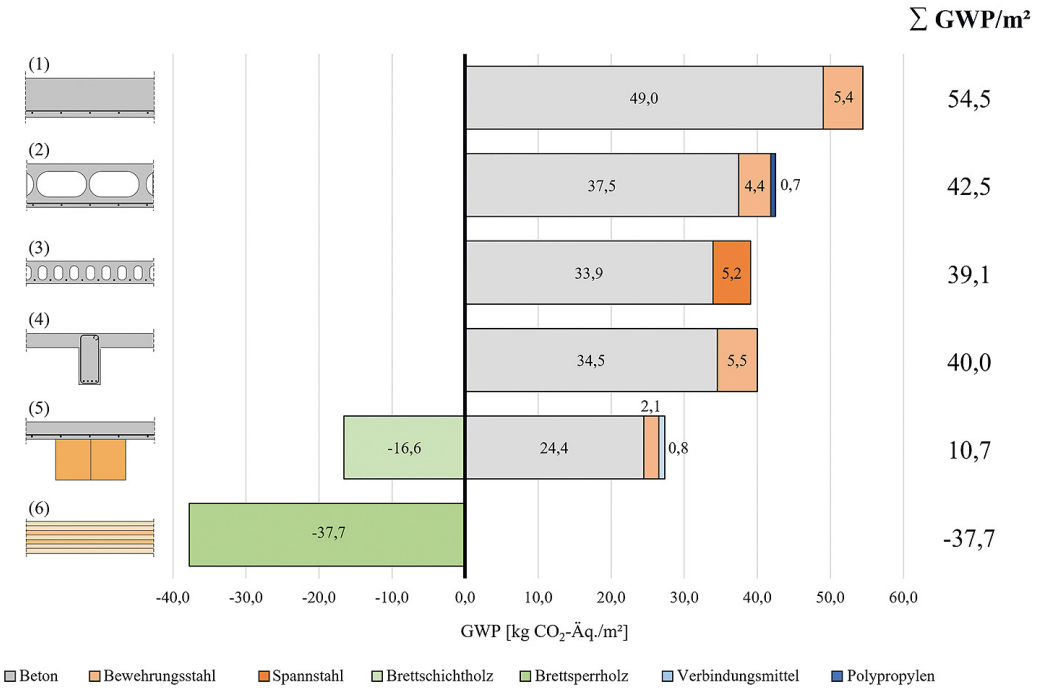


Abbildung 3: Treibhausgaspotenzial GWP/m² für die betrachteten Deckensysteme (Module A1–A3, C3, C4), Bildquelle: Heckmann, M.; Glock, C. (2023) *Ökobilanz im Bauwesen – Treibhausgasemissionen praxisüblicher Deckensysteme*. Beton- und Stahlbetonbau 118, H. 2, S. 110–123.

In der Studie «Ressourcenminimierung im urbanen Kontext» kommen Stefanie Weidner, Roland Bechmann und Werner Sobek beim Variantenvergleich eines 29-geschossigen Hochhauses ebenfalls zu einer Einsparung von 25 Prozent kg CO_2-Äquivalent/m² nur durch Holzhybriddecken und durch weitere Maßnahmen (CO_2-reduzierter Beton und Bewehrungsstahl, optimierter Ausbau und Fassade) zu einer möglichen Gesamteinsparung von über 75 Prozent.

Holzhybridsysteme eröffnen dem Holzbau neue Möglichkeiten, den Anforderungen an Brandschutz, Schallschutz, Wärmespeicherfähigkeit und größere Spannweiten bei höheren und größeren Gebäuden gerecht zu werden. Effizient vorgefertigt und auf die Baustelle geliefert, lassen sie sich in bisher undenkbar kurzer Zeit montieren. Außerdem sind die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft mit Holz-Hybriddecken viel besser umsetzbar.

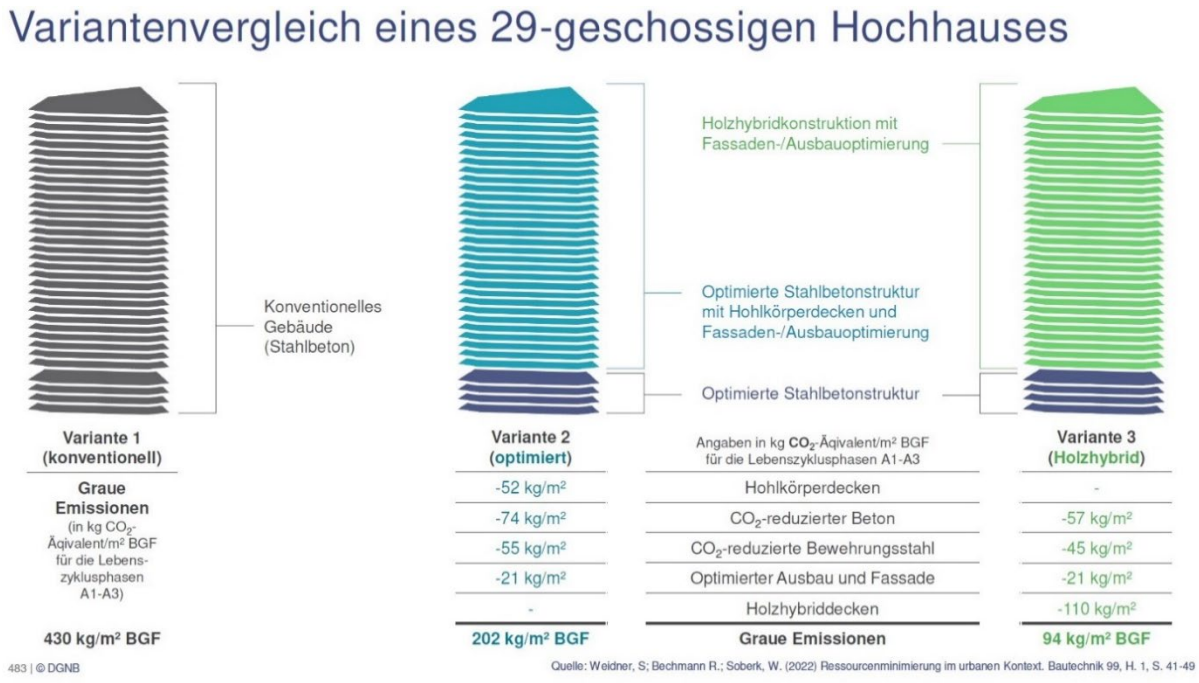


Abbildung 4: Bildquelle: DGNB

Bei den Decken stehen grundsätzlich zwei Varianten zur Auswahl: Holzbalkenverbunddecke (HBV) und Brettstapeldecke mit Ortbeton. Letztere hat ein geringeres Gesamtsystemmaß und eine glatte Unterschicht; gerade im Hochhausbau mit vielen Geschossdecken gibt es bei der Brettstapeldecke einen größeren Holzbedarf als bei einer HBV, weshalb wir zum Beispiel bei einem geplanten Hochhaus-Neubau in Düsseldorf die HBV gewählt haben.
Gerade bei den HBV-Decken tritt aber auch ein Nachteil zutage: In einem Holzhybridhochhaus Ist zwar weniger Beton verbaut, das Gesamtdeckensystem ist aber mit seinen Holzbalken und dem Aufbeton stärker, was eine größere Gesamtsystemhöhe zur Folge hat. Die Geschosshöhe ist damit größer und somit bei gegebener Geschosszahl auch die Gebäudehöhe.
Bei einer festgelegten maximalen Gebäudehöhe lässt sich dann häufig nur ein Geschoss weniger realisieren. Für den Fall, dass dies für den Bauherrn ein Problem darstellt, kann das System mit Brettstapeldecke die passende Lösung sein.

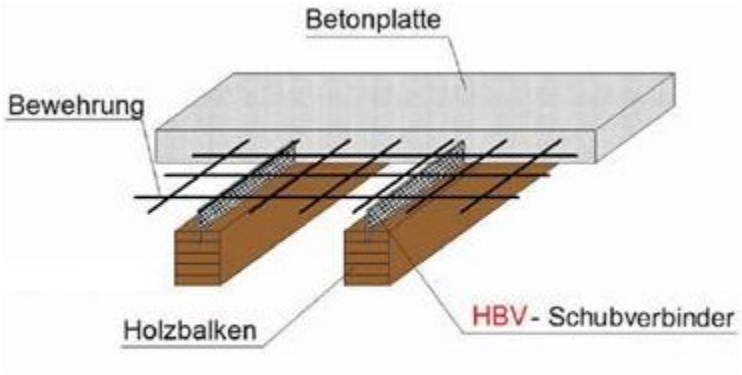
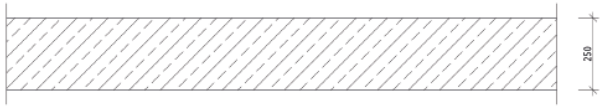


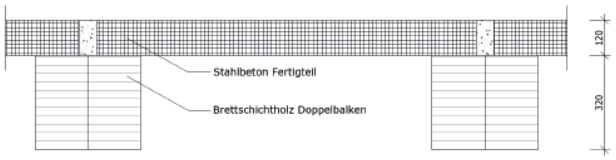
Abbildung 5: Bildquelle: https://das-moderne-haus.info/category/gebaeude-modernisieren/dachsanierung/

Konventionell:
Stahlbetonbau



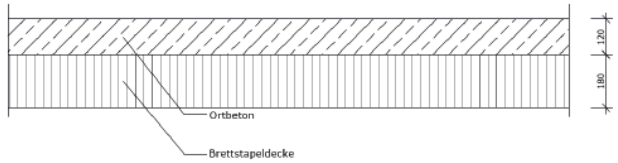
PRO	CONTRA
- Flexibel auf alle Bereiche anwendbar. - Erforderlicher Feuerwiderstand wird ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht. - Mehr Flexibilität bei Auswahl der Heiz-, Kühl-flächen z.B. BKT, Kühlsegel. - Erhöhte Schallschutzqualitäten sind ohne großen Aufwand erreichbar.	- Geringerer Vorfertigungsgrad. - Höherer Betonverbrauch und Hohes Eigengewicht und damit hohe Gründungslasten. - Langsamere Bauweise als Holzhybridkonstruktionen. - Zurzeit noch sehr hohe CO2-Emmissionen bei der Beton- und Stahlherstellung- Fehlende Nachhaltigkeit. - Schlechteres Raumklima und kalte Ansicht.

Variante 01:
Stahlbetonbau mit Holzbalkendecke mit Betonfertigteilen



PRO	CONTRA
- Sehr geringes Konstruktionsgewicht. - Recyclingbeton kann eingesetzt werden für die Betonplatte. So wohl der Beton als auch die Holz balken sind recyclierbar. - Geringe Holzmenge, geringere Betonmenge und niedrige Betongüten möglich. - TGA Komponente z.B. Leuchte, Sprinklerköpfe, Kühlsegel. Luftauslässe lassen sich zwischen den Holzbalken optimal integrieren.	- Erfordert gleichmäßiges Raster (im Bürobereich erfüllt, im Kern bereich nicht). - Geringere Flexibilität bei der Leitungsführung im Vergleich zur Brettstapeldecke: TGA Komponente sind von Balken-Raster abhängig (Leitungsführung sollte parallel zu den Balken erfolgen). - Mehr Abbrandfläche, dreiseitig, daher mehr Querschnitt erforderlich.

Variante 02:
Stahlbetonbau mit Brettstapeldecke mit Ortbetonergänzung



PRO	CONTRA
- Geringes Konstruktionsgewicht. -Prestige/Pilotprojekt mit Holzhybrid Gedanken der ökologischen und haptischen Aspekte. - Weniger Abbrandfläche, nur einseitig, daher weniger Querschnitt. - Niedrige Betongüten möglich.	- Geringerer Vorfertigungsgrad. - Etwas höherer Holzverbrauch als bei der Holzbalkenhybriddecke. - Sehr geringe bis keine Flexibilität bei Nutzeränderungen (Spachtelung der Bohrlöcher) - Zusätzliche Maßnahmen im Trockenbau bei hohen Schallschutzanforderungen nötig. - Leuchten, Kabel, Brandmelder, Sprinkler: sichtbar (müssen in Holzfläche integriert werden).

Abbildungen 6 bis 8: Variantenvergleich bei der Deckenkonstruktion: Bei einer Holzbalkendecke mit Betonfertigteilen sind Konstruktionsgewicht und Materialverbrauch an Holz und Beton insgesamt am niedrigsten. Zudem kann dabei Recyclingbeton eingesetzt werden. TGA-Leitungen lassen sich in den Zwischenräumen der Holzbalken integrieren. Das Gesamtdeckensystem ist allerding höher als bei anderen Varianten. Bildquelle: Werner Sobek AG

3.2. Woher kommt all das Holz?

Wie beschrieben leisten Holzhybridgebäude einen Beitrag zum Klimaschutz. Sollen sie in großem Maßstab errichtet werden, kommt der Art des Holzes und damit der Forst- bzw. Waldwirtschaft eine entscheidende Rolle zu: In bereits genutzten Wäldern muss sie nachhaltig umgebaut werden, gleichzeitig müssen neue nachhaltig bewirtschaftete Waldflächen für die Produktion geschaffen werden. Zusätzlich kann die Umwidmung aus bisher weniger nachhaltigen Nutzungen helfen: Stichwort Bauholz statt Brennholz. Die Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Holz zum Bauen wird den Weg in diese Richtung erleichtern, gerade zu Beginn ist jedoch auch politische Regulierung gefragt.

Raubbau an natürlichen Wäldern und die großmaßstäbliche Verfeuerung von Holz zum Heizen sollten verhindert werden. Auch nach dem Rückbau eines Gebäudes kann das hierfür genutzte Holz für seinen bisherigen Zweck weiterverwendet werden.

In den letzten Jahren jedenfalls, seit Holz als Konstruktionsmaterial gefragt ist, steigt die Nachfrage rasant. Die Produktion jedoch kann nicht über Nacht signifikant erhöht werden. Als langsam wachsendes Naturprodukt entwickelt sich das Angebot träge. Verstärkter Anbau, Schonung von Beständen, Konzentration auf ertragreiche Sorten: das alles zeigt einen Effekt erst viele Jahre später.

Teilweise wird der Markt dadurch entlastet, dass man zu Holzarten greift, die für die Möbelherstellung nicht mehr en vogue sind. Buchenholz etwa ist sehr stabil und eignet sich daher gut, um z.B. leistungsstarke Binder herzustellen.

Wichtig bei aller steigenden Nachfrage ist die Herkunft des Holzes. Beim Import über weite Strecken entstehen transportbedingte Emissionen und andere Umweltwirkungen. Zudem gibt es in vielen Regionen der Welt Raubbau an der Natur und umweltschädliche Verarbeitungsbedingungen. Für Bauprojekte in Deutschland sollten wir auf heimische Bestände zurückgreifen. Die Qualität ist ausgezeichnet und mengenmäßig ausreichend, vorausgesetzt, wie beschrieben, es gibt nicht zusätzlich eine steigende Nachfrage nach heimischem Brennholz.

3.3. Neue Partner, neue Verfahren

Weil der Markt für Holz in den Größenordnungen, wie wir sie bei Hochhäusern haben, noch nicht etabliert ist, ist die Verfügbarkeit stellenweise herausfordernd. Die erforderliche Planbarkeit ist noch nicht immer gegeben.

Auch bei den Ausschreibungen müssen sich die Prozesse noch weiterentwickeln. Bei der Holznutzung kommen neue Schnittstellen hinzu: So müssen Rohbau-Unternehmen und Holzspezialisten gut zusammenarbeiten mit z.T. unterschiedlichen Anforderungen an Bautoleranzen. Die Spezialisten im Holzbau kommen oft aus einer Handwerkstradition. Da müssen Partner, die mitunter ganz verschieden denken, erst zueinander finden.

Gleichzeitig werden für Holz-Hybridbauten in vielen Fällen Kompositbaustoffe verwendet, die schon ab Werk als Fertigteile geliefert werden. Dahinter stecken oftmals hochkomplexe und großmaßstäbliche Fertigungsverfahren. Entsprechend können oft nur wenige Firmen wunschgemäße Bauteile liefern. Das macht die gesamte Planung, aber auch die Ausführung komplizierter. Wir stehen hier noch am Anfang und viele Abläufe müssen sich erst etablieren. Der erhöhte Planungsaufwand und der noch nicht etablierte Erfahrungsschatz in den hinteren Leistungsphasen ist für viele Planungsbüros noch ein Grund, vor dem Schritt zum Holzhybridbau zurückzuschrecken.

Das Holzhybridsystem basierend auf Holzbalken und STB-Fertigteildecke sorgt aber für einen deutlich höheren Vorfertigungsgrad im Werk. Hierdurch lässt sich eine stärker serielle Bauweise erzielen; Ökologisch und ökonomisch sehr effizient. Daher lohnt es auch für bisher skeptische Planer, sich mit diesem Konstruktionsprinzip auseinanderzusetzen.

3.4. Manche Schwierigkeit steckt im Detail

Technisch und statisch gibt es beim Bauen prinzipiell keine Einschränkungen. An manchen Stellen ist man – auch aus Mangel an Erfahrungen – vorsichtig: So ist beim Thema Brandschutz häufig Kompensation durch flächendeckende Sprinklerung gefragt.

Ein Hochhaus in Holzhybridhauweise stellt heute noch eine Abweichung vom Baurecht dar. Das führt dazu, dass man an anderen Stellen solche Abweichungen möglichst zu vermeiden versucht. Man verzichtet dann oft auf brennbare Materialien in der Fassade wie Photovoltaikmodule, plant kleinere Nutzungseinheiten (beispielweise 400 Quadratmeter) und mehr Fluchttreppenhäuser.

Viele einfache Bauteile sind bisher nur für den Stahlbetonbau zugelassen. Ein Beispiel: Dübel oder Abhänger. Produkte, die auch für Holzbau zugelassen sind, sind teilweise noch nicht gut am Markt verfügbar. Dann müssen Einzelfallzulassungen beantragt werden oder an bestimmten Stellen innerhalb der Hybridkonstruktion doch auf Stahlbeton zurückgegriffen werden – beispielsweise an der Unterseite von Deckenbalken.

3.5. Mehr Gestaltungsspielraum

Ziel im Bereich der Decken ist es, mit weniger Material auszukommen. Um das zu erreichen, ist ein größerer Planungsaufwand erforderlich, gleichzeitig ist aber auch mehr Ingenieurskunst gefragt. Es ergeben sich für Architekten und Ingenieurinnen eine Bandbreite an Konstruktionsmöglichkeiten und letztendlich neue Möglichkeiten, ihre Kreativität unter Beweis zu stellen. Als Beispiel seien Rippendecken oder Kassettendecken genannt, die lange Zeit unbeliebt waren. Weil Materialkosten niedrig und Lohnkosten hoch waren, hatten sich Flachdecken etabliert, die zudem oft hinter Abhangdecken verschwanden. Auch neue Varianten mit Hohlkörperdecken reduzieren den allgemeinen Materialbedarf und erlauben mehr Gestaltungsmöglichkeiten.

In Holzhybridbauten erlebt nun die Holzbalkendecke ihr Revival. Architekten, Bauherren und Nutzende sind stolz auf ihre Deckenkonstruktionen und wollen die Ergebnisse ihrer Arbeit sehen. Der höhere Aufwand und die haptisch wahrnehmbare Materialität werden als ästhetisch und «authentisch» empfunden.
So erfasst die Arbeit wieder ein breiteres Spektrum dessen, was Architektur alles darstellen kann.

4. Was meinen Bauherren und Investoren?

Wie bereits beschrieben, kann bei festgesetzten Bauhöhen die Holzhybriddecke mit Holzbalken ein Problem darstellen, da aufgrund des Gesamtsystemmaßes und der entstehenden, größeren Geschosshöhe ggf. ein Geschoss weniger realisiert werden kann. Dies kann für einen privaten Investor ein Argument gegen die Holzhybridbauweise sein, weil hier oftmals der Fokus auf einer maximal zu realisierenden BGF (Bruttogeschossfläche) auf dem jeweiligen Grundstück liegt, gerade wenn die Gesamtbauhöhe begrenzt ist.

In diesem Fall lassen sich Nachhaltigkeitskriterien auf anderem Weg erreichen, wie JSWD es gerade für einen privaten Investor beim Projekt Bilkwinkel in Düsseldorf vorhat.



Abbildung 9: JSWD-Projekt Bilkwinkel in Düsseldorf, Visualisierung: Bloomimages

Immer mehr Bauherren möchten aus eigenem Antrieb nachhaltig bauen und viele von ihnen streben in diesem Zuge den Einsatz von Holz an. Andere lockt eine mögliche Zertifizierung durch beispielsweise den DGNB. Dabei ist die Ökobilanzierung zentral und hier liegt man mit Holzhybridbauweise in der Bewertungsmatrix sehr gut. Eine Zertifizierung erhöht auch den ökonomischen Wert einer Immobilie – beim Verkauf und beim Vermieten. Menschen möchten in Gebäuden wohnen und arbeiten, die nachhaltig errichtet sind und sich positiv auf ihre Gesundheit auswirken. Gerade für Arbeitgeber ist hier ein wichtiger Hebel, um attraktiv für hochqualifizierte Mitarbeitende zu sein. Schließlich schlägt sich der Nutzen von Holz nicht nur in der Bilanz nieder, sondern erreicht ganz direkt die menschlichen Sinne: Das Luftqualität ist besser, Holz entnimmt der Luft Feuchtigkeit, der Wohlfühlfaktor steigt.

Zukünftig ist damit zu rechnen, dass die Ökobilanzierung dem CO_2-Verbrauch beim Bauen einen Preis geben wird. Der ökonomische Nutzen von Holzhybridbauten wird dann weiter steigen.

5. Und die Zukunft…?

Für die Zukunft sind ganz andere Dinge vorstellbar. Teilweise gibt es bereits Hochhäuser rein aus Holz.

Geforscht wird an vielen Stellen: Holz-Kompositwerkstoffe bei Trägerelementen zum Beispiel. Dabei ist Glasfaser zur Verstärkung ins Holz integriert: Der Holzanteil liegt dabei immer noch bei 98 Prozent oder mehr, aber die Stabilität wird enorm gesteigert.
Die Einsatzmöglichkeiten und das Einsparpotenzial von Holz- und Holzhybridgebäuden sind daher noch längst nicht ausgeschöpft. Wahrscheinlich werden wir noch einiges an Verbesserungen erleben. Wichtig ist nichtsdestotrotz, dass wir ins Machen kommen, dass wir Dinge in der Praxis umsetzen – und uns, falls sich etwas als Irrweg herausstellt, dann auch wieder korrigieren.

In Zukunft wird die essenzielle Frage sein: Wie bauen wir mit weniger Material mehr Gebäude? Und da funktioniert der klassische monolithische Ansatz nach dem Motto «Wir bauen mit einem bestimmten Material» nicht mehr. Vielmehr brauchen wir hybride Lösungen, und Holz wird dabei einer der Stars sein.

6. Literatur

[1] Heckmann, M.; Glock, C. (2023) *Ökobilanz im Bauwesen – Treibhausgasemissionen praxisüblicher Deckensysteme*. Beton- und Stahlbetonbau 118, H. 2

[2] Weidner, S.; Bechmann, R.; Sobek, W. (2022) *Ressourcenminimierung im urbanen Kontext*. Bautechnik 99, H. 1, S. 41–49.

The Ascent – Milwaukee

Johannes Habenbacher
KLH Massivholz | KLH US
Teufenbach-Katsch, AT | Portland, US



The Ascent – das derzeit höchste Holzhochhaus der Welt

1. Einführung

Das Ascent Hochhaus in Milwaukee, WI USA, wurde von Korb + Associates Architects entworfen, und war bei Fertigstellung mit 86,6 Metern und 25 Stockwerken (6 Stockwerke in Beton, 19 Stockwerke in Holz) das weltweit höchste Hybridgebäude aus Massivholz und Beton.

Dieses innovative Gebäude wurde vom «Council on Tall Buildings and Urban Habitat» als das höchste Hybridgebäude aus Holz und Beton zertifiziert. Es verfügt über 259 Luxuswohnungen, Einzelhandelsflächen, einen Pool mit beweglichen Fensterwänden und einer Aussichtsplattform.

Ascent wurde von «New Land Enterprises» in Auftrag gegeben.



Abbildung 1: Ascent Tower, C.D. Smith Construction

2. Projektbeteiligte

Architekt:	Korb + Associates Architects
Statik:	Thornton Tomasetti
Brandschutz:	Arup
GU:	C.D. Smith Construction
Holzbauer:	Timberlab
BSH:	WIEHAG
Brettsperrholz:	KLH

3. Ablauf

Mai 2020:	Ausschreibung
Oktober 2020:	Beginn Planung
April 2021:	Produktionsbeginn
Juni 2021:	Montagebeginn
Dezember 2021:	Abschluss Holzarbeiten
Juli 2022:	Fertigstellung

4. Zahlen

1.160 Stk.	BSH Stützen
1.320 Stk.	BSH Träger (total BSH ca. 2.265 m³ | 66 Container)
1.273 Stk.	CLT Elemente (ca. 28.000 m² | 5.000 m³ | 127 Container)
630.000 Stk.	Schrauben
15 Mann	Montageteam



Abbildung 2: Oberste Etage, Korb + Associates Architects

5. Genehmigung

Ascent war in seiner Art – als Holzbau mit fast ausschließlich sichtbaren Holzoberflächen – außerhalb des «Tall Wood Building Code» (erlaubt max. 18 Geschosse, gekapselt).
Die Genehmigungsbehörde hat sich bei der Genehmigung an den geltenden Vorschriften für Hochhausbau orientiert, und die Baugenehmigung unter Zustimmung im Einzelfall durchgeführt. Sämtliche BSH-Bauteile und Verbindungen sind auf drei Stunden (3 hr) Feuerwiderstand ausgelegt und wurden durch Brandschutztests verifiziert. Sämtliche KLH-Deckenelemente wurden auf zwei Stunden (2 hr) Feuerwiderstand getestet.

6. Konstruktion

Die ersten sechs Geschosse sind eine reine Stahlbetonkonstruktion, in der Parkhaus, Swimmingpool und Haustechnik untergebracht sind. Zwei Treppenhaustürme aus Stahlbeton sind bis in das oberste Geschoss geführt, um den Brandschutz zu vereinfachen und die horizontalen Kräfte einfach ableiten zu können. Der Holzbau drapiert sich ab dem siebenten Geschoss um die Treppenhäuser und ist als BSH-Stützen-Trägerkonstruktion mit Brettsperrholzdecke ausgeführt.

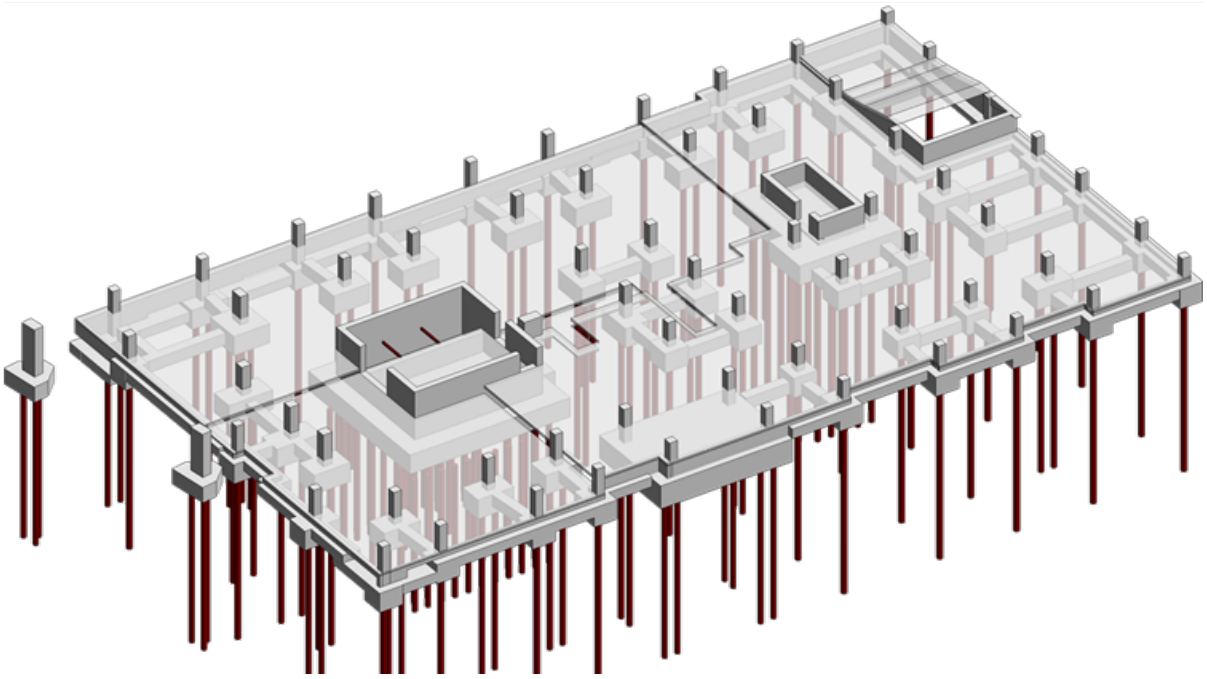


Abbildung 3: Gründung, Timberlab

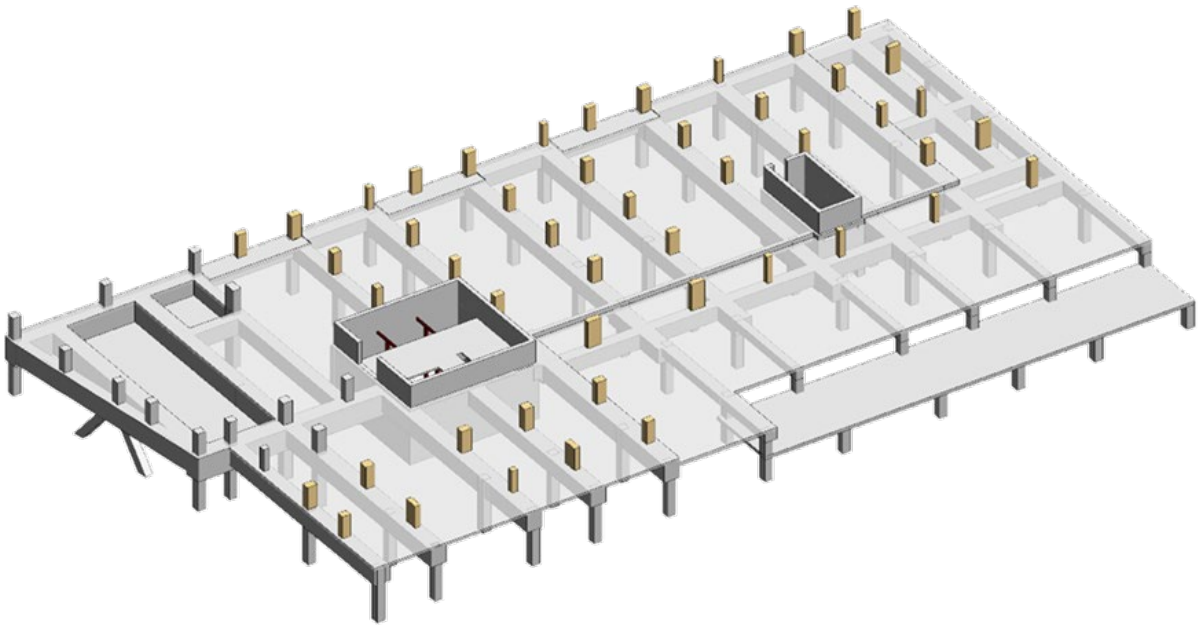


Abbildung 4: Übergang 6. / 7. Etage, Timberlab

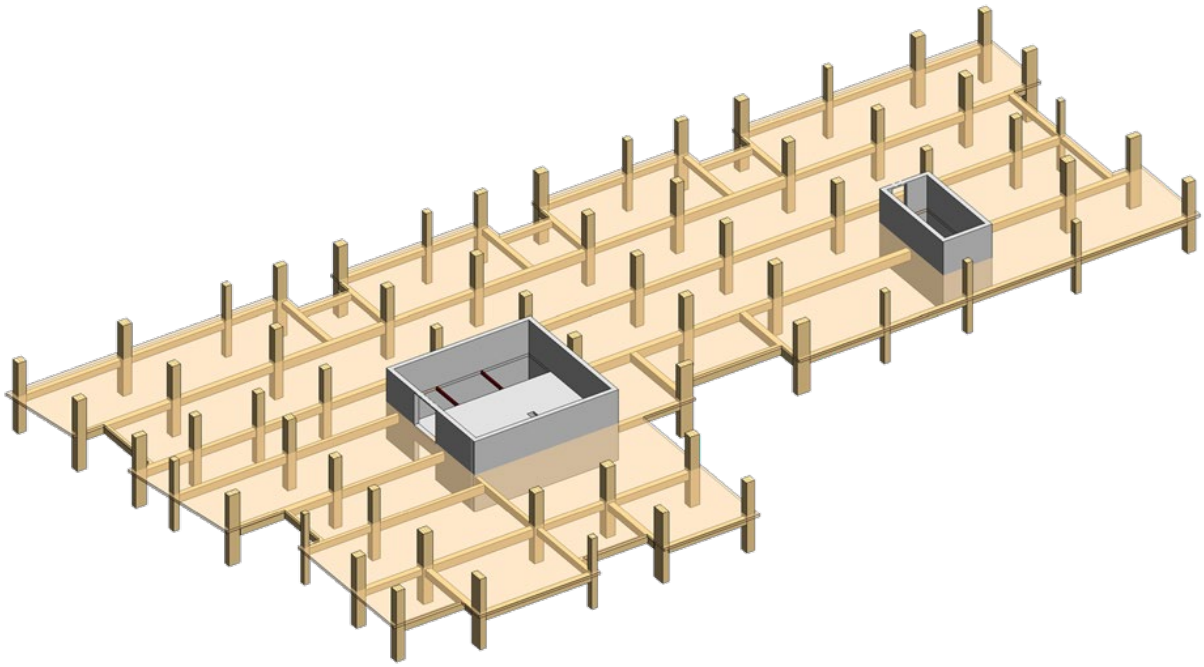


Abbildung 5: 7. - 26. Etage, Timberlab



Abbildung 6: Grundrisse 4. OG | typ. Geschoss | 26. OG, Korb + Associates Architects

Block A2

Bezahlbarer Wohnraum im Holzbau – Erfahrungen aus Neubau und Bestandsbewirtschaftung

Wo steht der Holzbau in der nordrheinwestfälischen Wohnungswirtschaft?

Isabelle Bothe
Verband der Wohnungswirtschaft
Rheinland Westfalen
Düsseldorf, Deutschland



Wo steht der Holzbau in der nordrheinwestfälischen Wohnungswirtschaft?

1. Aktuelle Situation im Verbandsgebiet

Die sozial orientierte Wohnungswirtschaft in Deutschland, welche im GdW organisiert ist, umfasst etwa 3.000 Unternehmen, darunter kommunale, genossenschaftliche, kirchliche sowie privatwirtschaftliche und staatliche Wohnungsunternehmen. Die Anzahl der von diesen Unternehmen verwalteten Wohnungen beläuft sich auf rund sechs Millionen, wobei in diesen Wohnungen mehr als 13 Millionen Menschen leben. Im Jahr 2021 wurden von ihnen nahezu 30 Prozent aller Mietwohnungen in Deutschland betreut, wobei ihr Anteil am Neubau von Mietwohnungen bei über 32 Prozent lag.

Der Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Rheinland Westfalen umfasst 475 Mitglieder aus Nordrhein-Westfalen und dem nördlichen Rheinland-Pfalz, darunter über 300 Wohnungsgenossenschaften. In Nordrhein-Westfalen repräsentieren diese Mitglieder etwa 20 Prozent des Mietwohnungsbestandes. Ein Großteil dieser Unternehmen blickt auf eine lange Tradition zurück und verfügt über umfangreiche Wohnungsbestände. Die Kernaufgaben umfassen den Bau von bezahlbarem und umweltfreundlichem Wohnraum sowie die energetische und altersgerechte Modernisierung von Gebäuden, Siedlungen und Quartieren.
In der Konsequenz kommt der sozial orientierten Wohnungswirtschaft eine zentrale Rolle bei der Bereitstellung von Wohnraum in Deutschland zu, denn die Situation auf dem Wohnungsmarkt ist angespannt.

Die steigende Nachfrage nach Wohnraum, insbesondere durch die Binnenwanderung in die Metropolen, hat zu einer Belastung der Wohnungsmärkte geführt. Zeitgleich mit der Finanzkrise manifestierte sich in den Metropolen ein beispielloser Immobilienboom, der eine signifikante Steigerung der Grundstücks- und Immobilienpreise zur Folge hatte. Des Weiteren ist seit 1990 eine Zunahme der Wohnfläche pro Person, um rund 35 Prozent zu verzeichnen, welche nicht allein auf einen wachsenden Wohlstand, sondern ebenso auf den Trend zu kleineren Haushalten sowie eine zunehmende Singularisierung zurückzuführen ist. Die steigende Lebenserwartung sowie die zunehmende Vielfalt an Lebensformen verstärken diesen Trend ebenso wie die verstärkte Zuwanderung seit 2015. Dies resultierte in einem starken Anstieg der Mieten, auch außerhalb des sozialen Wohnungsbaus, während die Einkommensentwicklung nur begrenzt mithalten konnte.

Gleichzeitig ist ein kontinuierlicher Rückgang des Bestandes an Sozialwohnungen in Deutschland zu verzeichnen. Infolge einer vorausgegangenen Entspannung der Wohnungsmärkte sowie der intensiven Suburbanisierung ist der Bestand an Sozialwohnungen seit 1990 um rund 60 Prozent zurückgegangen. Seit dem Jahr 2018 hat sich dieser Rückgang durch das Auslaufen der Mietpreisbindungen weiter verstärkt. In Nordrhein-Westfalen konnte dieser Trend jedoch gestoppt werden. Der zuvor zu verzeichnende Rückgang des Sozialwohnungsbestandes hat sich bis 2022 auf 1,8 Prozent pro Jahr abgeschwächt. Ab 2022 ist sogar ein leichter Anstieg zu verzeichnen. In Nordrhein-Westfalen befinden sich etwa 40 Prozent aller mietpreisgebundenen Wohnungen in Deutschland.

Die sozial orientierte Wohnungswirtschaft spielt eine entscheidende Rolle bei der Bereitstellung von bezahlbarem Wohnraum und der Förderung sozialer Gerechtigkeit. Trotz erheblicher Anstrengungen bleibt die Wohnungssituation in den Metropolen und Universitätsstädten angespannt, insbesondere für einkommensschwache Gruppen.

Hohe Baukosten, Fachkräftemangel, steigende Zinsen und eine unsichere Förderpolitik verschärfen die Situation zusätzlich und verhindern eine schnelle Entlastung. Die derzeitigen Herausforderungen für die Wohnungswirtschaft bestehen allerdings nicht ausschließlich in der Errichtung neuen Wohnraums, sondern auch in der Harmonisierung von Klimaschutzmaßnahmen mit der Bezahlbarkeit von Wohnraum. Es besteht ein klar definiertes Ziel, den Gebäudebestand bis 2045 klimaneutral zu gestalten. Die Umsetzung dieser Maßnahmen ist jedoch mit erheblichen Kosten verbunden, was zu einer Steigerung und potenziell ansteigenden Mieten führen könnte. Die erforderlichen regulatorischen Rahmenbedingungen sind nicht ausreichend, um die ökonomisch notwendigen Maßnahmen zu unterstützen, was den Zielkonflikt zwischen der Schaffung bezahlbaren Wohnraums und dem Erreichen der Klimaneutralität verschärft.

In Anbetracht der Notwendigkeit, Wohnraum zu schaffen und Bestände umzubauen, erfährt der Holzbau für die sozial orientierte Wohnungswirtschaft eine zunehmende Relevanz. Der Einsatz von Holz bietet erhebliche Vorteile für eine umweltfreundlichere Bauweise, da Holz in der Lage ist, Kohlenstoffdioxid zu speichern und Ressourcen zu schonen. Moderne Holzbauweisen setzen neue Standards in der Planung, Vorfertigung und Qualitätssicherung und können somit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwiefern der Holzbau in Nordrhein-Westfalen bereits integriert ist und welche Perspektiven er für die zukünftige Wohnraumversorgung bietet.

1.1. Förderung

Damit einhergehende ist auch die derzeitige Situation der Baubranche erschwert. Zahlreiche Hemmnisse wie steigende Bauzinsen und -kosten, Flächenknappheit sowie hoher bürokratischer Aufwand und lange Genehmigungsverfahren prägen und hemmen den Wohnungsneubau erheblich. Um den Wohnungsbau anzukurbeln, ist es daher umgehend notwendig, das Bauen zu vereinfachen, indem die oben genannten Hemmnisse durch eine Vereinheitlichung der Maßnahmen und eine Reduzierung der bürokratischen Anforderungen beseitigt werden.

Auf Bundesebene war die Streichung der KfW-Mittel Anfang 2022 ein erheblicher Rückschlag, der ein negatives Signal an Bauwillige gesendet und zu allgemeinen Verunsicherung geführt hat. Zwar gibt es finanzielle Anreize durch das «Bundesprogramm Energieeffizienz in Gebäuden» (BEG), aber die Neubauförderung wird seit der Umstellung der KfW-Förderung als unzureichend angesehen.

Gemäß dem Haushaltsentwurf für das Jahr 2025 plant die Bundesregierung, die Förderprogramme BEG im kommenden Jahr auf 14,4 Milliarden Euro zu kürzen. Dies bedeutet eine erneute Reduzierung des Budgets, nachdem dieses bereits im Jahr 2024 von 18,5 Milliarden Euro im Jahr 2023 auf 16,7 Milliarden Euro gekürzt wurde.
Die Bundesbauministerin Klara Geywitz ließ zuletzt verlauten «Eine Unterstützung mit der Gießkanne wird es nicht mehr geben». Obwohl vielleicht gerade das unter Berücksichtigung der Notwendigkeit die Bestände klimaneutral aufzustellen nötig wäre. Denn eine soziale Schieflage in den Städten könnte in jedem Fall dann entstehen, wenn sich nur noch Besserverdienende eine Wohnung leisten können. Derzeit wird also von der Wohnungswirtschaft gefordert, dass mit geringerem Fördervolumen unter erschwerten Bedingungen in der Baubranche auskömmlich viel Wohnraum zu schaffen

Zur Förderung kündigte die Bundesregierung jüngst die Einführung eines Förderprogramms für den klimafreundlichen Neubau im preisgünstigen Segment an, wobei der Fokus auf Wohngebäuden mit kleinen und mittleren Wohneinheiten (KNN) liegt. Das Programm stellt somit eine dritte Säule zur Realisierung von Wohnungsneubauten im mittleren Preissegment dar und wird als Zinszuschussprogramm ausgestaltet. Die Fertigstellung der Richtlinie datiert auf den 8. August 2024. Förderfähig sind Effizienzhäuser 40 sowie, sinnvollerweise auch EH55. Diese müssen ohne fossile Energieträger auskommen, eine begrenzte Wohnfläche sowie unterdurchschnittliche Lebenszykluskosten aufweisen.

In diesem Kontext ist zu erwähnen, dass die Förderung vor allem für Gebäude, mit dem Qualitätssiegel «Nachhaltiges Gebäude» (QNG) vorgesehen sind. Die Förderung wird aber von den Adressaten aufgrund der Vielzahl an Zertifizierungssystemen als fremdbestimmt

und intransparent und in der Praxis als kompliziert empfunden. Des Weiteren ist festzustellen, dass der Fokus nach wie vor in erster Linie auf den zu erreichenden energetischen Standards liegt. Demgegenüber werden Aspekte wie die Verwendung nachhaltiger Materialien wie Holz, eine umsichtige architektonische Gestaltung, zielgruppengerechte Planung sowie weitere wesentliche Kriterien lediglich nachrangig berücksichtigt. Die Entwicklung der neuen KNN-Förderung sowie die Berücksichtigung des Standards 55 sind erforderlich. Eine Gleichstellung ist bislang jedoch nicht erfolgt, obgleich wissenschaftlich nachgewiesen wurde, dass der Grenznutzen ab Effizienzklasse 55 deutlich abnimmt.

Auf Landesebene lässt sich demgegenüber Positives beobachten. Am 22. Februar 2024 wurde das Förderergebnis der öffentlichen Wohnraumförderung in Nordrhein-Westfalen für das Jahr 2023 vorgestellt. Mit 11.854 Wohneinheiten wurde ein Förderrekord erreicht. Besonders auffällig ist der Anstieg im Mietwohnungsneubau um 68 Prozent. Die Modernisierungsförderung war dagegen mit einem Minus von 4,3 Prozent und 2.641 geförderten Wohnungen leicht rückläufig.

Die Wohnbauförderung in Nordrhein-Westfalen kann als weitgehend ausreichend bezeichnet werden, wobei die Bewilligungsbehörden einen hohen Nachfragedruck nach Landes-Wohnraumfördermitteln verzeichnen. Das Landeskabinett beschloss im Juli 2024 eine Aufstockung Wohnraumförderprogramms 2023–2027 von 9 auf 10,5 Milliarden Euro. Das Förderbudget für das Jahr 2024 wurde um eine Milliarde Euro auf insgesamt 2,7 Milliarden Euro erhöht, wobei 500 Millionen Euro zur Absicherung des Förderjahres 2023 dienen.

Ein weiteres positives Signal ist der Zuschuss für den Einsatz von Holz als Baumaterial. Als zusätzliches Darlehen werden 1,30 Euro pro kg Holz im Rahmen der Wohnraumförderung NRW vergeben. Das Bauvorhaben muss hierfür einen deutlichen Anteil an Holz vorweisen, der über den Anteil bei konventionell errichteten Gebäuden hinausgeht (zum Beispiel Hybridbauten oder Massivholzgebäude). Das Holz muss fest verbaut sein und aus nachhaltigen Quellen stammen und beispielsweise nach PEFC oder FSC zertifiziert sein.

Auch in der Modernisierungsförderung sind die Konditionen für Holz gut, denn ein Tilgungsnachlass von bis zu 55 Prozent wurde eingerichtet, wenn zertifizierte ökologische Dämmstoffe (z.B. Holzfaserplatten) verwendet und ein überdurchschnittlicher energetischer Standard erreicht wird.

Es ist zu konstatieren, dass der hohe Anteil von Neukunden, wie beispielsweise Projektentwicklern, in der Wohnraumförderung zu einer signifikanten Verlängerung der Prüfprozesse in der NRW.BANK führt, welche sich teils auf bis zu neun Monate erstrecken. Dieser Prozess verdeutlicht, dass die Unterstützung auf Bundesebene unabdingbar ist, um den dringend benötigten zusätzlichen Wohnungsbau zu ermöglichen. Der Fokus sollte jedoch insbesondere auf die Förderung von klimagerechten und preisgünstigen Wohnungen in integrierten Lagen gelegt werden. Des Weiteren ist es essentiell, Planungssicherheit zu garantieren und auf lange Sicht verlässliche Rahmenbedingungen zu etablieren.

1.2. Regularien und Know How

Lange Zeit wurde der Holzbau durch bestehende Vorschriften benachteiligt.
Vor der Bauordnungsreform 2018 war der Holzbau in Nordrhein-Westfalen nur bei Gebäuden bis zu drei Geschossen vollständig zulässig. Abweichungen von der BauO konnten zwar beantragt werden, waren aber oft aufwändig.

Der grundsätzliche Verdacht, dass Holz ein dem konventionellen Bauen unterlegener Baustoff ist, scheint noch nicht vollständig ausgeräumt zu sein. Auch wenn Holz ein natürlicher Baustoff ist, bedeutet dies nicht, dass Holzkonstruktionen z.B. im Brandfall anfälliger sind, im Schallschutz unterlegen und in der Beständigkeit weniger langlebig sind als andere Bauweisen.

Seit der Neuregelung mit den Anpassungen der Landesbauordnung im Jahr 2019 wurden die baurechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Holz im Geschosswohnungsbau in Nordrhein-Westfalen deutlich erweitert und es wurden Holzgebäude bis zur Hochhausgrenze (Oberkante Fußboden des obersten Aufenthaltsraumes < 22 m) niederschwellig möglich. Nach der Neuen LBO durften dann auch tragende, aussteifende und raumabschließende Bauteile, aus brennbaren Baustoffen hergestellt werden.

Dies ermöglicht den durchgängigen Einsatz moderner Holzbautechnologien auch in den Gebäudeklassen 4 und 5 und erweitert den Einsatzbereich des Baustoffes Holz erheblich.

Die gesetzlichen Vorgaben der Landesbauordnung 2018 werden nun durch die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (M-HolzBauRL) umgesetzt. Diese ergänzt beispielsweise die Anforderungen an Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen in diesen Gebäudeklassen.
Doch obgleich sich die Entwicklung von Produkten und Systemlösungen im modernen Holzbau in progressiver Weise vollzieht, ist eine Adaption von Forschungsergebnissen und Erfahrungen noch nicht in den Regularien abgebildet.

Zuletzt wurde im November vergangenen Jahres in Berlin ein Entwurf der Muster-Holzbau-Richtlinie 2023 der den aktuellen Stand der Dinge abbildet präsentiert. Als wesentliche Neuerungen sind Regelung für Holzgebäuden bis zur Hochhausgrenze durch geregelte Bauarten, die Einführung der Holztafelbauweise auch in der Gebäudeklasse 5, die Erweiterung auf bestimmte Sonderbauten, eine ressourcenoptimierte Brandschutzbekleidung sowie Regelungen für Fügungen enthalten. Allerdings wurde die Richtlinie bislang noch nicht von der Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz veröffentlicht.

Während Baden-Württemberg seine Technischen Baubestimmungen für den Holzbau bereits Anfang 2023 angepasste und Erkenntnisse, die in die anstehende Novellierung der einfließen ließ, bleibt Nordrhein-Westfalen hier noch restriktiver.

Trotz fehlender Anpassungen können mehrgeschossige und anspruchsvolle Holzbauprojekte in Zusammenarbeit mit den Baubehörden realisiert werden. Eine auf Holz abgestimmte brandschutztechnische, bauphysikalische und gebäudetechnische Planung sind von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung von Holzbauten, die dann in nahezu allen Anwendungsfällen möglich sind.

2. Holzbau in NRW | Neubau

Zwar ist die industrielle Prägung zahlreicher Städte in Nordrhein Westfahlen unübersehbar, doch auch hier sind traditionelle Holzbauten wie Fachwerkhäuser prägende Elemente des Stadtbildes und obgleich die Region historisch betrachtet für ihre industrielle Bautradition bekannt ist, hat sich der Holzbau in den vergangenen Jahren zugenommen. In den letzten Jahren haben die Förderung energieeffizienten Bauens sowie die steigende Nachfrage nach umweltfreundlichen Bauweisen dem Holzbau zu wachsender Bedeutung verholfen.

Während die Holzbauquote im Deutschland Durchschnitt bei 22 Prozent liegt, beträgt sie im Wohnungsbau in NRW bislang lediglich 14,8% (Statista Stand 2023). Die Erfahrungen im Geschosswohnungsbau sind noch begrenzt, da die Baupraxis sich von den bisher erprobten Methoden unterscheidet. Holzbauanbieter sind vielfach nicht in der Lage, flexibel genug auf die spezifischen Bedürfnisse der Wohnungsunternehmen zu reagieren und Anpassungen vor Ort verursachen häufig Mehrkosten. Insbesondere bei höheren Gebäudeklassen und im leistbaren Wohnbau ist ein kooperatives Vorgehen erforderlich, um durch Erfahrung und enge Zusammenarbeit kosteneffiziente Lösungen zu entwickeln. Der Trend zum schnellen und effizienten Bauen sowie zum seriellen und modularen Bauen ist aufgrund der veränderten Anforderungen und Herausforderungen des Wohnungsmarktes aber unumgänglich.

Eine wesentliche Voraussetzung für Systemlösungen in diesem Bereich ist die Variantenvielfalt, d.h. die Berücksichtigung von Geschoss-, Dach-, Grundriss- und Fassadenvarianten. KI-basierte Systeme können in Zukunft dazu beitragen, diese Prozesse weiter zu vereinfachen. Der Holzbau bietet insbesondere durch die hohen Vorfertigungsgrad zahlreichen Vorteile. Standardisierte und industriell vorgefertigte Bauteile ermöglichen eine deutliche Verkürzung der Bauzeiten. Durch die Massenproduktion können Skaleneffekte erzielt werden, die die Produktionskosten senken. Vorgefertigte Module können zudem witterungsunabhängig hergestellt werden und reduzieren Baumängel, da hohe Qualitäts-

standards eingehalten werden können. Diese effiziente Ressourcennutzung und Abfallvermeidung tragen zu einer nachhaltigeren Bauweise bei. Die leichte Demontierbarkeit und Wiederverwendbarkeit der Bauteile unterstützt zudem die Ziele der Kreislaufwirtschaft.

In den vergangenen Jahren wurden in Nordrhein-Westfalen bereits mehrere beispielhafte Neubauprojekte in Holz- und Holz-Hybridbauweise erstellt.

Ein jüngst fertiggestelltes Beispiel hierfür ist das Bauvorhaben Lippestraße in Hamm, das erste Mehrfamilienhaus der Stadt in Brettsperrholzbauweise. Und auch in Münster setzt die Wohn + Stadtbau derzeit unter dem Projekttitel Gartenwohnen York ein 51 Mietwohnungen in Holzrahmenbauweise um.
Auf die Realisierung mehrerer Holzbauprojekte kann die GWG Rhein Erft, aus Hürth zurückblicken. Beispielsweise bewährt sich das dreigeschossige Mehrfamilienhaus mit barrierefreien Wohnungen in Hürth-Berrenrath in Holzrahmenbauweise seit 2022.

Diese Projekte stehen nicht nur für modernes und hochwertiges Wohnen, sondern definieren auch neue Standards für bewusstes und nachhaltiges Bauen. Die Erfahrungen haben darüber hinaus gezeigt, dass der Holzbau eine durchweg positive Resonanz erfährt. Obgleich die Vorzüge des Holzbaus evident sind, hat sich dieser im Geschosswohnungsneubau bislang noch nicht flächendeckend durchgesetzt. Es besteht nach wie vor Vorbehalte und Wissenslücken bei Planern, Bauträgern und Bauherren und Aufklärungsbedarf hinsichtlich der technischen Möglichkeiten und Potenziale, die der moderne Holzbau bietet.




York Quartier Münster | Quelle: VdW RW

2.1. Holzbau in NRW | Sanierung nach dem Energiesprong-Prinzip

Gerade im Gebäudebestand liegt ein enormes Potenzial zur Energieeinsparung und damit die Möglichkeit, einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Trotz der Erfolge bleibt noch viel zu tun, um den Gebäudebestand in NRW bis 2045 klimaneutral zu gestalten. Viele Gebäude, insbesondere aus der Nachkriegszeit, entsprechen noch nicht den heutigen energetischen Standards. Umfangreiche Modernisierungen wie die Sanierung von Fassaden, Fenstern, Dächern und Kellerdecken sowie die Erneuerung der Haustechnik sind alsbald notwendig.

Die Energiesprong-Projekte in Nordrhein-Westfalen sind ein wichtiger Baustein der energetischen Sanierungsstrategie für den Gebäudebestand in der Region. Das aus den Niederlanden stammende Konzept «Energiesprong» zielt darauf ab, Gebäude auf einen energetischen Standard zu bringen, der den Anforderungen der Klimaneutralität entspricht. In Deutschland und insbesondere in Nordrhein-Westfalen hat sich dieses Konzept in den letzten Jahren als innovativer Lösungsansatz etabliert.

Das Ziel von Energiesprong ist es, bestehende Gebäude durch serielle Sanierungen so zu modernisieren, dass ihr Energiebedarf nahezu auf Null reduziert wird (NetZero-Standard). Das bedeutet, dass die Gebäude ihren Energiebedarf aus eigenen erneuerbaren Energiequellen, wie z.B. Solarenergie, decken können. In Nordrhein-Westfalen geht es derzeit vor allem um die Sanierung von Gebäuden aus den 1950er und 1960er Jahren, die nicht den heutigen energetischen Standards entsprechen.

Die Sanierung erfolgt mit standardisierten und vorgefertigten Modulen, wie z.B. vorgefertigten Wand- und Dachelementen, die eine schnelle und effiziente Sanierung ermöglichen und die Belastung für die Bewohner minimieren.
Viele Systemanbieter in NRW setzen bei der Sanierung auf Holzsysteme, was die Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit der Projekte erhöhten. Die Umsetzung solcher Sanierungen erfordert allerdings eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure. Neue Technologien und Materialien müssen mit den Bedürfnissen der Bewohnerschaft und den örtlichen Gegebenheiten in Einklang gebracht werden.

Neben energetischen Aspekten spielen auch soziale und baukulturelle Aspekte eine wichtige Rolle im Kanon der Nachhaltigkeit. Die Zeilenbebauung der 1950er und 1960er Jahre die vielerorts die gewachsenen Bestände prägen, leistet bis heute unverzichtbare Dienste in der Bereitstellung von Wohnraum. Die Potenziale dieser Bestandsgebäude reichen vom Rückbau von Satteldächern und der Aufstockung um weitere Geschosse bis hin zu ästhetisch anspruchsvollen Fassadensanierungen.

In Nordrhein-Westfalen wurden bereits mehrere Energiesprong-Projekte in die Systematik der seriellen Sanierung erfolgreich umgesetzt. Im Energiesprong-Reallabor in Mönchengladbach-Hardt testete die LEG Immobiliengruppe mit Partnern wie Renovate, der B&O Gruppe, Saint-Gobain pre.formance, ecoworks, Fischbach und Ähnlichen derzeit verschiedene Sanierungsansätze an 19 baugleichen Mehrfamilienhäusern. Neben der Effizienz bestehender Systeme wurden auch neue Ansätze wie Indach-Solaranlagen, Einblasverfahren und unterirdische «Technikwürfel» erprobt.

Einen individuellen Ansatz erprobte die Wohnungsgenossenschaft am Vorgebirgspark eG, Köln in der Schwalbacher Straße mit Zeller Kölmel Architekten. Hier wurde wiederum auf die Zusammenarbeit eines Teams von Fachplanern gesetzt.

Die erfolgreich umgesetzten Energiesprong-Projekte in NRW dienen als Vorbild für andere Regionen und zeigen, wie durch serielle Sanierung der Energieverbrauch gesenkt und der Wohnkomfort gesteigert werden kann. Zukünftige Entwicklungen könnten zu den erhofften Skaleneffekten führen und serielle Sanierungen wirtschaftlicher machen. Weitere Projekte könnten dazu beitragen, mehr Gebäude in NRW energetisch auf den neuesten Stand zu bringen und die Energiewende voranzutreiben. Die Holzbauindustrie sollte gemeinsam mit der Wohnungswirtschaft neue Verfahren für großvolumige Sanierungen im bewohnten Bestand entwickeln, wobei innovative industrielle Vorfertigung und digitale Technologien eine Schlüsselrolle spielen könnten.



Schwalbacher Straße, Köln Quelle: dena | Jens Willebrand

3. Perspektiven & Chancen

Der Wohnungsbau steht vor zahlreichen Herausforderungen, für die der Holzbau vielversprechende Lösungen bieten kann. Die Förderung von mehrgeschossigen Holzbauprojekten mit hervorragenden bauphysikalischen, brandschutztechnischen und statischen Eigenschaften sowie anspruchsvoller Architektur und städtebaulicher Integration ist von entscheidender Bedeutung. Solche Projekte könnten einen wichtigen Beitrag zur Deckung des zukünftigen Bedarfs an bezahlbarem und klimagerechtem Wohnraum leisten und die

Branche auf zukünftige Anforderungen vorbereiten. Ein wichtiger Schwerpunkt sollte auf der Weiterentwicklung von Pilotprojekten und Kleinserien hin zu groß angelegten Verfahren für umfassende Sanierungen im bewohnten Bestand liegen.

Darüber hinaus sollte die Diskussion um die Schaffung von Wohnraum stärker auf nachhaltige, soziale und ästhetische Aspekte gerichtet werden. Besonders wichtig ist die Entwicklung von klimafreundlichem und generationengerechtem Wohnraum im bezahlbaren Preissegment, idealerweise in zentralen Lagen. Hochpreisige, renditeorientierte Bauprojekte haben sich als unzureichend erwiesen, um den tatsächlichen Bedarf auf den Wohnungsmärkten zu decken.

Daher ist es notwendig, die Vorteile des Holzbaus insbesondere in Ballungsräumen verstärkt zu nutzen. Holz bietet Vorteile sowohl im Geschosswohnungsbau als auch bei der Nachverdichtung und Modernisierung bestehender Gebäude. Der verstärkte Einsatz von Holz kann dazu beitragen, eine Balance zwischen kostengünstigem Bauen, sozialverträglichen Mieten und Klimaschutz zu erreichen. Die Bauwirtschaft muss innovative Ansätze entwickeln, um den aktuellen Herausforderungen gerecht zu werden.

Der Verband der Wohnungswirtschaft setzt sich daher gemeinsam mit Partnern aus der Holzbranche dafür ein, Wissenslücken zu schließen. Durch gezielte Informations- und Weiterbildungsangebote soll das Verständnis für die Vorteile des Holzbaus gefördert werden. Ziel ist es, das Vertrauen in den Holzbau zu stärken und mehr Projekte in diesem Bereich zu ermöglichen. So kann der Holzbau in Zukunft eine zentrale Rolle im mehrgeschossigen Wohnungsbau spielen und einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen und ressourcenschonenden Bauen leisten.

Um die Herausforderungen der Wohnraumversorgung langfristig zu lösen, bedarf es sowohl der Akzeptanz und Mitverantwortung der Wohnungsnutzer als auch klarer und verlässlicher klimapolitischer Rahmenbedingungen.

Projekt «Woodstöckchen» – Quartiersentwicklung in Holz

Stephan Zehnpfennig
Aachener Siedlungs- und Wohnungsgesellschaft mbH
Köln, Deutschland



Anna Gerlach
schultearchitekten gmbh
Köln | Paris, Deutschland



Projekt «Woodstöckchen» – Quartiersentwicklung in Holz

1. Bestandssituation

1.1. Städtebaulicher Kontext

Auf dem circa 5.800m² großen Grundstück in der Ludwigsburger Straße in Köln-Bilderstöckchen befindet sich derzeit das Mitte der 1960er Jahren errichtete und seit mehreren Jahren leerstehende Afrikanum, welches ursprünglich als internationales Studentenwohnheim genutzt wurde und – nach eingehender Prüfung einer Nachnutzungsmöglichkeit für den Wohnungsbau – abgebrochen werden soll. Der Afrikamissionare WEISSE VÄTER e.V. ist Eigentümer des Grundstücks. Auf Grundlage eines Erbbaurechts erfolgt durch die Aachener Siedlungs- und Wohnungsgesellschaft mbH (ASWG) aus Köln die Planung und Errichtung einer Wohnanlage mit insgesamt 84 Wohneinheiten.

Die Umgebung wird durch drei- bis viergeschossigen Wohnungsbau mit unterschiedlichen Dachformen aus den 1950/60er Jahren sowie durch kirchliche Einrichtungen geprägt. Östlich angrenzend hat die Aachener Siedlungs- und Wohnungsgesellschaft in den vergangenen Jahren Miet- und Eigentumswohnungen, eine fünfgruppige Kita sowie eine Seniorentagespflegeeinrichtung realisiert. Unmittelbar westlich angrenzend betreibt der Sozialdienst katholischer Frauen e.V. (SKF) das Haus Adelheid, eine Einrichtung mit einer Kita, Eltern-Kind-Wohnen für Alleinerziehende mit Unterstützungsbedarf sowie einer Babyklappe. Auf Grundlage des Wettbewerbsentwurfs von schultearchitekten entsteht hier derzeit ein neues Gebäudeensemble für die genannten Nutzungen in zwei Bauabschnitten.



Abbildung 1: Luftbild, Quelle Geoportal NRW

2. Projektbeschreibung

2.1. Städtebauliches Konzept

Unterschiedliche Machbarkeitsstudien haben die mögliche Integration von zwei zukunftsfähigen Wohnhöfen in dem bestehenden städtebaulichen Umfeld untersucht. Der daraus resultierende Entwurf greift die städtebauliche Struktur der Umgebung auf. Hierbei entsteht eine zeitgemäße Interpretation der Zeilenbebauung mit Wohnungen in Ost-West-Ausrichtung. Die Durchgrünung des Viertels wird als kontinuierliche vernetzte Struktur wiederhergestellt.

Jeweils zwei der vier viergeschossigen freistehenden Baukörper werden straßenseitig zu zwei Wohnhöfen zusammengefasst. Hier entsteht Raum für ein Identität stiftendes Miteinander der Bewohner.



Abbildung 2: Lageplan genordet

Über die vorgelagerte Eingangsstruktur an der Ludwigsburger Straße und die nachgelagerte Laubengangstruktur werden die Wohnungen von der Innenhofseite erschlossen. Durch die zentrale Anordnung der Tiefgaragenzufahrt direkt an der Ludwigsburger Straße und eine Reduzierung der Stellplätze auf das Minimum, bleibt das Quartier autofrei und eine möglichst große Fläche unversiegelt. So können auch in den Innenhöfen großzügige Bepflanzungen und eine nachhaltige Wasserhaltung realisiert werden.

2.2. Nutzungs- und Erschließungskonzept

Die Wohnungen werden über einen straßenseitig gefassten Eingangsbereich und außenliegende überdachte Laubengänge erschlossen. Jeweils zwei Laubengangfassaden sind einander zugewandt, so dass Wohnhöfe mit Kommunikations-, Spiel- und Bewegungsflächen entstehen. Die Erschließungsflächen werden zu einladenden Nachbarschaftsbalkonen und sollen eine lebendige Wohngemeinschaft unter den Bewohnern fördern. Die zur Straße hin geschlossenen Nebenanlagen mit den Eingangsbereichen schirmen die Wohnhöfe von der Straße ab und fassen die beiden Wohnhöfe. Sie werden multifunktional als Servicebereiche für überdachte Ein- und Durchgangsbereiche sowie die Unterbringung von Fahrrädern und Mülltonnen genutzt.



Abbildung 3: Visualisierung Innenhof oben

Die Anordnung der im Zusammenhang mit dem aufgestellten Mobilitätskonzept reduzierten Anzahl von Stellplätzen erfolgt in einer zentralen Mittelgarage unter bzw. zwischen den unterkellerten mittleren Häusern 2 und 3. Hier befinden sich auch Abstellräume für die Wohnungen. Die witterungsunabhängige Anbindung der nicht unterkellerten Häuser 1 und 4 ist über die eingeschossigen Nebenanlagen gewährleistet.

In jedem der viergeschossigem Wohnriegel sind 21 Wohnungen mit Terrassen und Altanen geplant. Insgesamt wurde sich mit einem Anteil von 2/3 für ein Wohnungsmix zugunsten von kleineren Wohnungen entschieden, um das überwiegend durch große Wohnungen geprägte Wohnungsportfolio der ASWG am Standort Köln-Bilderstöckchen zu ergänzen. Bei der Grundrissentwicklung wurde jedoch eine flexible Wohnungsstruktur durch Zusammenlegbarkeit von kleinen zu größeren Wohnungen berücksichtigt. Ebenso wurde eine spätere Nachverdichtung durch Aufstockung bei der Planung, insbesondere der Haustechnik und des Tragwerks, umgesetzt. Einer möglichen zukünftigen Entwicklung des gesamten Umfeldes zur Schaffung von zusätzlichem Wohnraum wird hiermit Rechnung getragen.

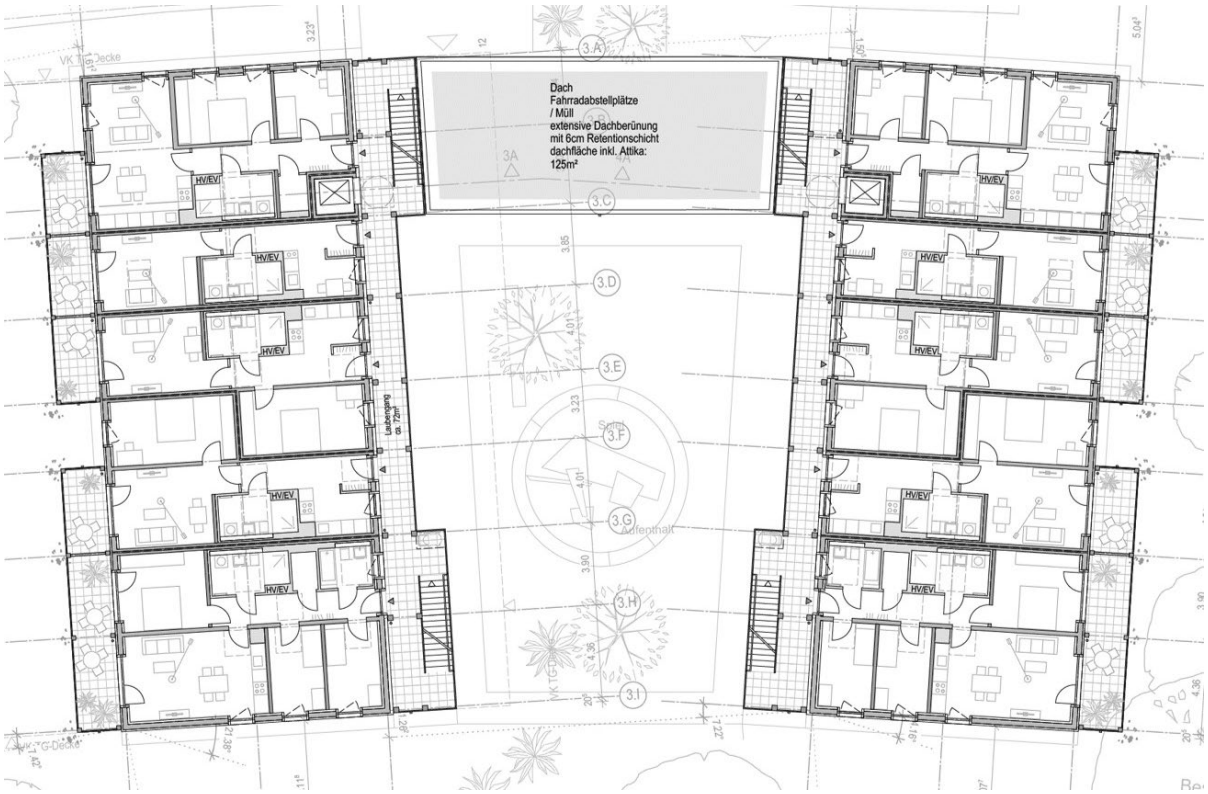


Abbildung 4: Grundriss Regelgeschoss

2.3. Objektplanung / Baukonstruktion

Die vier gleichen Wohnriegel gewährleisten eine effiziente, klar strukturierte und gerasterte Gebäudestruktur. Das weitgehend modulare Bauprinzip ermöglicht eine möglichst kurze Bauzeit mit hohem Vorfertigungsgrad. Den Themen des Unterhalts in der Bestandshaltung wird zum Beispiel durch Installationsebenen an den Wänden Rechnung getragen. Gleichzeitig wird auf eine angenehme Aufenthaltsqualität auch im Bereich der Laubengänge durch den Einsatz von Holzfassadenelementen mit tiefen Sitzbereichen geachtet.

Die kompakten Grundrisse von durchschnittlich 65 m² Wohnfläche sind durchgesteckt mit einer Anbindung an den vorgesetzten Laubengang und einer Hauptausrichtung der Wohnräume zum begrünten Garten mit privaten Altanen. Die größeren Wohneinheiten sind an den Köpfen angeordnet, die kleineren in der Mitte. So entstehen attraktive Wohnräume, die sowohl von der Ausrichtung zum gemeinschaftlichen Wohnhof als auch von der Ausrichtung zur ruhigen Gartenseite profitieren.

Den Kern der Gebäude bildet ein Holzbau. Ergänzt wird dieser durch die vorgesetzte Laubengangstruktur in Stahlbeton-Massivbauweise mit einer vertikalen Erschließung über einläufige Treppen, die auch als erster und zweiter baulicher Rettungsweg dienen sowie einem Aufzug in einem Stahlbeton-Aufzugsschacht. An der Außenseite befindet sich eine vorgesetzte Altan-Struktur in Stahlbeton-Massivbauweise. Die erdberührten Bauteile werden ebenfalls in Stahlbeton realisiert.

Alle Flachdächer sind extensiv oder intensiv begrünt und auf den Hauptbaukörpern mit Photovoltaik-Modulen versehen.

Der Haupt-Gebäudekörper besteht aus überwiegend vorgefertigten Holzelement- und Modulbauteilen. Die Grundkonstruktion als Holzmassivbau wird durch Außenwände als Holzrahmenbau ergänzt. Unterschiedliche Fassadentypen als hinterlüftete Holzfassade oder Putz-Verbundsystem bilden Qualität aber auch eine möglichst wirtschaftliche Bauweise und Instandhaltung ab. Außen liegende Verdunkelungs- bzw. Verschattungselemente sowie eine natürliche Belüftung bleiben das Mittel der Wahl. Im Einzelnen ist der Grundbaukörper wie folgt aufgebaut:

- Massivholz-Flachdach 16 cm Brettsperrholz mit oberseitiger Gipsfaserplatte und Gründachaufbau mit PV-Modulen, unterseitig Sichtholz
- Wohnungstrenndecken als Massivholzdecken 16 cm Brettsperrholz mit oberseitiger Gipsfaserplatte und mit schwimmendem Zementestrich und Fußbodenheizung bzw. Badmodulboden, unterseitig Sichtholz
- Vorgefertigte Außenwandmodule als Holzrahmenbau mit innenseitiger Vorsatzschale als Installationsebene und außenseitiger Fassadenbekleidung z.T. hinterlüftet
- Vorgefertigte Massivholz-Wohnungstrennwände als doppelschalige Brettsperrholz-Konstruktion 2 x 10 cm beplankt mit Gipsfaserplatten
- Tragende Vorgefertigte Massivholz-Innenwände 12-20 cm Brettsperrholz beplankt mit Gipsfaserplatten
- Aufzugsschacht Stahlbeton mit wohnungsseitig vorgesetzten Brettsperrholz-Wandelementen
- Bäder als Fertigmodule mit Anschluss an seitliche Installationsschächte

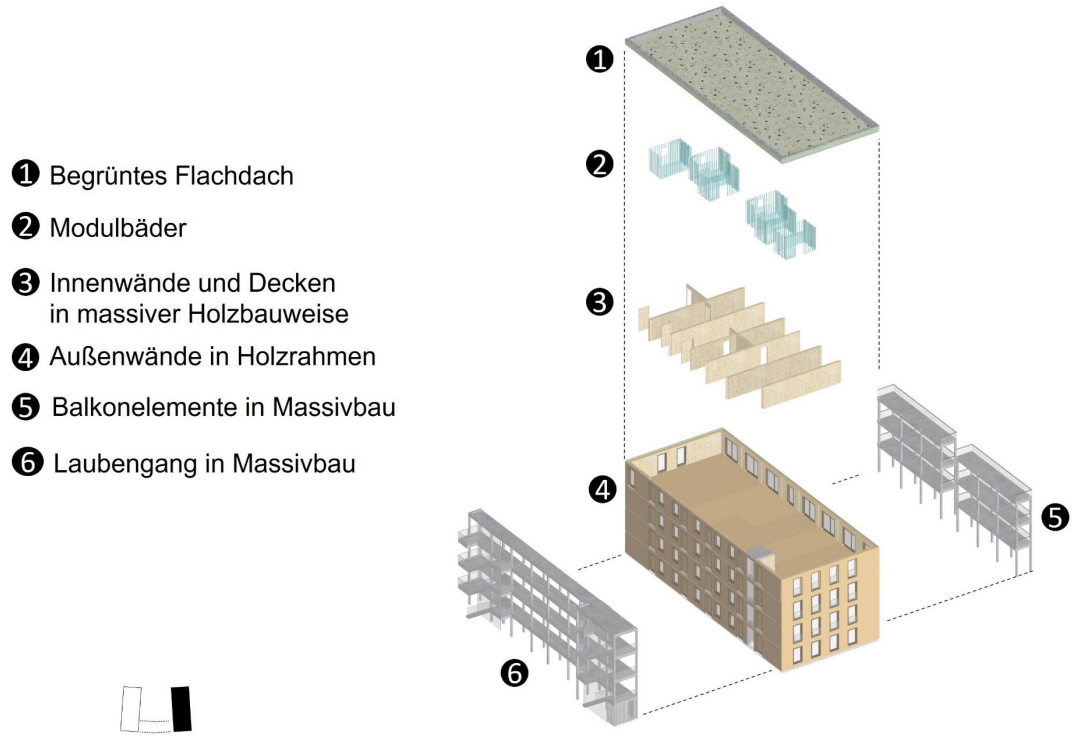


Abbildung 5: Isometrie Hauptbaukörper

2.4. Mobilitätskonzept

Die im Rahmen der Stellplatzsatzung der Stadt Köln erforderlichen 37 PKW werden in der von den Häusern 2 und 3 aus zugänglichen Mittelgarage nachgewiesen.
Die Fahrräder werden witterungsgeschützt in den abgeschlossenen Nebenanlagen in unmittelbarer Nähe zur Straße untergebracht und sind für die Öffentlichkeit nicht frei zugänglich. Die Lastenräder werden ebenfalls nicht öffentlich zugänglich im Bereich der Laubengänge abgestellt. Die Unterbringung der Fahrräder erfolgt somit ausschließlich barrierefrei im Erdgeschoss. Der Weg zum Fahrrad ist damit näher und bequemer als der Weg zum Pkw in der Tiefgarage. Dies fördert die Nutzung von Fahrrädern im Alltagsverkehr.
Vor den Hauseingängen werden entlang der Straße sowohl Fahrradabstellflächen für Besucher als auch Abstellflächen für Lastenräder von Lieferdiensten angeboten.
Im nordöstlichen Grundstücksbereich werden an der Böblinger Straße drei PKW-Stellplätze mit Ladestationen für einen Carsharing-Anbieter angeordnet. Entlang der Ludwigsburger Straße wird eine weitere Fläche für ein Bikesharing-Angebot bereitgestellt.

2.5. Energiekonzept

Auf den extensiv begrünten Dächern der Wohngebäude werden Photovoltaik-Anlagen platziert. Auf jedem Dach befinden sich zwei getrennte Anlagen, jeweils auf rund 75% bzw. 25% der Dachfläche. Im Fall einer nachträglichen Aufstockung mit Nicht-Vollgeschossen können die größeren Anlagen demontiert und auf den aufgestockten Gebäudeteilen erneut montiert werden während die kleineren Anlagen in der Bauphase weiterhin den Betrieb fortsetzen können.

Die Beheizung der Wohnanlage erfolgt über zwei zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen, untergebracht in einem Raum in Verlängerung der TG-Rampe. Die Pumpen werden mit CO_2 als natürlichem Kältemittel betrieben, obwohl gemäß der aktuellen F-Gase-Verordnung derzeit noch Anlagen mit einem GWP >150 mit fluorierten Kältemitteln in Betrieb genommen werden dürfen.

Die Gebäude entsprechen dem KfW 40-Standard und erfüllen die Anforderungen an das staatliche Qualitätssiegel QNG-PLUS sowie die Anforderungen an das Bewertungssystem Nachhaltige Gebäude (BNG) der Zertifizierungsstelle BiRN in Bezug auf die ökologische, soziokulturelle und ökonomische Qualität von Gebäuden sowie an die Qualität der Planungs- und Bauprozesse.

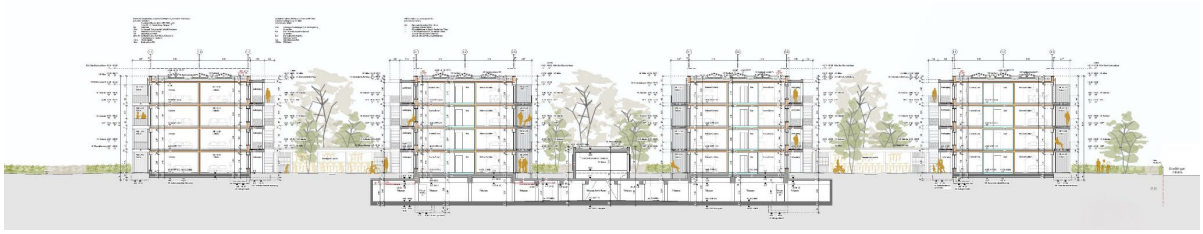


Abbildung 6: Querschnitt

2.6. Außenanlagen

Die Planung sah ursprünglich die Errichtung von vier Wohngebäuden mit zwei Tiefgaragen vor. Aufgrund der geänderten Kölner Stellplatzsatzung und der Aspekte eines Mobilitätskonzeptes konnte auf die zweite Tiefgarage einschließlich Rampe verzichtet werden. Dies führt zu einer deutlichen Reduzierung der versiegelten bzw. mit einem Gebäudekörper unterbauten Bereiche und zu einer Vergrößerung der Flächen, in denen Niederschlagswasser ungehindert versickern kann.

Der Verzicht auf eine Unterkellerung der beiden äußeren Wohngebäude 1 und 4 führt in den unmittelbar umgebenden Bereichen zu einer Verkleinerung der Baugruben, was sich wiederum positiv auf vorhandenes Wurzelwerk und somit den Erhalt der bestehenden Baumstrukturen auswirkt.

Neben dem weitgehenden Erhalt des Baumbestands werden erforderliche Ersatzpflanzungen so weit wie möglich auf dem Grundstück vorgenommen.

Sämtliche Dächer erhalten eine extensive Dachbegrünung. Diese reduziert die abfließende Menge des anfallenden Niederschlagswassers und wirkt sich in Hitzeperioden aufgrund des Kühlungseffekts nicht nur positiv auf Mikroklima, sondern auch auf die Leistungsfähigkeit der Photovoltaik-Anlagen aus.

Aufgrund der tragenden Holzkonstruktion werden die Dächer der Wohngebäude nicht als Retentionsdächer ausgebildet. Die potentiellen Starkregenereignisse werden über Retentionsflächen auf den eingeschossigen Nebenanlagen aufgefangen.

Von den Dächern wird das anfallende Niederschlagswasser zum lokalen Wasserrückhalt in Zisternen abgeleitet und kann für die Gartenbewässerung in Trockenphasen genutzt werden. Von den Zisternen wird das überschüssige Wasser wiederum in Versickerungsrigolen abgeleitet.



Abbildung 7: Visualisierung Innenhof

3. Steckbrief Projekt



Abbildung 8: Visualisierung Straßenansicht

3.1. Projektkennwerte

Gebäude	4
Wohneinheiten	84
Wohnungsgemenge	24 x 1-Zi-WE
	32 x 2-Zi-WE
	16 x 3-Zi-WE
	12 x 4-Zi-WE
BGF R+S unterirdisch	1.884 m²
BGF R+S oberirdisch	8.865 m²
BRI R+S unterirdisch	7.153 m³
BRI R+S oberirdisch	26.818 m³

3.2. Projektbeteiligte

Bauherr	Aachener Siedlungs- und Wohnungsgesellschaft mbH, Köln
Architektur	schultearchitekten, Köln
Statik + Bauphysik	Prause Holzbauplanung, Lindlar
Haustechnik	bähr ingenieure GmbH, Köln
Brandschutz	Krätzig & Partner, Bochum
Entwässerung	Fredersdorf Consulting, Köln
Mobilität	BSV, Aachen
QNG	WERK.E, Paderborn

HANSEeins – Brachflächen-revitalisierung durch Holzbau

Dipl.-Ing. Olaf Pestl
IGW – Iserlohner Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft
Iserlohn, Deutschland



HANSEeins – Brachflächen-revitalisierung durch Holzbau

Die Iserlohner Gemeinnützige Wohnungsgesellschaft mbH (IGW) hat mit dem Projekt HANSEeins ein innovatives Konzept zur Nutzung einer innerstädtischen Brachfläche durch Holzbau umgesetzt. Als **älteste und größte Wohnungsgesellschaft Iserlohns** blickt die IGW auf eine lange Tradition zurück. Seit 1891 ist die IGW mit dem Auftrag der «Beschaffung gesunder Wohnungen» betraut und seit einigen Jahren mit einer eigenen Planungsabteilung stärker denn je in Quartiers- und Stadtentwicklungsprozessen engagiert.

Der Wohnungsbestand liegt bei knapp 2.000 Wohn- und 40 Gewerbeeinheiten in ca. 330 Objekten. Die Entwicklung der Mieten in den letzten zwölf Jahren wurde sozialverträglich gestaltet – die durchschnittliche Kaltmiete lag 2010 bei 4,13€/m² und 2022 bei 5,43€/m².

1. Ausgangslage und Herausforderung

Die Stadt Iserlohn mit über 90.000 Einwohnern blickt auf eine lange industrielle Tradition zurück. Gelegen zwischen der Metropolregion Ruhrgebiet und dem ländlich geprägten Sauerland bietet das Stadtgebiet auf Grund ausgedehnter Waldflächen auf der einen und hoher urbaner Dichte auf der anderen Seite wenig Flächenpotenziale im städtischen Kontext neu zu entwickeln. **Das Areal der ehemaligen Hänsel Textil-Fabrik wurde als solche Potenzialfläche identifiziert und entwickelt.**



Abbildung 1: Luftbilder 2018 und 2021 (Quelle: Stadt Iserlohn)

Kernaufgabe für die Revitalisierung bzw. innerstädtische Nachverdichtung war die Nutzung vorhandener Strukturen – insb. die Tiefgarage der Fabrik sollte weitergenutzt werden. **Der städtebauliche Kontext erforderte eine hohe Dichte und Kompaktheit der neu zu entwickelnden Strukturen.** Die Qualifizierung des öffentlichen Raumes sowie die Reduzierung von motorisiertem Verkehr war eine weitere Herausforderung im Entwurfsprozess. Ein städtebaulicher Wettbewerb war Grundlage dieses Entwurfsprozesses. **Aufgabe der IGW im Speziellen war die Entwicklung und Vermietung unterschiedlicher Wohnformen – hier insb. auch von günstigen Wohnungen. Ein Ärztehaus wurde als weiterer notwendigere Baustein identifiziert und umgesetzt.** Durch eine durchgehende Beteiligung der IGW, wurde auf Grundlage der städtebaulichen Konzepte ein Bebauungsplan für ein Urbanes Gebiet erstellt.



Abbildung 2: Luftbild 2023 (Quelle: Stadt Iserlohn)

2. Konzept

Die intakte, kleinteilige städtische Struktur und großen Straßenbäume stellen ein großes Potenzial für einen attraktiven Lebens- und Arbeitsort in der lebendigen Stadt Iserlohn dar. **Das städtebauliche Konzept schafft am Teutoburger Platz und an der Hansaallee eine neue Identität** und unterschiedliche Adressen.

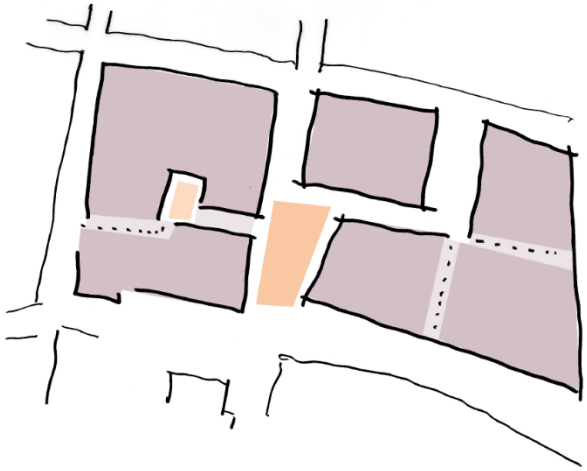


Abbildung 3: Strukturskizze (Quelle: Reicher Haase Associierte GmbH)

Im östlichen Bereich sind zwei gut proportionierte Baufelder entwickelt worden. Durch das Einrücken des südlichen Baufeldes weitet sich die Teutoburger Straße zum Teutoburger Platz auf. Dieser Platz bildet die zentrale Adresse des neuen Quartiers mit der Möglichkeit für gastronomische Nutzungen und als Verbindungspunkt der gewerblichen Nutzungen im Umfeld.

Das **Objekt HANSEeins als städtebauliche Dominante** ist auf der ehemaligen Tiefgarage, die nun als öffentliche Terrasse/Balkon fungiert, baulich erhöht mit Gastronomie und Dienstleistungen (IGW Zentrale und Apotheke) positioniert. Die Vorderseite des Objektes und die Eingänge orientieren sich eindeutig zu diesem öffentlichen Raum und zur Hauptstraße – der Hansaallee.

Die Grundrisse im Objekt sind für diverse Nutzungen flexibel umgestaltbar. Bei der neuen **Zentrale der IGW im Speziellen konnten die Büroräume ausgeweitet werden und die Umstellung auf ein System aus Front- und Backoffice erfolgen.** So profitiert die IGW durch einen zeitgemäßen Umgang mit Kunden und Partnern.

Baulich ist ein wichtiger Schritt in Richtung nachhaltiges Bauen durch die IGW erfolgt. Der Holzbau mit Erschließungskern aus Beton erfüllt den KfW40 Standard. Durch einen Fernwärmeanschluss wird ein Großteil der im Betrieb anfallenden CO_2 Emissionen eingespart – die Iserlohner Fernwärme ist (als unvermeidbare Abwärme der Müllverbrennung) zertifiziert grün. Der Betontreppenhauskern ist aufgrund der großen Deckenspannweiten und zur Verfahrensvereinfachung in der Genehmigungsphase nicht aus Holz errichtet worden. **Auch ökonomisch war diese Bauweise sinnvoll, da hier durch die Gewichtsreduktion auf eine zusätzliche Gründung verzichtet werden konnte.**



Abbildung 4: HANSEeins (Quelle: © Julia Reschucha)

3. Erfahrungen aus dem Prozess

Im Prozess wurde die Komplexität moderner Hochbauvorhaben – insb. im Bereich Holzbau im urbanen Kontext deutlich. Begleitet wurde die IGW durch das Architekturbüro CEP aus Lünen. Einige Punkte von der Planung bis zu Fertigstellung werden im Folgenden kurz dargestellt:

Vorbereitende Arbeiten / Abbruch:
- 100.000 m³ Umbauter Raum abgebrochen
- 25.000 m³ RC-Schotter entstanden und teilw. verbaut
- 1,6 Mio. € Kosten für Baureifmachung

- **Statik:** Holz ist leichter aber **weicher** – deswegen Betonkern. Außenwände und Decken sind teilweise Massivholz ausgeführt

- **Akustik:** Schallschutz insb. **Trittschall** stellt (insb. im Wohnungsbau) eine Herausforderung dar (erhöhter Estrichaufbau).
- **Brandschutz:** Die **Abbrandraten der verwendeten Hölzer sind sehr gut.** Holz brennt langsam und die äußere verbrannte Schicht ist nicht für Tragfähigkeit erforderlich.
- **Architektur:** Höherer Aufwand Vorplanung – **dafür schnelle Bauzeit!**
- **Kooperation:** Wenig Erfahrung bei Partnern und Kommune / Feuerwehr etc. resultiert in hohem (Betreuungs-)Aufwand der Fachplanungen. Die Anforderungen an Brandschutz / Energie / Architektur können sich auch im Wege stehen.



Abbildung 5: Bauphase HANSEeins – Architektur CEP Architekten, Lünen (Quelle: IGW)

Insgesamt 600 m³ Holz verbaut:
- Konstruktionsvollholz für Stützen und Träger / Brettschichtholz für Decken
- Wände und Decken: **Fichte**
- Schwellhölzer: **Lärche / Douglasie**
- Herkunft **Sauerland / Österreich**
- **Lokaler Produzent: wieseholz**
- Wände im Werk vorproduziert und beidseitig beplankt an die Baustelle geliefert

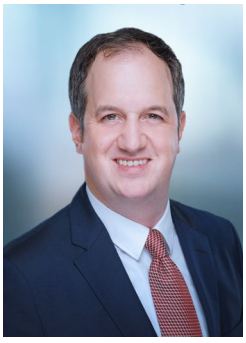


Abbildung 6: Foyer IGW Zentrale HANSEeins (Quelle: © Julia Reschucha)

Trotz dieser Herausforderungen und Baukostensteigerungen plant die IGW, in den nächsten Bauabschnitten geförderten Wohnungsbau als Holzbau zu realisieren. Dies unterstreicht das Engagement der Gesellschaft, weiterhin «günstiges Wohnen» anzubieten und gleichzeitig innovative, nachhaltige Baukonzepte umzusetzen.

Holzbau in der Bewirtschaftungspraxis – Herausforderung oder Selbstläufer?

Klaus Pelzer
GWG Wohnungsgesellschaft mbH
Rhein-Erft
Hürth, Deutschland



Holzbau in der Bewirtschaftungspraxis – Herausforderung oder Selbstläufer?

Der Holzbau gewinnt in der modernen Bauwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Dies liegt vor allem an der Nachhaltigkeit des Materials und den neuen technologischen Möglichkeiten, die Holz für verschiedenste Bauprojekte nutzbar machen. Doch wie gestaltet sich der Holzbau in der praktischen Umsetzung? Ist er ein Selbstläufer, der auf Grund seiner Vorteile automatisch immer erfolgreicher wird, oder birgt er doch erhebliche Herausforderungen in der Bewirtschaftungspraxis? Dieses Referat beleuchtet die Erfahrungen der **GWG Rhein-Erft**, die mehrere Holzbauprojekte realisiert hat.

1. Kurzvorstellung der GWG Rhein-Erft

Die **GWG Wohnungsgesellschaft mbH Rhein-Erft** mit Sitz in Hürth ist seit über 80 Jahren ein führendes kommunales Wohnungsunternehmen im Rhein-Erft-Kreis. Das Unternehmen hat sich auf die Errichtung, Betreuung, Bewirtschaftung und Verwaltung von Wohn- und Gewerbeobjekten aller Rechts- und Nutzungsformen spezialisiert. Die GWG wird von starken Gesellschaftern unterstützt, zu denen die Städte Frechen, Pulheim und Köln, die Stadtwerke Hürth und Wesseling sowie die Kreissparkasse Köln gehören. Diese Partnerschaften tragen wesentlich dazu bei, das zentrale Ziel des Unternehmens zu erreichen: die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum für breite Bevölkerungsschichten im Rhein-Erft-Kreis.

Mit einem engagierten Team von rund 80 Mitarbeitern, darunter eine eigene Bauabteilung, bewirtschaftet die GWG aktuell 3.151 eigene und 685 fremdverwaltete Wohnungen. Damit bietet sie rund 10.000 Menschen in der Region komfortables und sicheres Wohnen zu fairen Mieten. Die Wohnungsbestände verteilen sich auf die Städte Pulheim, Frechen, Hürth, Erftstadt, Wesseling und einige Stadtteile Kölns.

Nachhaltigkeit und umweltbewusstes Handeln stehen im Mittelpunkt der Unternehmensstrategie. Durch den Einsatz moderner Heizungstechnik, die Reduzierung des Energieverbrauchs und die verantwortungsvolle Auswahl von Materialien, leistet die GWG einen aktiven Beitrag zum Schutz von Umwelt und Ressourcen. In den letzten Jahren investierte das Unternehmen durchschnittlich über 3 Millionen Euro jährlich in energetische Sanierungsmaßnahmen, die zu einer spürbaren Senkung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen geführt haben.

Als verantwortungsbewusste Wohnungsgesellschaft verfolgt die GWG weiterhin das Ziel, Wohnraum für einkommensschwächere Bevölkerungsgruppen bereitzustellen. Rund ein Drittel des aktuellen Wohnungsbestands unterliegt der Mietpreisbindung und ist für Mieter mit Wohnberechtigungsschein reserviert. Darüber hinaus legt die GWG auch bei ihren frei finanzierten Wohnungen Wert auf eine sozial ausgewogene und wirtschaftlich vertretbare Mietenpolitik.

Für die Zukunft plant die GWG, sich verstärkt auf die Stadtteil- bzw. Bestandsentwicklung zu konzentrieren. Mit entsprechenden Konzepten und Maßnahmen erfüllt das Unternehmen die Anforderungen der Kommunen und trägt zur Stärkung der Wohn- und Wirtschaftsstandorte im Rhein-Erft-Kreis bei.

2. Holzbau: Umsetzung und Einsatz

Die GWG Rhein-Erft hat zwischen 2017 und 2024 insgesamt **acht Holzbauprojekte** umgesetzt. Diese umfassten **vier Wohngebäude** (je eins in Frechen und Erftstadt sowie zwei in Hürth), darunter eine **Flüchtlingsunterkunft** und drei **öffentlich-geförderte Wohnbauprojekte**. Zusätzlich wurden fünf Kindertagesstätten errichtet, wovon eine in eins der Wohnbauprojekte integriert ist und vier freistehend gebaut wurden.

Die GWG Rhein-Erft setzte dabei auf **Holzrahmenbauweise**, da diese kostengünstiger als die Massivholzbauweise waren. Trotz der Herausforderungen des Holzbaus, konnten so die Projekte unter wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten, erfolgreich und effizient umgesetzt werden.



Abbildung 1

Klosterstraße

Lage: Frechen
Gesamtfläche Grundstück: 1.984 qm
Wohnfläche: 1.084 qm
Geschosse: 3
Baustil/ Gestaltung: Holzrahmenbau mit Holzfassade und Laubengängen
Anzahl Wohneinheiten: 18
Whg.-Größen: 60 qm

Zum Silbersee

Lage: Erftstadt
Gesamtfläche Grundstück: 1.248 qm
Wohnfläche: 720 qm
Geschosse: 3
Baustil/ Gestaltung: Holzrahmenbau mit Holzfassade und Laubengängen
Anzahl Wohneinheiten: 12
Whg.-Größen: 60 qm



Abbildung 2



Abbildung 3

Nettgesweg

Lage: Hürth
Gesamtfläche Grundstück: 3.339 qm
Wohnfläche: 1.186 qm
Geschosse: 3
Baustil/ Gestaltung: Holzrahmenbau mit Verkleidung in Ziegelmauerwerk und Holzschalung in Fassadenrücksprüngen
Anzahl Wohneinheiten: 15
Whg.-Größen: 58 – 112 qm

Kierdorfer Straße

Lage: Hürth
Gesamtfläche Grundstück: 1.389 qm
Wohnfläche: 952 qm
Geschosse: 3
Baustil/ Gestaltung: Holzrahmenbau mit Holzfassade und Laubengängen
Anzahl Wohneinheiten: 9
Whg.-Größen: 97 – 112 qm



Abbildung 4

3. Erfahrungen der GWG Rhein-Erft

3.1. Abteilung «Neubau»

Die Abteilung «Neubau» hat in den letzten Jahren umfangreiche Erfahrungen mit dem Holzbau gesammelt. Im weiteren Verlauf wird aus wohnungswirtschaftlicher Sicht auf die vier oben genannten Wohngebäude detaillierter eingegangen.

Holz ist eines der ältesten Baumaterialien, doch moderne Verfahren haben seine Anwendungsbereiche stark erweitert. Besonders im mehrgeschossigen Wohnungsbau und bei öffentlichen Gebäuden gewinnt Holz an Bedeutung. Besondere Materialien ermöglichen es, auch große Bauprojekte sicher und effizient in Holzbauweise umzusetzen. Zudem wird Holzbau als klimafreundliche und energieeffiziente Alternative zu traditionellen Bauweisen wahrgenommen.

Gerade im Hinblick des zentralen Zieles des Unternehmens: die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum für breite Bevölkerungsschichten, des starken Nachfrageüberhangs an Wohnungen sowie der neuen immensen Maßgabe den Wohnungsbestand bis 2045 klimaneutral zu gestalten, bot der Holzbau zahlreiche Vorteile:

- **Nachhaltigkeit:** Holz ist ein nachwachsender Rohstoff mit geringer CO_2-Belastung
- **Energieeffizienz:** Dank seiner natürlichen Dämmeigenschaften trägt Holz zu einer nachhaltigen Gebäudebewirtschaftung bei.
- **Schnelle Bauweise:** Holzbauprojekte, vor allem in vorgefertigter Bauweise, ermöglichen kürzere Bauzeiten und hohe Präzision. Dadurch resultiert eine geringere Belastung der Nachbarschaft und eine schnellere Vermietbarkeit der Wohnungen.

Trotz seiner Vorteile birgt der Holzbau einige Herausforderungen, denen sich die Abteilung Neubau während der Planungsphase u.a. stellen musste:

- **Brandschutz:** Holz erfordert spezifische Brandschutzmaßnahmen, obwohl moderne Holzbautechniken die Feuerbeständigkeit deutlich verbessert haben.
- **Schallschutz**: Der Schallschutz in Holzgebäuden stellt besondere Anforderungen an die Planung.
- **Schutz vor Feuchtigkeit und Schädlingen:** Eine durchdachte Planung und Bauausführung sind erforderlich, um Holzbauten gegen Feuchtigkeit und Schädlinge zu schützen.

In der **Planungsphase** sind umfassende Kenntnisse über den Holzbau, dessen konstruktive Anforderungen und die spezifischen Planungsvorgaben, z.B. aus den Anforderungen der Bauordnung, entscheidend. Die Planung muss frühzeitig festgelegt werden, damit die Vorteile der Bauweise, z.B. die Vorfertigung zum Tragen kommen. Spätere Änderungen sind nur schwer umsetzbar. Um die Baukosten zu minimieren, empfiehlt es sich, einfache Gebäudeformen zu wählen und große Spannweiten zu vermeiden. Besonders wichtig ist es, den Schall- und Brandschutz genau zu berücksichtigen, da diese Aspekte besondere Anforderungen an die Planung stellen. Die Zusammenarbeit mit erfahrenen Holzbauern mit entsprechender Expertise als Generalunternehmer, brachten gute Voraussetzungen für einen gesicherten und reibungslosen Bauprozess. Aufgrund der geringen Erfahrung mit dieser Bauweise in dieser Region, ist zudem eine frühzeitige Abstimmung mit den regionalen Behörden und der Feuerwehr notwendig, damit alle Beteiligten sich mit der Bauweise vertraut machen und potenzielle Missverständnisse oder Voreingenommenheiten rechtzeitig ausgeräumt werden können.



Abbildung 5: Muster Gebäudeform / Grundriss

In der **Bauphase** spielt die Organisation eine wichtige Rolle. Es muss ausreichend Fläche für den Einsatz von Kränen und entsprechende Lagerfläche für die vorgefertigten Elemente vorhanden sein. Idealerweise erfolgt die Montage während eines trockenen Zeitraums, um Feuchtigkeitsschäden zu vermeiden. Eine enge Abstimmung der Schnittstellen zu den Gewerken wie den Erdarbeitern, Rohbauern und Garten- und Landschaftsbauern, ist erforderlich, um einen reibungslosen Baufortschritt zu sichern.



Abbildung 6

Da in der Region derzeit nur wenige Handwerker mit dem Holzbau vertraut sind, ist der Bewerberkreis für solche Projekte beschränkt. Alternativ hat man das Risiko, dass man mit Unkenntnis rechnen muss und dadurch ein erhöhter Betreuungsaufwand notwendig ist.

Besonders die Gebäudehülle, u.a. die Außenwand, erfordert Aufmerksamkeit, da sie die luftdichte Ebene des Gebäudes bildet und Feuchtigkeit in der Konstruktion vermieden werden muss. Dabei ist auch bei der späteren Betreuung des Gebäudes in der Instandhaltung essenziell, eine umfassende Aufklärung bei Handwerksbetrieben zu gewährleisten. Typische Mieteranfragen, etwa zu Markiseninstallationen und die sich daraus ergebenen «Löcher» in der Fassade, erfordern eine klare Kommunikation zum Umgang mit der Fassade mit den Handwerksbetrieben. Genauso verdienen Wasserschäden besondere Beachtung in der Instandhaltung, vor allem wenn sie verdeckt sind oder langfristig Hohlräume betreffen.



Abbildung 7



Abbildung 8

Potenzielle Mängel, wie zum Beispiel Risse oder der Verzug von Fassadenbrettern, Farb- und Verwitterungsunterschiede oder der Verzug von Holzelementen, erfordern kontinuierliche Aufmerksamkeit. Hinzu kommt, dass die Projekte ohne Keller ausgeführt werden, was weitere spezifische Anforderungen an die Bauplanung stellt. Schließlich erwarten Mieter in der Regel zusätzlich zu ihrer Wohnung auch Abstellflächen, die dann entweder in den Obergeschossen oder als Boxen im Außenbereich eingeplant wurden.

3.2. Abteilung «Instandhaltung»

Die **Abteilung «Instandhaltung»** hat im Rahmen der Erstvermietung und beim Mieterwechsel einige wertvolle Erfahrungen gesammelt. Es hat sich herausgestellt, dass eine frühzeitige und umfassende Aufklärung der Mieter über die Besonderheiten des Wohnens im Holzbau durch die Neubauabteilung und die Vermietung von großem Vorteil ist.

Zukünftig könnten den Mietern Ansichten und Pläne proaktiv zur Verfügung gestellt werden, um die Transparenz weiter zu verbessern. Es ist von großer Bedeutung zu wissen, wo ausgewiesene Hängepunkte schwerer Lasten (z.B. zur Installation von Hängeschränken) sind, um Schäden an der Struktur zu vermeiden. Ebenso ist es zwingend erforderlich geeignete Holzschrauben zu verwenden, um die Stabilität zu gewährleisten. Des Weiteren muss bei der Montage an Außenwänden mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden, um die Dampfbremse nicht zu beschädigen, wodurch schwerwiegende Folgeschäden (Feuchtigkeit/Schimmel) entstehen könnten.

Der schnelle interne Zugriff auf Informationen aller relevanten Fachbereiche, insbesondere auf Revisionspläne, die die Infrastruktur des Gebäudes betreffen, ist essenziell, um eine reibungslose Instandhaltung zu gewährleisten. Häufiger kam es vor, dass sich Mieter über Risse in den Wandinnenecken beschwerten. Der Holzbau neigt zu mehr Bewegung und dies führt häufig zur Rissbildung. Deshalb ist es sinnvoll, die Bekleidung der Holzrahmen in den Ecken getrennt auszuführen, sogenannte Sollrissstellen. Da vielen Mietern diese Bauweise nicht bekannt ist, muss auch hier Aufklärungsarbeit geleistet werden, da es keinen Mangel darstellt.

Ein praktisches Beispiel zeigt jedoch, dass die Nutzung des Badezimmers durch einen Mieter als «Teppichwaschraum» zu erheblichen Problemen führen kann. Häufig auftretende Spannungsrisse am Silikon und Gipskarton entstehen aufgrund der natürlichen Bewegung des Holzes und müssen, insbesondere in Feuchtraumbereichen, regelmäßig überprüft bzw. gemeldet werden. Durch die dauerhafte Feuchtigkeit als Waschraum, die teils unbemerkt in die Konstruktion eindrang, entstand die Gefahr von Fäulnis. Wasser drang darüber hinaus in die darunterliegende Etage ein, was zu Wasserflecken an der Holzdecke führte, die nur schwer entfernt und bleibende optische Schäden hinterließen. Dies beeinträchtigt das ästhetische Erscheinungsbild und damit die Wohnqualität der Mieter. Ein weiteres Schadensbild zeigte sich, als eine nicht ordnungsgemäß abgedichtete Heizungsleitung im Badezimmerboden verlief. An den Heizungsrohren der bodengleichen Dusche sammelte sich Wasser und führte zu Rostbildung und zu einem Wasserschaden. Zudem lehnten Handwerksbetriebe Trocknungsaufträge in o.g. Fällen oft ab, was die Situation weiter verkomplizierte. Tendenziell würden wir zukünftig eher Duschtassen, anstatt ebenerdige Duschen verbauen, um dem entgegenzuwirken.



Abbildung 9

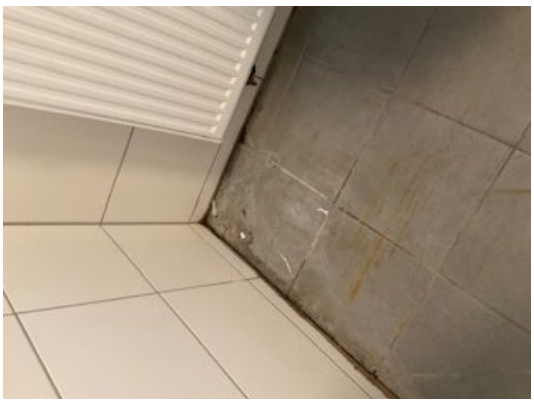


Abbildung 10

Eine weitere Herausforderung, der sich die Instandhaltung stellen musste, war ein Schädlingsbefall durch Bettwanzen. Dieser ist in unserem ersten fertigstellten Projekt in der Klosterstraße, welches als Flüchtlingsunterkunft diente, aufgetreten. Die Bettwanzen konnten sich in den baubedingten Fugen begünstigt und ungehindert verbreiten, was zu einem schnellen übergreifenden Befall auf andere Wohneinheiten zur Folge hatte. Es entstand ein hoher Personal- und Kostenaufwand zur Bekämpfung des Schädlingsbefalls.

Positiv herauszustellen ist, dass es bisher keine Schimmelfälle in den Holzbauprojekten gab, was in der Instandhaltungspraxis doch eher Seltenheitswert hat.

3.3. Abteilung «Wohnungsverwaltung»

Die **Abteilung «Wohnungsverwaltung»** hat bisher keine klassische Erfahrung in der eigenen Vermarktung der Wohnprojekte gemacht. Die bisherigen Holzbauprojekte wurden im Rahmen des öffentlich geförderten Wohnungsbaus mit Besetzungsrechten der Städte (WBS) genutzt oder dienten als Flüchtlings- und Obdachlosenunterkünfte.
Es ist kein differenzierendes Mieterklientel zum konventionellen Bau erkennbar. Die Wahl des Baumaterials – Holz oder Beton, scheint keinen direkten Einfluss auf die Zusammensetzung und die Entscheidung der Mieter zu haben. Auschlaggebende Auswahlkriterien sind weiterhin die Lage, die Größe und Ausstattung der Wohnung sowie das Preisniveau. Die Zahl der Mieterwechsel entsprach dem Durchschnitt, ohne auffällige Schwankungen. Die Bauweise hat demnach unserer Erfahrung nach, keinen direkten Einfluss auf die Mieterfluktuationsrate. Es hängt stärker von den individuellen Lebensumständen und Bedürfnissen der Mieter ab.

Bei der Vermietung wird den Mietern auf die besonderen Eigenschaften der atmungsaktiven Wände hingewiesen, die ein ausgeglichenes Raumklima fördern. Außerdem wird die warme und einladende Optik der Holzbauweise betont: In einem der Objekte sind sowohl die Wände als auch die Decken in Holzansicht gehalten, während in drei weiteren Objekten nur die Decken aus Holz bestehen und die Wände tapeziert und gestrichen sind. Um die Bausubstanz langfristig zu schützen, wurde eine Mietvertragsklausel eingeführt, die das Tapezieren und Streichen der sichtbaren Holzoberflächen wie den Decken und Wände untersagt.

Bezüglich der Ausstattung gibt es keine nennenswerten Unterschiede im Vergleich zu konventionellen Bauprojekten. Dennoch gab es einige Mängel und Mieterbeschwerden, insbesondere im ersten Holzbauprojekt in der Klosterstraße, wo Lärm- und Geruchsbelästigung auftraten. Einige Mieter empfinden zudem die Holzdecken und -wände als bedrückend oder sehen darin eine Einschränkung der Wohnqualität, insbesondere bei der Möblierung und Einrichtung ihrer Wohnung (z.B. Anbringung von Schränken und Bildern.)

Impressionen

- Kombination aus Holz und Platten wirkt warm, modern, ansprechend
- Standard Ausstattung Wohnungen
- Wohnung mit sichtbarer Holzdecke
- Wohnung mit sichtbarer Holzdecke und -wand



Abbildung 11



Je nach wetterbeanspruchter Außenseite des Holzbaus zeigt sich ein ungleichmäßiges und verwittertes Erscheinungsbild. Es bleibt abzuwarten, wie sich dies in den kommenden Jahren weiter darstellt. Dennoch kann es bereits jetzt bei Wohnungsbesichtigungen auf den ein oder anderen abschreckend wirken.

Abbildung 12

4. Resümee und Ausblick

Holzbau stellt sowohl eine Chance als auch eine Herausforderung dar. Die **GWG Rhein-Erft** hat mit ihren Projekten gezeigt, dass der Einsatz von Holz erfolgreich realisierbar ist. Trotz der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen bietet der Holzbau enorme Potenziale für die Zukunft, besonders in Hinblick auf Nachhaltigkeit und Energieeffizienz. «Selbstläufer» wird es bei Wohnimmobilien nie wirklich geben, es wird aber interessant, wie die Branche auf die bestehenden Herausforderungen reagiert und welche technologischen Fortschritte in den kommenden Jahren erreicht werden. Hier gilt es auch abzuwarten, ob und inwieweit sich die Anforderungen der Nutzer verändern. Gleiches gilt für die Gesetzgebung rund um das Thema Bauen, die letztlich für mehr oder aber weniger Aufwand sorgen könnte.

Um die Bewirtschaftung der Holzbauprojekte effizienter zu gestalten, kann die GWG Rhein-Erft durch eine weitere Standardisierung der internen Prozesse erheblich profitieren. Ein proaktives, einheitliches Vorgehen ermöglicht es, Mietanliegen schneller und reibungsloser zu bearbeiten, anstatt erst auf Anfrage zu reagieren. Ein konkreter Schritt ist aktuell die Erstellung eines Informationsblatts mit Hinweisen zur Nutzung der Wohnungen, das praktische Tipps wie geeignete Hängepunkte und Schrauben, die Meldungspflicht von Rissbildungen bei Fugen oder den richtigen Umgang mit den verwendeten Materialien enthält. Auch die detaillierte Dokumentation der Bausubstanz sollte stärker in den Mietvertrag integriert werden, um den Mietern von Anfang an klare Informationen zu bieten. Bei der Nutzung von Mieterportalen könnten solche Broschüren für den Nutzer noch komfortabler und effizienter bereitgestellt werden.

Zudem ist es sinnvoll, bei Instandhaltungsaufträgen die beauftragten Handwerksbetriebe gezielter auf die Besonderheiten der Holzbauweise hinzuweisen. Diese Transparenz würde dazu beitragen, mögliche Fehler oder Missverständnisse in der Ausführung zu vermeiden. Durch die Nutzung von Beauftragungssystemen können wir grundsätzlich Informationen bei einer Wirtschaftseinheit hinterlegen, die dann automatisch – als Anhang zu einem Auftrag – weitergeleitet würden. Durch die Übermittlung von Besonderheiten stellen wir sicher, dass die Auftragnehmer zu jeder Zeit über das Objekt informiert waren und umgehen zeitliche Verschiebungen aufgrund von Nachfragen zum Objekt.

Die Frage, ob die GWG Rhein-Erft auch in Zukunft in dieser Bauweise weiterbauen möchte, kann klar mit «Ja» beantwortet werden. Besonders bei Projekten wie Aufstockungen, Anbauten, seriellem Bauen oder Nachverdichtungen bietet die Holzbauweise klare Vorteile.

Sie zeichnet sich durch ihr geringes Gewicht, ihre kurze Bauzeit und ihre gute Energieeffizienz aus – Aspekte, die in Zeiten von Klimawandel und Nachhaltigkeit immer wichtiger werden. Gerade in der Wohnungswirtschaft, die vor der großen Herausforderung steht, ihre Wohnungsbestände bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu gestalten, spielt die Holzbauweise eine entscheidende Rolle.

Ein Nachteil besteht allerdings in der begrenzten Verfügbarkeit von Fachfirmen und entsprechender Expertise im Umkreis. Dennoch bietet der Holzbau große Chancen, besonders wenn ein Nachfrageüberhang an Wohnraum besteht. Durch die schnellere Bauzeit können Wohnungen zeitnah bereitgestellt werden.

Die Zielgruppe bleibt weiterhin vor allem der öffentlich-geförderte Wohnungsbau, wobei stets die Wirtschaftlichkeit gewährleistet werden muss. Die Holzbauweise bietet hierfür ein zukunftsträchtiges Potenzial, das die GWG Rhein-Erft weiter nutzen sollte.

5. Quellen

[1] Abbildung 1: Ansicht Klosterstraße (Quelle GWG Rhein-Erft, 2018)

[2] Abbildung 2: Ansicht Am Silbersee (Quelle GWG Rhein-Erft, 2018)

[3] Abbildung 3: Ansicht Nettgesweg (Quelle GWG Rhein-Erft, 2022)

[4] Abbildung 4: Ansicht Kierdorfer Straße (Quelle GWG Rhein-Erft, 2022)

[5] Abbildung 5: Muster Gebäudeform / Grundriss (Quelle GWG Rhein-Erft, 2018)

[6] Abbildung 6: Ansicht Baufortschritt/ Montage Fertigelemente (Quelle GWG Rhein-Erft, 2019)

[7] Abbildung 7: Nettgesweg Fassadenansicht mit Verkleidung in Ziegelmauerwerk und Holzschalung (Quelle GWG Rhein-Erft, 2024)

[8] Abbildung 8: Kierdorfer Straße Holzfassade (Quelle GWG Rhein-Erft, 2024)

[9] Abbildung 9: Wasserschaden Decke (Quelle GWG Rhein-Erft)

[10] Abbildung 10: Wasserschaden Badezimmerboden (Quelle GWG Rhein-Erft)

[11] Abbildung 11: Impressionen Verwendung Baumaterial & Innenansicht (Quelle GWG Rhein-Erft, 2018-2022)

[12] Abbildung 12: Ansicht Klosterstraße – Fassade (Quelle GWG Rhein-Erft, 2018)

Block B1
Energetische Sanierung – umfassend erklärt

Energetische und strukturelle Anpassung als Chance: Holzbaulösungen für die Gebäudemodernisierung

Olaf Scheinpflug
ACMS Architekten GmbH
Wuppertal, Deutschland



Energetische und strukturelle Anpassung als Chance: Holzbaulösungen für die Gebäudemodernisierung

1. Einfluss des Bau- und Gebäudesektors auf die Klimakrise

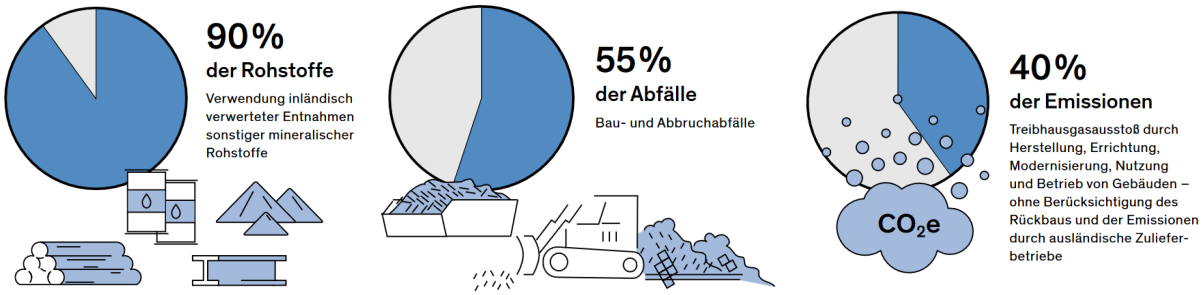


Abbildung 1: Einfluss des Bau- und Gebäudesektors auf die Klimakrise
Quelle: Bundesstiftung Baukultur, Design: Heimann + Schwantes | BBSR 2022; dena 2021; Destatis 2022

Die Relevanz des Bausektors auf die Klimakrise ist erheblich und allgemein bekannt. Da Gebäude jedoch für unsere heutige Lebensform unerlässlich sind, wird deren Einfluss auf die Klimakrise und die Umwelt bei Errichtung und Betrieb oftmals als unvermeidbar erachtet.

Der Bau- und Gebäudesektor folgt den Prinzipien eines linearen Wirtschaftssystems. Um die zukünftigen Lebensgrundlagen auf unserem Planeten zu sichern, müssen wir jedoch den Prinzipien eines zirkulären Wirtschaftssystems folgen. Der Ressourcenverbrauch muss reduziert werden, Abfälle vermieden und CO_2-Emissionen auf ein Minimum begrenzt werden.

2. Ressourcenverbrauch und Flächenversiegelung

Der globale Ressourcenverbrauch ist seit der Industrialisierung stetig gestiegen. Dies ist nicht alleinig auf ein globales Bevölkerungswachstum zurückzuführen, sondern ebenso auf einen gesteigerten Ressourcenverbrauch pro Kopf. Ein analog dazu stetig wachsender Flächenverbrauch pro Kopf negiert Verbesserungen im energetischen Verbrauch eines Gebäudes. Ein Rebound-Effekt tritt ein.
Gesetzliche Vorgaben in den weiteren Lebenszyklusphasen neben der bereits gesetzlich geregelten Nutzungsphase (GEG) könnten dem entgegenwirken.

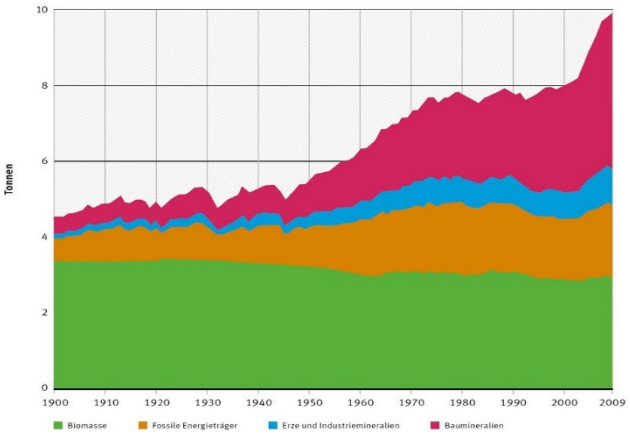


Abbildung 2: Globale Rohstoffentnahme pro Kopf 1900 – 2009
Quelle: Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N. et al.: Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecological Economics, 2009.

3. Sanierung vs. Neubau

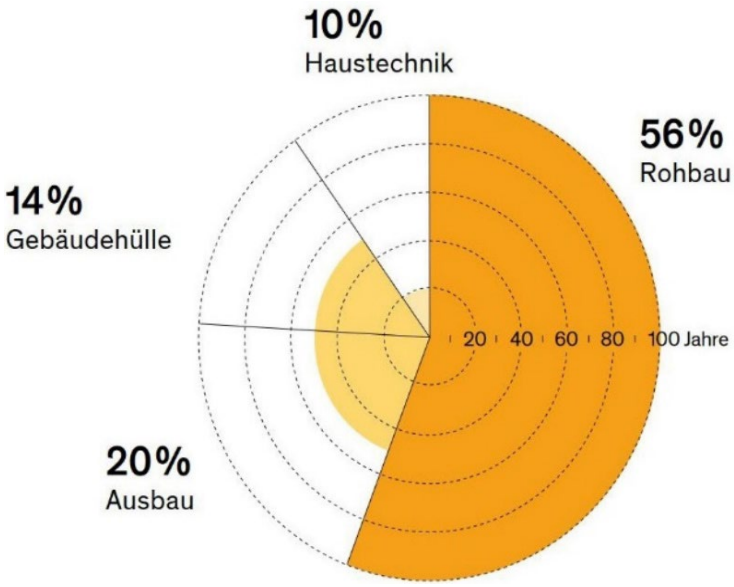


Abbildung 3: Lebenszyklus und graue Energie
Quelle: Baukultur Bericht – Neue Umbaukultur 2022/23 | BNB 2017; Einfach Bauen 2021; Hegger/Fuchs/Stark/Zeumer 2007

Betrachtet man die Verteilung der grauen Energie und grauen Emissionen auf Gebäudeebene fällt auf, dass im Rohbau etwas mehr als die Hälfte dieser liegt. Ebenso steckt aufgrund der hohen Lebensdauer von Rohbau-Konstruktionen ein großes Potential im Erhalt dieser. Erhalt und Weiternutzung der Tragstruktur kann also zum Vermeiden großer Anteile von Emissionen führen und den Ressourcenverbrauch reduzieren.

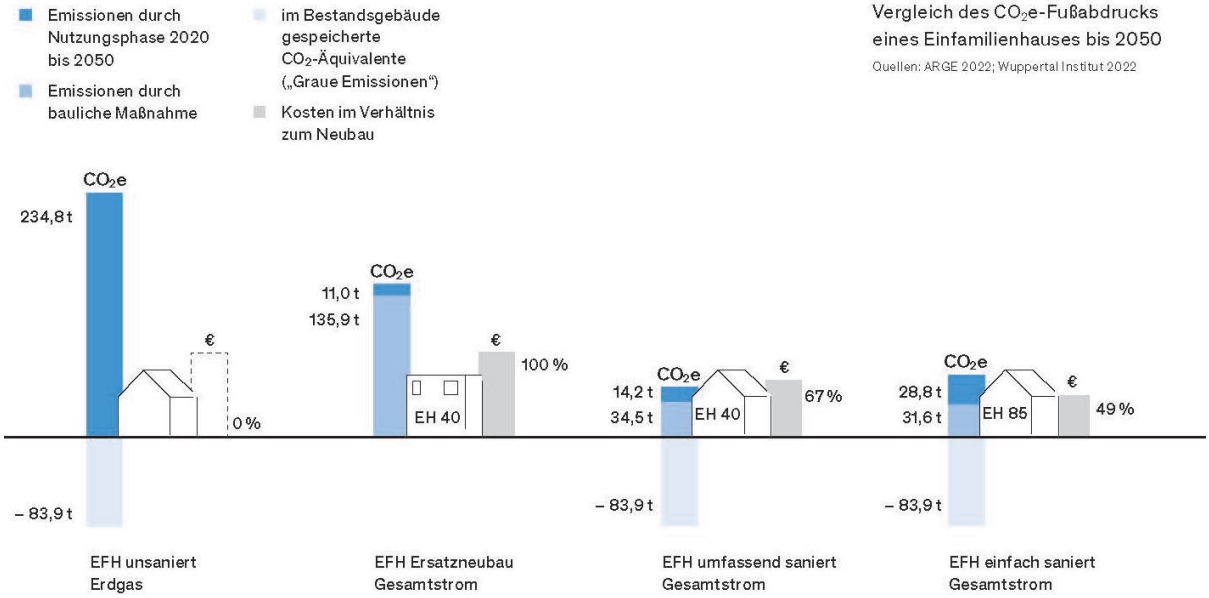


Abbildung 4: Vergleich der CO_2-Äqv. Emissionen eines EFH bis 2050
Quelle: Bundesstiftung Baukultur, Design: Heimann + Schwantes | ARGE, Wuppertal Institut

Bei Gesamtbetrachtung der Emissionen aus baulicher Maßnahme und Nutzung wird deutlich, dass die energetische Verbesserung unseres Gebäudebestands wichtig für einen energetischen Vorteil in der Gesamtbilanz der CO_2-Äqv. Emissionen ist. Während der unsanierte Gebäudebestand bei Berücksichtigung der Nutzungsphase hohe Emissionen erzeugt, weist bereits ein einfach saniertes Wohnhaus (Beispiel EFH EH 85) deutlich geringere Emissionen in der Summe aus Errichtung und Nutzung auf als ein Ersatzneubau. Der energetisch verbesserte Bestand schlägt den Ersatzneubau in der Gesamtbetrachtung.

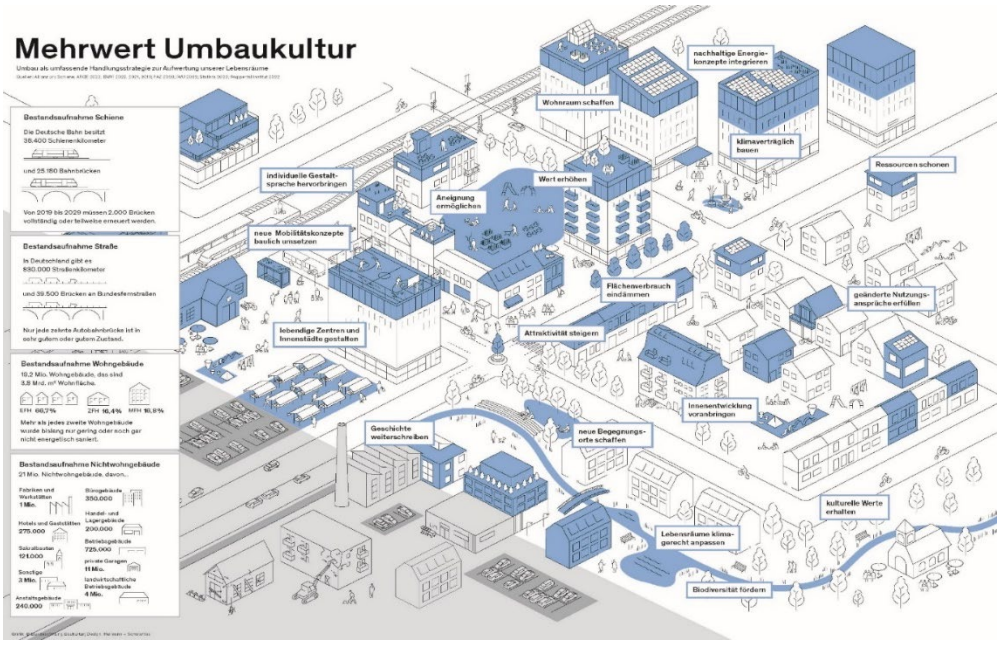


Abbildung 5: Mehrwert Umbaukultur
Quelle: Bundesstiftung Baukultur, Design: Heimann + Schwantes | Allianz pro Schiene, ARGE, BMVI, FAZ, IWU, Statista, Wuppertal Institut

Der Weg hin zu einem zirkulären Wirtschaftssystem wird mehrere Pfade einschließen. Strategien wie das Urban Mining und Cradle-to-Cradle sowie kreislauffähige Konstruktionsweisen sind bereits bekannt. Das Nutzen von Bestandgebäuden stellt eine unabdingbare Strategie dar.
Eine entsprechende Umbaukultur ist keinesfalls als Einschränkung bei der Aufwertung unserer gebauten Lebensräume zu verstehen. Im Gegenteil bieten mit Mut und Kreativität weitergenutzte Bestandgebäude großes Potential zur Aufwertung unserer Lebensräume. Im Baukulturbericht 2022/2023 wird in diesem Sinne von der «goldenen Energie», daher dem immateriellen, kulturellen Wert unserer gebauten Umwelt gesprochen, den es zu erkennen und zu nutzen gilt.

4. Wohnraumpotential in Deutschland

Deutschlands Städte bieten vielfältige Möglichkeiten Nutzfläche zu schaffen und dabei den urbanen Lebensraum zu verbessern. Strukturelle Veränderungen unserer Städte ermöglichen auch vielfältige Optionen der Umnutzung nicht nur zu Wohnraum.

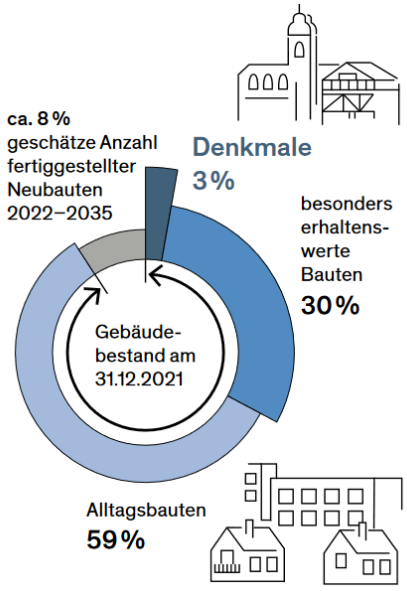


Abbildung 6: Gebäudebestand in Deutschland bis 2035 laut Schätzung Bundesstiftung Baukultur
Quelle: Bundesstiftung Baukultur, Design: Heimann + Schwantes | BDA NRW 2016; dena 2021; Destatis 2021

Bei jeder baulichen Maßnahme auch einem angedachten Rückbau stellen sich daher folgende Fragen:

- Ist ein Abbruch unvermeidlich oder der Erhalt des Gebäudes möglich?
- Kann bzw. soll das Gebäude unverändert weitergenutzt werden oder ist eine Nutzungsänderung erforderlich bzw. gewünscht?
- Ist eine Umstrukturierung des Gebäudes oder eine Erweiterung notwendig bzw. sinnvoll?
- Ist im Zuge der energetischen Verbesserung auch eine Veränderung bzw.
- Verbesserung der Gestalt gewünscht?

Im besten Fall ist durch eine bauliche Maßnahme eine bedarfsgerechte Nutzung realisiert und gleichzeitig eine energetische und gestalterische Aufwertung erreicht.

5. Bestandsmodernisierung & -Erweiterung mit Holzkonstruktionen

Holzkonstruktionen sind besonders geeignet für Modernisierungen und Erweiterungen bestehender Gebäude.

5.1. Ökobilanz

	Beton	Holz
Primärenergie PE nicht erneuerbar	296 MJ	-0.45 MJ
Primärenergie PE erneuerbar	6.9 MJ	0.75 MJ
Treibhauspotenzial GWP 100	55,66 Kg CO_2-Äqu.	-32.22 Kg CO_2-Äqu.

DGNB
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.

Im Wachstumsprozess des Baumes wird CO_2 umgewandelt und als Kohlenstoff im Holz eingelagert. Wird das vollständige Kohlenstoffbindungspotential des Baumes ausgeschöpft bietet das Material Holz als Baustoff – gerade in langlebigen Tragkonstruktionen – die Möglichkeit, den Kohlenstoff möglichst langfristig einzulagern. Als eine Art gebauter Kohlenstoff-Speicher bieten Holzkonstruktionen einen Vorteil gegenüber Stahlbetonkonstruktionen. Findet kein Nachnutzen der Konstruktion am Ende des Lebenszyklus statt, so wird nach heutigem Stand der gebundene Kohlenstoff im Zuge der thermischen Verwertung wieder freigesetzt. Durch weitere Arbeitsschritte resultiert etwas mehr CO_2 als gebunden wurde. Am Ende steht ein Baustoff mit eirelativ geringen CO_2-Belastung zur Verfügung.

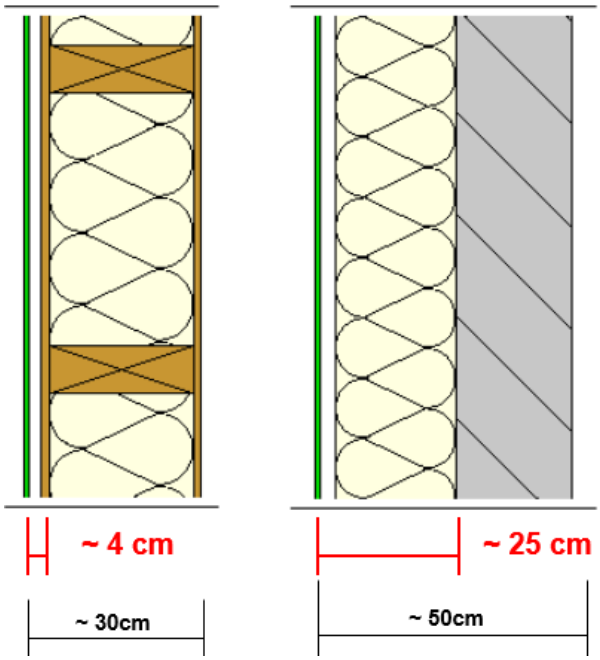
5.2. Vorfertigung

Holzbau, insbesondere Holztafelbau ermöglicht umfängliche Vorfertigung. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil dar.
Vorfertigung ermöglicht verkürzte, örtliche Bauzeiten. Verkürzte Kran-Bereitstellungen und der mögliche Verzicht auf Gerüste führen zu nennenswerten wirtschaftlichen Vorteilen. Umfeldbeeinträchtigung, wie Lärmbelastungen, insbesondere im urbanen Raum werden wesentlich minimiert.

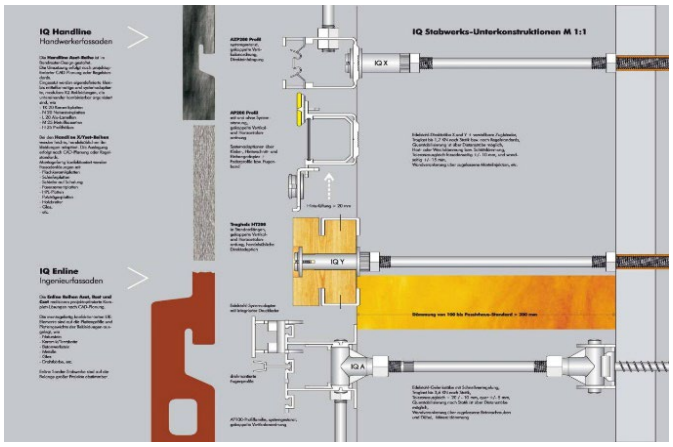


Noch wichtiger jedoch, Vorfertigung gewährleistet deutlich höhere Ausführungsqualitäten durch witterungsgeschützte, werkseitige Produktion. Klimakritische Verklebungen o.ä. sind problemlos möglich (z.B. Fensterabdichtung), wodurch z.B. geringe Luftdichtheitswerte möglich sind.

5.3. Optimierte Gebäudehülle



Holzrahmenbauelemente integrieren die Dämmstoffebene in Ihrer Konstruktion. Die Außenwandelemente sind daher nur unwesentlich stärker als ihre Dämmstärke. Daraus ergeben sich insbesondere bei kleineren Gebäudevolumen Flächengewinne (Beispiel EFH bis 8%).



Wesentlich bei hochwärmegedämmten Gebäudehüllen ist der Einfluss der Wärmebrücken von Fassadenunterkonstruktionen, deren Reduzierung meist kostspielig ist (Beispiel: Edelstahlkonsolen).

5.4. Leichtbau

Material	Rohdichte kg/m³
Wasser bei 10 ° C	1.000
Luft	1,23
Beton (mittl. Rohdichte)	1.800 - 2.200
Konstruktionsholz (z.B. 500 kg/m³)	500

Holzkonstruktionen sind leicht. Aufstockungen belasten das Bestandsgebäude weniger und ermöglichen häufig erst eine Erweiterung ohne Gründungsverstärkung. Aber auch Fassadenelemente können meist an das Bestandsgebäude angehängt werden ohne Direktablastung auf Gründungsbauteile.

6. Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal:

Umstrukturierung mit Gestaltaufwertung und energetischer Optimierung

Umstrukturierung Gebäudebestand | Fertigstellung 2003
BGF 10.025 m² | Baukosten 11.194.796,00 € KGR 200-700 brutto | 323 Bewohnerplätze



Abbildung 7: Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal, ACMS Architekten GmbH: Umbau
Quelle: Tomas Riehle



Abbildung 8: Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal, ACMS Architekten GmbH: Bestand

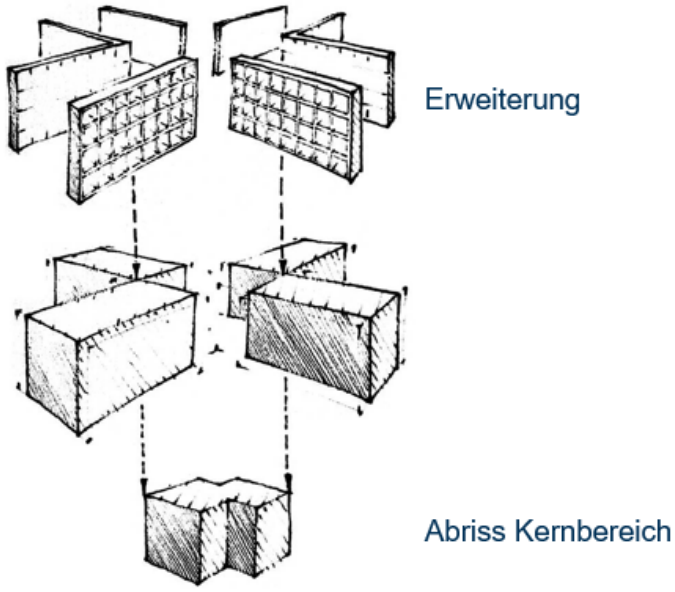


Abbildung 9: Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal, ACMS Architekten GmbH: Schema Maßnahmen
Quelle: ACMS Architekten GmbH



Abbildung 10-12: Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal, ACMS Architekten GmbH: Vorgefertigte Außenwandelemente
Quelle: ACMS Architekten GmbH

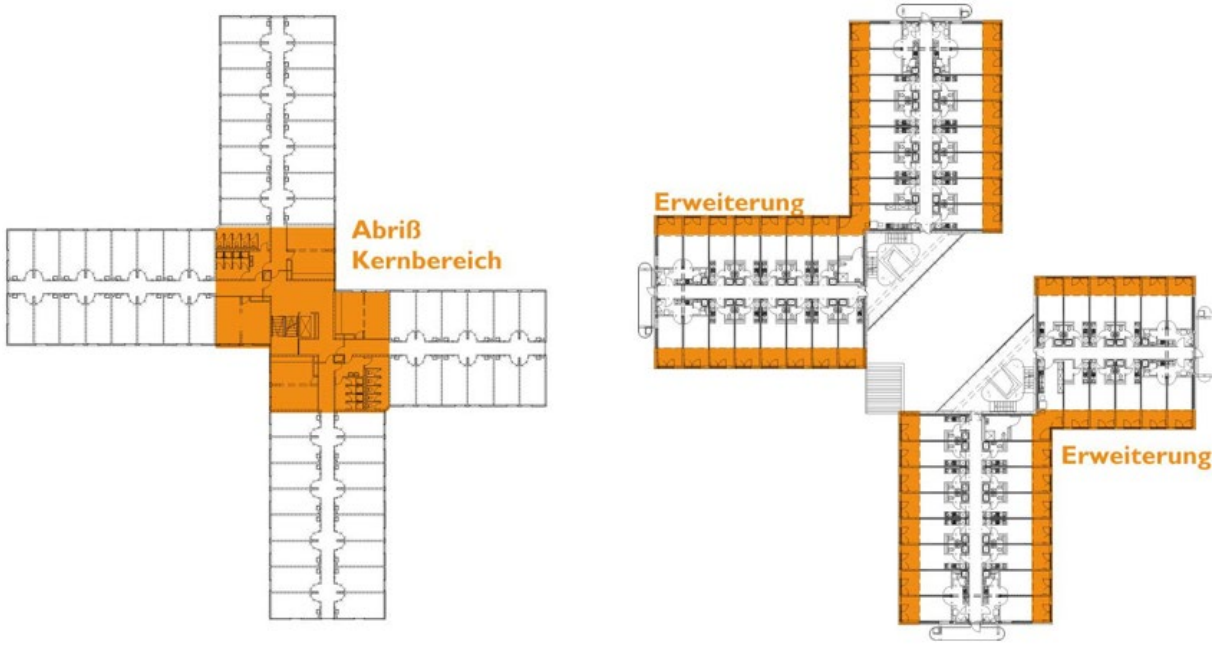


Abbildung 13: Studentenwohnheim Neue Burse, Wuppertal, ACMS Architekten GmbH:
Grundriss Schema Maßnahmen
Quelle: ACMS Architekten GmbH

7. Studierendenapartments Tiegelstraße, Essen:

Umstrukturierung mit Gestaltverwandlung

Umnutzung Gemeindehaus | kfw-55 Standard | Fertigstellung 2015
BGF 2.343 m² | Baukosten ca. 4,2 Mio. € KGR 200-700 brutto | 36 Bewohnerplätze



Abbildung 14: Studierendenapartments Tiegelstraße, Essen, ACMS Architekten GmbH: Umbau
Quelle: Sigurd Steinprinz



Abbildung 15: Studierendenapartments Tiegelstraße, Essen, ACMS Architekten GmbH: Bestand
Quelle: ACMS Architekten GmbH

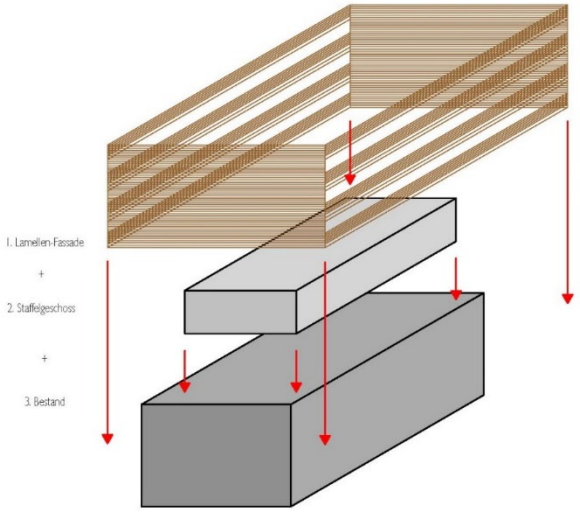


Abbildung 16: Studierendenapartments Tiegelstraße, Essen, ACMS Architekten GmbH: Schema Maßnahmen
Quelle: ACMS Architekten GmbH

1. Erhalten der bestehenden Gebäudekubatur
2. Aufstockung durch ein Staffelgeschoss in Leichtbauweise
3. Ergänzen einer umlaufend Erschließungszone als Laubengang
4. Hülle aus einer leichten Lamellenfassade

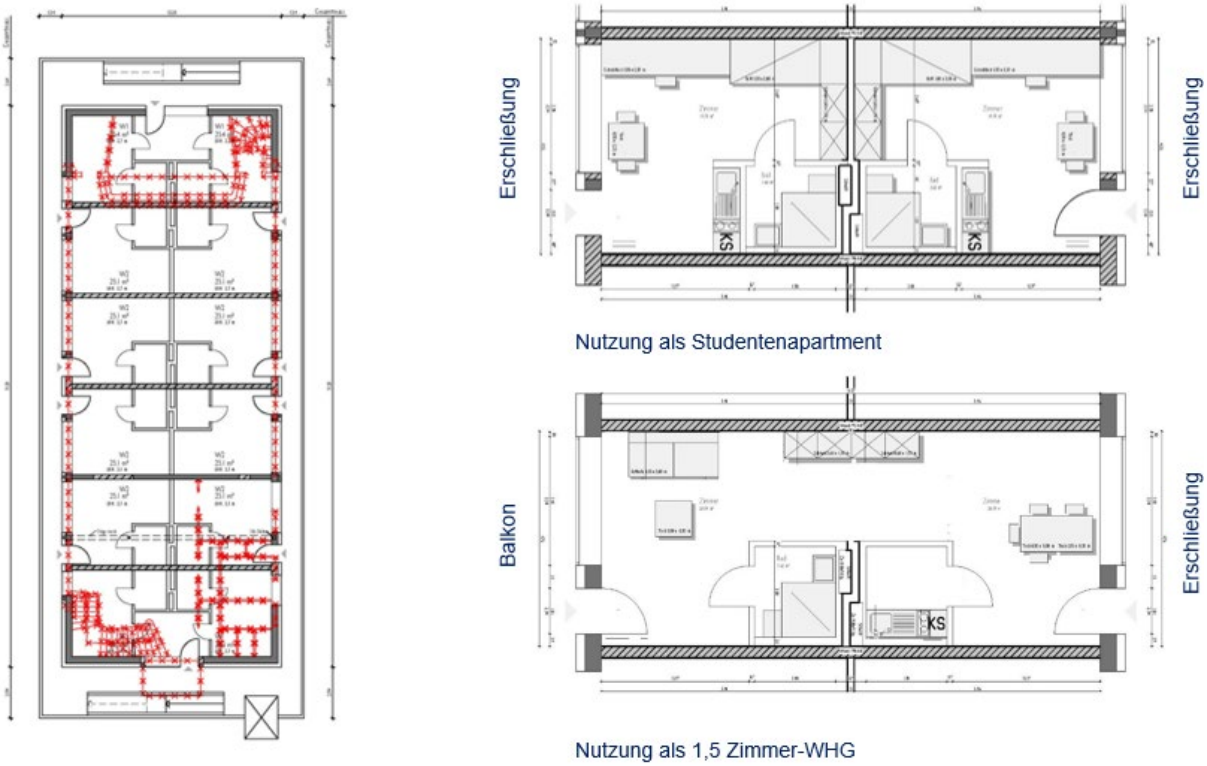


Abbildung 17: Studierendenapartments Tiegelstraße, Essen, ACMS Architekten GmbH: Grundriss Flexibilität Apartmenttypologie und Erschliessung
Quelle: ACMS Architekten GmbH

7.1. Technische Betriebe Remscheid: Umstrukturierung mit Gestaltverwandlung

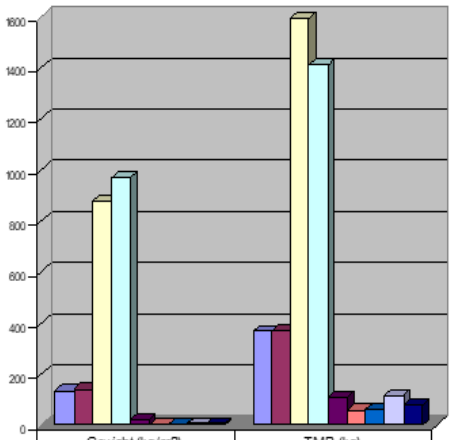
Energetische Sanierung Gebäudebestand | Fertigstellung 2008
BGF 5.310 m² | Baukosten ca. 3,0 Mio. € KGR 300 + 400 netto



Abbildung 18: Technische Betriebe Remscheid, ACMS Architekten GmbH: Umbau
Quelle: Sigurd Steinprinz



Abbildung 19: Technische Betriebe Remscheid, ACMS Architekten GmbH: Bestand
Quelle: ACMS Architekten GmbH



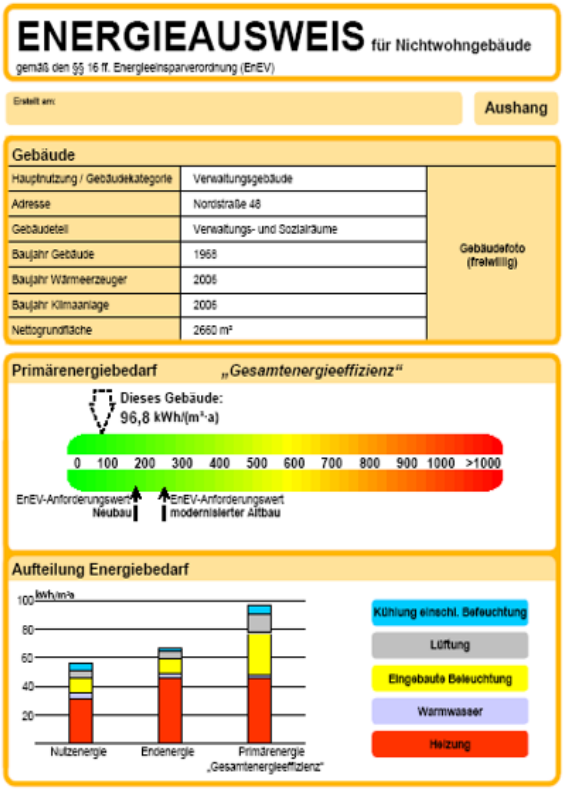
	Gewicht (kg/m2)	TMR (kg)
Wärmedämmverbundsystem mit Steinwolledämmung	137	369
Wärmedämmverbundsystem mit Polystyroldämmung	143	371
Blechfassade mit Steinwolledämmung	878	1696
Granitfassade mit Steinwolledämmung	972	1412
Wetters chutz aus Profilbauglas	25	111
Wetters chutz aus PC-Stegplatten	5	62
Wetters chutz aus PMMA-Stegplatten	5	88
Wetters chutz aus GFK-Stegplatten (Epoxidharz)	8	117
Wetters chutz aus GFK-Stegplatten (UP-Harz)	8	81

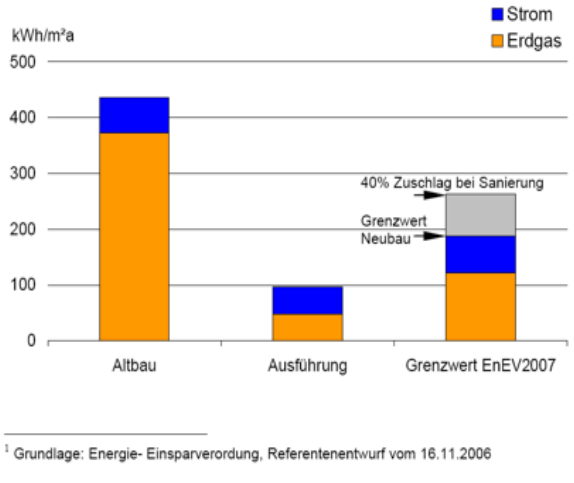


Ressourcenverbrauch / Ökologischer Rucksack:

PC - Mehrstegplatte	100%
Profilbauglas	200%
Wärmedämmverbundsystem	500%
Granitfassade	2.300%
Metallfassade	2.575%

Abbildung 20: Technische Betriebe Remscheid, ACMS Architekten GmbH: Vergleich Ressourcenverbrauch transluzenter Fassadenbaustoffe, Quelle: ACMS Architekten GmbH





[1] Grundlage: Energie- Einsparverordnung, Referentenentwurf vom 16.11.2006

Abbildung 21: Technische Betriebe Remscheid, ACMS Architekten GmbH: Reduzierung des Primärenergiebedarfs unter 40% Neubaustandard 2007, Quelle: ACMS Architekten GmbH

7.3. Montanusschule Hückeswagen: Serielle Sanierung und räumliche Optimierung

Energetische Sanierung und räumliche Strukturverbesserung



Abbildung 22: Montanusschule Hückeswagen, ACMS Architekten GmbH: 70er Jahre Bestand
Quelle: ACMS Architekten GmbH

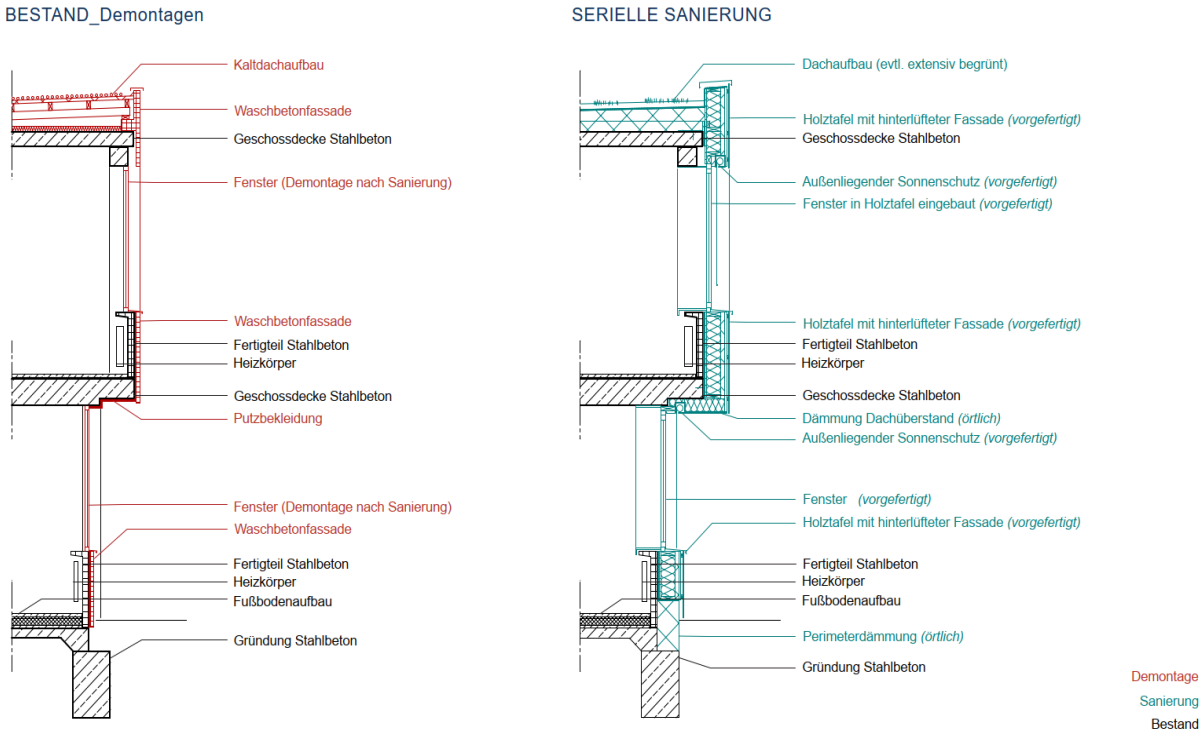


Abbildung 23: Montanusschule Hückeswagen, ACMS Architekten GmbH: Schema serielle Fassadensanierung
Quelle: ACMS Architekten GmbH

Tragwerk, Bauphysik und Brandschutz: Es braucht das Ganze Engineering – und mehr…

Jonas Langbehn
PIRMIN JUNG Deutschland GmbH
Remagen, Deutschland



Tragwerk, Bauphysik und Brandschutz: Es braucht das Ganze Engineering – und mehr…

1. Einleitung

Die Sanierung von Gebäuden ist neben dem Neubau effizienter Gebäude das Kernthema um den Gebäudebestand in Deutschland bis 2045 in die Klimaneutralität zu führen.
In Deutschland liegt der Gebäudebestand im Jahr 2022 bei ca. 19,5 Millionen: rund ein Viertel (24%) des Gebäudebestandes ist vor dem Baujahr 1946, weitere 36% vor 1978 errichtet worden. Somit sind ca. 60% der Wohngebäude in Deutschland noch aus der Zeit vor Inkrafttreten der Ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 2014. Seit Einführung der EnEV2014 wurden rund 1 Mio. Wohngebäude gebaut – immerhin 5 % des derzeitigen Gebäudebestands. (1)

Die U-Werte für Außenwände nach Baualtersklassen liegen für 2-schaliges Mauerwerk pauschal bei
- 1949 bis 1957 bei 1,3 W/m²K
- 1979 bis 1983 bei 0,6 W/m²K
- 2007 bis heute bei 0,2 W/m²K

Aktuelle Holzbau-Außenwände im Effizienzhaus 40 bzw. Passivhaus-Standard liegen bei 0,12-0,15 W/m²K. Der Unterschied der U-Werte ist erheblich und zeigt im Bereich der thermischen Hülle die Schere zwischen energieeffizienten Neubau und dem sanierungsbedürftigen Altbau. In Abbildung 1 ist die Häufigkeitsverteilung von Dämmstoffdicken bei der Außenwanddämmung von Gebäuden verschiedener Baualtersklassen angegeben. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Gebäudebestand (Altbauten und Baujahre bis 2004) in Deutschland zu einem großen Teil nur sehr gering und hinsichtlich der Transformation zur Klimaneutralität 2045 unzureichend gedämmt ist.

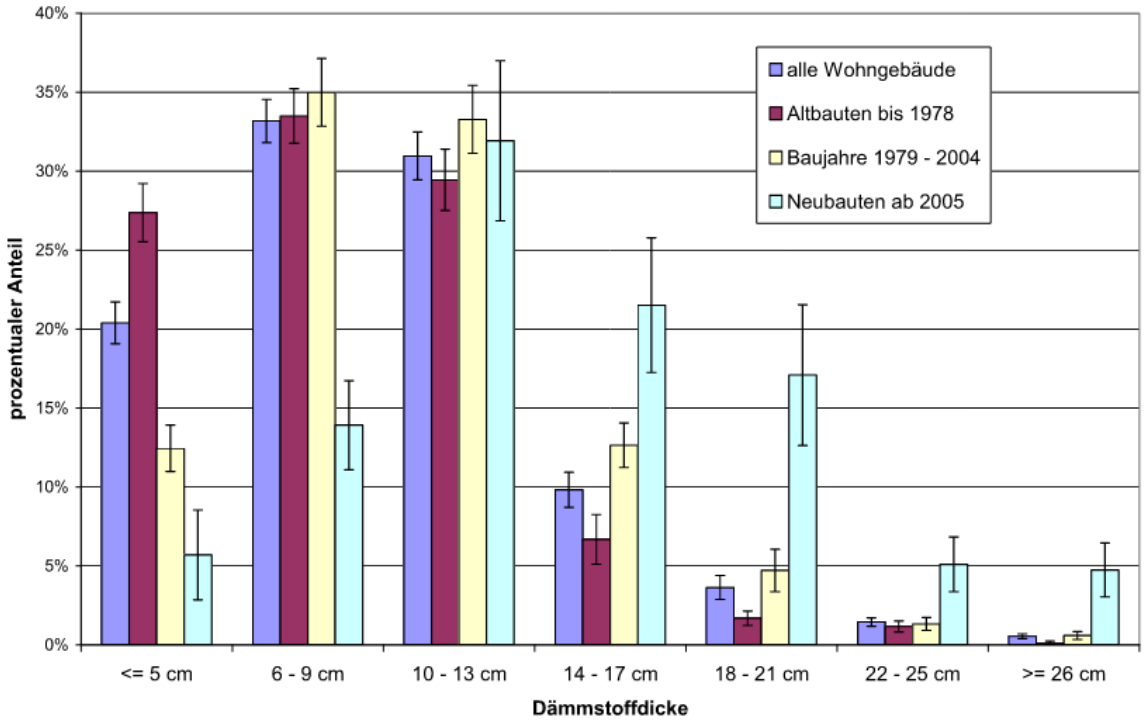


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung von Dämmstoffdicken bei der Außenwanddämmung (alle Arten von Dämmung) (2)

Die erforderliche Sanierungstiefe ist in Abbildung 2 angegeben. Es ist zu erkennen, dass die energetische Qualität des Effizienzhaus 55 die angestrebte Anforderung in der Sanierung ist.

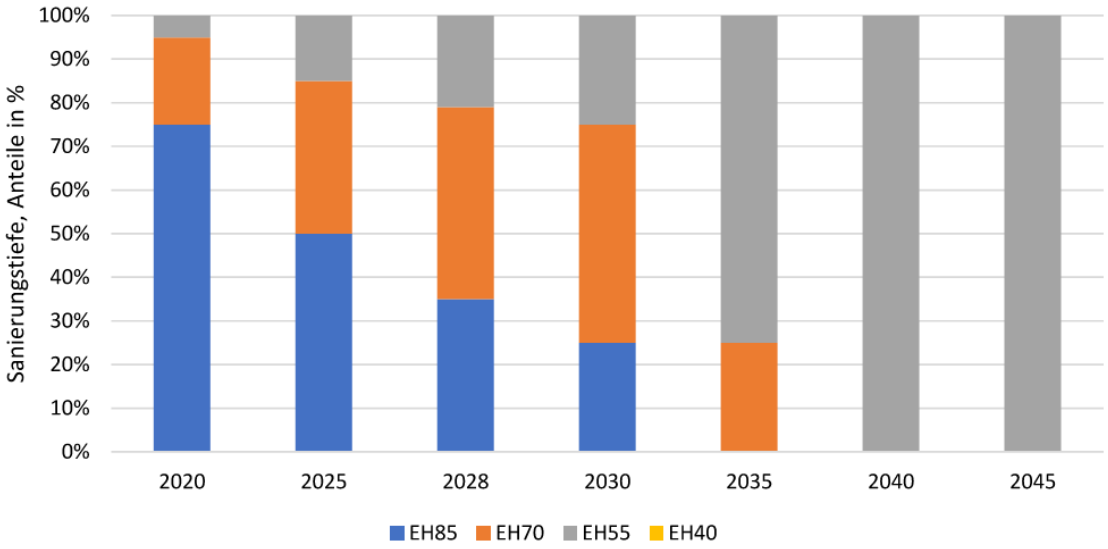


Abbildung 2: Entwicklung der Sanierungstiefe (als Effizienzhausniveau) (3)

Um das Ziel der Bundesregierung der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen, ist eine über die Jahre ansteigende Sanierungsrate von ca. 1-2% im Bereich des baulichen Wärmeschutzes erforderlich. Daraus ergibt sich, dass aktuell jährlich 400.000 Wohneinheiten und ab 2031 786.000 Wohneinheiten saniert werden müssen (3). Die Sanierungsquote zum Jahresende 2023 liegt allerdings nur bei ca. 0,72% (4) und somit deutlich unter der Zielsetzung. Das bedeutet, dass noch deutlich mehr als die bisher angenommenen Wohneinheiten saniert werden müssen.

Für die Planung und Ausführung bedeutet das eine große und langjährige Aufgabe. Entsprechendes Wissen und Kapazitäten müssen hier aufgebaut werden. Hierbei ist zu beachten, dass jede Sanierung einzigartig ist und eigene Anforderungen mit sich bringt. Um eine Sanierung erfolgreich zu gestalten, müssen die Anforderungen über alle Fachdisziplinen klar benannt sein und entsprechende Lösungen erarbeitet werden. Ziel muss es sein, dass die energetische Sanierung in einen Standard-Vorgang übergeht, der eine geringe Planungszeit und Ausführungsaufwand mit sich bringt. Nur so kann die hohe Zahl an Sanierungen wirtschaftlich und zeitlich auskömmlich ausgeführt werden. Wichtig sind hierbei die aktuellen Regularien, Hürden und Anforderungen zu entzerren und abzubauen. Der Holzbau bietet mit seinem hohen Vorfertigungsgrad, geringer Eigenlast und den hohen Dämmeigenschaften optimale Voraussetzungen, um in kürzester Zeit Wohneinheiten zu sanieren. Daher wird im Folgenden ausschließlich die energetische Serielle Sanierung mittels vorgefertigter Holzelemente betrachtet.

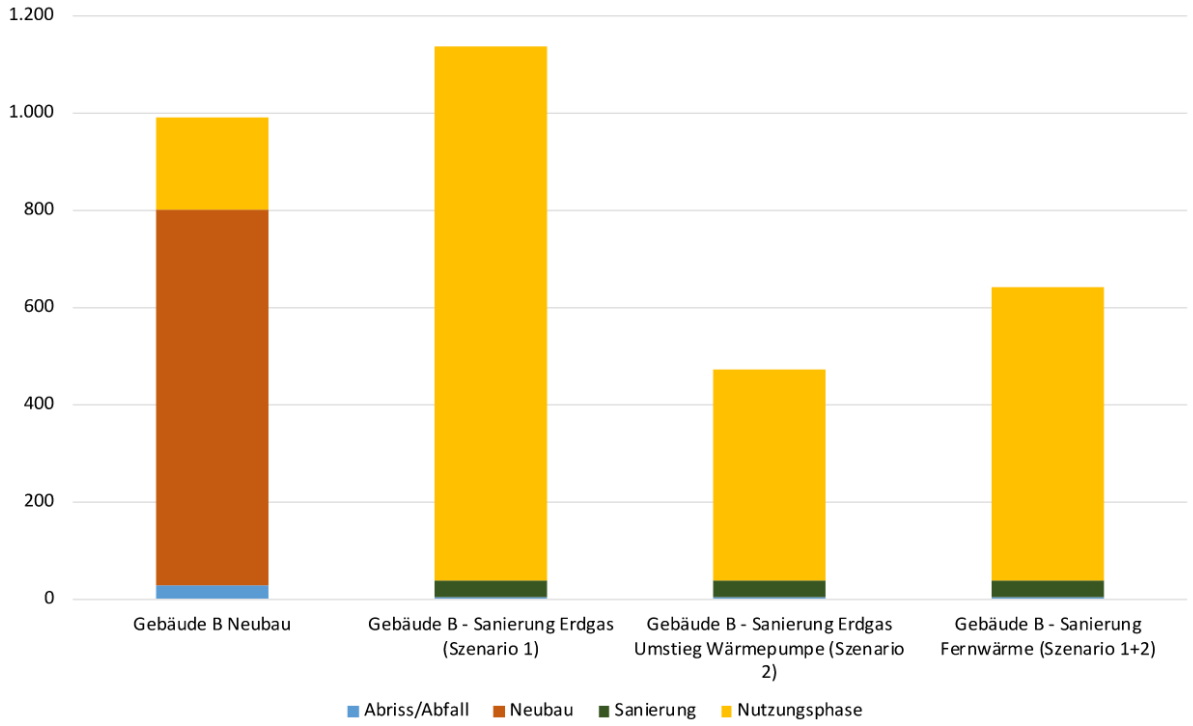
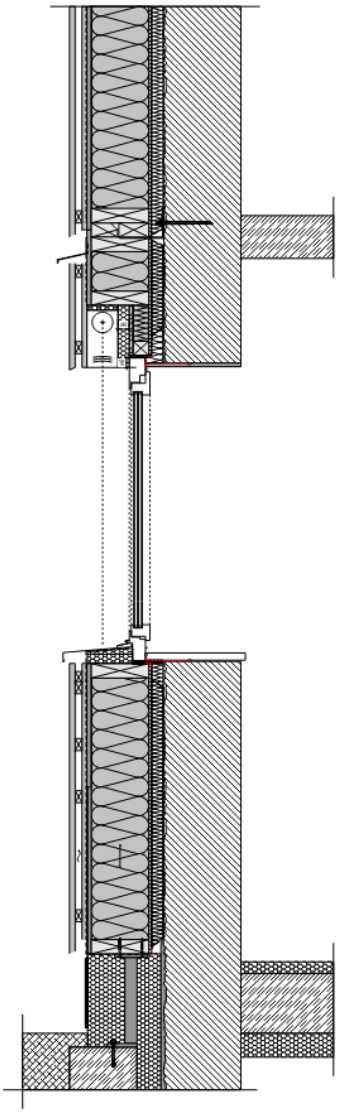


Abbildung 3: Carbon Footprint in t CO_2-Äquivalente Beispielgebäude B (Bezogen auf Endenergiebedarf) (5)

Im Sinne der Nachhaltigkeit ist eine Sanierung eines Bestandsgebäudes einem Abriss und Neubau vorzuziehen. Studien zeigen, dass unter Einbeziehung der Nutzungsphase die energetische Sanierung bis zu 50 Prozent des CO_2-Fußabdrucks eines Neubaus verursacht. Voraussetzung ist eine nachhaltige Haustechnik aus erneuerbaren Energien (z.B. Fernwärme oder Wärmepumpe). Das liegt unter anderem daran, dass eine Sanierung deutlich weniger Rohstoffe benötigt als ein Abriss und Neubau. Alleine die Behandlung und Beseitigung der Abbruchmengen der Bestandsgebäude entsprechen in Ihrer Umweltbelastung in etwa die der Sanierung (siehe Abbildung 3).

2. Konstruktion



Bei einer energetischen, seriellen Sanierung eines Bestandsgebäudes werden vorgefertigte Holztafelelemente vor die Bestandaußenwände gesetzt (siehe Abbildung 4). Dächer können je nach Bauart ebenfalls als vorgefertigte Elemente oder vor Ort saniert werden. Erdberührte Bauteile und Untergeschosse werden je nach Kubatur vor Ort saniert.

Der Holztafelbau bringt als Konstruktionsart mehrere Vorteile mit sich. Zum einen sind die Gefache zwischen den Holzständern voll ausgedämmt und bringen dadurch einen hohen Dämmstandard mit sich. Zum anderen sind die Elemente stabil und tragfähig. Sie können als zweite Hülle selbsttragend vor den Bestand montiert werden. Ein weiterer Vorteil ist der hohe Vorfertigungsgrad. Gerade bei der Sanierung von Wohngebäuden sollte die Zeit auf der Baustelle möglichst geringgehalten werden. Bewohner sollten nur wenige Tage Ihre Wohnung nicht nutzen können. Der Platz für langwierige Baustellen ist innerorts meist nicht vorhanden. Außerdem bringt die Vorfertigung in der Halle ein großes Maß an Qualität mit sich, da die Bauteile während der Fertigung nicht der Witterung ausgesetzt sind und die Arbeitsbedingungen in der Fertigungshalle besser sind als vor Ort auf der Baustelle. Es werden bereits Fenster, Fassade und auch haustechnische Anlagen in die Wände eingebaut. Durch genaues Aufmaß vor Ort mit 3D-Scannern und Punktewolken ist es dem ausführenden Holzbauunternehmen möglich anhand eines digitalen Zwillings am Computer die Holzelemente exakt zu planen und zu fertigen. Die Elemente werden auf der Baustelle millimetergenau wie ein großes Puzzle zusammengefügt. Wichtig ist hierbei, dass die Toleranzen zum Bestand aufgenommen werden können. Eine Lösung hierfür ist die Anordnung einer weichen Mineralfaserdämmung auf der Rückseite der Elemente, die die Unebenheiten im Bestand aufnehmen kann.

Abbildung 4: Schnitt Außenwand energetische Sanierung mit Holztafelelementen

3. Tragwerksplanung

Die wichtigsten Fragen im Bereich der Tragwerksplanungen ergeben sich aus dem Umfang des geplanten Sanierungsvorhabens.

- Aus was bestehen die Bestandsbauteile – welche Tragreserven sind vorhanden?
- Inwieweit wird in den Bestand eingegriffen (z.B. Entfernen tragender Wände zur Wohnungs- oder Fenstervergrößerung, Mehrlast Fußbodenaufbau)?
- Wie werden die vorgefertigten Holzelemente am Bestand befestigt?
- Soll eine Aufstockung realisiert werden? Erfolgt der Lastabtrag über den Bestand oder die neuen Außenwände?
- Wie erfolgt der Lastabtrag ins Fundament?

In den meisten Fällen kann keine oder nur wenig Last in den Bestand abgetragen werden, da keine Tragreserven vorhanden sind. Insbesondere Vertikalkräfte sind problematisch im Bestand aufzunehmen. Daher müssen in einem ersten Schritt neu eingebrachte oder ausgetauschte Bodenaufbauten (z.B. Estrich) hinsichtlich Ihrer Last überprüft werden. Eine statische Ertüchtigung von Deckenbauteilen ist meist aufwändig, nicht wirtschaftlich und führt zu einer Reduzierung der lichten Raumhöhe durch geringe Geschosshöhen.

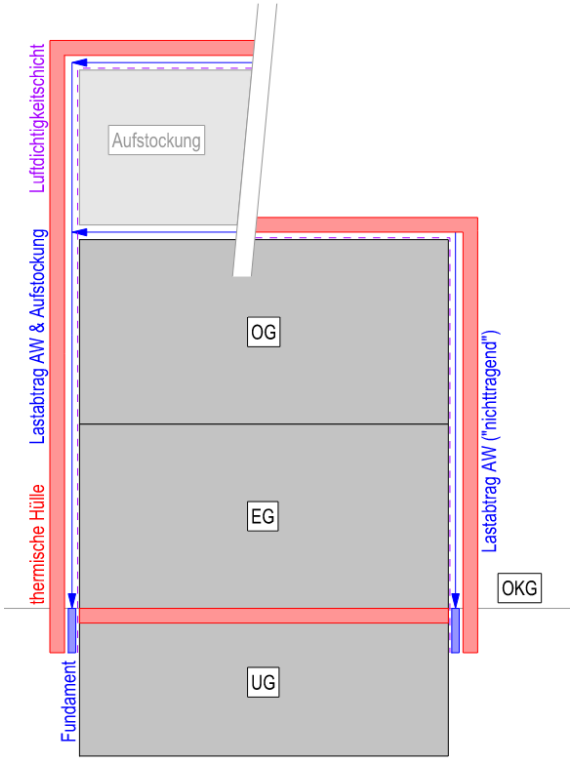


Abbildung 5: Gebäudeschnitt mit Funktionsschichten

Ohne Aufstockung können die Außenwände so ausgebildet werden, dass diese ihr Eigengewicht über die Geschosse selbst tragen (siehe Abbildung 5). Die vertikale Komponente wird also nicht in den Bestand, sondern durch die Holzelemente in ein dafür vorgesehenes Fundament abgetragen. Hierfür eignet sich beispielsweise ein vor den Bestand gesetztes Streifenfundament. Im Geschossübergang werden die Holzwände gestoßen und an den Bestand angeschlossen. So können die auftretenden Horizontalkräfte verankert werden und das Element ist in der Lage gesichert. Die Holzwände gelten als nichttragend, da Sie ausschließlich ihr Eigengewicht tragen und nicht zur Tragfähigkeit des Gebäudes herangezogen werden. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Brandschutzanforderungen an die Wände gering ausfallen und dadurch auch an Material und Kosten eingespart werden kann.
Wird eine Aufstockung geplant (siehe Abbildung 5), die nicht auf dem Bestand ablasten kann, kann es Sinn machen in die nichttragenden Außenwandelemente tragende Stützelemente zu integrieren. Die Aufstockung wird auf einer tragenden Balkenlage oder ähnlichem oberhalb des ehemaligen Daches aufgelastet, welche wiederrum auf den Stützen aufgelegt wird. Die tragenden Elemente unterliegen dann den Brandschutzanforderungen.

4. Bauphysik

4.1. Wärmeschutz und Energiebilanzierung

Auch im Bereich des Wärmeschutzes stellt sich die Frage nach dem Umfang der Sanierung. Aufstockungen in Holzbauweise bringen einen hohen Dämmstandard mit sich. Hier lassen sich ohne großen Aufwand Bauteile im energetischen Standard Effizienzhaus 40 oder Passivhaus herstellen. Auch die vor den Bestand gesetzten Außenwände können diesen Standard bringen. Wie im Neubau sind es die erdberührten massiven Bauteile, welche die größte Herausforderung darstellen. Im Unterschied zum Neubau ist die Zugänglichkeit an diese Bauteile beschränkt bzw. können diese nicht effizient gedämmt werden, da die Bauteile bereits verbaut und dementsprechend unzugänglich sind.
Die grundlegende Frage zu Beginn einer Sanierung ist, welches energetische Niveau erreicht werden soll, bzw. wirtschaftlich sinnvoll erreicht werden kann. Die Erfahrung zeigt, dass ein Effizienzhaus 55 mit einer energetischen Sanierung mit Holztafelelementen gut erreichbar ist und als anzustrebender zukunftsorientierter Standard zu sehen ist (siehe auch Abbildung 2). Energetische hochwertige Aufstockungen können hierbei helfen die

energetisch gesehen schlecht zu dämmenden Untergeschosse bzw. Bodenplatten zu kompensieren. Ein Effizienzhaus 40 Standard ist ebenfalls erreichbar. Hierbei liegt der Fokus auf der Kubatur des Gebäudes (A/V-Verhältnis) und energetisch hochwertigen Ausführung der Wärmebrücken.

Energetische Sanierungen werden in den aktuellen Förderprogrammen der KfW (Bundesförderung für effiziente Gebäude – BEG) als Komplettsanierung oder Einzelmaßnahmen finanziell gefördert. Eine Komplettsanierung zu einem Effizienzhaus 55 mit erneuerbaren Energien (EE) und SerSan-Boni (Sanierung mit vorgefertigten Holztafelelementen) wird aktuell je Wohneinheit mit einem zinsvergünstigten Darlehen von 150.000 € mit einem Tilgungszuschuss von 35% gefördert. Das macht bei einem mehrgeschossigen Wohngebäude mit zehn Wohneinheiten einen Kredit von 1.500.000 € und 525.000 € Tilgungszuschuss. Weitere Boni (Worst-Performance-Building, Nachhaltigkeitsklasse) oder der höhere Effizienzhaus 40-Standard können höhere Kreditsummen oder weitere Tilgungszuschüsse bringen (siehe Abbildung 6). In der Praxis finden sich noch andere Sanierungsansätze, wie zum Beispiel «Energiesprung», welches ebenfalls auf der Seriellen Sanierung aufbaut, zusätzlich aber noch den klimaneutralen «Netzero-Standard» (Gebäude erzeugen im Jahresmittel so viel Energie, wie sie auch verbrauchen) mitbringt.

<table>
<tr><th>Kredit Nr. (KfW)</th><th colspan="3">Effizienzhausförderung</th><th colspan="2">Bonus für EE-Klasse</th><th>WPB-Bonus</th><th>SerSan-Bonus</th><th>Anzahl WE gesamt</th><th>max. Kreditsumme (max. Tilgungszuschuss)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">261</td><td>EH 55</td><td rowspan="2">Höchstbetrag Darlehen, bzw. max. förderfähige Kosten pro WE 120.000 €</td><td>15% Tilgungszuschuss</td><td rowspan="2">Höchstbetrag Darlehen, bzw. max. förderfähige Kosten pro WE 150.000 €</td><td rowspan="2">+5% Tilgungszuschuss</td><td>+10% Tilgungszuschuss</td><td>+15% Tilgungszuschuss</td><td rowspan="2">10</td><td>1.500.000 €
(40%: 600.000 €)</td></tr>
<tr><td>EH 40</td><td>20% Tilgungszuschuss</td><td colspan="2">WPB + SerSan in Kombination max. +20% Tilgungszuschuss</td><td>1.500.000 €
(45%: 675.000 €)</td></tr>
</table>

Abbildung 6: Beispielberechnung BEG-Förderung

Zu Beginn der Planung ist es wichtig den Dämmperimeter klar zu definieren und umlaufend ohne Lücken im Gebäudeschnitt und in den Grundrissen einzuzeichnen. So lassen sich bereits in frühen Leistungsphasen herausfordernde Details herausarbeiten. Die Dämmung der Bauteile in den Untergeschossen und der Bodenplatten stellen hierbei die größte Herausforderung dar. Gebäude ohne Untergeschoss lassen ausschließlich eine Dämmung oberhalb der Bodenplatte zu. Um die Geschosshöhe und vor allem die Sturzhöhen der Fenster und Türen zu halten macht es hier Sinn auf hochdämmende Materialien zu gehen, die eine geringe Fußbodenaufbauhöhe auf der Bodenplatte bringen. Bei Gebäuden mit Untergeschossen kann die Dämmung auch unterhalb der Kellerdecke angebracht werden. So kann der Bodenaufbau im Erdgeschoss gegebenenfalls unberührt bleiben. Zu beachten sind die Flankendämmungen an allen Wänden, die an die Kellerdecke anbinden und so in den Dämmperimeter eingreifen. Hier können geometrische Versprünge entstehen. Ein weiterer interessanter Punkt ist der Kellerabgang. Hier macht es Sinn vor der Treppe die thermische Hülle mittels einer dämmenden Kellertür zu schließen. Loggien und Balkone, die nach Sanierung als beheizter Wohnbereich in die thermische Hülle integriert werden sollen, sind ebenfalls ein interessanter Punkt. Oftmals weisen diese Räume eine relativ geringe Grundfläche bei hohem Fensterflächenanteil auf. Hier ist es meist unmöglich den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes einzuhalten. Bei jeder Sanierung sollte der Bauherr auf die klimabedingten Temperaturerhöhungen und die Möglichkeit des Nachweises des Sommerlichen Wärmeschutzes nach dem zukünftigen Klimadatensatz (TRY 2045) hingewiesen werden. Das Gebäude sollte auch hinsichtlich des Sommerlichen Wärmeschutzes entsprechend saniert und zukunftsorientiert ausgelegt werden. Sinnvolle Maßnahmen sind außenliegende Verschattungen, gemäßigte Fenstergrößen und die Möglichkeit der Nachtauskühlung. Außenliegende Verschattungen, die Reduzierung von Fenstergrößen oder auch Lüftungssysteme können in den vorgefertigten Holztafelwänden ohne großen Aufwand integriert werden.



Abbildung 7: Beispielplan Dämmperimeter (rot: thermische Hülle, blau: Flankendämmungen)

4.2. Feuchteschutz

Hinsichtlich des Feuchteschutzes sind Bauwerksabdichtungen außen und innen zu überprüfen und ggfs. zu sanieren. Des Weiteren ist es wichtig, die Luftdichtigkeitsschicht (LDS) analog zur thermischen Hülle zu definieren. Hierzu empfiehlt es sich die LDS umlaufend geschlossen im Grundriss und Schnitt einzuzeichnen und auf Unterbrechungen zu überprüfen. Insbesondere die Details, wie z.B. Bauteilübergänge zum Bestand, sind frühzeitig zu lösen und in der weiteren Planung zu berücksichtigen. Beispiel hierfür sind:

- Fensteranschlüsse
- Anschluss an Bodenplatte/Sockel
- Elementstöße

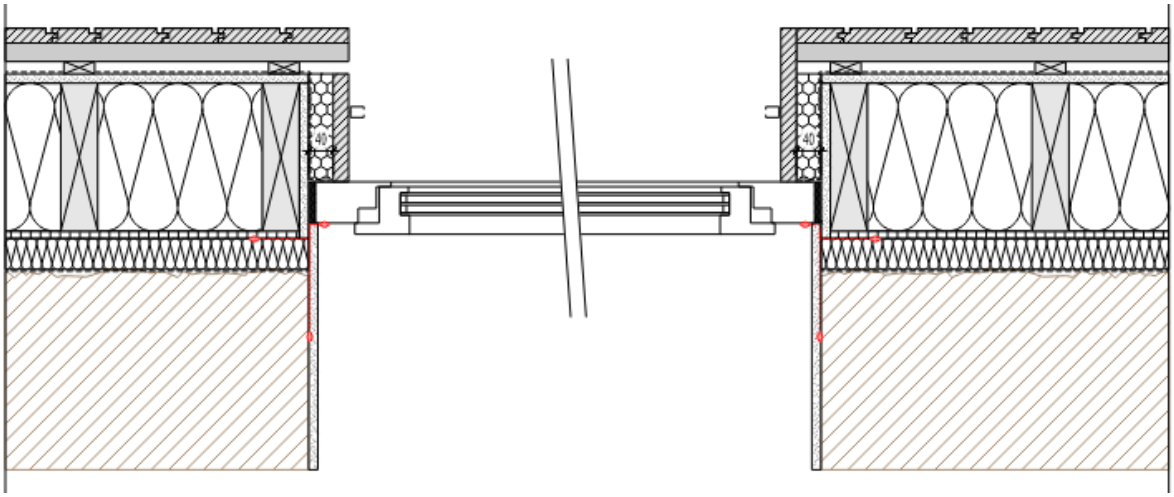


Abbildung 8: Horizontalschnitt Fenster (rot: Anschlüsse Luftdichtigkeitsschicht)

4.3. Schallschutz

Im Bereich der Bauakustik ist zunächst zu klären, inwieweit in den Bestand eingegriffen wird. Alle Bauteile, die nicht saniert werden, unterliegen dem Bestandschutz und müssen nicht bauakustisch nachgewiesen werden. Bauteile, die saniert werden, müssen gesetzlich die Anforderungen des Mindestschallschutzes (DIN 4109-1) erfüllen. Darüber hinaus können jedoch Befreiungen bei der zuständigen Genehmigungsbehörde beantragt werden. Insbesondere dann, wenn die Sanierungsmaßnahmen für den Schallschutz wirtschaftlich unverhältnismäßig erscheinen. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass eine energetische Sanierung meist das Bauwerk nicht nur vor Wärme und Kälte besser dämmt, sondern auch vor Lärm von außen: bleiben die Bauteile im Gebäude unverändert, wird der Schallschutz im Gebäude häufig durch die Nutzer: innen als schlechter wahrgenommen

(insbesondere Trittschall), weil die Lärmbelastung von außen und damit eine ausreichende Überdeckung der Geräusche im Gebäude, fehlt.
Der Schallschutz der Außenbauteile (Außenwände, Dach, Fenster, Lüftungsdurchlässe, Rollladenkästen, etc.) ist in Abhängigkeit der Lage des Gebäudes und den vorliegenden maßgeblichen Außenlärmpegeln zu führen. In Kombination mit dem massiven Bestand sind die opaken Teile der vorgestellten Außenwand jedoch keine Herausforderung. In Lärmbelasteten Gebieten ist zudem zu berücksichtigen, dass Fenster nachts nicht geöffnet werden können – eine mögliche Nachtauskühlung ist dadurch frühzeitig zu prüfen.

5. Brandschutz

Auch im Brandschutz gilt analog zur Bauakustik der Bestandsschutz, solange keine Änderungen vorgenommen werden. Bei Aufstockungen ist jedoch zu beachten, dass es zu einer Erhöhung der Gebäudeklasse und somit auch der Brandschutzanforderungen kommen kann. Alle tragenden Wände (Bestand und Sanierung) unterliegen den Brandschutzanforderungen.
Die in der energetischen Sanierung eingesetzten nichttragenden Holztafelwände können bis in Gebäudeklasse 4 mit einer Holzfassade nach Musterholzbaurichtlinie und Zellulosedämmung eingesetzt werden. Zu beachten sind die geforderten nichtbrennbaren Trägerplatten unterhalb der Holzfassade, die Brandschürzen im Geschossübergang und dass die Holzwand vor einer Bestandswand steht, welche die Anforderungen an den Brandschutz (feuerhemmend) erfüllt.
Darüber hinaus sind die Rettungswege zu überprüfen. Insbesondere der zweite Rettungsweg über Anleiterung bedingt geeignete Feuerwehraufstellflächen, welche in den Außenanlagen Platz bedürfen und gegeben sein müssen. Ist dies nicht möglich wird es aufwändig einen zweiten Rettungsweg auszubilden. Hier sind neue Treppenräume und Flure notwendig, welche sich in der Praxis als nicht wirtschaftlich darstellen. Neue Treppenräume können durchaus Sinn machen, wenn die alten Treppenräume die Anforderungen der Objektplanung/Platzbedarf, Barrierefreiheit (Aufzug) oder Brandschutz nicht erfüllen. Hier werden oftmals Treppentürme mit Aufzugschächten neben dem Bestandsgebäude errichtet.
Im Bereich der Haustechnik sind insbesondere neu geplante Lüftungsanlagen hinsichtlich des Aufstellortes, der Leitungsführung und der Abschottungen zu untersuchen.

6. Schnittstellen zu anderen Planern

Noch mehr als im Neubau erfordert die Sanierung eines Bestandes eine integrative Planung aller Planungsbeteiligten, da im Bestand mehr Zwänge vorhanden sind. Für eine gemeinsame Planung sind aussagekräftige und belastbare Grundlagen essenziell. In der Grundlagenermittlung werden die Objektpläne (Grundrisse, Schnitte und Ansichten) erstellt, bzw. Bestandspläne vor Ort verifiziert, Bauteilaufbauten bestimmt und ggfs. Bauteilöffnungen und -proben entnommen, um die Sanierung des Bestandes planen zu können. Weitere wichtige Unterlagen sind Schadstoffuntersuchungen (z.B. Asbest), Bodengutachten oder schalltechnische Untersuchungen.
Der Austausch der Fachplaner ist hierbei und auch in der weiteren Planung essenziell. Da im Holzbau die Detailplanung bereits in den ersten Leistungsphasen stattfindet und durch die Vorfertigung viele Bauelemente wie z.B. auch haustechnische Anlagen im Werk eingebaut werden, ist frühzeitig eine hohe Planungstiefe und die Abstimmung des Konstruktionssystems wichtig. Das Holzbau-Sanierungssystem muss allen Beteiligten bekannt sein, um die jeweilige Planung darauf abstimmen zu können. Montageabläufe müssen frühzeitig bekannt und in den Details der Fachplaner mitgedacht werden.
Die Haustechnik kann in der Seriellen Sanierung im Bereich der vorgefertigten Außenwände geführt werden. So müssen die Leitungen nicht aufwändig im Bestand verzogen werden und können analog zur Konstruktion bereits im Werk vorgefertigt werden. Das erspart Montagezeit auf der Baustelle. Hierbei ist es wichtig, dass das Konzept der Haustechnik frühzeitig mit der Konstruktion abgeglichen wird.

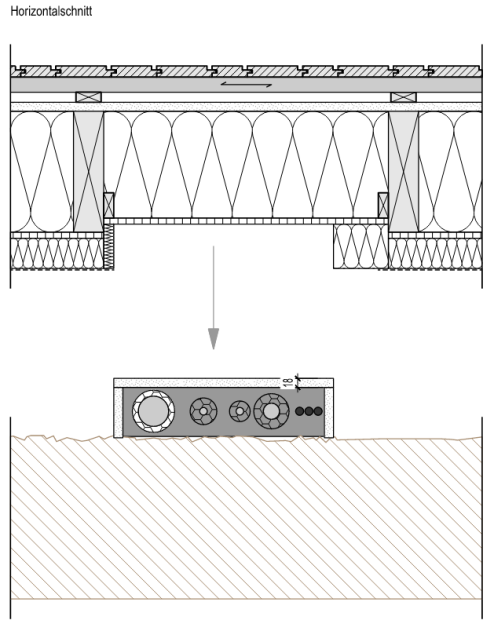


Abbildung 9: Horizontalschnitt Außenwand – Implementierung der Haustechnik in die vorgefertigten Holztafelelemente

7. Erkenntnisse

Die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst:

- Klimaziele sind ohne die (serielle) Sanierung des Bestandes nicht erreichbar.
- Die serielle Sanierung mit einer Haustechnik auf Basis erneuerbarer Energien ist nachhaltiger als der Abriss und Neubau eines Gebäudes.
- Eine umfassende Grundlagenermittlung des Bestandes ist erforderlich, um Unwägbarkeiten frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig Lösungen erarbeiten zu können.
- Das Konstruktionssystem serielle Sanierung mit vorgefertigten Holztafelelementen muss frühzeitig allen Planenden bekannt sein, um die Auswirkungen auf die Fachplanung (z.B. Leitungsführung HLSE) planen zu können.
- Eine integrative Planung und frühzeitige Mitarbeit aller Beteiligten ist für den Projekterfolg unerlässlich.
- Es sind frühzeitig Konzepte in den Fachbereichen zu entwerfen und zusammenführen (z.B. Lastabtrag Aufstockung, Verlauf thermische Hülle & Luftdichtigkeitsschicht, Leitungsführung HLSE, …).
- Serielle Sanierungen werden mit wirtschaftlich interessanten Programmen der KfW gefördert.
- Serielle Sanierungen bringen eine kurze Bauzeit mit sich, bedingt durch hohen Vorfertigungsgrad. Dies hat geringe Auswirkungen auf die Wohnqualität der Nutzer des Gebäudes.
- Serielle Sanierungen bewirken eine Erhöhung der Wohnqualität, der thermischen Behaglichkeit und damit des Wohlbefindens der Nutzer. Dies hat positive Auswirkungen auf die Gesundheit.

Serielle Sanierung – digital, vorgefertigt und kurze Bauzeit

Zwei Umsetzungen in der Gebäudeklasse 4+5

Holger Kappler
Holzbau Kappler
Gackenbach-Dies, Deutschland



Serielle Sanierung – digital, vorgefertigt und kurze Bauzeit.

Zwei Umsetzungen in der Gebäudeklasse 4+5

1. Hintergrund

Die Pariser Klimaschutzziele fanden Eingang in europäische und nationale Gesetzgebung, weil es in globaler Abwägung Konsens ist, dass eine Überschreitung der Klimaerwärmung um > 1,5 Grad enorme negative Folgen hätte. Es wird inzwischen deutlich, dass dieses Ziel nicht erreicht werden wird und wir weltweit eher auf einem Pfad über 3 Grad unterwegs sind.

Wenn es nicht gelingt, kurzfristig und drastisch CO_2 einzusparen und die Biodiversität zu erhalten, verändert sich der uns gewohnte Lebensraum in einer nur schwer ermessbaren Weise. Wetterextreme nehmen exponentiell zu, die Wirtschaftsleistung sinkt, Mortalitätsraten steigen, usw.

Der Gebäudesektor verursacht ~ 40 % der Treibhausgasemissionen (Betrieb und «graue Emissionen») und ~ 50 % des Abfallaufkommens in Deutschland. Auf dem Weg zur Klimaneutralität nimmt dieser Sektor eine entscheidende Rolle ein, muss aber die Reduktionsrate noch deutlich erhöhen, um bis 2040 klimaneutral zu werden. In den vergangenen 20 Jahren wurden ~ 28% eingespart, im kommenden gleichen Zeitraum müssen es fast 80 % werden. Ein «weiter so» wird hier nicht zum Ziel führen.

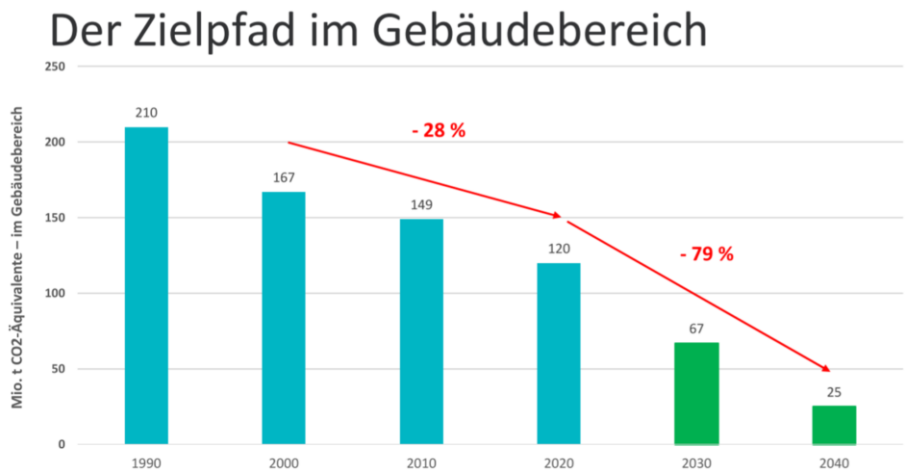


Abbildung 1: Zielpfad Treibhausgasreduzierung Gebäudesektor [dena «Fördertalk BEG-Bonus und Aufstockung» vom 13.06.2023]

2. Serielle Bauweise

Stellen Sie sich vor, wir würden Autos bauen, wie heute noch immer die meisten Gebäude errichtet werden. Wir würden mit einem leeren Blatt Papier beginnen, mit einem kreativen Menschen die Hülle entwerfen, Ausstattungen diskutieren, Fachingenieure beauftragen, Motor und Antriebsstrang zu entwickeln. Nach einiger Zeit übergeben wir die Ergüsse dem Automobilwerk, wo man sich wundert, warum die Schraube ein Sondergewinde hat und das Lenkrad eckig sein soll. Man will aber auch die nächsten Autos bauen, also beschwert man sich nicht und legt los. Dass diese Methode weder kosteneffizient ist noch die erforderlichen Stückzahlen ermöglicht, leuchtet ein. Warum leisten wir uns aber eben diese Arbeitsweise in der Bauwirtschaft?

Bauwerke haben sehr viel mehr Funktionen und Bedürfnisse zu erfüllen, sind in ihrer Wirkung deutlich komplexer und weniger vergänglich als Autos. Trotzdem muss das Rad nicht jedes Mal neu erfunden werden. Funktionsbäder auch nicht. Bauteilaufbauten schon gar nicht.

2.1. Standardisierung vs. Individualität

Standardisierung ist nicht mit einer Serienfertigung von gleichen Gebäuden gleichzusetzten. Für einige Bauaufgaben bietet sich die industrielle Fertigung von gleichen Raumzellen an, für andere nicht. Trotzdem lassen sich viele Bauelemente, Bauteile und Prozesse standardisieren.

Holzbau Kappler baut höchst individuelle Gebäude unterschiedlichster Bauaufgaben. Trotzdem ist der Wandaufbau im luxuriösen Eigenheim der gleiche wie in einer Kita oder einem Bürogebäude. Der Raffstore der gleiche, usw. Auch der Projektprozess folgt den gleichen funktionalen und zeitlichen Zusammenhängen – ist allenfalls etwas detailreicher.

Trotz individueller Entwürfe kann ein hohes Maß an Standardisierung erreicht werden, durch:
- Regelwandaufbauten,
- Regeldetails,
- Einsatz der gleichen Bauelemente,
- Festgelegten Fügungen,
- Spezialisierter Fertigungs- und Montagetechnik,
- Bauablaufprozessen mit Checklisten wie im Landeanflug eines Flugzeugs.

2.2. Vorfertigungsgrad

Die Vorteile der Werksfertigung gegenüber der Baustellenarbeit liegen auf der Hand. Keine unproduktiven Fahrtzeiten, keine Witterungsausfälle, besseres Controlling und QM, keine Baustellenentscheidungen an Büro und Kalkulation vorbei, usw. Und: Weniger Arbeitszeit an der Baustelle mit entsprechend weniger Störungen.

Maßgebend für den Grad der Vorfertigung ist nicht die Frage, ob Raumzelle oder Wandmodul, sondern die Frage: «Wieviel Arbeitsleistung wird im Werk erbracht und welche Restarbeiten verbleiben an der Baustelle?» Dazu korreliert die Bauzeit.

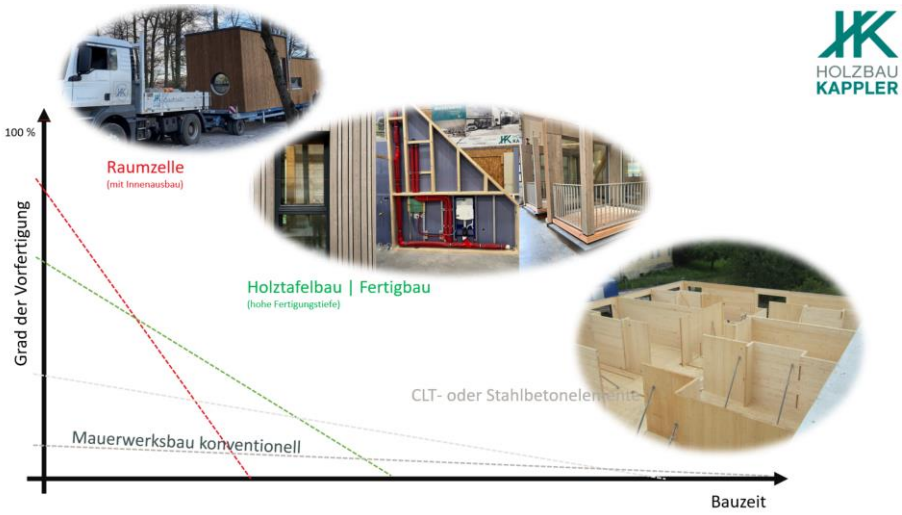


Abbildung 2: Vorfertigungsgrad vs. Bauzeit

2.3. Verbindlichkeit der Planung | Prozesse

In traditionellen handwerklichen Arbeitsabläufen gehören Änderungen zum Tagesgeschäft, weil jeder Beteiligte gewohnt ist, das wie selbstverständlich noch in der Bauphase Entscheidungen getroffen werden. Dies gibt Architekten, Bauherren und Fachplanern viel Raum für Unverbindlichkeit. Frei nach dem Motto: «Die Entscheidung bekommen Sie nächste Woche!»

Dass es ökonomischer, mangelfreier und entspannter ist, wenn Entscheidungen rechtzeitig getroffen werden, ist eine Binse. Leider ist das Nichtentscheiden aber oft bequemer, denn die Konsequenzen haben in der Regel andere zu tragen.

Entgegen handwerklichen Gepflogenheiten erfordern serielle Prozesse zwingend geordnete Abläufe, rechtzeitige Entscheidungen und eine enorme Planungstiefe. Fenster können im Werk nur eingebaut werden, wenn diese mindestens 6 Wochen vorher bestellt wurden. Unterputzarmaturen italienischer Hersteller können auch schnell 3 Monate Lieferzeit haben, usw.

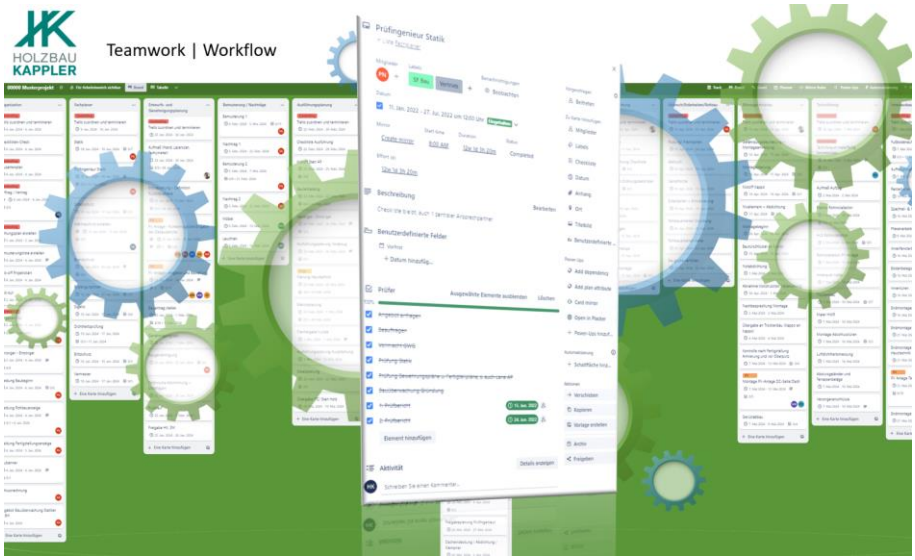


Abbildung 3: Prozessplanung mit TRELLO / PLACKER

2.4. Datenfluss

Die zuvor beschriebenen Abläufe, von der Planung bis zur Dokumentation, basieren auf digitalen Daten, die in verschiedenen Softwareanwendungen verwendet und ausgetauscht werden. Hier sind Schnittstellen erforderlich. Seit einigen Jahren ist man auch in der Gebäudeplanung dabei, den BIM-Standard zu entwickeln und einzuführen. Total sinnvoll, denn gegenwärtig werden in der deutlichen Mehrheit noch immer zigfache Modelle konstruiert: Architekt, Statiker, Energieplaner, Fertigteilplanung, usw.
BIM erfordert von Beginn an eine hohe Planungsverbindlichkeit aller Beteiligten. Und hohe Kompetenz in den jeweiligen Fachgebieten. Gelingt das nicht, dient das BIM-Modell allenfalls als 3-D-Modell zur Visualisierung und vielleicht noch zur Mengenermittlung.
Wenn Holzbau Kappler schlüsselfertig baut, wird die Ausführungsplanung ausschließlich im Haus erstellt – quasi als «closed BIM». Nur so kann sichergestellt werden, dass die für die weiteren Abläufe erforderlich Parameter korrekt gesetzt werden und ein effizienter durchgängigen Datenfluss gewährleistet wird.

3. Serielles Sanieren

Um die eingangs erläuterten Klimaschutzziele im Gebäudesektor zu erreichen, muss die Sanierungsrate erheblich gesteigert werden. Der serielle Ansatz soll hier einen erheblichen Beitrag leisten und über Skaleneffekte eben diese Rate erhöhen. Was für den Neubau gilt, kann ebenso im Bestand angewendet werden. Im Bestand ist lediglich die Ausgangssituation anspruchsvoller als eine Planung auf grüner Wiese.

4. Gebäudeklasse 5 | Ostendstraße Frankfurt

Noch vor der Sonderförderung für Serielle Sanierung im KfW-Programm 261 wurde dieses Gebäude ab 2021 nach der Planung von Architekt Kay Künzel vollständig saniert:
- Sanierung der Fassaden mit vorgefertigten Fassadentafeln
- Balkonsanierung durch «Einhausung» der Betonkragplatten mit Erker-/Balkonmodulen
- Balkonsanierung durch Integration der Betonkragplatten in einer Wohnraumerweiterung
- Nachrüstung eines Aufzugs, vorgestellt, in Brettsperrholz
- Dacherneuerung und -erweiterung
- Außerdem ein innovatives TGA-Konzept mit Kleinstwärmepumpe, Regenwasser- und Grauwassernutzung (bauseits).



Abbildung 4: Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle [Pläne Kay Künzel]

4.1. Aufmaß und Holzbauplanung

Passgenaue Fertigteile mit hohem Vorfertigungsgrad erfordern für die Montage eine Genauigkeit von ~ +/- 10 mm Gesamttoleranz. Das Aufmaß des Bestandsgebäudes muss deshalb mit besonderer Sorgfalt, sehr detailliert und maßgenau gemessen werden. Dies ist zwar mit einem einfachen Tachymeter möglich, sinnvollerweise bedient man sich hier jedoch an Laserscannern. Die so erzeugten Punktwolken erlauben im Nachgang sehr komfortable Auswertemöglichkeiten.

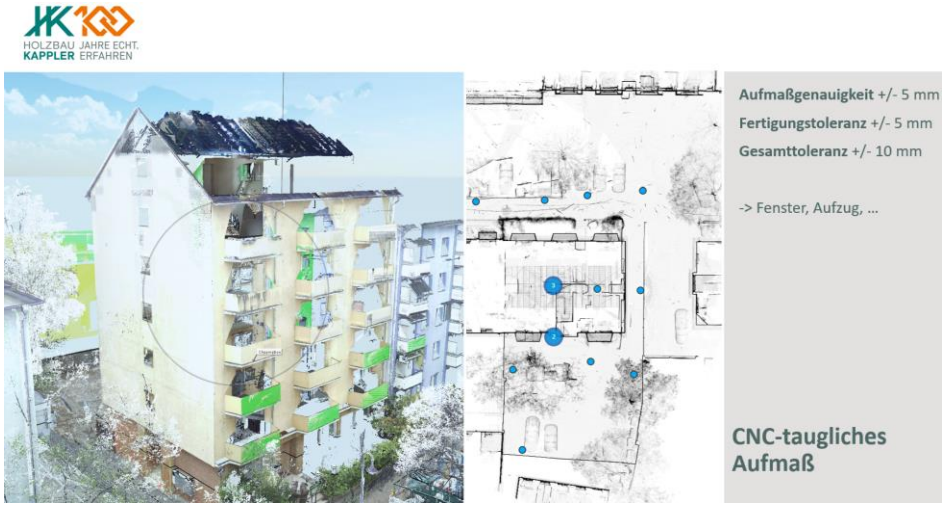


Abbildung 5: Aufmaß mit Laserscanner

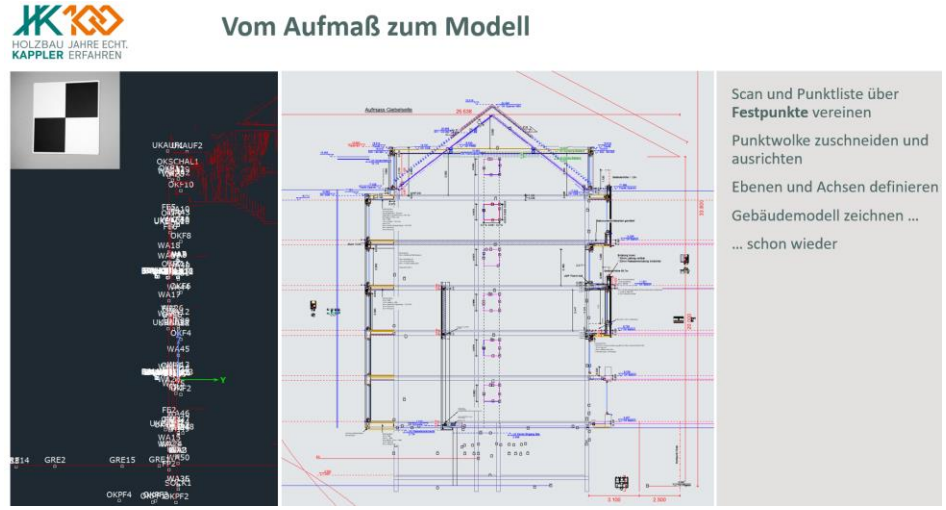


Abbildung 6: Vom Aufmaß zum Modell

4.2. Zuschnitt und Fertigung

Auf Grundlage der Fertigteilplanung werden auf CNC-Anlagen alle Stäbe und Plattenwerkstoffe passgenau zugeschnitten und zu Wand-, Decken- und Dachelementen zusammengefügt. Bauelemente, wie Fenster, Verschattungen sowie Komponenten der Gebäudetechnik werden entsprechend integriert.



Abbildung 7: Erker-/Balkonmodule vorgefertigt mit Fenster, Fassade, Verschattung

4.3. Montageimpressionen





Abbildungen 8: Montage vorgefertigter Bauteile

5. Gebäudeklasse 4 | Idstein

Dies ein Projekt, dass nach den Maßgaben des KfW-Programms 261 als Serielle Sanierung ertüchtigt wurde und das Holzbau Kappler schlüsselfertig erstellt hat. Einschließlich energetischer Fachplanung und Baubegleitung.



Abbildung 9: Übersicht SerSan Idstein

5.1. Vorprojekt

Für den Auftraggeber stellt sich vor Planungsbeginn die Frage der Wirtschaftlichkeit und diese ist gegenwärtig ohne Förderung kaum darstellbar. Deshalb müssen zu Beginn neben einer Energieberatung weitere Rahmenbedingungen geklärt werden:

- Bauplanungs- und Bauordnungsrecht (Abstandsflächen, Erweiterungen, …)
- Vorentwurf bei Erweiterungen / Aufstockungen
- Tragwerkskonzept
- Wärmeschutznachweis zur Optimierung von Bauteilaufbauten und Anlagentechnik
- Bauteilaufbauten, Leitdetails
- Heizlastberechnung
- TGA-Konzept, Strangsanierung?, kontrollierte Wohnraumlüftung, …
- Förderprogramme
- Kostenkalkulation +/- 5% Genauigkeit

Eigentlich sind das Informationen, die nach HOAI weit über die Leistungsphase 2 hinaus gehen. Eine Kostengenauigkeit +/-5% frühestens nach LP 6.

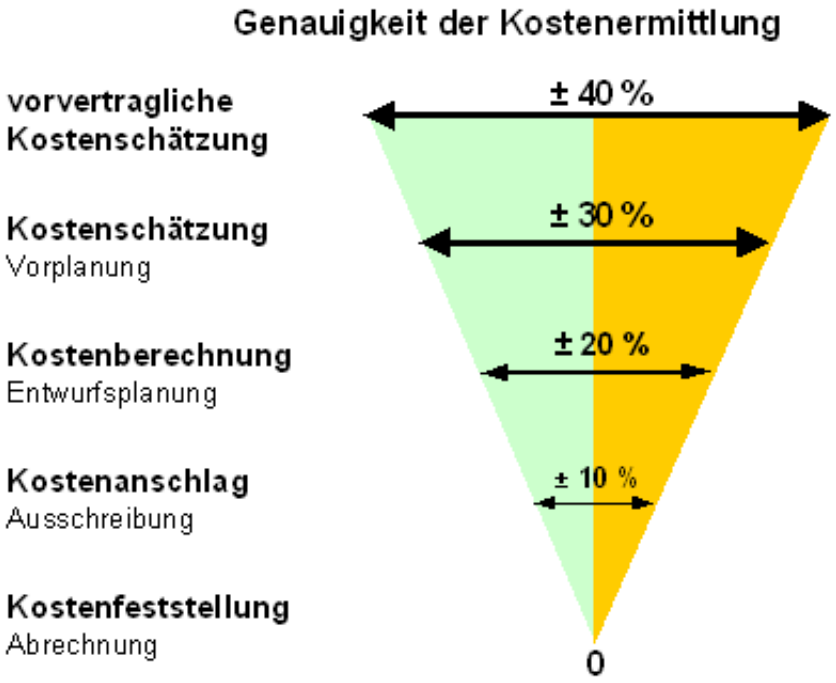


Abbildung 10: Genauigkeit der Kostenermittlung im Bauwesen nach Planungstiefe [Wikipedia]

Hinzu kommen Fachplanungen. Und zur Beurteilung der baulichen Machbarkeit sollte immer sehr frühzeitig handwerkliche Expertise eingeholt werden. Die klassischen Planungsprozesse führen hier nicht zum Ziel und wenn, dann zu enorm hohen Kosten zu einem Zeitpunkt, bevor der Auftraggeber seine Investitionsentscheidung treffen kann.

Hier gilt es also, entsprechende Kompetenzen aufzubauen und im Netzwerk zusammen zu bringen. Wenn alles in einem Unternehmen abgedeckt werden kann, umso einfacher. Holzbau Kappler führt immer ein maßgeschneidertes «Vorprojekt» durch, in dem sehr zielgerichtet und kostengünstig die erforderlichen Informationen gesammelt und aufbereitet werden.

5.2. Gebäudetechnik

Die Gebäudetechnik muss bei der Sanierung von Bestandsimmobilien von Beginn an mitgedacht und wirtschaftliche Lösungen gefunden werden. So vielfältig der Gebäudebestand, so vielfältig sind auch Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten. Wenn man dem seriellen Gedanken folgt, möchte man gerne Standards festlegen, Energiemodule, usw. Das geht, allerdings sind dem individuellen Projekt angepasste Lösungen zumeist deutlich günstiger.

Obwohl die drei Gebäude in Idstein annähernd identisch aussehen und die Wohnungen auch fast gleich sind, führten Änderungen während der Nutzungsphase zu drei völlig unterschiedlichen Wärmeerzeugern und unterschiedlichen Verteilsystemen. Für die Sanierung wurde jeweils eine Luft/Wasser-Wärmepumpe zur Heizwärmeerzeugung eingesetzt und die Verteilstränge bis an die Heizkörper erneuert. Bei einer Seriellen Sanierung ist dies auf der Fassade möglich.

Warmwasser wird wohnungszentral mit einem elektrischen 80 ltr.Tagesspeicher direktelektrisch erzeugt. Bei den jeweils 30 kWp-PV-Anlagen ist dies eine wirtschaftliche Möglichkeit, zumal der Vermieter den erzeugten Strom an die Mieter verkaufen kann.
Jede Wohnung wurde zusätzlich mit einer wohnungszentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Bei einem EH 55 EE Pflicht.

5.3. Fenster

Fenster und Verschattungselemente werden bereits im Werk eingebaut, seitlich an das Fassadenelement angeschlossen und die Fensterbankausbildung hergestellt und abgedichtet. Maßtoleranzen müssen deshalb mit einem sehr genauen Gebäudeaufmaß minimiert und verbleibende Abweichungen eingeplant werden.

Bei Gebäuden mit 7 Geschossen oder langen Fassaden eine Herausforderung, aber durchaus machbar.

Die Wohnungen waren während der Bauarbeiten alle vermietet. Um die Arbeitszeit in den Wohnungen auf ein Minimum zu beschränken, wurden die inneren Fensterleibungen nicht handwerklich beigeputzt, sondern vorgefertigte Zargenrahmen in die Fensteröffnung gestellt. Sehr breite Bekleidungen decken die alten Aussparungen für Rollladenkastenauflage und Gurtwickler ab.



Abbildung 11: Montagevorbereitung an Fensteröffnungen: Abklebungen, MiFa





Abbildung 12: vorgefertigte Zargenrahmen

5.4. Terminplanung | Bauzeit

Die drei Gebäude in Idstein wurden nacheinander saniert.

Bausumme	3,4 Mio€
Tilgungszuschuss	1,36 Mio € (40%)
Planungsphase	3 Monate (einschl. Bestellungen)
Fertigung/Montage	5 Monate
Baustellenzeit	5 Monate

Betrachtet man ein einzelnes Gebäude wären die Zeiten entsprechend zu kürzen.

1 Gebäude	
Baustellenzeit	**3 Monate**

Block B2
Mit Schallschutz wirtschaftlich bauen

Die DIN 4109 und weitere Richtlinien – viel Neues oder Durcheinander?

Martin Schneider
Hochschule für Technik Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



Heinz-Martin Fischer
Hochschule für Technik Stuttgart
Stuttgart, Deutschland



DIN 4109 und weitere Richtlinien – viel Neues oder Durcheinander?

1. Einleitung

Der Schallschutz in und an Gebäuden bleibt angesichts der Lärmbelastung durch Außenlärm (z.B. Verkehrslärm), Nachbarschaftslärm (Luft- und Trittschall) sowie durch Lärm von gebäudetechnischen Anlagen (z.B. Aufzüge) wichtig. Die DIN 4109 «Schallschutz im Hochbau» mit Ihrer 80jährigen Tradition beschäftigt sich mit dem Schallschutz in Bezug auf Anforderungen und mit den rechnerischen und messtechnischen Nachweisverfahren an den Schallschutz innerhalb des Gebäudes und dem Schallschutz gegenüber dem Außenlärm. Der Teil 1 der DIN 4109 [1] mit den «Mindestanforderungen» ist bauaufsichtlich eingeführt und damit beim Neubau, aber auch bei der Sanierung von Gebäuden zu beachten und einzuhalten. Der Teil 2 beschreibt Rechenverfahren, die Teile 31 bis 36 (Bauteilkatalog) beinhalten die Eingangsdaten für den Teil 2 und der Teil 4 beschreibt die messtechnischen Nachweise. Im August 2020 wurde die DIN 4109 mit dem Teil 5 «Erhöhte Anforderungen» [2] ergänzt. Neben den «Mindestanforderungen» und den «Erhöhte Anforderungen» der DIN 4109 existiert eine Reihe weiterer Dokumente, die sich mit weitergehenden Anforderungen an den Schallschutz bzw. mit der Klassifizierung des Schallschutzes befassen:

- VDI 4100:2012-10:
  Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung
  und Vorschläge für erhöhten Schallschutz [3]
- DEGA-Empfehlung 103: 2018-01
  Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis [4]
- ISO/TS 19488:2021-04:
  Akustik – Akustisches Klassifizierungssystem für Wohngebäude [5]

Im nachfolgenden Beitrag wird einerseits, auch um die Bedeutung der DIN 4109 im baulichen Schallschutz zu würdigen, die historische Entwicklung der DIN 4109 aufgezeigt. Andererseits werden verschiedene Dokumente mit Anforderungen an den Schallschutz in Bezug zur DIN 4109 gesetzt, um die rechtliche Gewichtung, die teilweise unterschiedlichen Anwendungsgebiete sowie die Herangehensweise zu beleuchten. Weiterhin soll auf die historische, aber vor allem auch die aktuelle Entwicklung der Anforderungswerte und der Rechenverfahren in DIN 4109 eingegangen werden, da aktuell in den zuständigen Normungsgremien zu DIN 4109 an einer Überarbeitung der gesamten Normenreihe gearbeitet wird.

2. Historische Entwicklung der DIN 4109

Die DIN 4109 ist in Deutschland die maßgebliche Norm für die Bauakustik. Schon von Anfang an (z.B. im Jahr 1944 als DIN 4109 «Richtlinie für den Schallschutz im Hochbau») hat sie die Aufgabe übernommen, die von staatlicher Seite im Zuge des Bauordnungsrechts gestellten Anforderungen an den baulichen Schallschutz zu formulieren. Darin wird auch oft ihre wichtigste Aufgabe gesehen. Daran hat sich auch nach der Harmonisierung europäischer Normen im Baubereich nichts geändert, da die Anforderungen in nationaler Hoheit verblieben sind.

Im Jahr 1938 wurde die DIN 4110 [6] bekannt gegeben. Sie war die erste deutsche Norm, die sich mit dem baulichen Schallschutz beschäftigte. Sie traf mit einem Umfang von etwa einer Seite zahlenmäßige Festlegungen für die Luft- und Trittschallübertragung in Wohnungen. Beispielsweise wurde für Wohnungstrennwände eine flächenbezogene Masse von mindestens 450 kg/m² gefordert. Mit dieser Wand (in der Regel damals verputztes 240 mm Ziegelmauerwerk) würde man die heute im Wohnungsbau geforderten Mindestwerte des Bau-Schalldämm-Maßes von $R'_w \geq 53$ dB immer noch übererfüllen.

Was damals begonnen hatte, endete (vorläufig) mit DIN 4109:2016/2018 auf mehr als 400 Seiten, verteilt auf zehn einzelne Normteile. Alleine diese quantitative Betrachtung lässt erahnen, dass der normativ geregelte bauliche Schallschutz einer ständigen Entwicklung und Erweiterung seines Anwendungsbereichs unterworfen war. Von den ersten Festlegungen zum Schallschutz bis zum heutigen Stand ist – dann unter dem Namen DIN 4109 – ein Normenwerk geworden, das nicht nur die Anforderungen festlegt, sondern auch messtechnische und rechnerische Nachweise behandelt, Bauteildaten («Ausführungsbeispiele») nennt und Hinweise für die Planung und Ausführung gibt. Damit hat sich diese Norm schrittweise von der Sicherstellung des Schutzanspruchs aus staatlicher Sicht zum zentralen Regelwerk des baulichen Schallschutzes entwickelt, das nicht nur für den staatlich geregelten Bereich das Anforderungs- und Nachweiskonzept liefert, sondern auch für die bauakustische Planung ein modernes und leistungsfähiges Werkzeug darstellt.

Ein kurzer Überblick zeigt einige wichtige Schritte der Entwicklung:
Nach den ersten normativen Regelungen für den baulichen Schallschutz in DIN 4110:1938 erschien im April 1944 die erste eigene Norm zum baulichen Schallschutz als DIN 4109 [7] und begründete unter dem erstmals verwendeten Namen «DIN 4109 Richtlinie für den Schallschutz im Hochbau» die Tradition dieser Norm. Die Norm wurde als technische Baubestimmung durch Erlass des Reichsarbeitsministers vom 18.04.1944, IVa 8 Nr. 9613-4/43 eingeführt. Hierdurch wurde der Nachweis des Schallschutzes Teil der Baugenehmigung. Im Jahr 1962 wurde die DIN 4109 mit insgesamt 5 Blättern neugefasst [8]. Dabei wurden die Anforderungen nun an das Luft- und Trittschallschutzmaß (mit den heute noch verwendeten Bezugskurven) gestellt. Die bisherigen Anforderungen an Treppenhauswände, Wohnungstrennwände und -decken wurden durch Anforderungen an Schulen, Krankenhäuser etc. ergänzt. Ebenfalls ergänzt wurden Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz. Ein eigenes Blatt bezüglich der Verwendung und Ausführung von schwimmenden Estrichen macht deutlich, dass mit der DIN 4109 bereits im Jahr 1962 nicht nur Anforderungen, sondern auch neue Baukonstruktionen eingeführt und entsprechende Ausführungsbeispiele angegeben wurden.

Die Normentwürfe zur DIN 4109 von 1979 [9] und 1984 [10] stellten den Versuch dar, in 5 bzw. 6 Normteilen die Normeninhalte in zeitgemäßer Form neu zu gliedern und zu erweitern. DIN 4109:1989 [11] erhielt zusammen mit den Beiblättern 1 [12] und 2 [13] eine neue Struktur und enthielt zum ersten Mal rechnerische Nachweise für den Massiv- und Holz-/Leichtbau. Dazu wurden die benötigten Bauteildaten in Form von «Ausführungsbeispielen» geliefert.

Mit der DIN 4109:2016 wurde die DIN 4109 an die europäischen Normen des baulichen Schallschutzes angepasst und erfuhr eine komplette Neugestaltung. Man erkennt, dass etwa alle 25 Jahre (1938/1962/1989/2016) wesentliche Schritte zur Weiterentwicklung der Norm erfolgten. Allerdings hat es die DIN 4109 in der 2016er Version mit Bezug auf die Anforderungsgrößen versäumt, neue Entwicklungen, die in vielen anderen europäischen Ländern stattfanden, ebenfalls aufzugreifen. Hier sind z.B. ein erweiterter Frequenzbereich (50 Hz – 5000 Hz), die Spektrumanpassungswerte beim Außenlärm (C oder C_{tr}) bzw. der Spektrumanpassungswert beim Trittschall (CI,50-2500) zu nennen. Auch dass die Anforderungsgrößen, z.B. beim Luftschall nicht, wie einmal geplant, von den sogenannten «bauteilbezogenen» Kenngrößen (Bau-Schalldämm-Maß R'_w) auf die «raumbezogenen» Kenngrößen (Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$) umgestellt wurden, führte zu einer komplizierteren Darstellung der Anforderungen in der Norm.

3. Regelwerke zu Schallschutzanforderungen

Als Norm entsteht die DIN 4109 zwar in einem regulären Normungsprozess (entsprechend den Statuten für die Normungsarbeit in DIN 820) beim Deutschen Institut für Normung (DIN), erlangt aber erst durch die nachfolgende «bauaufsichtliche Einführung» den Status einer rechtsverbindlichen Festlegung. Dazu werden die bauordnungsrechtlich relevanten Inhalte der DIN 4109 durch so genannte Einführungserlasse als Technische Baubestim-

mung in das Bauordnungsrecht der Bundesländer übernommen. Grundlage dieser Einführungserlasse ist die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB). Die derart in das Baurecht übernommenen Anforderungen sind Mindestanforderungen, die nicht unterschritten werden dürfen.

Eine Besonderheit der DIN 4109 ist, dass sie nicht nur die Anforderungen des baulichen Schallschutzes festlegt, sondern auch Vorgaben enthält, wie deren Einhaltung nachgewiesen werden kann und Hinweise gibt, wie sie realisiert werden können. In Deutschland werden die Nachweise zur Einhaltung der Anforderungen der DIN 4109-1 i.d.R. rechnerisch, mittels DIN 4109-2 und dem Bauteilkatalog DIN 4109-31 bis 36 [14] geführt, aber auch die messtechnischen Nachweise sind in DIN 4109-4 [15] geregelt. Darüber hinaus enthält DIN 4109 schon von Anfang an Hinweise für die Planung und Ausführung. Damit ist die DIN 4109 in ihrer Gesamtheit ein vor allem umfassendes Planungsinstrument, das alle Bereiche der Auslegung und Umsetzung des baulichen Schallschutzes abdeckt.

3.1. DIN 4109-1 Mindestanforderungen

Die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 haben als wesentliches Schutzziel den Gesundheitsschutz. Weiterhin soll eine ausreichende Vertraulichkeit hergestellt und es soll ein Schutz vor unzumutbaren Belästigungen sichergestellt werden. Diese Schutzziele werden durch Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung innerhalb der Gebäude, durch eine ausreichende Schalldämmung der Gebäudehülle zum Schutz gegenüber Außenlärm und durch Anforderungen an maximal zulässige Schallpegel, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen, erreicht.

Dabei haben sich beispielsweise die Anforderungen an den Luftschallschutz von Wohnungstrennwänden gegenüber der ersten Ausgabe der DIN 4109 nicht erhöht. Deutlich erhöht haben sich die Anforderungen an den Trittschallschutz. Hier fand eine kontinuierliche Anpassung der Anforderung an die bauliche Entwicklung statt. Durch den Einbau von schwimmenden Estrichen im Massivbau und deren schalltechnische Weiterentwicklung konnten Trittschallgeräusche immer weiter gesenkt werden. Die aufgrund statischer Erfordernisse (größere Spannweiten, höhere Betonüberdeckung) immer dickeren und damit schwereren Massivdecken trugen ebenfalls zu einer deutlichen Verminderung der Trittschallpegel bei, so dass die Anforderungen an den zulässigen Trittschallpegel in DIN 4109 sowohl 1962 als auch 1989 und 2016 erhöht werden konnten.

Die Anforderungen in DIN 4109 unterscheiden sich in Bezug auf die Nutzung von Gebäuden: Gebäude mit Wohn- und Arbeitsbereichen sowie Nichtwohngebäude wie Schulen, Beherbergungsstätten und Krankenhäuser. Bei Wohngebäuden wird zusätzlich noch zwischen Mehrfamilienhäusern und Einfamiliendoppel- und Reihenhäusern unterschieden. Obwohl eigentlich der anzustrebende Gesundheitsschutz der Bewohner gleich sein sollte, werden hier unterschiedliche Anforderungswerte an den Schallschutz gestellt. Die höheren Anforderungen bei den Doppel- und Reihenhäusern ergeben sich aus der üblicherweise zweischaligen ausgeführten Trennwand. Hier wird auch ein Dilemma der DIN 4109 deutlich: einerseits werden globale Anforderungen bezüglich des Gesundheitsschutzes gestellt andererseits ergeben sich die Anforderungen aus baukonstruktiven Möglichkeiten bzw. Gegebenheiten der jeweiligen Zeit.

Aktuell findet im Normenausschuss zur DIN 4109 eine Diskussion um eine Absenkung der Mindestanforderungen aufgrund der schwierigen wirtschaftlichen Lage im Wohnungsbau statt. Mit der Absenkung der Anforderungen hofft man einen Beitrag zur Senkung von Baukosten zu leisten. Allerdings konnte bislang nicht nachgewiesen werden, ob mit solch einer Absenkung tatsächlich Baukosten in signifikantem Umfang eingespart werden können. Dabei erzeugt der Schallschutz im Wohnungsbau nicht nur Kosten. Aufgrund des Schutzes der Gesundheit der Bewohner müssen die hieraus resultierenden Gewinne (gesunder Schlaf, Erholungswert der leisen Wohnung, etc.) entsprechend auch kostenmäßig gegengerechnet werden. Die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 werden in der Regel beim Bau z.B. von Studentenwohnheimen, Altersheimen und beim staatlich geförderten kostengünstigen Bauen von Mietwohnungen angewendet. Bei entsprechender Aufklärung der Käufer können natürlich auch kostengünstige Eigentumswohnungen mit dem Mindestschallschutz der DIN 4109-1 geplant werden.

Unterhalb der Mindestanforderungen darf nur mit Genehmigung der Baubehörde gebaut werden. Dies ist in Ausnahmefällen möglich, z.B. bei experimentellen Bauten, bei der Sanierung/Renovierung von Bestandsgebäuden, wenn der Aufwand unverhältnismäßig zur tatsächlichen Verbesserung des zu erwartenden Schallschutzes ist oder der geforderte Schallschutz mit der vorhandenen Baukonstruktion gar nicht erreicht werden kann. Auch bezüglich der Kennwerte, mit denen die Anforderungen in DIN 4109-1 beschrieben werden, ist Bewegung zu spüren. So soll zukünftig der Schallschutz gegenüber Außenlärm unter Berücksichtigung der Spektrumanpassungswerte C und C_{tr} nachgewiesen werden. Auch wird diskutiert, ob die aktuelle Anforderungsgröße zu den gebäudetechnischen Anlagen (maximaler A-bewerteter Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$) nicht durch die nachhallzeitbezogene Kenngröße (maximaler A-bewerteter Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$) ersetzt werden soll.

3.2. DIN 4109-5 Erhöhte Anforderungen

Bereits in der DIN 4109 von 1962 existieren neben den Mindestanforderungen Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz. Gegenüber den Mindestanforderungen wurden in der Ausgabe von 1962 beim erhöhten Schallschutz beim Luftschall im mehrgeschossigen Wohnungsbau ca. 3 dB, beim Trittschallschutz 10 dB höhere Anforderungen gestellt. Diese Werte wurden dann im Wesentlichen in Beiblatt 2 zu DIN 4109:89 mit den Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz übernommen. Gegenüber der Ausgabe von 1962 wurden allerdings beim erhöhten Luftschallschutz für Trennwände in Einfamilien-Doppel- und Reihenhäusern die Anforderungen deutlich erhöht.

Bei der Überarbeitung der DIN 4109 in den 2010er Jahren wurde aufgrund der Weigerung einiger Verbände (Immobilen- und Wohnungsbauwirtschaft, Zentralverband Deutsches Baugewerbe, …) einen erhöhten Schallschutz zu normen, keine erhöhten Anforderungen gestellt. Mit Veröffentlichung der DIN 4109 Reihe 2016 erfolgte die Planung des erhöhten Schallschutzes entweder außerhalb der DIN 4109 mit VDI 4100 oder DEGA Schallschutzausweis oder aber mit den Werten des alten Beiblatt 2 aus dem Jahr 1989. Eine Planung des erhöhten Schallschutzes bei Wohnungstrennwänden mit dem Wert aus Beiblatt 2, der gegenüber den Mindestanforderungen nur um 1 dB erhöht ist, war allerdings aufgrund verschiedener höchstrichterlicher Urteile sehr umstritten. Häufige Rechtstreite bezüglich des vereinbarten bzw. geschuldeten Schallschutzes führten dann dazu, dass die Verbände, die eine Normung des erhöhten Schallschutzes ablehnten, eine Erarbeitung eines Dokuments beim DIN anstießen. Die dann 2017 erschienene DIN SPEC 91314:2017-01: [16] (DIN SPEC: ein von einer Interessengruppe initiiertes Papier, beim DIN veröffentlicht) sollte entsprechend dem Wunsch der beteiligten Verbände für den Wohnungsbau den erhöhten Schallschutz normativ abdecken. Aufgrund der breiten Widerstände zu diesem Papier wurde dann aus Beiblatt 2 und DIN SPEC 91314 die DIN 4109-5:2020-08 Schallschutz im Hochbau – Teil 5: Erhöhte Anforderungen [2] erarbeitet und im Konsens 2020 veröffentlicht. Mit nur einer Stufe für den erhöhten Schallschutz, keinen Vorschlägen für einen Schallschutz im eigene Bereich, keinen Anforderungsgrößen im erweiterten Frequenzbereich und keinen gegenüber den Mindestanforderungen erhöhten Anforderungen beim Außenlärm wird der Teil 5 der DIN 4109 häufig als Grundlage für die Planung mit einem üblichen Komfortanspruch von Wohnungen (Eigentumswohnungen) bzw. von Einfamilien-Reihenhäusern verwendet.

3.3. VDI 4100

Die erste VDI 4100 [3] erschien im Jahre 1994 und war das erstes Klassifizierungsschema in Deutschland mit 3 Schallschutzstufen. Die Schallschutzstufe SSt1 entsprach bei Mehrfamilienhäusern den Mindestanforderungen der damalig gültigen DIN 4109 Die Schallschutzstufen II und III wiesen mit einem Abstand von jeweils 3 dB beim Luftschall und 7 dB beim Trittschall einen deutlich wahrnehmbar besseren Schallschutz auf. Grundlegend neu war dabei eine Beschreibung der Wahrnehmung von Geräuschen aus Nachbarwohnungen in den verschiedenen Schallschutzstufen. Bei der Überarbeitung der VDI 4100 mit der Veröffentlichung im Jahr 2012 wurde von den «bauteilbezogenen» auf die «nachhallbezogenen» Kenngrößen umgestellt. Es blieb zwar bei den 3 Klassen für den erhöhten

Schallschutz, problematisch bezüglich der Akzeptanz war allerdings, dass der Mindestschallschutz der DIN 4109 nicht mehr aufgeführt wurde und die neue Schallschutzstufe I dem Niveau der alten Stufe II entsprach. Aufgrund der unglücklichen Benennung der Schallschutzstufen sowie des Wechsels der Kenngrößen erfuhr die VDI 4100 eine deutliche Verminderung der Akzeptanz. Zur Zeit läuft hier eine Überarbeitung mit dem Ziel einer Zusammenführung der VDI 4100 mit der DEGA Empfehlung 103.

3.4. DEGA Empfehlung 103

Die DEGA Empfehlung 103 «Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis» [4] wurde im Juni 2009 erstmals und als überarbeitete Version im Januar 2018 wieder veröffentlicht. In der DEGA Empfehlung 103 wird der Schallschutz von Wohngebäuden in 7 Schallschutzklassen A* bis F; klassifiziert. Dabei entspricht die Klasse D den Mindestanforderung der DIN 4109-1- für mehrgeschossige Wohngebäude. Die Klassen E und F sind für die Klassifizierung von Bestandsgebäuden vorgesehen und könnten aber auch zukünftig für die seit einiger Zeit diskutierte Gebäudeklasse E (für einfache Gebäude) verwendet werden. Die Klassen C und B beschreiben einen erhöhten Schallschutz im Geschosswohnungsbau, A und A* einen erhöhten Schallschutz bei Einfamilien-Doppel- und Einfamilien-Reihenhäusern. Mit einer ausführlichen Beschreibung der subjektiven Wahrnehmbarkeit von üblichen Geräuschen in den verschieden Schallschutzklassen können auch Laien sich ein Bild von den zu erwartenden Geräuschen in der Wohnung machen.

Im Gegensatz zu DIN 4109 und VDI 4100 kennt die DEGA-Empfehlung 103 bei der Beschreibung des Schallschutzes hinsichtlich der Schallschutzstufen keine Trennung zwischen dem Einfamilien-Reihenhaus und dem Mehrfamilienhaus. Hierdurch wird dem Käufer bzw. dem Bewohner des entsprechenden Bauwerks die tatsächliche Einstufung des Schallschutzes transparent gemacht. Mit dem Schallschutzausweis wird mittels eines Punktesystems die schalltechnische Qualität einer Wohnung bewertet und transparent einer Schallschutzklasse zugeordnet. Auch der Schallschutz im eigenen Wohnbereich kann mittels DEGA Empfehlung 103 beurteilt werden. Moderne Wohnformen mit offenen Grundrissen sowie vermehrt technische Einrichtungen, wie z.B. eine zentrale Wohnungslüftung, erzeugen bei den Nutzern ein Hinterfragen des Schallschutzes im Hinblick auf Geräusche aus dem «eigenen Wohnbereich». Die Anforderungen für die 3 Schallschutzklassen im eigenen Wohnbereich können optional bei der Planung des Gebäudes berücksichtigt werden.

Im September 2024 wurde die neue DEGA-Richtlinie 103 «Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1: Schallschutzklassen und erhöhter Schallschutz» [17] veröffentlicht.

Gegenüber den vorangegangen DEGA-Empfehlungen wurden wesentliche Veränderungen vorgenommen, wie beispielsweise die Möglichkeit der Anwendung neuer raumbezogener Bauteilkenngrößen oder die Abtrennung des Teils zum Schallschutzausweis der in einen neuen Teil 2 überführt werden soll.

4. Rechenverfahren

Die DIN 4109 versuchte ständig, die aktuellen Bauweisen abzubilden und so dem technischen Fortschritt zu folgen. Das gelang ihr angesichts der langen Zeitintervalle zwischen den einzelnen Normausgaben allerdings nur mit großen Verzögerungen. Durch eine neue Gliederung der DIN 4109 von 2016 und die Neustrukturierung der Normungsarbeit an der DIN 4109 seit 2006 hat sich das allerdings geändert. Die Berechnungsverfahren sind nun, genauso wie der Bauteilkatalog, in jeweils eigenen Normteilen niedergelegt, so dass sie unabhängig von anderen Normteilen ergänzt und aktualisiert werden können. Das ist seit Herausgabe der Fassungen von 2016 bereits einige Male geschehen. Die Weiterentwicklung der Dokumente zu den Berechnungsverfahren und zum Bauteilkatalog wird dadurch erleichtert, dass dafür nun ein eigener Normenausschuss zuständig ist (NA 005-55-75 AA «Nachweisverfahren, Bauteilkatalog, Sicherheitskonzept»). In umgekehrter Richtung hat die DIN 4109 allerdings auch immer wieder technische Entwicklungen des baulichen Schallschutzes unterstützt, angestoßen oder sogar forciert. Beispiele sind schwimmende Estriche, zweischalige Haustrennwände sowie Entwicklungen bei der Flankenübertragung im Massivbau.

4.1. Historische Entwicklung der Rechenverfahren

In der Ausgabe von 1962 im Blatt 3 werden nur Ausführungsbeispiele für Bauteile genannt, welche die im Blatt 2 genannten Anforderungen erfüllen. In der Ausgabe von 1989 sind im Beiblatt 1 Rechenverfahren zur Berechnung des zu erwartenden bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes bzw. des bewerteten Normtrittschallpegels unter (einer relativ pauschalen) Berücksichtigung der flankierenden Übertragung angegeben. Diese häufig fälschlicherweise «Gösele-Verfahren» genannte Herangehensweise beruht unter anderem auf Berechnungen mit dem Gösele-Verfahren, einem vereinfachten Vorgänger des aktuellen Berechnungsverfahrens. Bei dem Gösele-Verfahren wird die Flankenübertragung aus der Direktdämmung des angeregten Bauteils und der Stoßstellendämmung (bei Gösele Schnelle-Pegeldifferenz) berechnet.

Ein maßgeblicher Impuls für technische Weiterentwicklungen war in den letzten 20 Jahren die Einbeziehung der europäischen Normung des baulichen Schallschutzes. Umfangreiche Untersuchungen zur Einbindung von Produkten und Bauweisen in die Nachweisverfahren der EN 12354 Reihe und der überarbeiteten DIN 4109 von 2016 lenkten z.B. verstärkt den Blick auf die Flankenübertragung und sorgten für optimierte Produkte und Bauweisen, z.B. bei der Stoßstellengestaltung im Massivbau oder den Bauteilverbindungen im Holzbau.

Ausgehend von Untersuchungen, wie sie z.B. Gösele in [18] vorlegte, wurde man sich der Tatsache bewusst, dass hochwärmedämmende Lochsteine aufgrund ihrer Lochstruktur nicht wie einschalige homogene Bauteile betrachtet werden konnten, deren Schalldämm-Maß aus der flächenbezogenen Masse bestimmt werden konnte. Umfangreiche Untersuchungen durch Förderung aus der öffentlichen Hand und aus der Wirtschaft führten zu einem grundlegenden Verständnis der auftretenden Phänomene und zu bautechnischen Lösungen in Form von akustisch optimierten Lochsteinen. Aber auch die schalltechnische Prognose konnte für solche Bauweisen, basierend auf den Verfahren der EN 12354, auf neue Beine gestellt werden. Die DIN 4109 war damit das erste akustische Regelwerk, das die planerische Berücksichtigung solcher Produkte und einen schalltechnischen Nachweis ermöglichte.

Bei der flankierenden Übertragung leichter massiver Wände war das alte Verfahren an seine Gültigkeitsgrenzen gestoßen. Die detaillierte Betrachtung der flankierenden Schallübertragung entsprechend den Berechnungsverfahren nach EN 12354 machte deutlich, dass auch die Bauteilverbindungen (Stoßstellen) mit der neuen Kenngröße K_{ij} in den Blick zu nehmen und in der Planung zu berücksichtigen sind. Im Vorfeld der neuen DIN 4109 führte die Umsetzung der europäischen Berechnungsverfahren zu zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die sich mit dem Stoßstellenverhalten und der flankierenden Übertragung beschäftigten. Daraus ergaben sich optimierten Stoßstellenlösungen, z.B. für Außenwände in Ziegelbauweise oder für die Entkopplung leichter massiver Wände. Solche konstruktiven Lösungen haben Eingang in die Baupraxis gefunden und sind seit 2016 teilweise auch in der DIN 4109 (Rechenverfahren und Bauteilkatalog) verankert.

Nicht nur die Mindestanforderungen (DIN 4109-1), sondern auch die Rechenverfahren (DIN 4109-2) und d Bauteilkataloge (DIN 4109, Teile 31 bis 36) sind Teil der Baubestimmungen der Länder und damit baurechtlich verbindlich anzuwenden. Allerdings sind neben DIN 4109-2 und den Bauteilkatalogen in der MVVTB auch die vereinfachten Rechenverfahren des Beiblatts 1 zu DIN 4109:1989-11 für bestimmte Bauteile des Massivbaus zulässig. Dabei stellt sich allerdings die Frage, ob mit diesen vereinfachten Nachweisen ein wirtschaftlicher Schallschutz möglich ist.

4.2. Neue Entwicklung bei den Rechenverfahren in DIN 4109-2

Im Rahmen der aktuellen Überarbeitung der gesamten Normenreihe werden nachfolgend die wesentlichen Entwicklungen im Bereich der Rechenverfahren aufgezeigt.
Aufgrund der vorgesehenen Änderung der Anforderungsgrößen beim Außenlärm durch die Berücksichtigung der Spektrumanpassungswerte sind diese sowohl im Rechenverfahren als auch bei den Kennwerten von Außenbauteilen im Bauteilkatalog zu berücksichtigen.

Die Berechnung der flankierenden Trittschallübertragung soll zukünftig deutlich detaillierter und damit genauer erfolgen. Das bisherige Verfahren der pauschalen Berücksichtigung aller Flankenübertragungswege (im Massivbau durch einen Korrektursummand K, im Holzbau durch K_1 und K_2) soll zwar beibehalten werden, aber durch ein neues, der europäischen Normung in DIN EN ISO 12354-2:2017 [19] entsprechendes, Verfahren ergänzt werden. In diesem Verfahren wird weiterhin mit Einzahlangaben gerechnet, jedoch werden die Trittschallpegel auf den Schallübertragungswegen getrennt berechnet und anschließend zum gesamten Trittschallpegel am Bau aufsummiert. Mit der genaueren Betrachtung der Flankenübertragung soll dann auch ein reduzierter Sicherheitsbeiwert angesetzt werden.
Auch in Bezug auf die gebäudetechnischen Anlagen sind Änderungen beim Nachweisverfahren zu erwarten. Die aktuell vorhanden Verfahren (Referenzlösungen, z.B. Musterinstallationen) sollen bestehen bleiben, aber durch ein zusätzliches, frequenzabhängiges Verfahren zur Berechnung der Schalldruckpegel von gebäudetechnischen Anlagen entsprechend den Vorgaben in DIN EN ISO 12354-5:2019 ergänzt werden. Hierbei werden entsprechende frequenzabhängige Eingangsgrößen benötigt. Dabei handelt es sich einerseits für die gebäudetechnischen Anlagen um Labordaten, welche die Quelle beschreiben, andererseits um Daten, mit denen die Übertragungseigenschaften des Gebäudes beschrieben werden können. Sind diese Eingangsdaten vorhanden, können erstmals die Schallpegel von gebäudetechnischen Anlagen normativ rechnerisch nachgewiesen werden.

5. Zusammenfassung

Die DIN 4109 hat in Deutschland den Schallschutz im Hochbau hinsichtlich der bauaufsichtlich zu erfüllenden Anforderungen, aber auch in Bezug auf die bautechnischen Entwicklungen, maßgeblich geprägt. Sie war lange Zeit das maßgebliche Dokument in der Bauakustik und hat entscheidende Impulse im Baugeschehen gegeben. Allerdings haben sich die Anforderungswerte in den letzten Jahrzehnten kaum noch verändert, wobei jetzt sogar Anpassungen aus dem Jahr 2016 gegenüber der Ausgabe 1989 rückgängig gemacht werden sollen. Dabei wurde und wird der Wunsch der Bewohner nach einem an die gesteigerte Wohnungsqualität angepassten Schallschutz nicht Rechnung getragen, so dass Teile der Mindestanforderungen der DIN 4109 in Bezug auf den Wohnungsbau von der Rechtsprechung als nicht mehr zeitgemäß eingestuft werden. Die aktuelle Normenreihe DIN 4109 liefert aber neben den bauaufsichtlich eingeführten Anforderungswerten zum Schallschutz auch die rechnerischen Verfahren mit den entsprechenden Eingangswerten zum Nachweis des Schallschutzes. Hier wurden und werden nationale, aber auch internationale Entwicklungen aufgegriffen und es wird versucht, diese normativ umzusetzen. Mit einem überarbeiteten Rechenverfahren zum Trittschall und zu den gebäudetechnischen Anlagen sowie mit einem besonders für den Holzbau deutlich erweiterten Bauteilkatalog ist es geboten, möglichst zeitnah einen Entwurf der «neuen» DIN 4109 vorzulegen.

6. Literatur

[1] DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen

[2] DIN 4109-5:2020-08 Schallschutz im Hochbau – Teil 5: Erhöhte Anforderungen

[3] VDI 4100:2012-10 Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz

[4] DEGA-Empfehlung 103 – Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Fachausschuss Bau- und Raumakustik, Januar 2018

[5] ISO/TS 19488:2021-04 Akustik – Akustisches Klassifizierungssystem für Wohngebäude

[6] DIN 4110 Technische Bestimmungen für die Zulassung neuer Bauweisen, 2. Ausgabe, Berlin Juli 1938, eingeführt als Richtlinie für die Baupolizei durch Erlass des Reichsarbeitsministers vom 12.07.1938, IV 2 Nr.9600/6

[7] DIN 4109:1944: Richtlinie für den Schallschutz im Hochbau (eingeführt durch Erlass des Reichsarbeitsministers vom 18.04.1944, IVa 8 Nr. 9613-4/43

[8] DIN 4109:1962/1963 Schallschutz im Hochbau, Blatt 1 bis Blatt 5

[9] E DIN 4109:1979 Schallschutz im Hochbau, Teile 1, 2, 3, 5, 6,

[10] E DIN 4109 :1984-10 Schallschutz im Hochbau, Teile 1 – 3 und Teile 5 – 7

[11] DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise

[12] DIN 4109 Beiblatt 1:1989-11 Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren

[13] DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 Schallschutz im Hochbau, Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich

[14] DIN 4109-4:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen

[15] DIN 4109-31:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teile 31 bis 36:
Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog)

[16] DIN SPEC 91314:2017-01: Schallschutz im Hochbau –
Anforderungen für einen erhöhten Schallschutz

[17] DEGA-Richtlinie 103-1: Schallschutz im Wohnungsbau, Teil 1, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Fachausschuss Bau- und Raumakustik, September 2024

[18] Gösele, K.: Verringerung der Luftschalldämmung von Wänden durch Dickenresonanzen, Bauphysik 12 (1990) 187

[19] DIN EN ISO 12354-2:2017-11 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen (ISO 12354-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 12354-2:2017

[20] DIN EN 12354-5:2023-08 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 5: Installationsgeräusche;
Deutsche Fassung EN 12354-5:2023

Schalltechnisch optimierte Konstruktionen im Holzbau – nicht immer nur teuer!

Andreas Rabold
Technische Hochschule Rosenheim
und ift Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Adrian Blödt
IB Blödt / Blödt Holzkomplettbau GmbH
Kohlberg, Deutschland



Schalltechnisch optimierte Konstruktionen im Holzbau – nicht immer nur teuer!

1. Einleitung

Rasant steigende Baupreise führen derzeit in vielen Fällen zur Rückstellung von Bauvorhaben und zu einem starken Rückgang der Baukonjunktur. Gleichzeitig wird dringend bezahlbarer Wohnraum benötigt und politisch gefordert. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit das Einsparpotential in allen Bereichen des Bauwesens auszuschöpfen. Die steigenden Baupreise haben schon seit geraumer Zeit Auswirkungen auf die Ausnutzung des Baugrundes durch raumoptimierte Doppel- Reihen- und Mehrfamilienhäuser sowie auf die Nachverdichtung in Form von Aufstockungen und Parkplatzüberbauungen. Die momentane Entwicklung lässt aber auch die Notwendigkeit der nachzuweisenden Eigenschaften eines Gebäudes überdenken. Während die Anforderungen an die Statik und den Brandschutz nur wenig Spielraum erlauben und auch der Wärmeschutz in Zeiten des Klimawandels kaum Kompromisse zulässt, kann im Bereich der Bauakustik auf den ersten Blick ohne Gefahr für Leib, Leben und Umwelt über drastischere Maßnahmen nachgedacht werden.

Werden bestimmte Grenzen überschritten, so sind jedoch auch beim Schallschutz unmittelbare gesundheitliche Folgen für den Bewohner zu beobachten. In einer zusammenfassenden Studie des Umweltbundesamtes wird dargelegt, dass chronischer Lärm nicht nur die Lebensqualität und das subjektive Wohlbefinden auf vielen Ebenen negativ beeinflusst, sondern auch das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigt und den Schlaf stört [1]. So bewirkt ein Anstieg des Straßenverkehrslärms um 10 dB eine Risikoerhöhung von Herzinfarkten beziehungsweise Schlaganfällen um 6 bis 15 Prozent. Erste vegetative Reaktionen werden bereits ab einem A-bewerteten Maximalschallpegel im Innenraum $L_{A,F,max}$ = 32 dB festgestellt. Die Grenze für Schlafstadienwechsel, verfrühtes Erwachen am Morgen, Bluthochdruck und Herzinfarkt beginnt bei $L_{A,F,max}$ = 35 dB bis 50 dB [2]. Die Symptome des Schlafstadienwechsels und Aufwachens treten bekannterweise auch bei Nachbarschaftslärm durch Luft- und Trittschallübertragungen der Trennwand oder -decke auf. Während bei störenden Luftschallübertragungen wie basshaltiger Musik auf die Notwendigkeit der gegenseitigen Rücksichtnahme hinzuweisen ist, ist die Verursachung von Trittschallgeräusche unvermeidbar.

Vor diesem Hintergrund erscheinen die in DIN 4109-1 angegebenen Mindestanforderungen an den Schallschutz, die den Bewohner lt. Präambel vor unzumutbaren Belästigungen schützen sollen, in einem anderen Licht. Die Anforderungen an den Schallschutz von Außenbauteilen werden nach DIN 4109-1 so ermittelt, dass ein A-bewerteter Innenpegel im Wohnraum von $L_{A,F,max}$ = 35 dB nicht überschritten wird. Für Trenndecken und -wände werden hinsichtlich der normativen Anforderungen bereits Kompromisse eingegangen, um die wirtschaftliche Ausführbarkeit der Bauteile zu berücksichtigen. Aber auch für die bei diesen Trennbauteilen maßgebliche Luft- und Trittschallübertragung aus fremden Wohnbereichen kann gezeigt werden, dass die o.g. Grenzwerte bei der Wahl geeigneter Bauteile unabhängig von der Bauweise eingehalten werden können [3],[4].

Weiterführende Zielwerte, die im Bereich des Komfortschallschutzes liegen und frei zu vereinbaren sind, können im Rahmen eines Kosten-Nutzen optimierten Bauens jedoch durchaus hinterfragt und angepasst werden, soweit dies dem Bauherrn und Bewohner nachvollziehbar vermittelt wird. Besonders hervorzuheben ist dabei eine sinnvolle Vereinbarung zum Schutz gegenüber tieffrequenten Gehgeräuschen. Nachfolgend sollen die Möglichkeiten der Kostenreduktion für Trenndecken in Holzbauweise aufgezeigt und geeignete Bauteile vorgestellt werden. Zusätzlich werden die wirtschaftlichen Vorteile einer genaueren Prognose aufgezeigt und bauseitige Einflussgrößen diskutiert.

2. Kostenreduktion für Trenndecken

2.1. Zielwerte für kostenoptimierte Trenndecken

Eine solide bauakustische Planung sollte immer mit der Festlegung sinnvoller Zielwerte für den Schallschutz beginnen. In [5] wurden hierzu für die Anwendung im Holzbau Schallschutzniveaus festgelegt und mit einer verbalen Beschreibung des zu erwartenden Schallschutzes verknüpft. Dies erlaubt dem Planer, den Bauherrn ausreichend zu informieren und ihm die Entscheidung zu überlassen, welches Niveau für das geplante Bauvorhaben sinnvoll ist.

Während der Mindestschallschutz gesetzlich bindend einzuhalten ist, können die darüberhinausgehenden Schallschutzniveaus Basis+ und Komfort vom Bauherrn und Planer festgelegt werden. Um für den Bewohner eine ausreichende Korrelation zwischen Zielwert und subjektiver Wahrnehmung der Trittschallgeräusche zu erreichen, wird bei diesen Schallschutzniveaus der Spektrumanpassungswert $C_{I,50\text{-}2500}$ für das Bauteil ohne Nebenwege berücksichtigt.

Tabelle 1: Zielwerte für Wohnungstrenndecken in Holzbauweise nach [5]

Schallschutzniveau		
BASIS (DIN 4109-1:2018)	BASIS+	KOMFORT
$R'_w \geq 54$ dB	$R'_w \geq 57$ dB	$R'_w \geq 60$ dB
$L'_{n,w} \leq 50$ dB bzw. $L'_{n,w} \leq 53$ dB[a)]	$L'_{n,w} \leq 50$ dB $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500} \leq 50$ dB[b)]	$L'_{n,w} \leq 46$ dB $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500} \leq 47$ dB[b)]

[a)] Temporäre Ausnahme für Leichtbaudecken nach DIN 4109-33; entfällt mit der Überarbeitung.
[b)] Bauteilwert ohne Nebenwege als Zielwert zur Auswahl einer geeigneten Decke im Bauteilkatalog

Das Schallschutzniveau BASIS+ greift für den $L'_{n,w}$ den Mindestschallschutz nach DIN 4109-1 auf und verbessert durch den zusätzlichen Zielwert ($L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$) die Planungssicherheit. Die Anhebung des Bau-Schalldämm-Maßes R'_w der Trenndecke gegenüber den Mindestanforderungen um 3 dB gewährleistet einen ausreichenden Schallschutz bei normalen Wohngeräuschen und ist im Holzbau für fast alle Bauweisen(arten) ohne Zusatzaufwand realisierbar. BASIS+ kann somit als solide Grundlage für eine wirtschaftliche Ausführung im privatrechtlichen Wohnungsbau angesehen werden.

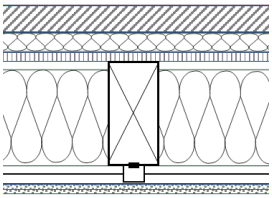
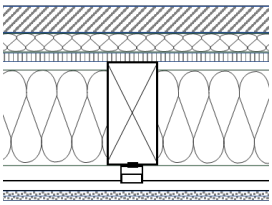
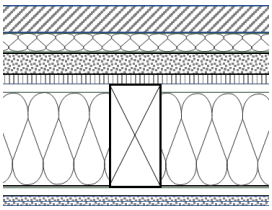
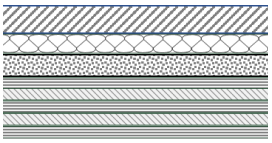
2.2. Schalltechnisch und wirtschaftlich optimierte Bauteile

Als wirtschaftlichste Lösung für Wohnungstrenndecken in Holzbauweise wird von vielen Holzbaubetrieben die Balkendecke mit abgehängter Unterdecke favorisiert. In Tabelle 2, Zeile 1 wird eine Variante für den mehrgeschoßigen Holzbau beschrieben, die bei geeigneter Ausführung der flankierenden Wände eine sichere Einhaltung aktualisierten Mindestanforderungen nach DIN 4109 gewährleistet ($L'_{n,w} \leq 50$ dB). Durch eine Optimierung der Unterdeckenabhängung erreicht der Deckentyp in Tabelle **2**, Zeile 2 auch das Schallschutzniveau BASIS+ und mit weiteren Maßnahmen das Schallschutzniveau KOMFORT. Als bauakustisch relevante Größe ist bei diesen Konstruktionen die Eigenfrequenz f_0 des Unterdeckenabhängers zu berücksichtigen. Ein Auslegungsdiagramm mit Anwendungsbeispiel ist im Anhang I zu finden.

Alternativ kann auch mit einer starr montierten und dadurch weitgehend vorfertigbaren Unterdecke BASIS+ erreicht werden, wenn beispielsweise eine 60 mm Kalksplittschüttung in Pappwaben als Rohdeckenbeschwerung eingesetzt wird (Tabelle **2**, Zeile 3). Werden Massivholz-Deckenelemente eingeplant, so kann Basis+ mit der gleichen Rohdeckenbeschwerung erreicht werden (Tabelle **2**, Zeile 4). Für diesen Deckenaufbau sind auch die in Abschnitt 2.4 behandelten baulichen Einflussgrößen zu beachten.

Der Nachweis der Luft- und Trittschalldämmung und damit der Einhaltung der festgelegten Zielwerte kann in Zukunft durch das differenzierte Berechnungsverfahren erfolgen, das durch die Berücksichtigung sämtlicher Zusatzmaßnahmen (Installationsebenen, Zusatzbeplankungen, elastische Baulager oder flankierende C-Profil Wände) wirtschaftliche Lösungen ermöglicht.

Tabelle 2: Planungsdaten für Decken in Holzbauweise nach [5]

Schnitt, vertikal	Konstruktionsdetails	$L_{n,w}$ $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ in dB	R_w in dB
	50 mm Zementestrich[1)], m` = 120 kg/m² 30 mm MW-Trittschalldämmplatte, s` ≤ 8 MN/m³ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Faserdämmstoff 40 mm Abhänger, f_0 < 30 Hz + CD Profil 12,5 mm GKF, m` = 10 kg/m² 12,5 mm GKF, m` = 10 kg/m²	40 dB 51 dB	80 dB
	50 mm Zementestrich[1)], m` = 120 kg/m² 30 mm MW-Trittschalldämmplatte, s` ≤ 8 MN/m³ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Faserdämmstoff 70 mm Abhänger, f_0 < 20 Hz + CD Profil 12,5 mm GKF, m` = 10 kg/m² 12,5 mm GKF, m` = 10 kg/m²	37 dB 49 dB	82 dB
	50 mm Zementestrich[1)], m` = 120 kg/m² 30 mm MW-Trittschalldämmplatte, s` ≤ 8 MN/m³ 60 mm Kalksplitt in Pappwaben, m` ≥ 90 kg/m² 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Faserdämmstoff 24 mm Lattung, Achsabstand e ≥ 400 mm 12,5 mm GKF, m` = 10 kg/m² 12,5 mm GKF, m` = 10 kg/m²	43 dB 49 dB	74 dB
	50 mm Zementestrich[1)], m` = 120 kg/m² 40 mm MW-Trittschalldämmplatte, s` ≤ 7 MN/m³ 60 mm Kalksplitt in Pappwaben, m` ≥ 90 kg/m² 22 mm Holzwerkstoffplatte 140 mm Massivholzdecke	40 dB[2)] 48 dB	72 dB

[1)] Zementestrich C25, ohne chemische Zusätze, Mindestdicke 50 mm
[2)] Aktuelle Baumessungen, die auf Zementestrichen mit hoher Kontaktsteifigkeit durchgeführt wurden, lassen auf einen Bauteilwert $L_{n,w}$ = 40 – 45 dB rückschließen.

2.3. Weiterentwicklung im schalltechnischen Nachweisverfahren

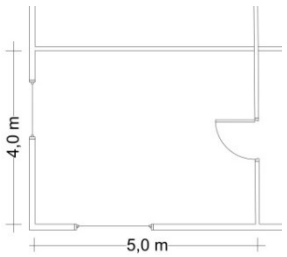
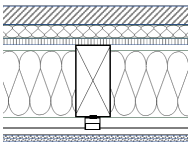
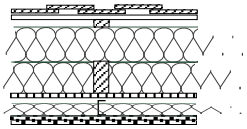
Das Nachweisverfahren für die Trittschalldämmung von Holzdecken wurde in den letzten Jahren grundlegend überarbeitet und soll nun in DIN 4109-2 übernommen werden. Die wesentliche Änderung gegenüber dem bisherigen Verfahren liegt in der differenzierten

Betrachtung der Flankenübertragung. Während das derzeitige Berechnungsmodell die flankierenden Wände pauschal beurteilt, wodurch die ungünstigste Flanke für die Berechnung maßgeblich wird, können die Flanken im neuen Modell einzeln berücksichtigt werden. Das Berechnungsmodell wurde in [6],[7],[8] vorgestellt. Die dazu erforderlichen Planungsdaten können Anhang II entnommen werden.

Das neue Bemessungsverfahren führt zu wirtschaftlich vorteilhafteren Ergebnissen bei ansonsten identischer Bauweise. Durch die Integration zusätzlicher Eingangsdaten und die detaillierte Berücksichtigung jeder einzelnen Flanke im Vergleich zu den Verfahren in DIN 4109-2:2018 und DIN 4109-33:2016 ist es möglich, die Konstruktion praxisgerecht zu gestalten. Im Hinblick auf wirtschaftliches Bauen ermöglicht die genauere Vorhersage des Norm-Trittschallpegels am Bau die Vermeidung unnötiger und kostspieliger Zusatzmaßnahmen. Zudem eröffnet das neue Verfahren die Möglichkeit zur Berücksichtigung von Vorsatzschalen und elastischen Baulagern, die bisher nicht im vereinfachten Berechnungsverfahren berücksichtigt werden konnten.

In Tabelle 3 wird dies am Beispiel einer Holzbalkendecke mit abgehängter Unterdecke gezeigt. Zum berechneten $L'_{n,w}$ wird nach DIN 4109-2 ein Sicherheitsbeiwert u_{prog} addiert, der u.a. die Prognoseunsicherheit berücksichtigt. Er wird aus der einfachen Standardabweichung zwischen Berechnung und Baumessung bestimmt. Für das neue Trittschall-Nachweisverfahren konnte dieser Sicherheitsbeiwert auf u_{prog} = 2 dB reduziert werden.

Tabelle 3: Berechnungsbeispiel mit Eingangsdaten zur Berechnung nach DIN 4109-2:2018-01 und dem neuen Verfahren für den Leichtbau

Grundriss / Anforderungen	Decke	Außenwand	Innenwand
	 50 Zementestrich 30 MFT, s‘ = 8 MN/m³ 22 Holzwerkstoffplatte 220 Balken + Dämmstoff 70 Abhänger+CD-Profil 2 x 12,5 GKF	 raumseitig: 13 Spanplatte 10 Luftschicht 75 CW-Profil+MF 2 x 12,5 GKF / ohne gleitenden Deckenanschluß	 12,5 GKB 13 Spanplatte 100 KVH+MW 13 Spanplatte 12,5 GKB
S_S = 20 m² erf. $R'_w \geq$ 54 dB zul. $L'_{n,w} \leq$ 50 dB	R_w = 82 dB $L_{n,w}$ = 37 dB $C_{I,50\text{-}2500}$ = 12dB	l_f = 9,0 m Vorsatzschale: $\Delta R_{ij,w}$ = 17 dB (Weg DFf) $\Delta R_{j,w}$= 8,5 dB (Weg Df)	l_f = 9,0 m
Berechnung nach DIN 4109:2018-01:	$L'_{n,w}$+ u_{prog} **= 48 dB** (u_{prog} = 3 dB)	Günstige Flanke wegen Vorsatzschale wird nicht berücksichtigt	ungünstigste Flanke: K_1 = 6 dB / K_2 = 2 dB
Berechnung nach dem neuen Verfahren	$L'_{n,w}$+ u_{prog} **= 44,2 dB** (u_{prog} = 2 dB)	$L_{n,Df,w}$ = 33,4 dB $L_{n,DFf,w}$ = 24,5 dB	$L_{n,Df,w}$ = 38,3 dB $L_{n,DFf,w}$ = 33,5 dB

2.4. Bauseitige Einflussgrößen

Neben der Prognose der bauakustischen Eigenschaften, ist auch die Umsetzung der geplanten Maßnahmen von großer Bedeutung. Je nach gewähltem System können dabei Standard- oder Sonderkonstruktionen zum Einsatz kommen. Einfache und bewährte Konstruktionen verringern das Risiko von Baufehlern signifikant und reduzieren die Baukosten. Neben klassischen Baufehlern sind auch Materialschwankungen und Veränderungen der Materialzusammensetzung als bauseitige Einflussgrößen auf die Luft- und Trittschalldämmung der Trennbauteile zu nennen. Nachfolgenden sollen einige Beispiele aus der Praxis angeführt werden, die bauseitige Einflussgrößen und potentielle Fehlerquellen exemplarisch darstellen.

Bauakustische Fehler bei der Ausführung oder Montage

Die Schallbrücke am Estrichrand ist wohl der bekannteste Baufehler bei Deckenkonstruktionen im Massiv- und Holzbau. Dennoch ist es auch bei aktuellen Bauvorhaben nicht ungewöhnlich, dass ein frühzeitig oder zu kurz abgeschnittener Randdämmstreifen zu einer deutlichen Erhöhung des Trittschallpegels führt. Abbildung 1 veranschaulicht den Einfluss einer Schallbrücke am Estrichrand im Vergleich zu einer Auswahl von Messungen an fehlerfreien Decken. Ursache der Schallbrücke sind häufig Ausgleichsmassen für die Bodenverlegearbeiten, die einen vorzeitig abgeschnittenen Randdämmstreifen überbrücken. Typischerweise führt dies zu einer Erhöhung des Norm-Trittschallpegels bei ca. 2000 Hz, wie in Abbildung 1 dargestellt.

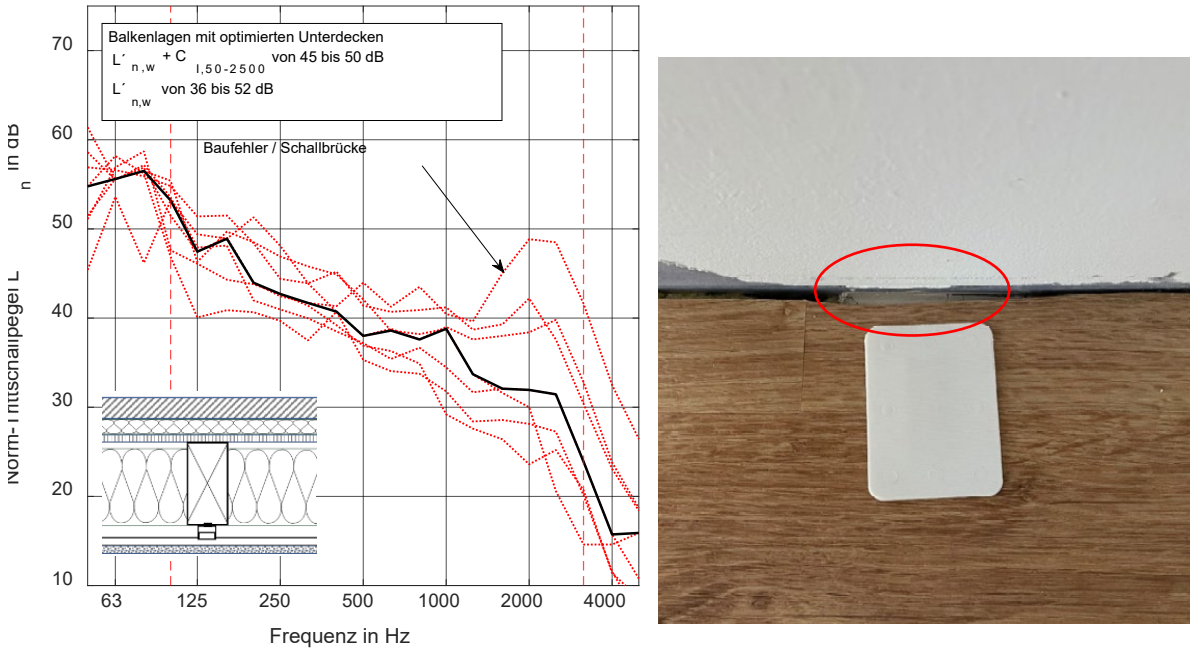


Abbildung 1: Norm-Trittschallpegel L'_n verschiedener Balkenlagen mit optimierten Unterdecken in der Bausituation. Hervorgehobene Kurve mit «Schallbrücke» am Randdämmstreifen.

Die Überbrückung schalltechnisch erforderlicher Entkopplungen kommt auch bei Massivholzbauten häufig vor. In der Planung von Massivholzkonstruktionen werden oft elastische Zwischenlagen im Stoßbereich zwischen Decke und Wand eingesetzt. Um die Effektivität dieser elastischen Zwischenlagen nicht zu beeinträchtigen, ist es entscheidend, dass die Verbindungselemente (typischerweise Winkel) ebenfalls eine elastische Entkopplung aufweisen. Hierfür stehen Planungsdaten zur Verfügung, die für eine Vorhersage genutzt werden können. Während der Montage besteht jedoch das Risiko, dass durch übermäßiges Anziehen der Verbindungselemente die schalldämmende Wirkung reduziert wird. Dadurch kommt es zu einer Reduktion der Verbesserung von bis zu 10 dB. Um diesem Effekt vorzubeugen, sind für die «elastischen Verbindungsmittel» Montageschablonen erhältlich, welche ein «Überdrehen» der Schrauben verhindern. Wird dieser Aspekt nicht berücksichtigt, wird jede Prognose obsolet.

Steifigkeit der Rohdeckenbeschwerung Bindemittel in Schüttungen

Über Jahrzehnte hinweg hat sich die Praxis bewährt, Holzdecken mit einer Rohdeckenbeschwerung auszustatten, um die Übertragung von Trittschall zu reduzieren. In den letzten Jahren hat die Verwendung von Rohdeckenbeschwerungen auf Massivholzdecken erheblich zugenommen. Bei diesen Deckensystemen wird eine Rohdeckenbeschwerung von ≥ 90 kg/m² als bauakustische Mindestmaßnahme betrachtet. Bisher war die flächenbezogene Masse das entscheidende Kriterium für die Auswahl der Rohdeckenbeschwerung. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass neben der Masse auch die Steifigkeit der Beschwerungsschicht eine bedeutende Rolle spielt [9]. Üblicherweise werden Rohdeckenbeschwerungen mit Schüttungen aus Splitt realisiert. Um die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten, wird die Schüttung in der Lage gesichert. Hierbei kommen entweder mechanische Systeme wie Lattenroste/Pappwaben oder chemische Bindemittel wie Latexmilch oder Zement zum Einsatz. Insbesondere bei chemischen Bindemitteln ist zu beachten, dass sowohl die Steifigkeit der Bindemittel selbst als auch ihre Dosierung die Gesamtsteifigkeit der Schicht beeinflussen. In Abbildung 2 wird der Vergleich des Norm-Trittschallpegels zwischen einer Massivholzdecke mit einer im Lattenraster gesicherten Schüttung und einer mit zementgebundener Schüttung dargestellt. Es wird deutlich, dass die hohe Steifigkeit der Zementbindung die Trittschallpegel bei Frequenzen ab ca. 250 Hz deutlich erhöht. Die Auswahl des Bindemittels kann bereits in der Planungsphase festgelegt werden. Die richtige und idealerweise minimale Dosierung hingegen wird während der Ausführung auf der Baustelle vorgenommen. Bei mechanisch gebundenen Systemen entfällt der Dosierungsschritt vollständig, wodurch eine versehentliche Erhöhung der Steifigkeit und die damit negativen Auswirkungen auf die Trittschallübertragungen vermieden wird.

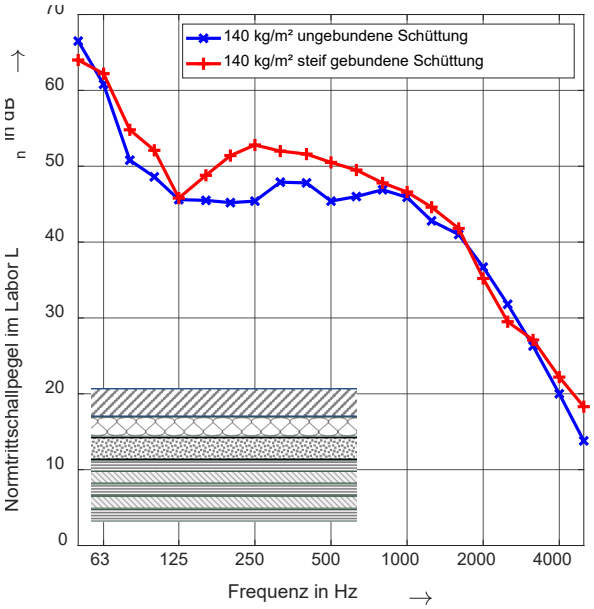


Abbildung 2: Vergleich der von Massivholzdecken mit Rohdeckenbeschwerungen 140/m² als Schüttung / blau: ohne Bindemittel / rot: mit mineralischem Bindemittel

Dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmplatten

Ein weiterer bedeutender Faktor, der die Trittschallminderung maßgeblich beeinflusst, ist die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmplatten. Im Bereich des Geschoßwohnungsbaus haben sich Mineralfaserdämmplatten als gängiger Standard bei Massivholzdecken etabliert. Der Dämmstofftyp und die dynamische Steifigkeit der Herstellerangabe muss der Vorgabe des gewählten Deckenaufbaus im Bauteilkatalog entsprechen. Werden die bei den Massivdecken üblichen EPS-Dämmsysteme mit einer dynamischen Steifigkeit von $s' \geq 20$ MN/m³ verwendet, können die Zielwerte nicht erreicht werden.

Bei Baustellenmessungen ist zu beobachten, dass auch Ungenauigkeiten bei der Verlegung die Eigenschaften der Trittschalldämmung beeinflussen können. Eine lückenfreie Verlegung der Dämmplatten ist Voraussetzung für Ihre Wirksamkeit. Aber auch größere Unebenheiten in der Fläche führen zu unterschiedlichen Pressungen und zu unterschiedlichen Materialstärken des Estrichs.

Bei Materialprüfungen zur dynamischen Steifigkeit im Labor wird zunehmend beobachtet, das Änderungen in der Materialzusammensetzung und dem Bindemittel zur Unregelmäßigkeiten der Plattendicke und örtlichen Unterschieden der Steifigkeit führen, die bereits optisch und haptisch feststellbar sind. Dieser Aspekt wird bisher in der Praxis nur wenig beachtet, kann jedoch erhebliche Auswirkungen auf die bauakustische Qualität haben.

Mechanische Eigenschaften des Estrichs

Der in der Regel verwendete schwimmende Estrich kann physikalisch als Masse-Feder-Masse-System betrachtet werden. Die Eigenschaften der Feder, hier die Trittschalldämmung, wurden im vorherigen Abschnitt bereits kurz erläutert. Doch auch die elastomechanischen Eigenschaften der Masse, also des Estrichs, spielen eine entscheidende Rolle. Baustellenmessungen zeigen, dass eine Erhöhung der Oberflächenhärte und der Kontaktsteifigkeit des Estrichs mit einer Zunahme des Trittschallpegels bei hohen Frequenzen einhergeht. Daher ist es ratsam, auf Zusätze zu verzichten, die die Festigkeit und/oder Oberflächenhärte des Estrichs erhöhen. Es besteht noch Forschungsbedarf, um genaue mechanische Grenzwerte zu bestimmen.

Notwendige Beplankungslagen

Im Bereich des Geschoßwohnungsbaus sind neben den bauakustischen Eigenschaften auch die brandschutztechnischen Anforderungen an die Bauteile von entscheidender Bedeutung. Dabei werden die Bauteile in der Regel mit brandschutzwirksamen Gipsbekleidungen versehen. Gemäß der MusterHolzBauRL war bisher für die Gebäudeklasse 4 mindestens eine Bekleidung mit 2 x 18 mm Gips vorgesehen, was die Standardausführung darstellt. In der Praxis wurden üblicherweise 2 x 18 mm Gipskartonfeuerschutz- oder Gipsfaserplatten an der Unterseite der Decken angebracht.

Bei den bereits diskutierten Massivholzdecken könnte man annehmen, dass durch die zusätzlichen Gipslagen (was eine Erhöhung der Masse bedeutet) eine Reduzierung des Norm-Trittschallpegels zu erwarten ist. Doch auch hier spielen die Eigenschaften der Platten eine entscheidende Rolle. Eine Direktbeplankung mit 2 x 18 mm Gipskartonfeuerschutzplatten führt im Bereich der Koinzidenzgrenzfrequenz (ca. 1600 Hz) zu einer erhöhten Schallübertragung. Baustellenmessungen zeigen, dass durch die Verwendung von unterschiedlichen Beplankungslagen oder Beplankungen geringerer Dicke (und höherer Koinzidenzgrenzfrequenz) bessere Ergebnisse erzielt werden können.

Wie Abbildung 3 zeigt, werden die besten Ergebnisse mit Massivholzdecken ohne weitere Beplankung erzielt.

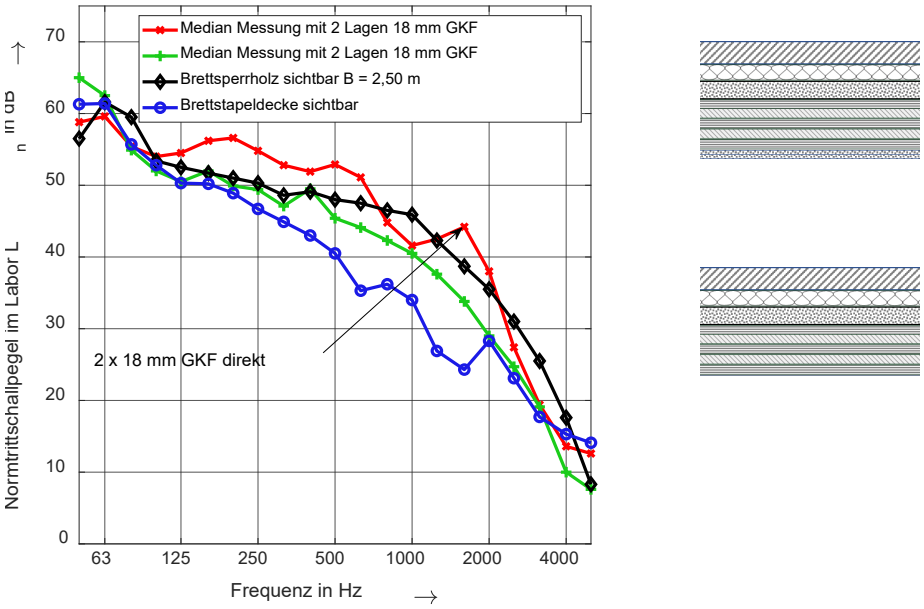


Abbildung 3: Norm-Trittschallpegel von Massivholzdecken mit Rohdeckenbeschwerung bei verschiedenen unterseitigen Oberflächenqualitäten: Direkt beplankt oder sichtbar Holzoberfläche

Auch bei Labormessungen konnte bei geeigneter Wahl der Beplankung lediglich eine Gleichwertigkeit gegenüber der Ausführung ohne Beplankung erreicht werden. Die Ausführung der unbeplankten Decke ist gemäß der MusterHolzBauRL als Sonderregelung (zusätzliche Anforderung an die Oberflächen der Wände des Raums) zulässig. Das bedeutet, dass eine bessere akustische Wirksamkeit mit weniger oder gar keiner Beplankung erreicht werden kann, als im Vergleich mit zusätzlichen steifen Beplankungslagen. Dadurch lassen sich auch wirtschaftliche Potenziale ausschöpfen.

Einfluss der Raumvolumens auf den Norm-Trittschallpegel
Die Anforderungen an die Trittschalldämmung werden in DIN 4109-1 durch den zulässigen bewerteten Norm-Trittschallpegel zul. $L'_{n,w}$ inklusive Nebenwege festgelegt. Die Definition des Norm-Trittschallpegels geht dabei von einer Prüfgröße aus, die unabhängig vom Prüfraumvolumen auf eine Bezugsabsorption A_0 = 10 m² normiert wird. Rückmeldungen von Prüfstellen weisen allerdings auf eine Abhängigkeit des $L'_{n,w}$ vom Prüfraumvolumen hin, wodurch bei Baumessungen in sehr großen Räumen deutlich zu hohe Werte für den $L'_{n,w}$ ermittelt werden [13],[14].

Im Entwurf der neuen DEGA Richtlinie 103 [12] wird dem Rechnung getragen, indem die Anforderungen, wie in etlichen anderen europäischen Ländern auch, über den $L'_{nT,w}$ festgelegt werden können, der den Trittschallschutz für den Bewohner zutreffender beschreibt. Der Nachweis kann dann nach DIN 4109-2 über den $L'_{n,w}$ erfolgen. Die Umrechnung der beiden Größen wird mit einem maximalen Volumen von 60 m³ durchgeführt, wodurch auch die Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Baumessungen in großen Räumen deutlich verbessert wird.

Insgesamt stellt dies eine Vorgehensweise dar, die sowohl der Wahrnehmung des Bewohners besser entspricht als auch wirtschaftliche Deckenaufbauten ermöglicht. Sie sollte deshalb zumindest für die Festlegung von Zielwerten, die über die Mindestanforderungen hinaus gehen, bezüglich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis näher betrachtet werden.

2.5. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten

Mit dem Fokus auf möglichst wirtschaftliches Bauen wurden in den letzten Jahren verstärkt hybride Bauweisen ausgeführt. Eine Ausführungsvariante der hybriden Bauweise ist die Kombination massiver Decken (Hohlkörperdecken aus Beton) mit Wänden in Massivholz- oder Holztafelbauweise. Da für diese Bauweise bislang nur wenig Erfahrungswerte vorliegen, wurden ergänzende Labor- und Baumessungen durchgeführt. Die so ermittelten Planungsdaten werden derzeit für die praktische Anwendung zusammengestellt [11].

Eine weitere Bauweise, die in Bezug auf kurze Bauzeit und wirtschaftliche Ausführung Beachtung findet, ist die Modulbauweise. Auch hier waren auf Grund der speziellen Trennbauteile und Bauteilstöße Untersuchungen zur Luft- und Trittschallübertragung der Trennbauteile, sowie der Wirksamkeit elastischer Baulager und dem Einfluss der Verbindungsmittel erforderlich. Diese Untersuchungen finden in einem derzeit laufenden Projekt statt, dessen Ergebnisse zur Übernahme in DIN 4109-33 bereitgestellt werden sollen. Erste Messergebnisse zeigen, dass bei geeigneter Ausführung der Moduldecken auch ein stark reduzierter Estrichaufbau möglich ist.

3. Fazit

Wenngleich die bauakustische Planung Spielraum für kostensparende Ausführungen lässt, ist die Einhaltung eines sinnvollen Schallschutzes für die Erhaltung der Gesundheit der Bewohner und damit auch des Gebäudewertes unerlässlich. Zielwerte für kostenoptimierte Ausführungen können aufgezeigt und mit geeigneten Bauteilen hinterlegt werden.

Deutliche Einsparungen sind auch durch die genaueren Berechnungsansätze im neuen Luft- und Trittschallnachweis zu erwarten. Neben den genaueren Berechnungsmodellen sind jedoch auch die Schwankungen der Eingangsgrößen und der baulichen Ausführung von großer Relevanz. Hier haben sich in jüngerer Vergangenheit Änderungen in der Estrichausführung, der Eigenschaften der Trittschalldämmplatten sowie der Bindemittel für die Rohdeckenbeschwerungen gezeigt, die genauer zu untersuchen sind, um eine gleichbleibende Qualität der Ausführung zu gewährleisten.

Weitere Impulse für wirtschaftliches Bauen werden durch hybride Bauweisen sowie den Holzmodulbau gegeben. Diese sollten weiterverfolgt werden, um dem Ziel eines finanzierbaren Wohnraumes näher zu kommen.

4. Literatur

[1] Wothge, J., Die körperlichen und psychischen Wirkungen von Lärm Physical and mental effects of noise, Umweltbundesamt, 2016

[2] WHO – World Health Organization (2009): Night noise guidelines for Europe. Copenhagen.

[3] Rabold, A., Planungs- und Nachweisverfahren von Holzdecken unter Berücksichtigung der tieffrequenten Trittschallübertragung, Tagungsband DAGA 2020

[4] Rabold, A., Marxt, M., Schanda U., Geeignete Beurteilungsgrößen für die Luftschalldämmung von Haustrennwänden. – Bewertung der Schalldämmung bei üblichen Wohngeräuschen, Bauphysik 45, 2023, S. 21-34

[5] Blödt, A., Rabold, A., Halstenberg, M., Ecker, T., Huber, A., Huissel, L., Löffler, S., Scheuerpflug, M., Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, holzbau handbuch, REIHE 3, TEIL 3, FOLGE 1, Holzbau Deutschland-Institut e.V., 2019

[6] Rabold, A., Châteauvieux-Hellwig, C., Mecking, S., Optimierung von Holzdecken in Bezug auf die DIN 4109, Tagungsband HolzBauSpezial Bauphysik 2017, Bad Wörishofen

[7] Rabold,A., Schneider,M., Fischer, H.M., Zeitler, B., Neue Berechnungsverfahren zur Trittschallübertragung, Bauphysik 4, 2020, S. 160 – 172

[8] Blödt, A., Schallschutz im Holzbau – Differenzierte Flankenbewertung bei der Trittschallübertragung, holzbau handbuch, REIHE 3, TEIL 3, FOLGE 2, Holzbau Deutschland-Institut e.V., 2020

[9] Blödt, A., Höller, C., Schneider, M.: Kenngrößen elastisch gebundener Schüttungen auf Decken in Holzbauweisen, Fortschritte der Akustik – DAGA 2022

[10] Rabold, A., Schödel, B., Schanda, U., Schalltechnische Optimierung von Unterdeckenabhängern, DAGA Tagungsband,2019

[11] Blödt, A., Schneider, M., Rabold, A., Bauakustik im Hybridbau, Luft- und Trittschallschutz von Gebäuden mit Wänden in Holzbauweise und Decken in Massivbauweise, holzbau handbuch, Holzbau Deutschland-Institut e.V., In Bearbeitung

[12] DEGA-Richtlinie 103-1:2023-05 «Schallschutz im Wohnungsbau Teil 1: Schallschutzklassen und erhöhter Schallschutz», Entwurf Mai 2023

[13] Schmitz, A., Interpretation von Schalldämmkurven Teil II, VMPA Informationsveranstaltung 2018

[14] Wolf, M., Massivholzdecken, Einfluss der Spannweiten, VMPA Informationsveranstaltung 2023

Anhang I: Planungsbeispiel Unterdeckenabhänger

- Um eine gute Entkopplung zu gewährleisten, sollte nicht mehr als die konstruktiv erforderliche Anzahl an Abhängepunkten ausgeführt werden.
- Wird für die Eigenfrequenz f_0 eines Unterdeckenabhängers ein Zielwert vorgegeben, kann der Abhänger in Abhängigkeit der Masse pro Abhänger ausgewählt werden.

Planungsbeispiel:
- Dachaufbau nach Tabelle 1, Zeile 2, Unterdeckenbeplankung aus 2 x 12,5 mm GKF, m‘ = 2 x 10 kg/m²
- Fläche der Unterdecke: 20 m²
- Konstruktiv notwendige Anzahl der Abhänger: 75 Stk. (ermittelt aus max. Abständen und Randabständen)

Masse pro Abhänger:
m = (2 x 10 kg/m² x 20 m²) / 75 Abhänger = 5,3 kg/Abhänger

Eigenfrequenz der Abhänger:
Überprüfung der Eigenfrequenz der Abhänger anhand von Herstellerangaben.

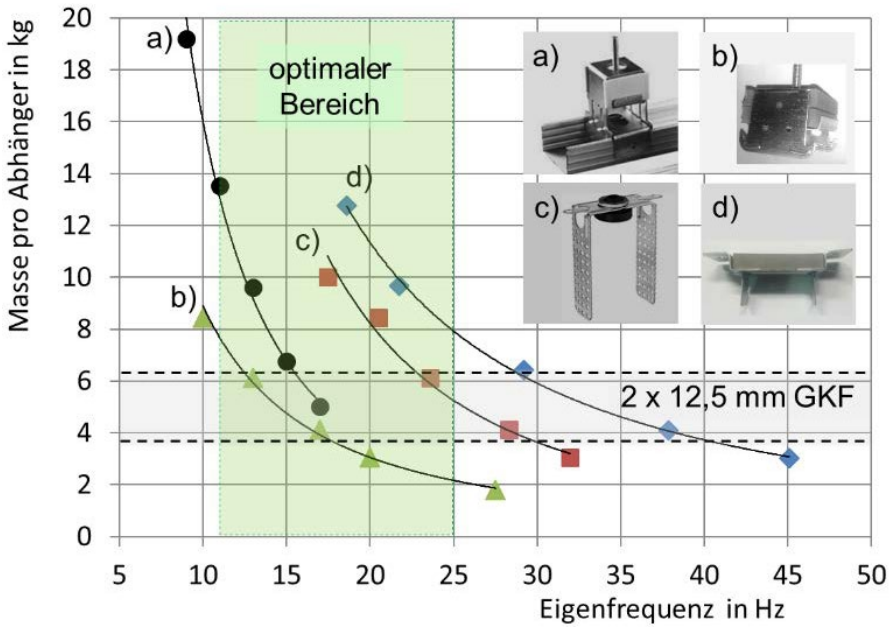
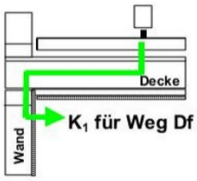
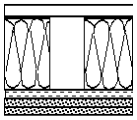
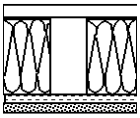
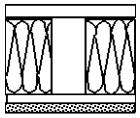
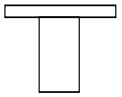
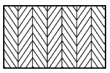
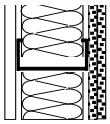
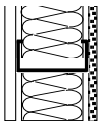
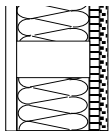
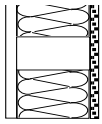
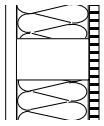
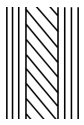


Abbildung 4: Eigenfrequenz unterschiedlicher Unterdeckenabhänger in Abhängigkeit der Belastungsmasse in kg/Abhänger. Grün hinterlegt: Optimaler Bereich der Eigenfrequenz f_0: 12 Hz ≤ f_0 ≤ 25 Hz. Grau hinterlegt: Typischer Belastungsbereich der Abhänger für eine Unterdeckenbekleidung aus 2 x 12,5 mm GKF [10].

Anhang II: Aktualisierte Planungsdaten Flankenübertragung bei Trittschallanregung

Tabelle 4: Korrektursummand K_1 für Übertragungsweg Df

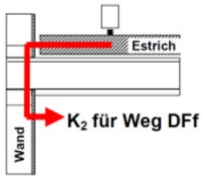
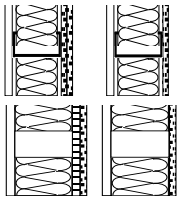
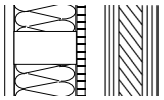
Spalte	1		2	3	4	5	6
Zeile	 Wandaufbau (Beplankung) im Empfangsraum:		Deckenaufbau (Unterdecke):  entkoppelte Unterdecke mit 2 x GK	 entkoppelte Unterdecke mit 1 x GK	 GK-Lattung oder direkt beplankt	 offene HBD	 MHD oder HKD
1		CW-Profil 2 x GK oder 2 x GF	K_1 = 4 dB	K_1 = 2 dB	K_1 = 1 dB		
2			K_1 = 2 dB[a]	-	-		
3		CW-Profil 1 x GK oder 1 x GF	K_1 = 5 dB	K_1 = 3 dB	K_1 = 1 dB		
4			K_1 = 2 dB[a]	-	-		
5		GK + HW oder 2 x GK oder 2 x GF	K_1 = 6 dB	K_1 = 3 dB	K_1 = 1 dB		
6		1 x GK oder 1 x GF	K_1 = 7 dB	K_1 = 4 dB	K_1 = 1 dB		
7		HW SP	K_1 = 9 dB	K_1 = 5 dB	K_1 = 3 dB		
8		HW OSB	K_1 = 11 dB	K_1 = 6 dB	K_1 = 3 dB		
9		Holz- oder HW- Element	-	-	K_1 = 4 dB		

GK 9,5 mm bis 18 mm Gipsplatte, mechanisch verbunden
GF 10 mm bis 18 mm Gipsfaserplatte, mechanisch verbunden
HW 12 mm bis 19 mm Holzwerkstoff- Platte, mechanisch verbunden
SP 13 mm bis 19 mm Spanplatte, mechanisch verbunden
OSB 12 mm bis 15 mm Verlegeplatten aus gerichteten Holzspänen, mech. Verbunden

Holz- oder. HW-Element	Massivholzelemente mit m' ≥ 36 kg/m² oder 80-100 mm Holzwerkstoffplatte mit m' ≥ 50 kg/m²
entkoppelte Unterdecke	Unterdecke mit Federschienen oder Unterdeckenabhängern
GK-Lattung oder direkt	Holzbalkendecke mit Unterdecke an Lattung oder GKP + HW direkt montiert
offene HBD	Holzbalkendecke mit sichtbarer Balkenlage
MHD o. HKD	Brettstapel-, Brettschichtholz- Brettsperrholz- oder Hohlkastendecke

Anmerkugen:
[a] Befestigung der Metallständerwand an der Unterdecke

Tabelle 5: Korrektursummand K_2 und bewerteter Norm-Flanken-Trittschallpegel $L_{n,DFf,w}$ zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DFf.

Spalte	1	2	3															4
Zeile	 Wandaufbau	Estrichaufbau	Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df : $L_{n,w} + K_1$ in dB[a]															$L_{n,DFf,lab,w}$ in dB[b]
			40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	≥ 55	
1	 Nach Tabelle 4, Zeile 1 bis 6	I	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	44
2			4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	42 [c]
3		II	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	40
4			2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 [c]
5		III	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	38
6			2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 [c]
7	 Nach Tabelle 4, Zeile 7 bis 9	I	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	46
8		II	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	45
9		III	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	42

Estrichaufbau:

I mineralisch gebundener Estrich auf Holzfaser- Trittschalldämmplatten,
Randdämmstreifen: Mineralwolle- oder PE-Randdämmstreifen, d > 5 mm
Gussasphaltestrich auf Holzfaser- Trittschalldämmplatten,
Randdämmstreifen: Mineralwolle- Randdämmstreifen, d > 5 mm

II mineralisch gebundener Estrich auf Mineralwolle oder EPS- Trittschalldämmplatten,
Randdämmstreifen: Mineralwolle- oder PE-Randdämmstreifen, d > 5 mm
Gussasphaltestrich auf Blähperlit/Mineralwolle,
Randdämmstreifen: Mineralwolle- Randdämmstreifen d > 5 mm

III Fertigteilestrich auf Mineralwolle- , EPS- oder Holzfaser- Trittschalldämmplatten,
Randdämmstreifen: Mineralwolle- Randdämmstreifen d > 5 mm

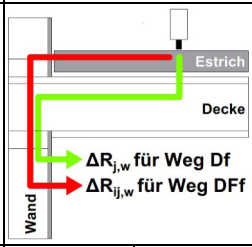
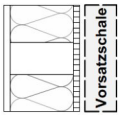
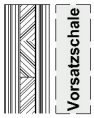
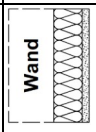
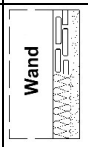
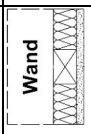
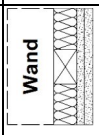
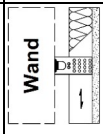
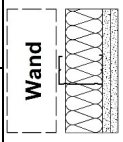
Anmerkungen:

[a] Für Konstruktionen mit $L_{n,w} + K_1 < 40$ dB oder unterschiedlich ausgeführten flankierenden Wänden ist das detailliertere Berechnungsmodell anzuwenden.

[b] $L_{n,DFf,lab,w}$ bezogen auf $S_{i,lab} = l_0\, l_{ij,lab}$

[c] Flankierende Wand doppelt beplankt nach Tabelle 4, Zeile 1, Zeile 2 oder Zeile 5

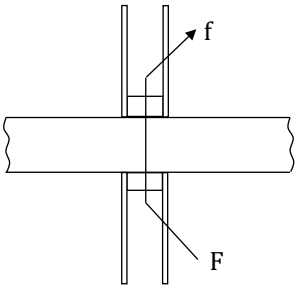
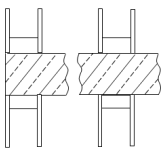
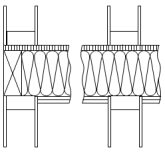
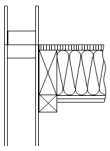
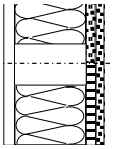
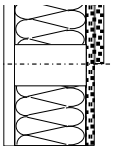
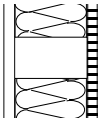
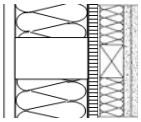
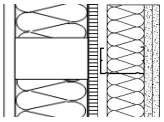
Tabelle 6: Reduzierung der Trittschallübertragung durch raumseitige Vorsatzschalen an den flankierenden Wänden.

Spalte	1		2	3
Zeile			**Wandtyp**	
			Holztafelbauwand  Nach Tabelle 4, Zeile 7 oder 8	**Massivholzwand**  Nach Tabelle 4, Zeile 9
1		50 WF 12,5 GK	$\Delta R_{j,w}$ = 3 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 6 dB[b]	-
2		27 FS 12,5 GK	Wand ohne OSB Beplankung: $\Delta R_{j,w}$ = 5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 10 dB[b]	27 mm FS + 30 mm WH gepresst: $\Delta R_{j,w}$ = 4 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 8 dB[b]
3		40 L-v + WH 12,5 GK	$\Delta R_{j,w}$ = 2,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 5 dB[b]	-
4		40 L-v + WH 12,5 GK 12,5 o. 15 GK	$\Delta R_{j,w}$ = 3,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 7 dB[b]	$\Delta R_{j,w}$ = 3,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 7 dB[b]
5		65 EA + 40 L + WH 12,5 GK	Lattung horizontal: $\Delta R_{j,w}$ = 4,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 9 dB[b]	Lattung vertikal: $\Delta R_{j,w}$ = 7 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 14 dB[b]
6		10 LS 75 CW + WH 2 x 12,5 GK	Gleitender Deckenanschluss:	$\Delta R_{j,w}$ = 12,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 25 dB[b]
7			Starrer Deckenanschluss: $\Delta R_{j,w}$ = 8,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 17 dB[b]	$\Delta R_{j,w}$ = 8,5 dB[a] $\Delta R_{ij,w}$ = 17 dB[b]

GK	Gipsplatte
FS	Vorsatzschale mit Federschiene
WF	Holzfaserdämmstoff
WH	Faserdämmstoff zur Hohlraumbedämpfung, Anwendungstyp WH
L-v+WH	Lattung vertikal, auf dem Ständer montiert, e = 0,625 m + 40 mm Faserdämmstoff
EA+L+WH	Metallprofil mit elastischen Formteil zur akustischen Entkopplung, Lattung, e = 0,5 m + 40 mm Faserdämmstoff
LS	Luftschicht
CW + WH	C-Wandprofil + 60 mm Faserdämmstoff
a	Reduzierung der Trittschallübertragung um $\Delta R_{j,w}$ für den Weg Df bei der angegebenen Holztafel- oder Massivholzwand. Voraussetzung: Montage der Vorsatzschale an der flankierenden Wand im Empfangsraum.
b	Reduzierung der Trittschallübertragung um $\Delta R_{ij,w}$ für den Weg DFf bei der angegebenen Holztafel- oder Massivholzwand. Voraussetzung: Montage der Vorsatzschalen an den flankierenden Wänden im Sende- und Empfangsraum.

Anhang II: Aktualisierte Planungsdaten Flankenübertragung bei Luftschallanregung

Tabelle 7: Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ von Holztafelwänden bei vertikaler Schallübertragung auf Stahlbeton-, Holzbalken- oder Massivholzdecken

Spalte	1	2	3	4
Zeile	 Wandaufbau (Beplankung) der flankierenden Wand:	Ausführung des Bauteilstoßes: Decke / Wand 		
		Stahlbetondecke [a], m‘ ≥ 350 kg/m²	Holzbalken- oder Massivholzdecke	Holzbalken- oder Massivholzdecke
		Wand durch Decke unterbrochen	Wand durch Decke unterbrochen	Wand auf Deckenhöhe gestoßen
1	 HW + GK oder 2 x GK oder 2 x GF Jeweils mit $f_c \geq 2500$ Hz [b]	$D_{n,f,w}$ = 76 dB	$D_{n,f,w}$ = 67 dB	$D_{n,f,w}$ = 54 dB
2	 1 x GK oder 2 x GK 1 x GF oder 2 x GF Jeweils mit $f_c \geq 1600$ Hz	$D_{n,f,w} \geq 64$ dB	$D_{n,f,w}$ = 64 dB	-
3	 1 x HW $f_c \geq 1600$ Hz	$D_{n,f,w} \geq 60$ dB	$D_{n,f,w}$ = 60 dB	$D_{n,f,w}$ = 51 dB
4	 Vorsatzschale verbunden [c]	$D_{n,f,w} \geq 66$ dB	$D_{n,f,w}$ = 66 dB	-
5	 Vorsatzschale entkoppelt oder freistehend [d]	$D_{n,f,w} \geq 73$ dB	$D_{n,f,w}$ = 73 dB	$D_{n,f,w}$ = 64 dB [e]

GK 9,5 mm bis 18 mm Gipsplatte, mechanisch verbunden

GF 10 mm bis 18 mm Gipsfaserplatte, mechanisch verbunden

HW 12 mm bis 19 mm Holzwerkstoff- Platte, mechanisch verbunden

Anmerkungen:

[a] Für m‘ < 350 kg/m² können die Werte aus Spalte 3 verwendet werden.

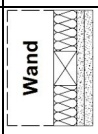
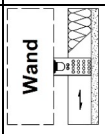
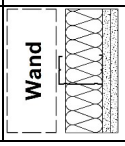
[b] Für HW: $f_c \geq 1600$ Hz

[c] Ausführung der Vorsatzschale nach Tabelle 6, Zeile 1 oder 4

[d] Ausführung der Vorsatzschale nach Tabelle 6, Zeile 5, 6 bzw. 7

[e] Wandbeplankung der Grundwand aus HW + GK

Tabelle 8: Verbesserung der Schalldämmung $\Delta R_{i,w}$ durch eine raumseitige Vorsatzschale an der flankierenden Massivholzwand (Bauteil i) bei vertikaler Schallübertragung.

Spalte	1	2
Zeile	**Vorsatzschale**	**Verbesserung der Flankendämm-Maße**
1	 27 FS 30 mm WH gepresst 12,5 GK	$\Delta R_{i,w}$ = 6 dB
2	 40 L-v + WH 12,5 GK 12,5 o. 15 GK	$\Delta R_{i,w}$ = 4 dB
3	 65 EA + 40 Lv + WH 12,5 GK	$\Delta R_{i,w}$ = 9 dB
4	 10 LS 75 CW + WH 2 x 12,5 GK	Gleitender Deckenanschluss: $\Delta R_{i,w}$ = 10 dB Starrer Deckenanschluss: $\Delta R_{i,w}$ = 8 dB

GK	Gipsplatte
FS	Vorsatzschale mit Federschiene
WH	Faserdämmstoff zur Hohlraumbedämpfung, Anwendungstyp WH
L-v+WH	Lattung vertikal, auf dem Ständer montiert, e = 0,625 m + 40 mm Faserdämmstoff
EA+Lv+WH	Metallprofil mit elastischen Formteil zur akustischen Entkopplung, Lattung vertikal montiert, e = 0,5 m + 40 mm Faserdämmstoff
LS	Luftschicht
CW + WH	C-Wandprofil + 60 mm Faserdämmstoff

Aufzugschächte in Holzbauweise – Konstruktionsprinzipien und Prognose-möglichkeiten für den Schallschutz

Adrian Blödt
IB Blödt / Blödt Holzkomplettbau GmbH
Kohlberg, Deutschland



Aufzugschächte in Holzbauweise – Konstruktionsprinzipien und Prognose-möglichkeiten für den Schallschutz

1. Aufzugschächte in Holz – Aktueller Stand

Die Holzbauweise erfreut sich zunehmender Beliebtheit, sowohl aufgrund ihres hohen CO_2-Speicherpotenzials als auch aufgrund ihrer Nachhaltigkeit als nachwachsender Rohstoff. Der Anteil von Holzkonstruktionen am Neubau variiert je nach Gebäudetyp und -klasse zwischen 6% und 30% [1]. Während der Holzbau im Bereich von Ein- und Zweifamilienhäusern bereits etabliert ist, beträgt sein Marktanteil im Mehrfamilienwohnhaussektor derzeit bisher 6% [1]. Dennoch verzeichnet gerade dieser Bereich die höchsten Wachstumsraten und wird als äußerst vielversprechend angesehen.

Besonders beim Bau von Mehrfamilienhäusern mit mehr als drei Stockwerken sind Aufzugsanlagen unerlässlich. Traditionell werden Aufzüge in massiven, mineralischen Schächten installiert. Aus bauakustischer Sicht ist hierbei insbesondere DIN 8989 [2] zu berücksichtigen. In der Praxis wird oft davon ausgegangen, dass nur auf diese Weise die bauakustischen Anforderungen erfüllt werden können. Obwohl DIN 8989 [2] grundsätzlich die Verwendung von Vorsatzschalen vor Schächten ermöglicht, gilt dies nur für die genannten Massivschächte.

Angesichts der äußerst günstigen Montagebedingungen für Aufzugtechnik in Holzschächten (Abbildung 1 / links) und der zügigen Montage der Schächte selbst (Abbildung 1 / rechts) ist die Nachfrage und der Wunsch nach Holzschächten stark gestiegen.



Abbildung 1: links: Blick in den Schacht bei der Montage der Aufzugtechnik
Quelle: Holzbau Semmler / rechts: Hubbereiter Aufzugschacht Quelle: Holzunion

Schächte in Holzbauweise werden werkseitig hergestellt und als komplette «Schachteinheit» in das Gebäude eingehoben. Während der Vorfertigung können bereits erforderliche bauakustische und brandschutztechnische Bekleidungen unter kontrollierten Bedingungen im Werk aufgebracht werden, siehe Abbildung 2.
Viele Gebäude wurden bereits mit Holzschächten ausgestattet und im Hinblick auf ihre bauakustische Eignung untersucht. Dabei sind nicht nur Messungen zur Einhaltung der normativen Anforderungen durchgeführt worden, sondern auch weitere bauakustische Eigenschaften wie beispielsweise die eingeleitete Körperschallleistung und der Norm-Geräteschallpegel wurden ermittelt.

Dieser Artikel soll einen Überblick über die gewonnenen Messergebnisse geben. Darüber hinaus sollen Empfehlungen für die Ausführung dargestellt werden und Prognosemöglichkeiten diskutiert werden. Es werden spezifische Empfehlungen für Schachtkonstruktionen in Holzbauweise vorgestellt, welche die aktuellen Anforderungswerte gemäß DIN 4109-1:2018 [3] erreichen und sich in der Praxis bewährt haben. Zudem wird auf die für den Schallschutz mutmaßlich wesentlichen Einflussfaktoren der Aufzugtechnik eingegangen.

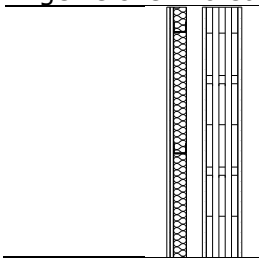
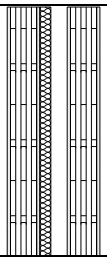
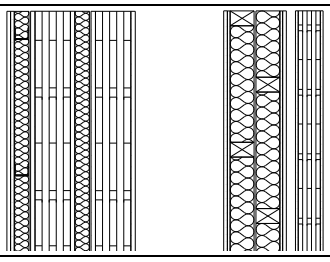


Abbildung 2: Vorfertigung des Schachtes in der Werkhalle Quelle: Holzbau Semmler

2. Konstruktionsprinzipien und Messergebnisse

In diesem Abschnitt werden die untersuchten Schachttypen in Holzbauweise sowie die entsprechenden Messergebnisse vorgestellt. Dabei liegt der Fokus darauf, die Schächte in Kategorien gemäß Tabelle 1 einzuteilen. Eine detaillierte Vorstellung der Ergebnisse für jeden einzelnen Schacht erweist sich als nicht zielführend, da unterschiedliche Aufzugtechniken in den Schächten verbaut sein können. Vielmehr soll die grundsätzliche Eignung der verschiedenen Schachttypen verdeutlicht werden. Es ist wichtig zu betonen, dass die verbaute Aufzugtechnik einen wesentlich größeren Einfluss auf die Geräuschentwicklung haben kann als der Schacht selbst oder seine Bauweise, siehe auch [4].
Die Messungen wurden stets in einem Raum unmittelbar hinter dem Schacht durchgeführt, was als der bauakustisch kritischste Fall betrachtet wird. Für Konstellationen mit einem Pufferraum dazwischen oder bei Schächten im Treppenauge eines Treppenhauses ist für diese Bauweisen von einer akustisch deutlich günstigeren Situation auszugehen.

Tabelle 1: Kategorien der untersuchten Schachttypen

Massivholzschacht mit biegeweicher Vorsatzschale	2-schaliger Massivholzschacht	Sonderkonstruktionen
		

Zusätzlich zu den Einzahlwerten $L_{AF,max,n}$ und $L_{AF,max,nT}$ wurden bei jeder Messung die entsprechenden Spektren des Geräusches analysiert. Dies ermöglicht eine genauere Einordnung der Eignung verschiedener Schächte anhand des Schalldämm-Maßes und die gezielte Definition von Verbesserungsmaßnahmen.
Abbildung 3 zeigt einen Vergleich der Spektren eines Stahlbetonschachtes in einem Massivgebäude mit denen eines Holzschachtes in einem Gebäude in Holztafelbauweise mit Massivholzdecke.

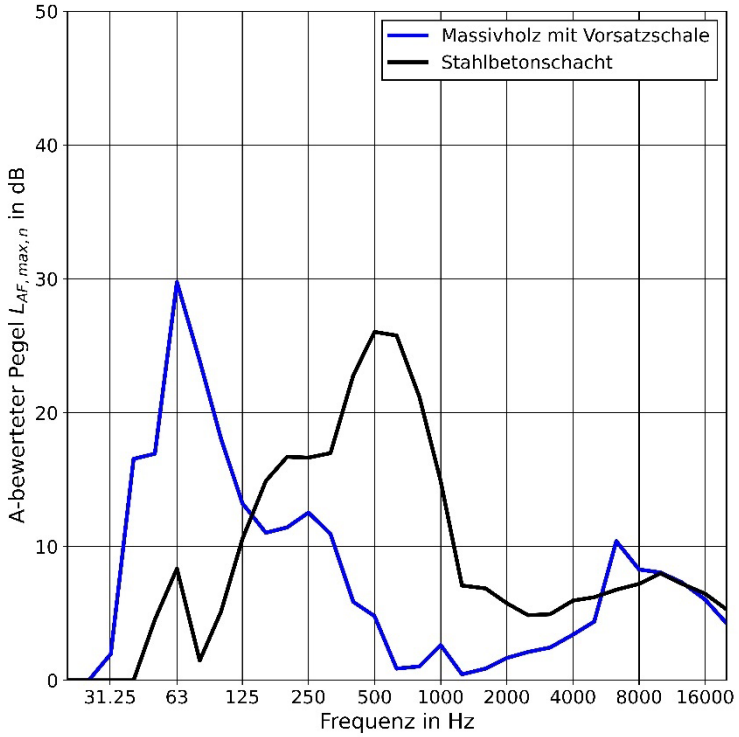


Abbildung 3: Beispielhaftes Spektrum eines Stahlbetonschachtes (grün) im Vergleich zu einem Holzschacht (rot)

Auffällig ist, dass sich die Übertragungsmaxima in der (spektralen) Lage unterscheiden, jedoch nicht im Betrag. Für Holzschächte deutet es darauf hin, dass eine Optimierung bei niedrigen Frequenzen (unter 50-80 Hz) erforderlich ist. Die Einzahlwerte für $L_{AF,max,n}$ betragen bei beiden Messungen etwa 28 -30 dB. Dies verdeutlicht, dass es nicht ausschließlich auf die Bauweise ankommt, sondern vielmehr auf die richtige Aufzugstechnik und die Abstimmung mit den Bauteilen. Im Verlauf der Untersuchungen zeigte sich, dass für die immer zweischaligen Holzschächte eine möglichst tiefe Abstimmung hinsichtlich der Resonanzfrequenz erforderlich ist.
Bei sämtlichen Messungen wurden sowohl $L_{AF,max,n}$ als auch $L_{AF,max,nT}$ ausgewertet. In diesem Artikel werden ausschließlich die Werte dargestellt, die auf die Norm-Absorptionsfläche bezogen sind, da dies derzeit den Anforderungswert definiert. Es wird jedoch empfohlen die Verwendung von nachhallzeitbezogenen Kenngrößen für die Bewertung von Geräuschen der technischen Gebäudeausrüstung zu verwenden. Bei der Angabe der Einzahlwerte handelt es sich um die Berechnung nach DIN 10052 [5] mit einer gemittelten Nachhallzeit. Eine terzbandweise Korrektur für die Nachhallzeit wurde alternativ ebenfalls durchgeführt, wird aber hier nicht dargestellt.
Bei der nachfolgenden Vorstellung der unterschiedlichen Schachttypen bleiben Einflüsse aus der Antriebs- oder Aufzugtechnik außer Acht. Diese sind in der Regel unabhängig von der Bauweise und können eine Pegelerhöhung von bis zu 10 dB verursachen. In Abschnitt 2.4 wird der Einfluss der Aufzugtechnik nochmals diskutiert.

2.1. Schächte mit Vorsatzschalen

Die erste untersuchte Kategorie von Schächten umfasst Massivholzschächte, die innenseitig mit brandschutzwirksamer Bekleidung versehen waren und eine zum Raum hin orientierte, zweilagige mit Gipsplatten beplankte Vorsatzschale aufwiesen. Sowohl Holzständerwerke als auch Metallständerwerke wurden für den Aufbau der Vorsatzschale verwendet. Der grundlegende Aufbau ist in Tabelle 1 (links) dargestellt.

Bei den Messungen hat sich gezeigt, dass diese Bauweise gut für die Anwendung als Aufzugschacht geeignet ist. Dabei ist jedoch der lichte Abstand der Vorsatzschale entscheidend. Lediglich bei einer besonders günstigen Antriebstechnik des Aufzugs sind Vorsatzschalen mit einem lichten Abstand von 80 mm anwendbar (75 mm CW-Profil + 5 mm Luft). Bei einem lichten Mindestabstand von 80 mm zwischen der Vorderkante des Massivholzschachts und der rückseitigen Ebene der Gipsbeplankung wurden Werte um und über dem für den Wohnbau geforderten Pegel von $L_{AF,max,n} \leq 30$ dB gemessen.

Abbildung 4 zeigt die Zusammenstellung der Messdaten für die Kategorie Massivholzschächte mit freistehender Vorsatzschale. Der Median der Datensammlung über der Frequenz ist blau dargestellt. Der Median der Einzahlwerte für $L_{AF,max,n}$ liegt bei etwa 30 dB. Dabei ordnen sich Schächte mit lichten Abständen der Vorsatzschale größer als 100 mm unter diesem Wert ein, während Schächte mit lichten Abständen um 80 mm eher oberhalb des Medians liegen.

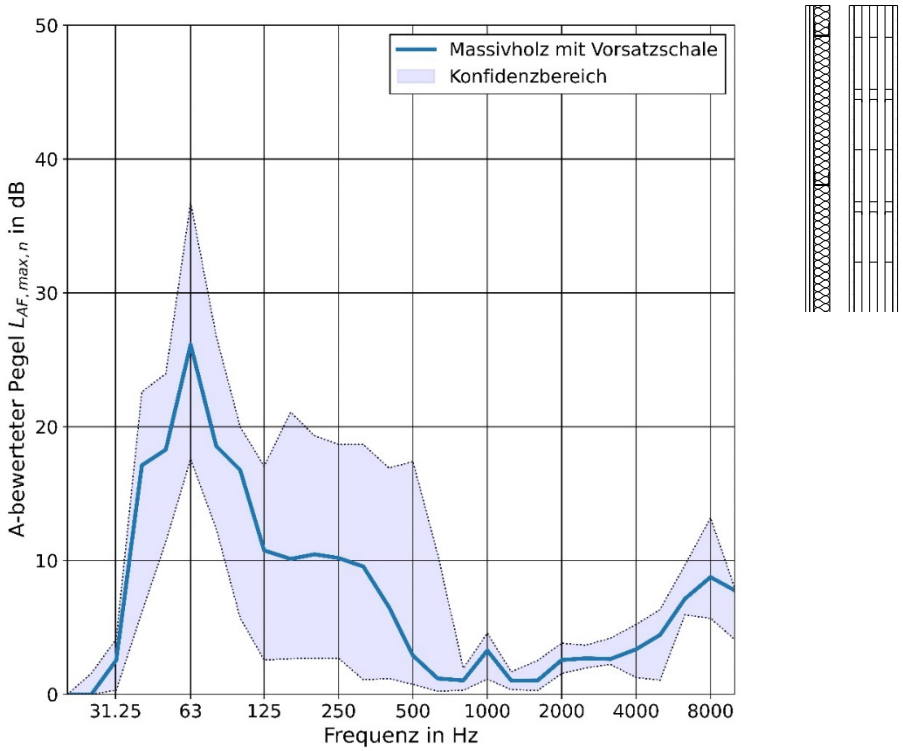


Abbildung 4: Spektrum des A-bewerteten Maximalpegels für die in der Messserie gemessenen Schächte Massivholzbauweise mit Vorsatzschale ohne Sonderkonstruktioenen / hinterlegter Bereich 95% Konfidenzintervall / durchgezogene Linie Median der Messdaten $L_{AF,max,n} \approx 30$ dB

Die Messdaten für die erste Schachtkategorie mit freistehender Vorsatzschale zeigen, dass der Mindestwert für $L_{AF,max,n}$ eingehalten werden kann, jedoch kein hoher Sicherheitsabstand vorliegt. Es empfiehlt sich daher, Schachtkonstruktionen zu verwenden, die mit größeren lichten Schalenabständen versehen sind, wie es üblicherweise im Wohnbau mit 80 mm der Fall ist. Eine gut geeignete Konstruktion wird in Abschnitt 3.1 dargestellt.

2.2. Schächte aus Massivholzkonstruktionen

Die zweite Schachtkategorie besteht ebenfalls aus einer zweischaligen Konstruktionsweise. Hierbei sind jedoch zwei Massivholzwände mit Abstand hintereinander angeordnet. Zusätzlich werden aus Brandschutzgründen weitere Gipslagen auf den Schachtwänden angebracht. Tabelle 1 (Mitte) veranschaulicht den Aufbau dieser untersuchten Schachtkategorie.

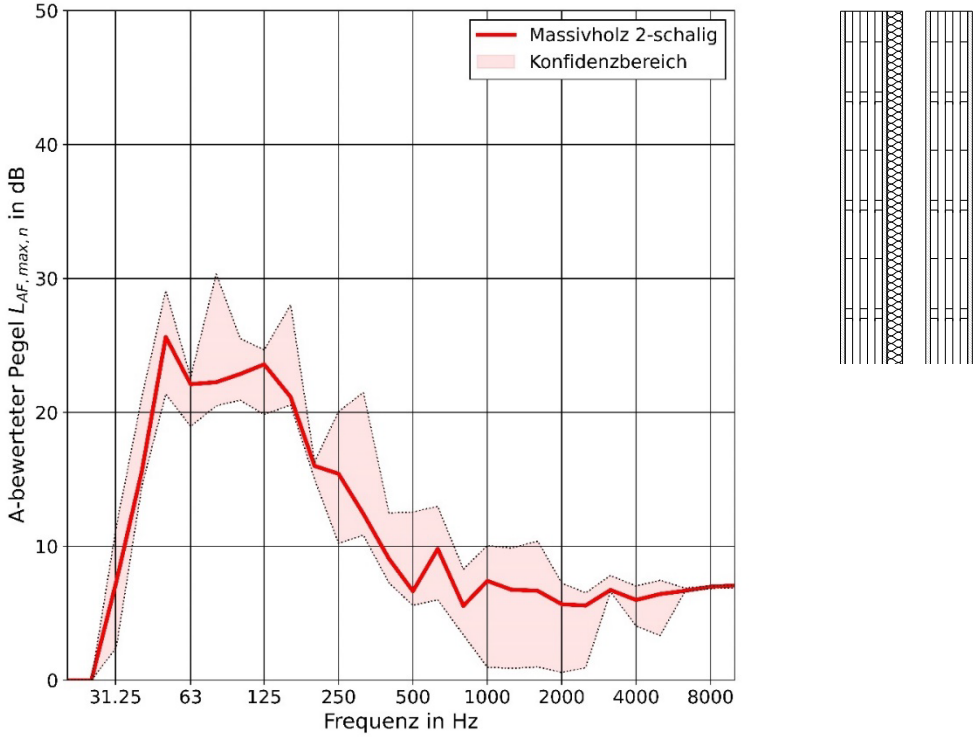


Abbildung 5: Spektrum des A-bewerteten Maximalpegels für die in der Messserie gemessenen Schächte in 2-schaliger Massivholzbauweise / hinterlegter Bereich 95% Konfidenzintervall / durchgezogene Linie Median der Messdaten $L_{AF,max,n} \approx 33$ dB

Die untersuchten Schächte weisen zwischen den einzelnen Schalen einen Abstand von etwa 60 mm auf, der zu etwa 90% mit fasrigem Dämmstoff gefüllt ist. Abbildung 5 zeigt auch hier die Spektren der Fahrgeräusche des Aufzugs in diesem Schachttyp. Die Messwerte für den Einzahlwert $L_{AF,max,n}$ lagen in fast allen Fällen um und über 30 dB, was bedeutet, dass sie nur für Gebäude mit Büronutzung ($L_{AF,max,n} \leq 35$ dB) geeignet wären. Bei den Untersuchungen hat sich gezeigt, dass trotz der höheren Masse im Vergleich zur ersten Schachtkategorie der Abstand zwischen den beiden Schalen zu gering ist, wodurch die Resonanzfrequenz der Wand zu hoch liegt. Diese Bauweise ist daher im Hinblick auf die Verwendung als Aufzugschacht äußerst kritisch zu bewerten, da die Grenzwerte für den Wohnbau nur durch eine insgesamt größere Bauteildicke erreicht werden können. In Abschnitt 3.2 werden hierzu Hinweise gegeben.

2.3. Sonderkonstruktionen

Als dritte Schachtkategorie wurden in der Messserie Schächte betrachtet, die nicht eindeutig den vorherigen Schachtkategorien zugeordnet werden konnten. Dazu zählten unter anderem Stahlbetonschächte in Holzgebäuden, zweischalige Massivholzschächte mit zusätzlich freistehender Vorsatzschale und Schächte mit einer davor liegenden Wohnungstrennwand (siehe Tabelle 1 (rechts)).

Allen diesen Schächten ist gemeinsam, dass sie den Grenzwert von $L_{AF,max,n} = 30$ dB deutlich unterschreiten. Es soll jedoch auf eine ausführliche Beschreibung dieser Schachttypen verzichtet werden, da einige von ihnen aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer umsetzbar erscheinen.
In Abbildung 6 sind die Spektren der Fahrgeräusche für die Sonderkonstruktionen über der Frequenz dargestellt. Dabei zeigten sich Werte für $L_{AF,max,n}$ von etwa 25-27 dB. Diese Konstruktionen sind problemlos für den Wohnbau anwendbar.

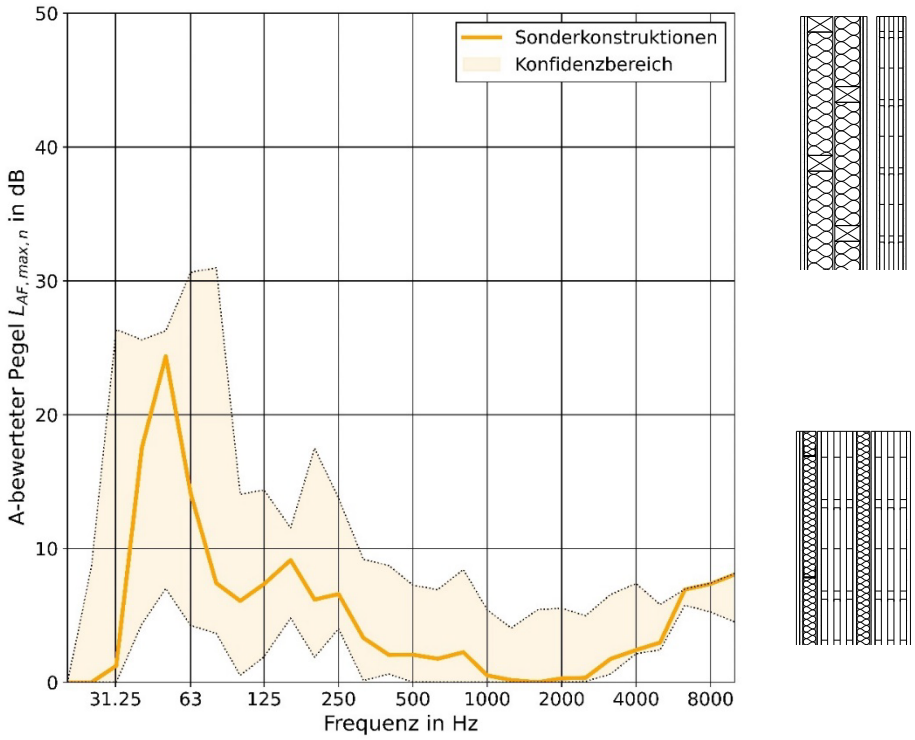


Abbildung 6: Spektrum des A-bewerteten Maximalpegels für die in der Messserie für alle gemessen Schächte die als Sonderkonstruktion ausgewiesen sind / hinterlegter Bereich 95% Konfidenzintervall / durchgezogene Linie Median der Messdaten

2.4. Aufzugtechnik: Besonderheiten und Fehlerquellen

In der Messserie wurden ausschließlich Aufzüge mit Seilantrieb betrachtet. Bei allen Schachtkategorien konnten Geräusche identifiziert werden, die mit bestimmten Betriebsmodi der Aufzugtechnik und möglichen Fehlstellungen in Verbindung stehen.

Impulshaltige Geräusche

Sehr eindrucksvoll zeigen sich «Schläge» bzw. Anschlaggeräusche im Spektrum der Geräusche. Abbildung 7 veranschaulicht das Spektrum beim Anschlag oder bei einem Schlag im Aufzugschacht für Holz- und Stahlbetonschächte. Bei allen Schachttypen, sowohl Massiv- als auch Holzschächte, treten Pegelerhöhungen ab ca. 500 Hz von über 10 dB im Vergleich zum Grenzwert von $L_{AF,max,n}$ = 30 dB auf. Dies bedeutet, dass weder die bauliche Konstruktion in Holz- noch in Massivbauweise Abhilfe gegenüber impulsartigen Anregungen schaffen kann. Die Gründe für diese «Schläge» waren vielfältig und nicht immer eindeutig identifizierbar. Jedoch war der «Schlag» bei allen Messungen reproduzierbar. In einem Fall konnte das «Aufsetzen» der Kabine auf einem Puffer im Untergeschoss während der Fahrt zur Ruhestellung als Quelle identifiziert werden. Ein anderes Mal konnten Unebenheiten an einem Schienenstoß ausgemacht werden.

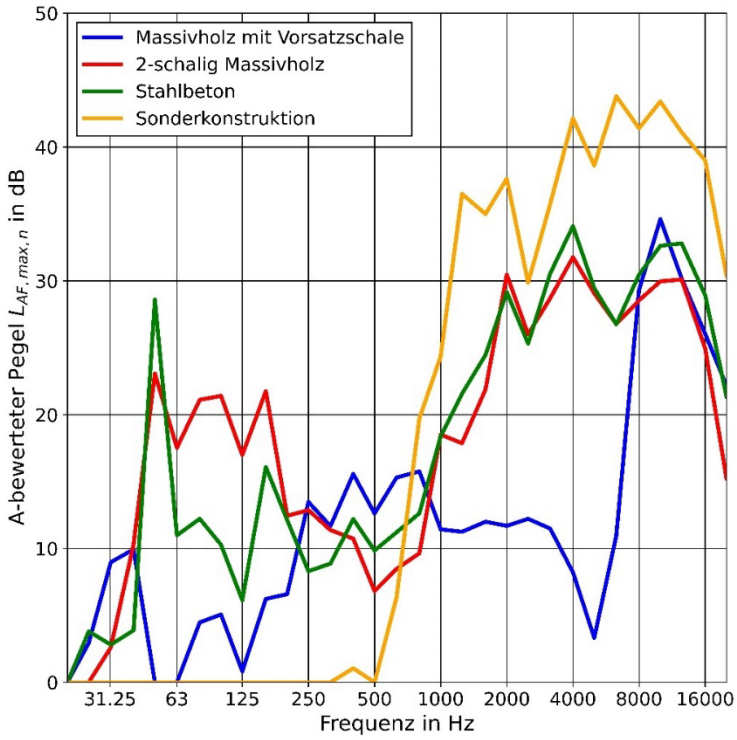


Abbildung 7: Spektren an verschiedenen Schachttypen beim Vorliegen von impulshaltigen Geräuschen durch die Aufzugtechnik

Fahrtrichtung

Die Richtung der Fahrbewegung spielt ebenfalls eine Rolle bei der Bewertung der Geräusche. Während der Fahrt mit der Kabine abwärts zeigten sich in einem Messbeispiel Geräusche, die bis zu 2-3 dB lauter waren als während der Aufwärtsfahrt. Im Einzahlwert waren 3 dB Pegelerhöhung festzustellen ($L_{AF,max,n,auf}$ = 32 dB → $L_{AF,max,n,ab}$ = 35 dB). Dies erscheint zunächst paradox, da man bei einer Abwärtsfahrt normalerweise eine geringere erforderliche Antriebsleistung erwarten würde. Bei genauerer Betrachtung der Technik dieses Aufzugs wird jedoch deutlich, dass hier das Gegenteil der Fall ist.

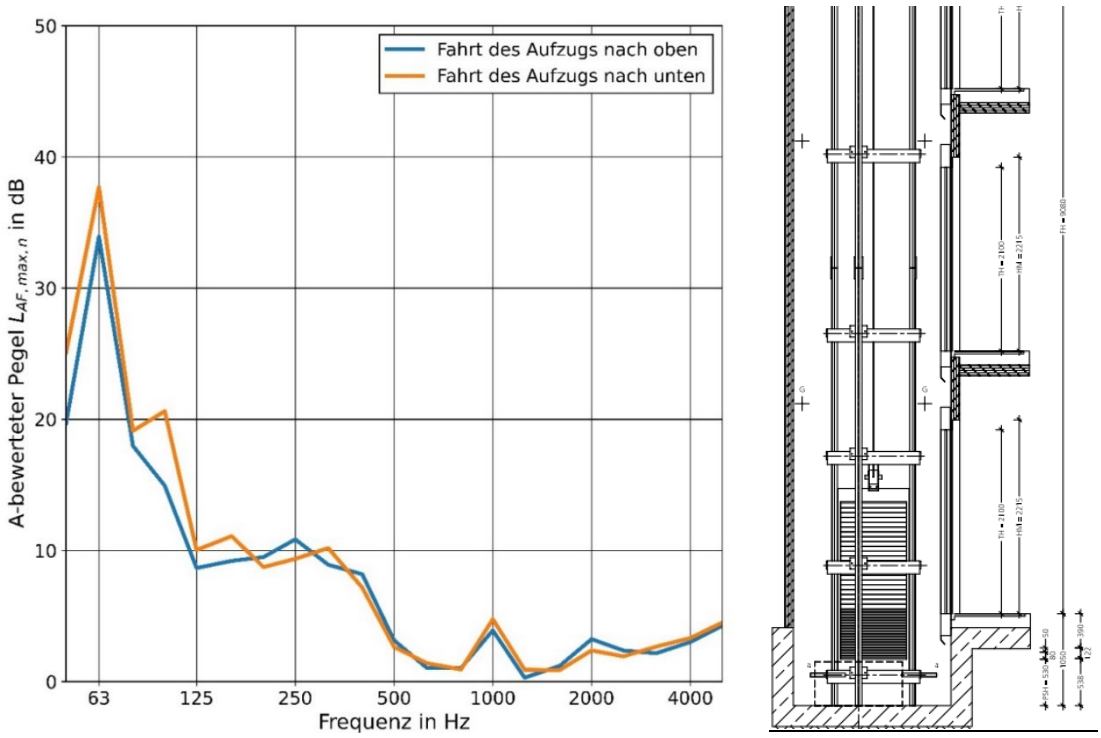


Abbildung 8: Unterschied zwischen den Fahrrichtungen des Aufzugs im A-bewerteten Geräuschspektrum links / rechts Schemaaufbau eines Seilaufzugs mit Gegenmasse

Bei der Abwärtsfahrt muss der Antrieb des Aufzugs das Gegengewicht der Kabine nach oben befördern. Bei der Aufwärtsfahrt hingegen bewegt sich das Gegengewicht der Kabine bei verminderter Antriebsleistung nach unten. Dies erklärt den Unterschied, der in Abbildung 11 zu erkennen ist.

Schienenqualität und Oberflächenrauigkeit

Bei der Untersuchung eines Schachtes fiel auf, dass nach der sicherheitstechnischen Überprüfung und Inbetriebnahme 3 dB höhere Werte festgestellt wurden als bei einer vorangegangenen Messung. Zwischen den beiden Messungen fand das Inbetriebnahme-Prozedere statt, bei dem der Aufzug unter anderem in den freien Fall gebracht wird, um zu überprüfen, ob die Fangeinrichtung der Kabine vorschriftsgemäß funktioniert. Bei diesem «Sicherheitsfang» wird die Kabine durch eine mechanische Vorrichtung an den Laufschienen des Aufzugs «verkeilt», wodurch kleine Kerben, die sogenannten Fangstöße, an den Schienen entstehen.

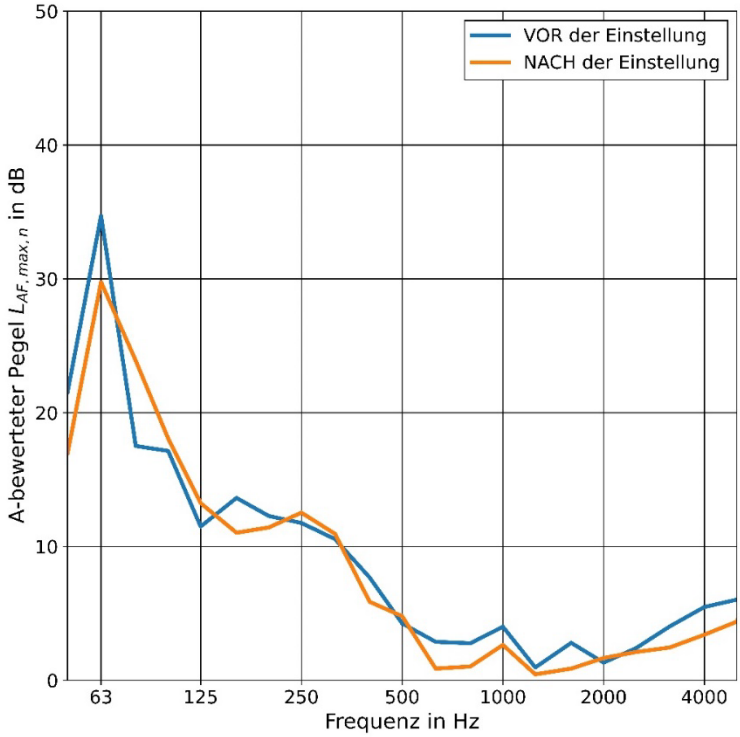


Abbildung 9: Einfluss des sog. «Fangstoßes» auf das Geräuschspektrum

Diese Fangstöße erhöhen die Oberflächenrauigkeit der Schienen und führen zu dem gemessenen höheren Pegel, wie er im Spektrum für das Fahrgeräusch (vorher/nachher) in Abbildung 13 dargestellt ist. Der Unterschied zwischen «vor der Einstellung» und «nach der Einstellung» besteht darin, dass die Fangstöße auspoliert wurden und das gesamte Schienensystem nochmals geglättet wurde. Der Effekt der «Einstellung» führte zu einem um 3 dB geringeren Pegel. Eine 3 dB-Verringerung ist auch durch die in den Abschnitten 2.1 und 2.2 empfohlene Erhöhung der lichten Abstände zu erwarten.

Zusätzlich zu den dargestellten Effekten an der Aufzugtechnik wurden weitere Effekte festgestellt, auf die in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden soll.

3. Ausführungsmöglichkeiten, Detailausbildung und Prognosemöglichkeiten

Die Prognose der Geräusche, die durch die Fahrbewegung eines Aufzugs in Gebäuden entstehen, gestaltet sich als schwierig. Eine verlässliche Prognose scheint nur dann möglich zu sein, wenn die Aufzugstechnik gut eingestellt ist und keine «außerplanmäßigen» Geräusche wie Schläge etc. auftreten. Diese können teilweise ein völlig anderes Geräuschspektrum verursachen und sind daher nicht prognostizierbar. Im Rahmen der Messserie wurden und werden nach wie vor Übertragungsfunktionen zur Ermittlung des Norm-Geräteschallpegels nach DIN 12354-5 und DIN 10848 erhoben. Erste Ergebnisse wurden in [6] vorgestellt. Allerdings muss dafür auch die in die Konstruktion eingeleitete Körperschallleistung durch einen Aufzug bekannt sein. Die Messung der Körperschallleistung gestaltet sich für derartig große Anlagen schwierig und kann im Prinzip nur indirekt erfolgen. Ein «klassisches» Prognoseverfahren liegt daher nicht vor. Derzeit kann die Eignung der Schächte nur durch Konstruktionsempfehlungen und auf Basis gemessener Objekte beurteilt werden. Diese Herausforderung ist jedoch für den Massivbau in gleicher Weise zu bewältigen, mit dem Unterschied, dass durch DIN 8989 [2] dieses «Erfahrungswissen» genormt wurde.

Für die Abschätzung, ob eine Schachtkonstruktion anwendbar ist, wurde im Rahmen der Untersuchungen der Versuch unternommen, auf Basis der Messdaten den Schallpegel eines Massivholzschachtes ohne weitere Vorsatzkonstruktion rechnerisch zu bestimmen. Dabei wurde von den Messwerten des Schachtes am Bau mit Vorsatzschale die Verbesserung durch eine Vorsatzschale gleicher Bauart vor einer Massivholzwand aus dem Labor subtrahiert. Anschließend wurde dem so entstandenen Fahrgeräuschspektrum des «Rohschachtes» die Verbesserung einer Vorsatzschale im Labor mit größerem lichtem Abstand (hier 105 mm) wieder angerechnet. Dadurch konnte der Pegel für einen Schacht mit einer Vorsatzschale und größerem lichten Abstand ermittelt werden. Bei den Messungen an weiteren Objekten mit größeren Schalenabständen zeigte sich eine gute Übereinstimmung mit den Prognosewerten.

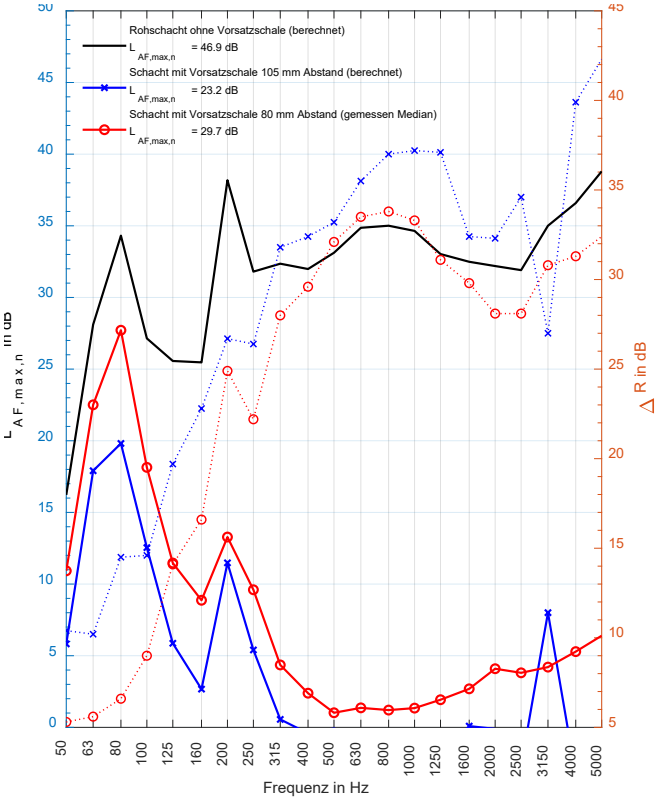


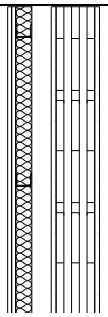
Abbildung 10: Prognosemöglichkeit unter Berücksichtigung verschiedener Vorsatzschalenabstände

In Abbildung 10 ist die «Rückrechnung» des Spektrums dargestellt. Allerdings ist es nur schwer vorstellbar, dass sich mit dieser Methode weitere Schachtkonstruktionstypen bewerten lassen. In Abbildung 10 ist auf der linken Ordinate der Pegel, welcher durch einen technischen Ausrüstungsgegenstand verursacht wird, hier einem Aufzug, aufgetragen. Auf der rechten Ordinate ist das Verbesserungsmaß einer Vorsatzschale (strichlierte Linien blau: 105 mm / rot: 80 mm Abstand) vor einer Massivholzwand aufgetragen. Diese Daten dienen dann erst der «Rückrechnung» und der anschließenden «Hinzurechnung».

3.1. Schächte mit Vorsatzschalen

Basierend auf den vorgestellten Messungen und der zu Beginn dieses Abschnitts vorgestellten Prognose kann für Massivholzschächte mit freistehender Vorsatzschale ein Aufbauvorschlag gemäß Tabelle 2 unterbreitet werden.

Tabelle 2: Vorschlag für einen Schachtaufbau mit biegeweicher Vorsatzschale zur Einhaltung von $L_{AF,max,n/nT} \leq 30$ dB

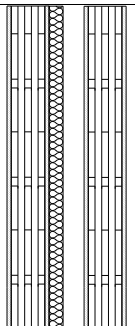
	mm	Bauteilschichten
	18	GF oder GKF Platte
	140	Brettsperr- oder Brettstapelholz
	18	GF oder GKF Platte
	≥25	Luftschicht
	≥75	Metallständerprofile mit Dämmstofffüllung d ≥ 60 mm
	15	GF oder GKF Platte
	15	GF oder GKF Platte

Wesentlich dabei ist, dass der lichte Abstand der Vorsatzschale zur Grundwand des Schachtes mehr als 100 mm beträgt. Unter Beachtung der Empfehlung im Abschnitt 3.3 ist dann zu erwarten, dass $L_{AF,max,n} = 30$ dB für ein Raumvolumen bis etwa 62 m³ unterschritten wird.

3.2. 2-schalige Massivholzschächte

Wie in Abschnitt 3.1 beschrieben ist auch für die 2-schaligen Massivholzschächte eine Aufbauempfehlung möglich. Diese befindet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Vorschlag für einen Schachtaufbau in 2-schaliger Massivholzbauweise zur Einhaltung von $L_{AF,max,n/nT} \leq 30$ dB

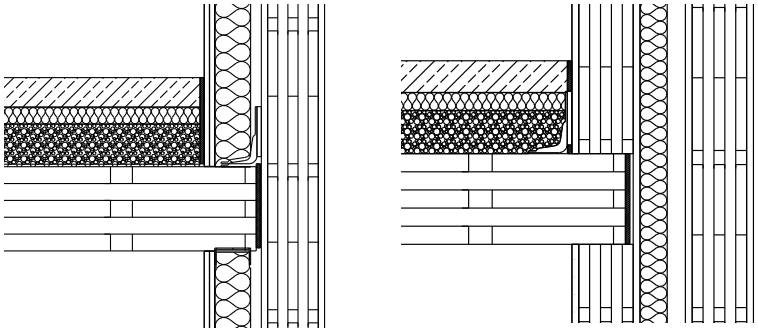
	mm	Bauteilschichten
	18	GF oder GKF Platte
	140	Brettsperr- oder Brettstapelholz
	18	GF oder GKF Platte
	≥100	Luftschicht mit Dämmstofffüllung d ≥ 60 mm (Dämmstoff)
	18	GF oder GKF Platte
	140	Brettsperr- oder Brettstapelholz
	18	GF oder GKF Platte

2-schalige Massivholzschächte zeigen tendenziell ungünstigere Werte und sollten vorrangig in Gebäuden mit Büronutzung angewandt werden oder nicht unmittelbar an schutzbedürftige Räume angrenzen.

3.3. Empfehlung für Detailausführung und Aufzugtechnik

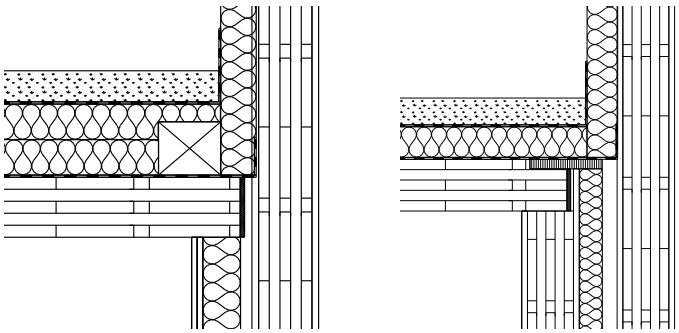
Neben den eigentlichen Schachtkonstruktionen ist auch der Anschluss des Schachtes an das Gebäude von Bedeutung. Es ist in allen Fällen von einer starren Verbindung des Schachtes mit dem Baukörper abzuraten. Sollten jedoch Verbindungen zum Baukörper notwendig sein, um horizontale Lasten aus dem Schacht abzutragen, so sollten diese ausschließlich mit elastischen Zwischenschichten ausgeführt werden. Eine Ausnahme bildet

das in der Regel in Massivbauweise errichtete Gründungsbauteil. Hier muss und kann der Aufzugschacht starr verbunden werden, um die Stabilität des Schachtes sicherzustellen. Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen beispielhafte Anschlusssituationen, wie sie bei den Messobjekten vorgefunden wurden.



Deckenstoß mit Vorsatzschale | Deckenstoß bei 2-schaliger Ausführung

Abbildung 11: Ausführungsvorschläge für die Anbindung an die Decke



Dachabschluss mit Vorsatzschale | Dachabschluss bei 2-schaliger Ausführung

Abbildung 12: Ausführungsvorschläge für die Anbindung an ein Flachdach

Ebenfalls von großer Bedeutung ist die Ausführung der Aufzugtechnik. Die nachstehende Aufzählung zeigt exemplarisch, jedoch nicht abschließend, mögliche Kriterien, die bei der Technik des Aufzugs zu beachten sind.

- Geradelauf der Schienen
- Montage der Schienen nicht auf der Seite der schutzbedürftigen Empfangsräume
- Keine sogenannten Rucksackaufzüge / Führungsschienen sind nur auf einer Seite
- Geringe Oberflächenrauigkeit der Schienen
- Seilummantelung mit elastischen Materialien der Tragseile oder optimiert glatte Seile
- Versatzfreie Verbindung der Schienen an Stößen
- Vermeiden von abrupten Aufsetzpunkten an Stoppvorrichtungen und Haltepunkten
- An- und Abfahrbewegungen mit Verzögerung, «sanfter Übergang»
- Vermeiden, dass Seile, Kabel oder Teile der Anlage an den Schachtwänden schleifen
- Schallbrückenfreie Montage der Türen an 2-schaligen Schachtwänden

Auch Maßnahmen an der Quelle bzw. den Befestigungspunkten zwischen Schachtwand und Schienen können Geräuschimmissionen deutlich reduzieren. Hierzu zählen insbesondere statische/dynamisch bemessene elastische Zusatzlager an den Kontaktpunkten.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Aufzugschächte in Holzbauweise zeigen, unter Beachtung der dargestellten Konstruktionsempfehlungen, eine akustisch ebenbürtige Ausführung im Vergleich zu Massivschächten. Derzeit fehlt es jedoch an einer normativen Regelung für die Ausführung dieser Schächte in Holzbauweise. Es bleibt abzuwarten, ob die gewonnenen Erkenntnisse in die Überarbeitung von DIN 4109-33 einfließen werden. Aus bauakustischer Sicht lassen sich Schächte in Holzbauweise bei gezielter tieffrequenter Abstimmung der 2-schaligen Aufbauten sehr

gut anwenden. Auch die schnelle Montage der Schächte und die gute Montierbarkeit der Technik im Schacht sind als Vorteile zu nennen. Für die Zukunft ist es wichtig, die Prognosemodelle fortzuschreiben und die belastbare Messung der eingeleiteten Körperschallleistung durchzuführen. Mit diesen Daten lässt sich dann der Fahrgeräuschpegel eines Aufzugs prognostizieren. Die Anwendbarkeit von Aufzugschächten in Holzbauweise unter dem akustischen Gesichtspunkt wurde bereits durch zahlreiche Messungen belegt und ist auch in [6] dargestellt.

5. Literaturverzeichnis

[1] Holzbau Deutschland Bund Deutscher Zimmermeister, «Lagebericht Zimmerer / Holzbau 2023,» Holzbau Deutschland Bund Deutscher Zimmermeister, Berlin, 2023.

[2] Beuth Verlag Normenausschuss Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik, DIN 8989:08-2019 – Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge, Berlin: Beuth Verlag, 2019 August.

[3] DIN 4109-1:01-2018 Schallschutz im Hochbau – Teil 1 Mindestanforderungen, Beuth-Verlag, 2018.

[4] A. Meier, «Baulicher Schallschutz für Aufzugsanlagen,» in DAGA 2016 Aachen, Aachen, 2016.

[5] DIN EN ISO 10052 Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren (ISO 10052:2004 + Amd 1:2010); Deutsche Fassung EN ISO 10052:2004 + A1:2010, Beuth Verlag.

[6] A. Blödt und C. Höller, «Bestimmung der Schallleistung von Aufzugschächten aus Massivholz mit Hilfe eines Körperschall-Ersatzquellenverfahrens,» in DAGA 2023, Hamburg, 2023.

HOLZBAUPREIS NRW 2024

In Holz gedacht

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



In Holz gedacht

Innovationsfabrik 2.0, Heilbronn



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

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

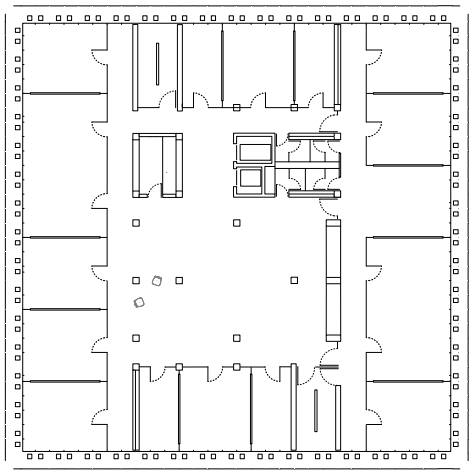


Abbildung 4: Grundriss 2. Obergeschoss

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, Foto: 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 im 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, Foto: 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 Primärträgern gelagerten Balkendecken und einem im Verbund aufgebrachten Aufbeton als thermischer Speicher und schalltechnische Masse. Die zwischen den Balken verlegten Holzwolle-Leichtbauplatten sind raumakustisch wirksam (einschließlich 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.

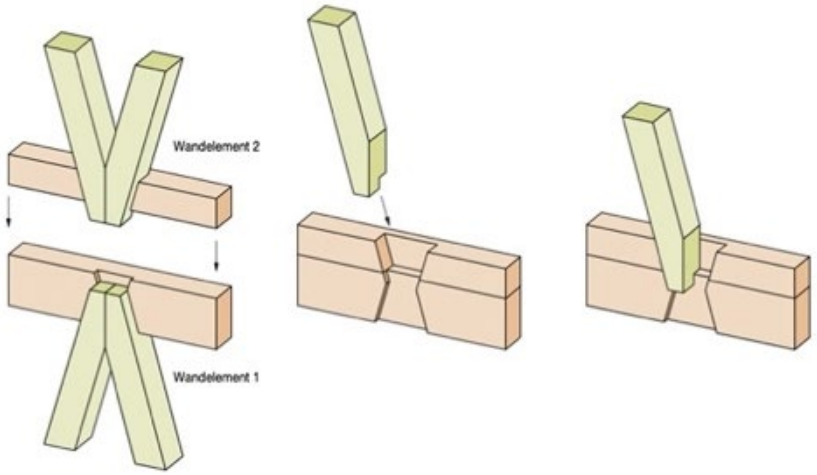


Abbildung 7: Fügungen der fachwerkartigen Fassadenelemente, Bild: MKP

Für die 8 m spannenden Balkendecken werden im Gebäuderaster (1,0 m) 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 notwendigen 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 Balkendecken 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.

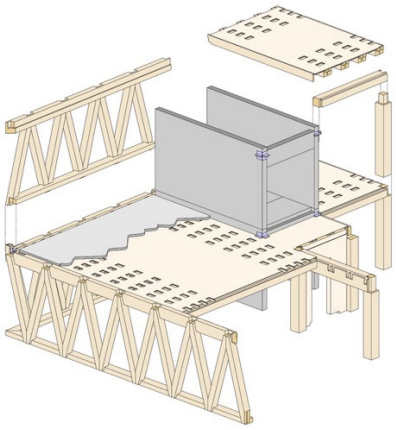


Abbildung 8: Elementierung, Bild: MKP



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 werden 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 das 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.58 kWh/m²a, so dass die Anforderungen gemäß GEG 2021 um ca. 33% unterschritten und die Voraussetzungen für 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.

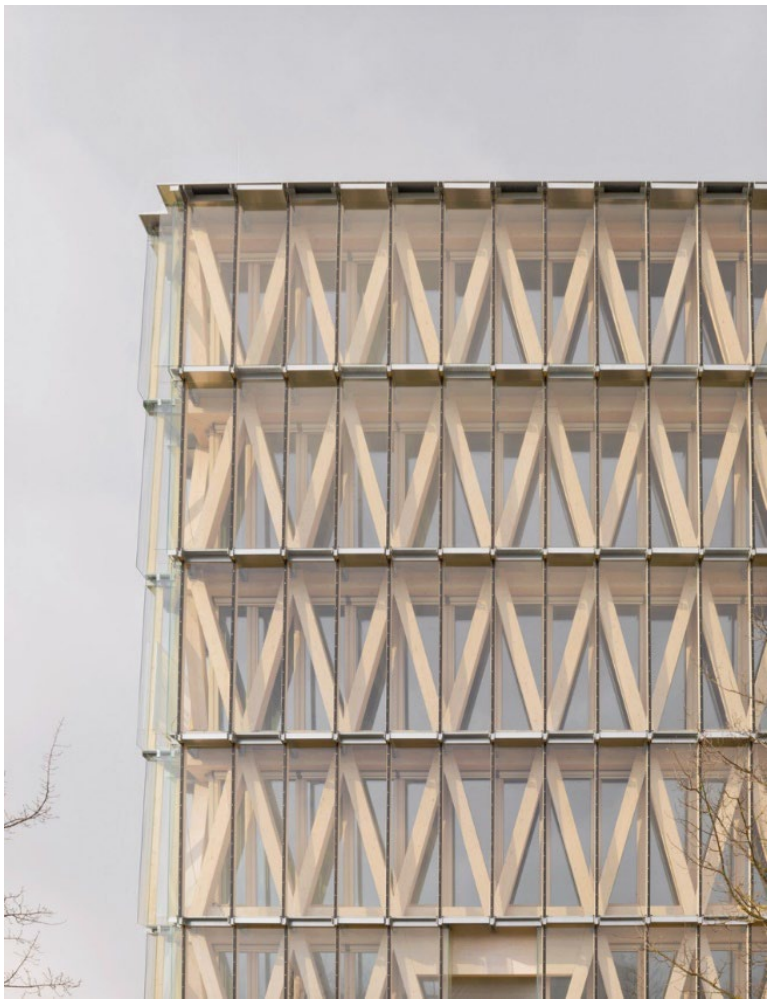


Abbildung 10: Zweischichtige Pufferfassade, Foto: Brigida González

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, 17. Oktober 2024

Block A3
Hybride Konstruktionen im Hochbau

HBV-Decken vollständig kreislauffähig – re-use und re-cycling, beides möglich!

Dr. Jan Wenker
Brüninghoff Group
Heiden, Deutschland



Stefan Behring
Brüninghoff Group
Heiden, Deutschland



HBV-Decken vollständig kreislauffähig – re-use und re-cycling, beides möglich!

1. Ausgangssituation und Motivation

Die Bau- und Immobilienwirtschaft in Deutschland war im Jahr 2021 für 61 % des mineralischen Ressourcenverbrauchs [1] und 55 % des Abfallaufkommens [2] verantwortlich. Auch zur Klimaerwärmung trägt die Bauwirtschaft in erheblichem Maße bei: «Insgesamt werden rund 40 % der gesamten THG-Emissionen in Deutschland durch die Herstellung, Errichtung, die Modernisierung und die Nutzung und den Betrieb der Wohn- und Nichtwohngebäude (Hochbau) […] verursacht» [3, S. 17).

Gesetzliche Rahmenbedingungen fordern daher zunehmend, dass Baustoffe und Bauteile wiederverwendet bzw. recycelt werden können. Die konzeptionelle Berücksichtigung der Wiederverwendbarkeit im Rahmen der Entwicklung bzw. Herstellung eines Produktes ist in der Bauindustrie bisher nicht weit verbreitet. Dies ist jedoch für einen reibungslosen und hochwertigen Rückbau zwingend erforderlich. Produkte und Bauteile, die den Aspekt der Wiederverwendung berücksichtigen, verursachen bei sonst gleichen Leistungskriterien derzeit in den meisten Fällen höhere Herstellungskosten. Im Planungs- und Bauprozess eines Gebäudes haben bauausführende Unternehmen zudem nur geringen Einfluss auf den Entwurfsprozess und damit die konstruktive Ausgestaltung eines Gebäudes und die Auswahl von zu verbauenden Produkten. Der Lebenszyklus muss allerdings ganzheitlich betrachtet werden von der Planung über Errichtung, Nutzung, Instandhaltung bis hin zum wünschenswert möglichst späten Rückbau eines Gebäudes.

Umweltbewusstsein und ein reduzierter CO_2-Fußabdruck: Holz-Beton-Verbundelemente vereinen diese Aspekte bekanntlich durch den verminderten Einsatz von Beton im Vergleich zur Massivdecke. Um den bereits etablierten hybriden Deckenelementen einen zweiten oder dritten Lebenszyklus zu ermöglichen, werden diese durch neu entwickelte reversible Bauteilanschlüsse, eine optimierte Kerve und spezielle Verbinder nun komplett rückbaubar und damit kreislauffähig. Damit sind sowohl Wiederverwendung (re-use) des kompletten Elements als auch sortenreine Weiterverwertung (re-cycling) von Holz und Beton einfach und wirtschaftlich möglich.

2. Weiterentwicklung zur vollständigen Rückbaufähigkeit

Ausgehend von einem Holz-Hybridsystem, bestehend aus tragenden Holzstützen in Kombination mit Holz-Beton-Verbund Rippendecken (HBV-Rippendecken, vgl. Abbildung 1), ist der Stand der Technik im Hause Brüninghoff weiterentwickelt worden.

Zukünftig bietet sich durch eine rückbaufreundlichere Gestaltung der Bauteilanschlüsse und Entwicklung entsprechender Rückbauverfahren die Möglichkeit, HBV-Decken einem Gebäude zu entnehmen und als Ganzes – unter Beibehaltung aller Eigenschaften – andernorts wieder einzubauen. Ist die Wiederverwendung in Form eines Wiedereinbaus nicht möglich, können die Materialien Holz und Beton mit einer Kervenverbindung gemäß CEN TS 19103 [4] sortenrein voneinander getrennt werden.

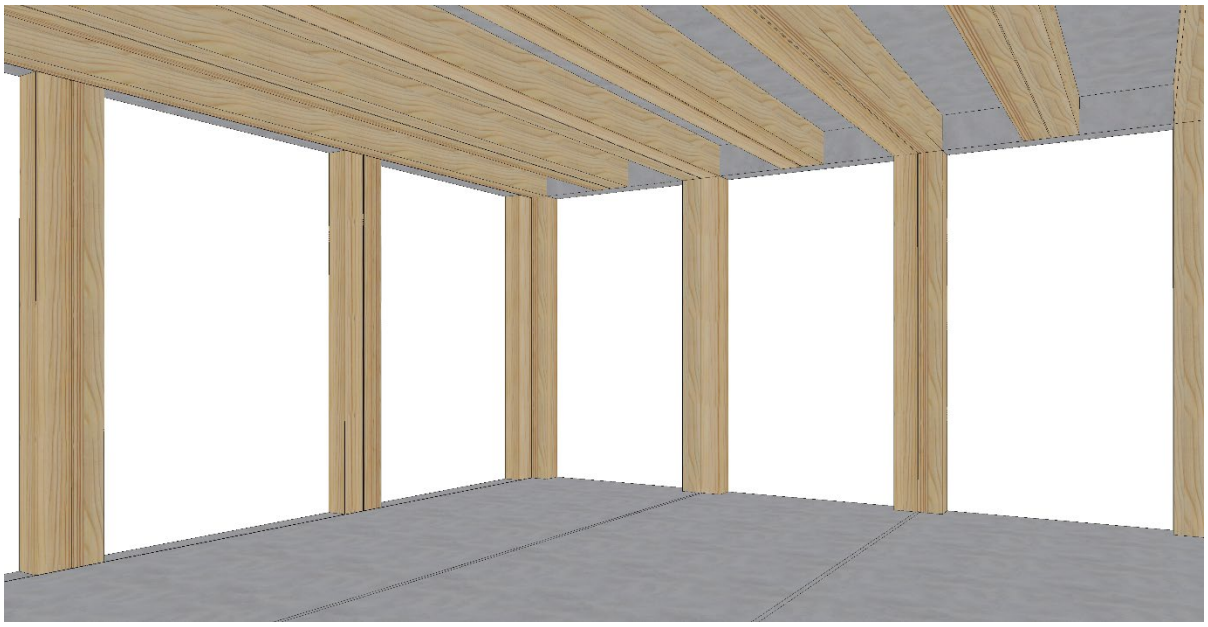


Abbildung 1: Holz-Hybridsystem mit HBV-Rippendecken als Vollfertigteil (Grafik: Brüninghoff Group)

Dies wird ermöglicht durch eine rückbauoptimierte Kervenform und insbesondere durch die gemeinsam mit dem Entwicklungspartner Reisser Schraubentechnik GmbH entwickelte vollständig demontierbare Abhebesicherung gemäß CEN TS 19103 [4]. Hier schützt ein Hüllrohr den im Beton liegenden Teil des Schraubengewindes vor Betonanhaftungen. Die Kraftübertagung erfolgt daher über eine Unterlegscheibe (vgl. Abbildung 2a). Durch eine intelligente Abdeckung des Schraubenkopfes ist die Auffindbarkeit auf der Rohdecke und das einfache vollständige Freilegen des Schraubenantriebs gewährleistet (vgl. Abbildung 2b). Die unter dem Markennamen Reisser KVB-Verbinder erhältliche HBV-Abhebesicherung verfügt über eine allgemeine Bauartgenehmigung [5, 6].



Abbildung 2a: Reisser KVB-Verbinder
(Bild: Reisser Schraubentechnik GmbH)



Abbildung 2b: Reisser KVB-Verbinder mit Schutzkappe zur Sicherstellung der Demontagefähigkeit
(Bild: Reisser Schraubentechnik GmbH)

Nach der Demontage der rückbaufähigen Abhebesicherung und Trennung von Holz und Beton steht der Betonbruch aus den HBV-Decken wieder zur Verfügung und kann direkt in den Produktionsprozess für Bauteile aus Recyclingbeton (RC-Beton bzw. R-Beton) zurückgeführt werden. Das Holz kann einer hochwertigen stofflichen Weiterverwendung, zur Holzwerkstoffherstellung oder Energieerzeugung dienen.

3. Großversuch unter Praxisbedingungen

Weit spannende Decken, ausgeführt als Fertigteil, sind im Falle eines Gebäuderückbaus sehr gut geeignet, für einen erneuten Einsatz an anderer Stelle wiederverwendet zu werden. Durch weiterentwickelte Bauteilanschlüsse, die rückbauoptimierte Kervenform in Kombination mit der Leistungsfähigkeit des KVB-Verbinders gelingt es, re-use und re-cyclingfähige HBV-Decken seriell und wirtschaftlich herzustellen und vor allem auch perspektivisch wieder rückzubauen. So die Annahme. Um die Praxistauglichkeit der weiterentwickelten Aspekte in der Herstellung und insbesondere beim Rückbau unter Beweis zu stellen, wurde ein Großversuch konzipiert mit 3 Deckenelementen und knapp 70 m² Gesamtfläche.

Im Großversuch wurde an einer Deckensituation bestehend aus drei HBV-Deckenelementen mit den Abmessungen von je 2,49 m x 8,91 m die Wiederverwendungs- und Recyclingfähigkeit untersucht und nachgewiesen. Zunächst wurde der Versuch vollständig montiert inklusive des Vergusses der Fugen und Stützenanschlüsse unter Praxisbedingungen «wie im Bauwerk». Anschließend erfolgte der geplante Rückbau der Decken bestehend aus den vollständig miteinander gekoppelten Deckenelementen «B1-B3». Ziel ist, zwei der Deckenelemente (B1 und B2) anschließend in einem realen Bauvorhaben «wiederzuverwenden». Der zweite Schritt umfasste die Trennung von Holz und Beton (Recycling des Betons und Kaskadennutzung des Holzes) für ein Deckenelement (B3).

3.1. Versuchsaufbau

Untersucht wurde ein Holz-Hybridsystem in der konstruktiven Ausführung als Stützen-Riegel-System mit HBV-Rippendecke. Im Bauwerk sind die tragenden Stützen werkseitig mit der vorgefertigten Fassade verbunden. Die Fassade selbst ist nicht-tragend. Auf die Stützen werden die HBV-Decken aufgelegt. Exakt diese Situation wurde im Versuch als Ausschnitt aus einem gerade in der Ausführung befindlichen Kunden-Bauvorhaben nachgebildet: 3 Deckenelemente, aufgehende Stützen aus dem darunterliegenden Geschoss, Wand und Fassade. Den Versuchsaufbau zeigt Abbildung 3.



Abbildung 3: Versuchsaufbau von der Fassadenseite gesehen, bestehend aus drei Deckenelementen, Stützen und Fassade in originaler Montagesituation (Bild: Brüninghoff Group)

Die einzelnen Deckenelemente werden im Brüninghoff Betonfertigteilwerk als Vollfertigteile hergestellt und auf der Baustelle zu einer Deckenscheibe zusammengesetzt. Abbildung 4a/b zeigt die Herstellung der HBV-Vollfertigteile mit Reisser KVB-Verbindern als Abhebesicherung sowie als Torsionsfessel für den Beton-Randbalken.



Abbildung 4a: Deckenproduktion mit Reisser KVB-Verbindern (Bild: Brüninghoff Group)

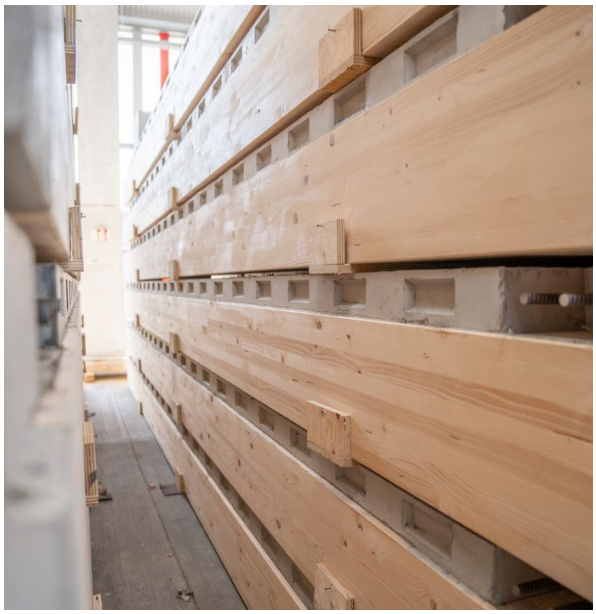


Abbildung 4b: HBV-Rippendecken als Vollfertigteil (Bild: Brüninghoff Group)

Fassadenseitig wird ein Ringanker zur Aufnahme von Zugkräften ausgeführt, der Scheibenschub wird i. d. R. durch vergossene Längsfugen mit Schubverzahnung aufgenommen. Auch die Verbindung des Knotenpunktes der Stütze zur Decke erfolgt durch Betonverguss (vgl. Abbildung 5). In die Untersuchung zur Rückbaufähigkeit der Decken war daher auch die Außenwand mit Fassade einzubeziehen. Die Montage und Verbindung der Deckenelemente erfolgte vollständig wie unter Baustellenbedingungen. Da die Ausführung der nichttragenden Fassade für den Rückbau der Decken unerheblich ist, wurde diese nur als funktionsreduziertes Tafelelement ausgebildet.

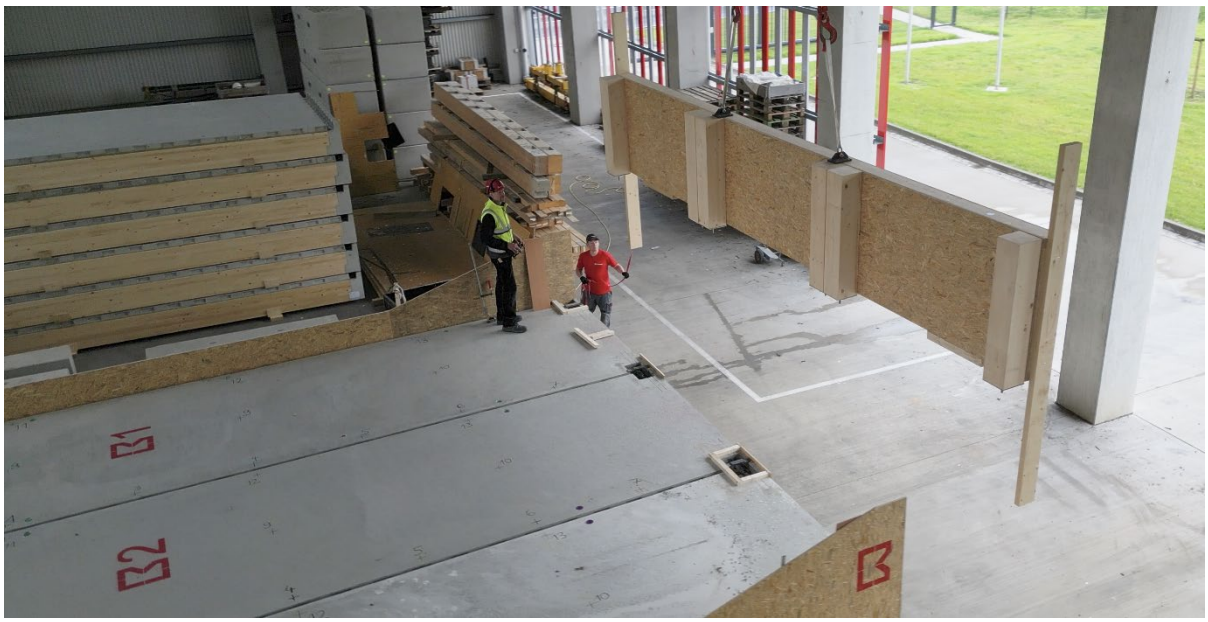


Abbildung 5: Versuchsaufbau von oben gesehen; Montage der Wand, Ringankerausbildung, Vergussbereich Stütze/Decke sowie Längsfugen im unvergossenen Zustand (Bild: Brüninghoff Group)

Mit den Einzelabmessungen der Decken von 2,49 m x 8,91 m ergibt sich somit eine Gesamtdeckenfläche von ca. 67 m^2. Die Deckenelemente B1 und B2 werden nach dem erfolgreichen Rückbauversuch eins-zu-eins in einem Kunden-Bauvorhaben «wiederverwendet». Für das Deckenelement B3 erfolgte das Recycling mit sortenreiner Trennung von Holz und Beton. Die auf diese Art zurückgewonnen Deckenbalken werden ebenfalls in dem Bauvorhaben als Stützen weiterverwendet. Abbildung 5 zeigt die raumseitige Draufsicht

des Versuchstandes. Der Versuchsaufbau wurde so angenommen, dass die beiden äußeren Decken jeweils an eine Treppenkernwand anschließen. Dieser Anschluss wurde durch seitlich angebrachte Platten simuliert, sodass der Rückbau unter realen Platz- und Größenverhältnissen stattfand.

3.2. Rückbau (Demontage) der Deckenelemente B1 bis B3

Im ersten Schritt wurden die drei Deckenelemente unter Erhalt ihrer Gestalt und Funktion zurückgebaut. B1 und B2 wurden anschließend zur Wiederverwendung vorbereitet.

Der Rückbau der Deckenelemente B1 bis B3 gliederte sich in folgende Teilschritte:

- Lösen und Abheben der Außenwand
- Freilegen und Lösen der Verbindung des Ringankers
- Freilegen des Knotenpunktes Stütze / Decke
- Auftrennen der Vergussfugen
- Abheben der Decken
- Freilegen / Wiederherstellen des verzahnten Fugenrandes für den Wiedereinbau

Die Demontage der angedeuteten Außenwand erfolgte mittels Traverse und Kran. Wird die Wand lotrecht angehoben, löst sich die Wand leicht vom Knotenpunkt. Nach dem Abheben der Wand ist die Verbindung des Ringankers und der Knotenpunkt Stütze / Decke zugänglich. Das Freilegen des Ringankers erfolgte mit dem Stemmhammer (vgl. Abbildung 6a). Es konnte festgestellt werden, dass dieser manuelle Arbeitsschritt verhältnismäßig einfach durchzuführen war. Nach dem Freistemmen konnte die Verbindung des Ringankers gelöst werden. Im Anschluss daran erfolgte das Freilegen des Knotenpunktes Stütze / Decke mittels Kernbohrgerät. Das Auftrennen der Vergussfugen erfolgte durch Fugenschnitt mit einer schienengeführten Betonkreissäge (vgl. Abbildung 6b).

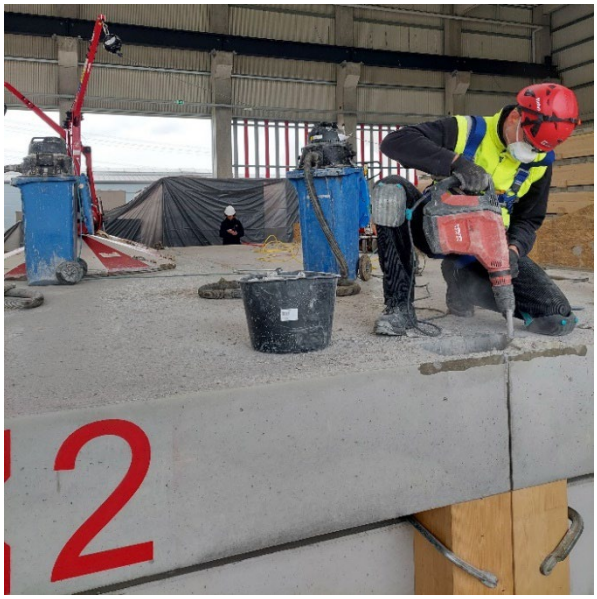


Abbildung 6a: Freilegen des Ringankeranschlusses (Bild: Brüninghoff Group)



Abbildung 6b: Trennen der Vergussfuge mit schienengeführter Betonkreissäge (Bild: Brüninghoff Group)

Nach dem Entfernen des Vergussmaterials aus der Fuge konnte die Decke einfach vom Auflager abgehoben werden. Dies veranschaulicht Abbildung 7.



Abbildung 7: Abheben des vollständig gelösten Deckenelements (Bild: Brüninghoff Group)

In einem letzten Arbeitsschritt ist die Fugenverzahnung am Deckenrand durch Freistemmen wiederhergestellt worden. Durch den nachträglichen Verguss entstehen nur geringe Adhäsionskräfte zwischen Vergussbeton und Betonfertigteil. Dadurch ist es möglich, den Vergussbeton sehr einfach und rückstandsfrei zu entfernen. Auch wenn das Lösen der Verbindungen, des aus statischen Gründen notwendigen baustellenseitigen Vergusses, bisher nicht zerstörungsfrei möglich ist – Freistemmen bzw. -Schneiden und Entfernen des Vergussbetons sind immer nötig – so liegt das Deckenelement nach dem Rückbau unbeschädigt und vollumfänglich wiedereinsetzbar vor (vgl. Abbildung 8). Der Anteil des zu entfernenden Vergussbetons bezogen auf die Betonmenge des vorgefertigten Deckenelements liegt unter 2 %.



Abbildung 8: Zur Wiederverwendung vorbereitete Deckenelemente B1 und B2 (Bild: Brüninghoff Group)

3.3. Sortenreine Trennung von Holz und Beton (Recycling) an Deckenelement B3

Im zweiten Schritt wurde die sortenreine Trennung basierend auf rückbauoptimierter Kerve und Reisser KVB-Verbinder als Abhebesicherung am Deckenelement B3 untersucht. Die Trennung von Holz und Beton erfolgte in Kooperation und mit Maschineneinsatz der Heermann Abbruch & Recycling GmbH (Gescher-Hochmoor).

Das sortenreine Trennen und anschließende Recycling der Materialien des Deckenelements B3 gliederte sich in folgende Teilschritte:

- Freilegen der KVB-Verbinder an Abhebesicherungen und Torsionsfesseln
- Lösen der Schrauben in den KVB-Verbindern
- Abtrennen des Randquerträgers
- Trennen von Betonplatte und Holzbalken
- Brechen der Betonplatte und aufbereiten zu RC-Gesteinskörnung Typ I
- Abtrennen der obersten Lamelle (Kerven) und Weiterverwenden der Holzbalken als Stützen bzw. Recycling in der Holzwerkstoffherstellung

Der Stahlbetonrandquerträger des Deckenelements (vgl. Abbildung 8) dient als Deckenauflager, deshalb werden die Rippen (Brettschichtholzbalken) torsionssteif mit dem Randquerträger verbunden. Zur Aufnahme des Torsionsmoments wird ebenfalls der Reisser KVB-Verbinder eingesetzt. Vor dem Abtrennen des Randquerträgers ist diese Verbindung zunächst zu lösen. Die am KVB-Verbinder verbaute Kappe hält den Schraubenantrieb frei von Beton, womit das Lösen der Schraube möglich wird. Das Fähnchen am oberen Ende der Kappe kennzeichnet die Lage des KVB-Verbinders, der Schraubenantrieb kann durch Aufbohren freigelegt werden. Nach dem Lösen des KVB-Verbinders erfolgte ein Trennschnitt quer zur Spannrichtung mit der Betonkreissäge. Anschließend konnte der Randquerträger entfernt werden (vgl. Abbildung 9). Beim Recycling im großen Maßstab mit entsprechender Deckenanzahl ist davon auszugehen, dass das Lösen des Randquerträgers direkt mit der hydraulischen Abbruchzange eines Baggers erfolgen kann. Gelingt dies, ohne die Holzträger zu schädigen, kann auf den Trennschnitt verzichtet werden. Aufgrund des geringen Probenumfanges (ein Versuch) wurde an dieser Stelle das Risiko, die Holzbalken zu beschädigen, nicht eingegangen.



Abbildung 9: Deckenelement B3 nach Abtrennen des Randquerträgers (Bild: Brüninghoff Group)

Sodann erfolgte das Trennen von Betonplatte und Holzbalken. Hier waren zunächst alle Abhebesicherungen zu demontieren. Dazu wurde der Schraubenantrieb des KVB-Verbinders durch Aufbohren freigelegt (vgl. Abbildung 10a). Anschließend konnten die Schrauben problemlos gelöst werden (vgl. Abbildung 10b).



Abbildung 10a: Aufbohren und Freilegen des Schraubenantriebs im Reisser KVB-Verbinder (Bild: Brüninghoff Group)



Abbildung 10b: Lösen der Abhebesicherung durch Herausdrehen der Schraube aus dem Reisser KVB-Verbinder (Bild: Brüninghoff Group)

In der Gesamtschau kann festgehalten werden, dass es durch eine rückbauoptimierte Kerve in Verbindung mit dem Reisser KVB-Verbinder inklusive Abdeckkappe gelingt, Betonplatte und Holzbalken einfach voneinander zu trennen (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11: Deckenelement B3; Lösen der Rippen (BSH-Balken) (Bild: Brüninghoff Group)

Beton und Holz können nun getrennt dem jeweiligen Wertstoffkreislauf zugeführt werden. Im Fall des Betons wurden im Beispiel das Brechen und Aufbereiten zu einer RC-Gesteinskörnung Typ I für den Einsatz im Hochbau – hier in neuen Betonfertigteilen – durchgeführt (vgl. Abbildung 12a). Aus den Holzbalken können durch Abtrennen der obersten Lamelle, die die Kerven enthält, beschädigungsfreie Querschnitte erzeugt werden (vgl. Abbildung 12b), welche z. B. als Stützen weiterverwendet werden können. Der Einsatz als vertikale raumhohe Stütze hat den Vorteil, dass aus einem Deckenbalken zwei Stützen gewonnen werden können. Durch das Halbieren der Trägerlänge kann eine während der Nutzungsphase der Decke entstandene Krümmung der Balken resultierend aus Deckendurchbiegung, vollständig beseitigt werden.



Abbildung 12a: Brechen und Aufbereiten der Betonplatte zu RC-Gesteinskörnung Typ I (Bild: Brüninghoff Group)



Abbildung 12b: Beschädigungsfreier Holzquerschnitt für Wiedereinsatz durch Abtrennen der obersten Lamelle (Bild: Brüninghoff Group)

4. Fazit und Ausblick

Im Großversuch zur Rückbau- und Recyclingfähigkeit eines Holz-Hybridsystems in der konstruktiven Ausführung als Stützen-Riegel-System mit HBV-Rippendecke, bestehend aus drei Deckelementen mit einer Gesamtfläche von knapp 70 m^2, konnte gezeigt werden, dass sowohl Demontage und Wiederverwendung ganzer Deckenelemente (re-use) als auch sortenreine Trennung von Holz und Beton (re-cycling) mit den hinsichtlich Rückbaus optimierten Bauteilfügungen und Verbindungen möglich ist. Speziell der Reisser KVB-Verbinder mit Abdeckkappe als rückbaufähige Abhebesicherung im Zusammenspiel mit rückbauoptimierten Kerven ermöglicht eine sortenreine Trennung von Holz und Beton.

Die Deckenelemente konnten zerstörungsfrei demontiert werden. Zwei der Deckenelemente werden nun in einem Kunden-Bauvorhaben «wiederverwendet». Die Elemente B1 und B2 sind zeitlich vorgelagert produziert worden, waren Teil des Rückbauversuchs und werden nun auf der Baustelle eingebaut. Darüber wird noch zu berichten sein. Das Deckenelement B3 wurde sortenrein in seine Bestandteile zerlegt. Der Beton wurde recycelt zu RC-Gesteinskörnung Typ I, die Deckenbalken zu tragenden Stützen für das Bauvorhaben weitverwendet.

Die Annahme, die dem Großversuch zugrunde lag, konnte somit bestätigt werden. Eine Wiederverwendung ganzer Bauelemente (re-use) sowie eine hochwertige Weiterverwendung bzw. -verwertung einzelner Materialien (re-cycling) ist Stand heute technisch möglich und kann auch wirtschaftlich in Zukunft interessant sein. Für sämtliche Schritte des Rückbaus wurde der Arbeitsaufwand (händischer und maschineller Aufwand, «Mensch und Maschine») dokumentiert. Nachfolgend soll der Rückbauaufwand nach den Kriterien des Urban Mining Index [7, 8] bewertet werden, um eine objektive Beurteilung der Rückbaufähigkeit der entwickelten Systeme zu erhalten. Global gesprochen verursacht die Wiederverwendung kompletter Elemente den geringsten Energieaufwand und ist daher stets zu bevorzugen. Somit entsteht eine Kaskade «re-use vor re-cycling».

Zu in der Praxis breit angelegten Bestrebungen hinsichtlich re-use bedarf es jedoch gesetzlicher und normativer Regelungen, sowie gesicherter Erkenntnisse und Methoden zur Bewertung der Tragfähigkeit für eine zweite Nutzungsphase. Wie die eigenen Erfahrungen aus dem Großversuch gezeigt und bestätigt haben, ist es unerlässlich den Ablauf des Rückbaus bereits in allen Entwurfsphasen und bei der Detailplanung sehr genau zu berücksichtigen. Das heißt, die Planung muss sowohl die Errichtung wie auch den späteren Rückbau des Gebäudes umfassen. Planungsfehler für die Rückbauphase erschweren die beschädigungsfreie Demontage und den Rückbau für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft erheblich.

Das Denken von Gebäuden im gesamten Lebenszyklus ist unerlässlich!

5. Literaturverzeichnis

[1] Statistisches Bundesamt: Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Materialflüsse in Millionen Tonnen. Online, Abruf am 17.09.2024. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/rohstoffe-materialfluesse-wasser/Tabellen/material-energiefluesse.html

[2] Statistisches Bundesamt: Abfallwirtschaft. Kurzübersicht Abfallbilanz. Online, Abruf am 17.09.2024. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-abfallbilanz-kurzuebersicht.html#647044

[3] Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR): Umweltfußabdruck von Gebäuden in Deutschland. Kurzstudie zu sektorübergreifenden Wirkungen des Handlungsfelds «Errichtung und Nutzung von Hochbauten» auf Klima und Umwelt. BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2020, ISSN 1868-0097

[4] DIN CEN/TS 19103: 2022-02: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Berechnung von Holz-Beton-Verbundbauteilen – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung CEN/TS 19103:2021. Deutsches Institut für Normung, Februar 2022

[5] Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt): KVB-Verbinder – Reisser Schrauben als Abhebesicherung für Holz-Beton-Verbunddecken mit Kerven. Allgemeine Bauartgenehmigung aBG Z-9.1-916 vom 06.08.2024

[6] Reisser Schraubentechnik GmbH: KVB-Verbinder. Sicher zugelassen. Die erste Abhebesicherung mit Zulassung für Holz-Beton-Verbunddecken mit Schubkerve, Informationsbroschüre, 2024

[7] Rosen, A.: Urban Mining Index. Entwicklung einer Systematik zur quantitativen Bewertung der Kreislaufkonsistenz von Baukonstruktionen in der Neubauplanung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 344 Seiten, 2021

[8] Hillebrandt, A., Riegler-Floors, P., Rosen, A., Seggewies, J.-K.: Atlas Recycling. Gebäude als Materialressource, Edition Detail, 2021

6. Über Brüninghoff

Seit über 50 Jahren perfektioniert die Brüninghoff Group das industriell vorgefertigte Bauen in der Kombination aus Holz, Beton, Stahl und Aluminium. Sechs Gesellschaften der Group mit 700 Beschäftigten planen, produzieren, realisieren und erbringen Serviceleistungen für Immobilien. Sie treiben Innovationen voran und sind Technologievorreiter für nachhaltige und ressourceneffiziente Bauteil-, Gebäude- und Energielösungen. Brüninghoff versteht das Gebäude im Lebenszyklus und bietet alle Leistungen aus einer Hand bis hin zur Wiederverwendung der eigenen Produktentwicklungen.

Wo die Musik spielt – das «Neue GEMA» Gebäude in Berlin

Roman Koditek
Zimmerei Sieveke
Lohne, Deutschland



Henning Ernst
SWG/Engineering
Rülzheim, Deutschland



Wo die Musik spielt – das «Neue GEMA» Gebäude in Berlin

1. Allgemeine Projektinformationen

1.1. Projektbeteiligte

Bauherr:
GEMA Immobilienverwaltung
Wirtschaftlicher Verein & Co. KG.
Rosenheimer Str. 11
81667 München

Generalplanung:
HPP Architekten GmbH
Sandstraße 33
80335 München

Generalunternehmer:
Gustav Epple Bauunternehmung GmbH
Walther-Nernst-Straße 3
12489 Berlin

Ausführungs-Statik Holzbau:
SWG Gaisbach GmbH
Geschäftsbereich ENGINEERING
Eisenbahnstraße 18
76761 Rülzheim

Holzbau (als NU von Gustav Epple):
Zimmerei Sieveke GmbH
Bakumer Str. 24
49393 Lohne
www.sieveke.de

1.2. Projektbeschreibung

Das Baugrundstück befindet sich in der Keithstraße 7 in 10787 Berlin Tempelhof-Schöneberg und hat eine Grundstücksgröße von ca. 1.228 m^2.
Errichtet wird ein Büro- und Verwaltungsgebäude mit ca. 5000m² Nutzfläche. Das Erdgeschoss ist in Teilen öffentlich zugängig.
Es wird ein Neubau als Grenzbebauung errichtet. Das Gebäude hat eine T- Form, bestehend aus einem Vorderhaus mit einer straßenseitigen Gebäudelänge von ca. 28 m und einem rückseitigen Mittelflügel. Die mittlere Bebauungstiefe beträgt ca.44 m.
An den Mittelflügel grenzen zwei nicht überdachte Innenhöfe an, der Südhof (ca. 300 m^2) und der Nord-West-Hof (ca.285 m^2).
Der gesamte Neubau verfügt über eine Unterkellerung inkl. Tiefgarage. Die Erschließung und auch die Zufahrt zur Tiefgarage erfolgt von der Keithstraße aus.
Das Gebäude wird im Bereich Vorderhaus siebengeschossig errichtet, der Mittelflügel sechsgeschossig. Die Gebäudehöhe beträgt ca.21 m ü. OKG. Das Bauvorhaben ist als Sonderbau (§3, BauO Bln) eingestuft.
Es wird ein Untergeschoss errichtet, in dem eine Tiefgarage mit 7 Stellplätzen für PKW, 22 Abstellplätze für Fahrräder sowie Technik- und Nebenräume untergebracht sind. Auf dem Nord-West-Hof wird ein überdachter Fahrradplatz für 44 Fahrräder errichtet.
lm Erdgeschoss des Vorderhauses werden neben dem Empfang eine Kantine mit Küchenbereich, eine Cafeteria und ab dem 1. Obergeschoss hochwertige Büroflächen hergestellt.
Die Dächer werden als Flachdach ausgebildet. Dort werden Terrassen und Technikflächen angeordnet. Auf dem Mittelflügel befindet sich eine Dachterrasse mit Holzbelag. Die Dachflächen bzw. Dachterrassen werden in Teilbereichen extensiv begrünt.

Das Gebäude wird als Hybridbau (Holz und Beton) ausgeführt. Stahlbeton kommt in den Bereichen mit besonderen Anforderungen an Brandschutz, Feuchteschutz, Schallschutz und Haustechnik zur Ausführung, Holz in den übrigen Bereichen.
Die Decken über UG, EG und Kern werden als Stahlbeton-Flachdecke, die Obergeschosse und die Dächer als Holz- Beton- Verbunddecke ausgebildet. Die Holzrippen der Decken bleiben raumseitig sichtbar. Nichttragende raumabschließende Wände werden in Trockenbauweise hergestellt.
Auch die Fassade oberhalb des Erdgeschosses wird als Holzrahmenkonstruktion (F30) ausgeführt. Sämtliche Fassadenflächen werden mit einer hinterlüfteten Vorhangfassade (VHF) – beplankt mit Faserzementtafeln – bekleidet.

Das Gebäude soll nach den Richtlinien der DGNB (Deutsche Gesellschaft Nachhaltiges Bauen e.V.) ausgeführt werden, angestrebt wird eine Zertifizierung für das Vorhaben nach DGNB-Zertifikat in «Platin».

Das Projekt soll einen Mehrwert für Nutzer, Umwelt und das Quartier schaffen und legt einen besonderen Fokus auf offene und flexible Arbeitswelten sowie das Wohlbefinden der Mitarbeiter.

Baubeginn: Herbst 2022
Beginn Montage Holzbau: Ende März 2023
Übergabe an den Bauherrn: Ende Juli 2024



Abbildung 1: Axonometrie aus Nordwest Hofseite (aus FLB)

2. Planung und Vorfertigung

2.1. Herausforderungen für die Umsetzung

- Fixer Starttermin für die Montage: 20.03.2023
- Feste Taktung für die Montage vorgegeben
- Baustellensituation sehr beengt – keine Lagerflächen
- Hohe Anforderungen an Logistik (Just-In-Time-Anlieferung)
- Toleranzausgleichsmöglichkeiten sehr gering
- Hand-in-Hand Montage in Abstimmung mit Rohbaugewerk

2.2. Montagekonzept

Vor Beginn der Montage der tragenden Holzbaukonstruktion wurden zunächst durch das Rohbauunternehmen das gesamte Kellergeschoss, das EG sowie das der Aufzugschacht mit Treppenhaus über alle Geschosse in Stahlbetonbauweise erstellt. Die an den Kopfenden der Gebäudeflügel notwendigen Stahlbetonwände wurden geschossweise mit dem tragenden Holzbau und den Hybriddecken montiert.
Zunächst wurden je Geschoss die tragenden Stützen eingemessen und montiert. Auf die Stützen wurden die Unterzüge aufgelegt und fixiert. Gleichzeitig wurden die Anschlusswinkel für die Deckenauflager an die aufgehenden Stahlbetonwänden geschraubt. Nach dem Auflegen und fixieren der Holz-Beton-Verbunddecken wurden die vorgefertigten Außenwände montiert. Nach jeden einzelnen Zwischenschritt wurden die vorab geplanten Wetterschutzmaßnahmen vorgenommen.

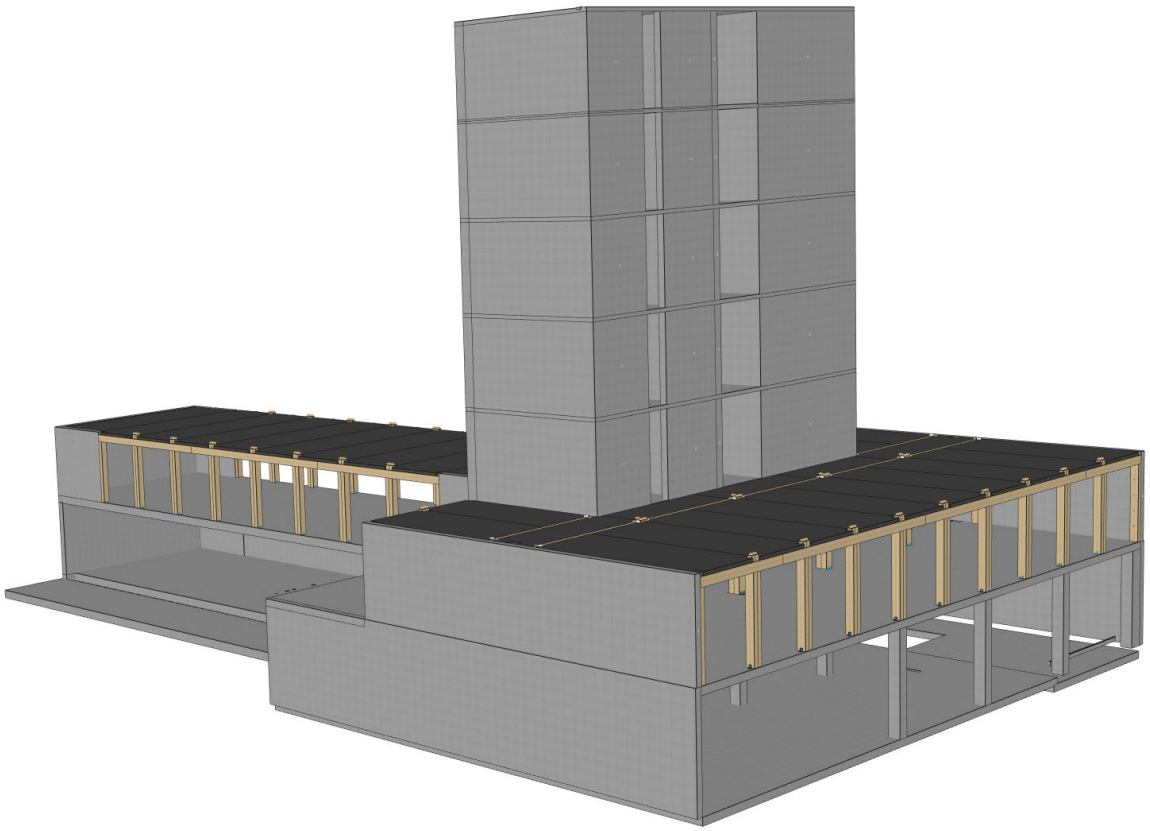


Abbildung 2: Planung Montage tragender Holzbau mit HBV-Decken (Sieveke)

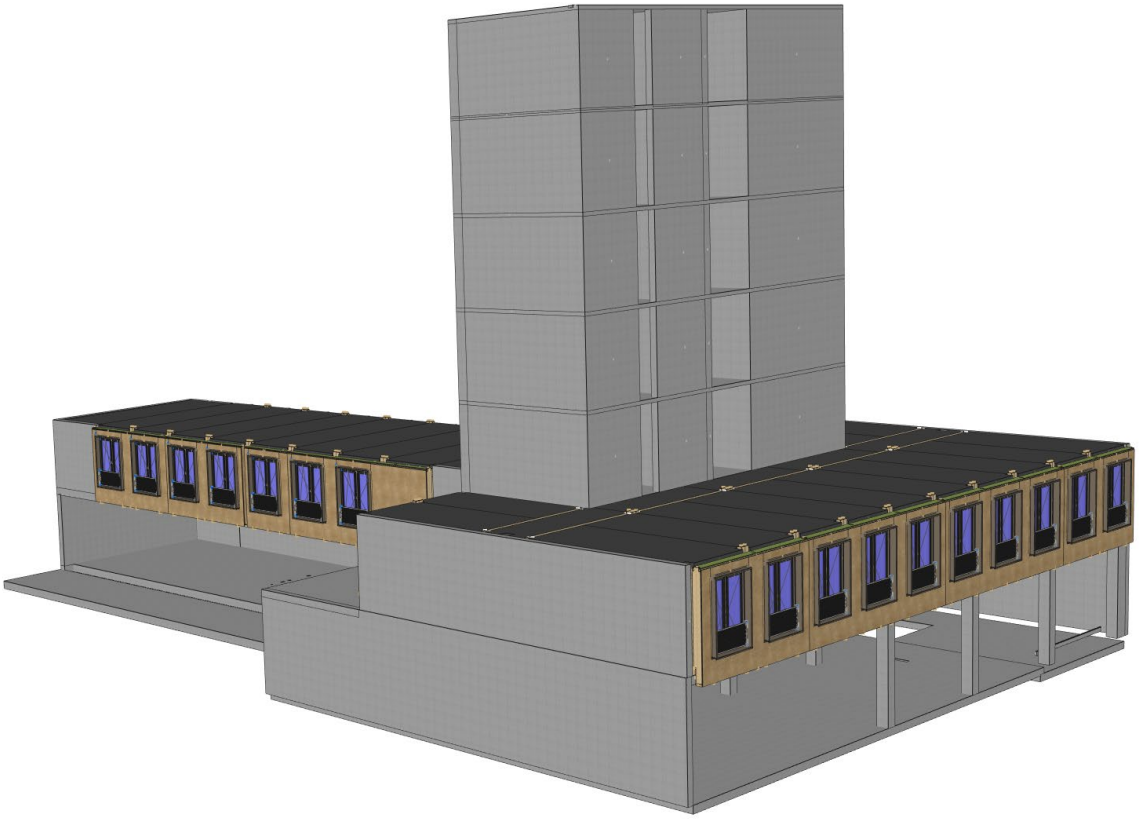


Abbildung 3: Planung Montage nicht tragender Außenwandelemente (Sieveke)

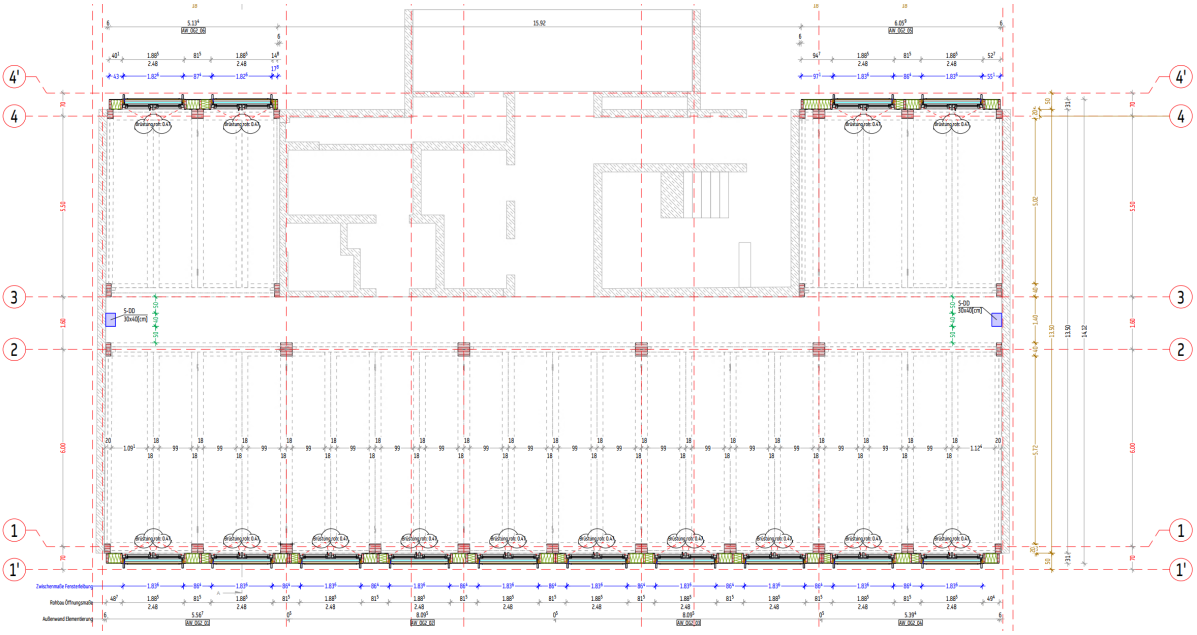


Abbildung 4: Grundriss Regelgeschoss Vorderhaus (Sieveke)

2.3. Details zur tragenden Holzkonstruktion

Auf der Straßenseite (Vorderhaus) sind die tragenden BSH-Stützen im Achsabstand von 2,700m gleichmäßig eingeteilt. Sie sind im Querschnitt 28/36 als blockverleimte Querschnitte angelegt und bleiben in der Nutzung sichtbar.
In der Achse 2 im Flurbereich sind die Stützen im Raster 5,400m eingeteilt. Dieser Abstand erfordert einen Verstärkten Unterzug der von der Statik als fachwerkähnlicher Träger konzipiert wurde.

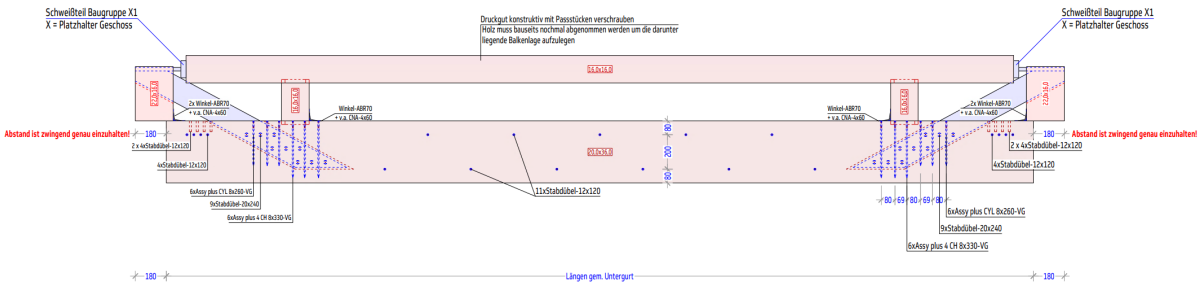


Abbildung 5: Ansicht Fachwerkträger (Sieveke)

2.4. Details zu den HBV-Decken

Die Holz-Beton-Verbund-Elemente sind als werkseitig vorgefertigte Deckenelemente konzipiert. Die BSH-Doppelbalken erhalten den Verbund mit der 120mm starken Betonauflage über FT-Verbinder und Vollgewindeschrauben (System Würth).



Abbildung 6: vorgefertigte Deckenelemente werden auf Güterwagons verladen (Oberndorfer)

2.5. Details zu den nicht tragenden Außenwänden

Die vorgefertigten Fassadenelemente sind als nichttragende Außenwände in Holztafelbauweise ausgeführt. Werkseitig sind die Fenster- und Sonnenschutzanlagen sowie Aluminiumfaschen und Absturzsicherungen montiert worden. Die vorgehängte hinterlüftete Fassade war nicht Auftragsbestandteil und wurde bauseits ausgeführt. Eine Besonderheit in der Gebäudeklasse 5 stellt der Wandaufbau mit Zellulose-Einblasdämmung dar.



Abbildung 7: vorgefertigtes Außenwandelement im Werk (Sieveke)

3. Montageablauf

3.1. Tragkonstruktion und Decken

Die Montage erfolgte wie im Montagekonzept beschrieben mit den Stützen und Unterzügen in den jeweiligen Geschossen. Nach dem Verlegen der Unterzüge wurden die einzelnen Deckenelemente aufgelegt. Besonderes Augenmerk musste hierbei auf die geringen Toleranzausgleichsmöglichkeiten aufgrund der gegebenen Zwangspunkte gelegt werden. Für die Fertigstellung eines Geschosses war im Zeitplan jeweils ein Takt von 3 Wochen vorgegeben, der zwingend einzuhalten war. Hierauf musste die gesamte Logistik abgestimmt werden (Anlieferung der Deckenelemente aus Österreich, Tragkonstruktion und Holztafelbauelemente aus Lohne). Zudem war die Montage der Stahlbetonfertigteile durch den Rohbauunternehmer je Geschoss zu festen Terminen getaktet. Zudem stand für die Montage lediglich ein stationärer Baustellenkran zur Verfügung.



Abbildung 8: Blick in das Hinterhaus mit Tragkonstruktion und Decken (Sieveke)

3.2. Außenwandelemente

Als Abschluss jeder Geschossmontage erfolgte die Montage der Außenwandelemente mit dem anschließenden Schutz der Kopfseiten gegen eindringende Feuchtigkeit. Der Anschluss an die BSH-Stützen erfolgte gemäß Schrägverschraubung mit Vollgewindeschrauben. Als Trennung zwischen den Außenwandelementen und den BSH-Stützen wurden EPDM-Dichtbänder mit 5mm Stärke aufgebracht.



Abbildung 9: Blick in das Hinterhaus nach Montage der Außenwandelemente (Sieveke)

3.3. Herausforderung: Wetterschutz

Im Zuge der Planungen sind die erforderlichen Wetterschutzmaßnahmen geplant und mit den Schnittstellengewerken abgestimmt worden. In den Zwischenzuständen wurden BSH-Bauteile komplett mit Schutzhüllen eingefasst. Auf den Deckenflächen wurden sämtliche Fugen, Durchbrüche und Anschlüsse abgedichtet. Die Kopfseiten der Wandelemente sind ebenfalls direkt nach der Montage sorgfältig abgedeckt und geschützt worden. Diese Maßnahmen stellten einen ordentlichen Schutz dar, konnten allerdings bei einem Starkregenereignis ein Eindringen von Feuchtigkeit nicht ganz verhindern. Somit ist an dieser Stelle noch einmal anzumerken, dass die sich anstauende Feuchtigkeit bei Starkregen möglichst schnell aus dem Gebäude geleitet wird (Planung!).



Abbildung 10: Schutzmaßnahmen gegen Feuchtigkeit (Sieveke)

4. Fertigstellung und Fazit

Der Holzbau mit Gebäudehülle wurde exakt im Zeitplan erstellt, so dass die Folgewerke pünktlich ihre Arbeit aufnehmen konnten. Möglich wurde dies, durch eine sorgfältige, umfassende und mit den Schnittstellengewerken abgestimmte Logistik- und Montageplanung und die Einhaltung der Termine aller an den Lieferketten beteiligten Firmen.
Zwischenzeitlich (Mitte Mai 2024) laufen die finalen Ausbauarbeiten. Die DGNB-Zertifizierungsunterlagen sind eingereicht und die Übergabe an die Bauherrin wird pünktlich Ende Juli 2024 stattfinden.
Die geplanten Fertigstellungstermine waren ambitioniert und konnten durch die Nutzung der Vorfertigungsmöglichkeiten des Holzbaus eingehalten werden. Zudem führt die Hybrid-Bauweise zu einer Nachhaltigen Lösung mit DGNB-Platin-Auszeichnung und schafft für die Mitarbeitenden der GEMA ein angenehmes Arbeitsumfeld.



Abbildung 11: Ansicht von der Keithstraße April 2024 (HPPBauleitung)

Sieveke Holz.Bau.Werke.

HBV-Decken mit hohem Vorfertigungsgrad

Immer mehr vielgeschossige (Verwaltungs-) Gebäude werden als Holz- bzw. Holzhybridbau geplant. Die Detaillierung und die daraus resultierende Baugeschwindigkeit sind dabei einer der entscheidenden Faktoren für Kosten und Erfolg des Projektes.

5. Individuell und doch Standard

Auch wenn jedes Gebäude sehr individuell erscheint, lassen sich aus den Grundrissen und Anforderungen (z.B. Gebäudetechnik und deren Auswirkungen auf das Tragwerk) an die Gebäude dieser Kategorie sehr viele Parallelen bzw. Gemeinsamkeiten ableiten, so dass eine Standardisierung und damit Optimierung möglich ist.

Am hier vorgestellten Projekt «BOBK7, Berlin» sollen mögliche Ansätze zur Standardisierung exemplarisch aufgezeigt werden. Die weiteren daraus resultierenden Aufgabenstellungen und zugehörige mögliche Lösungsansätze werden beispielhaft erläutert.

Neben der Betrachtung der Deckenelemente soll in diesem Artikel der Fokus auf eine schnelle Montage gelegt werden. Elemente, die bauseits mittels einfachen, lagesuchende Steckverbindungen fixiert werden, sollen dies ermöglichen. Diese Verbindungen sind zudem wieder vollständig rückbaubar. Die hier vorgestellte Art der Deckenelemente und das Prinzip der Verbindungen lassen sich für viele Projekte mit geringen Anpassungen adaptieren und standardisieren.

6. Projektvorstellung – Beschreibung der Grundrisse und der Anforderungen aus der Gebäudetechnik

Das hier vorgestellte Gebäude gliedert sich in zwei Baukörper – Vorder- und Hinterhaus. Im Vorderhaus ist ein zentrales Treppenhaus mit Fahrstuhlschacht integriert. Der Gebäudekern ist aus Stahlbeton und übernimmt den maßgeblichen Anteil der Gebäudeaussteifung. Das Hinterhaus schließt auf der Rückseite des Vorderhauses an den Gebäudekern an.



Abbildung 122: Animation Projekt «BOBK7» (Quelle: HPP Architekten, www.hpp.com)

Das Vorderhaus besteht neben dem Treppenhauskern aus zwei nahezu symmetrischen Deckenfeldern, die durch einen Mittel- bzw. Erschließungsgang («Catwalk») getrennt sind. Dieser Mittelgangbereich wird seitlich durch Stützen im Raster von 5,4m flankiert. Diese Stützen tragen die Unterzüge, auf denen die Decken aufgelagert sind. Das Vorderhaus ist seitlich jeweils grenzständig (Bebauung einer Baulücke), weshalb die gebäudeabschließenden Wände in Stahlbeton ausgeführt werden mussten.

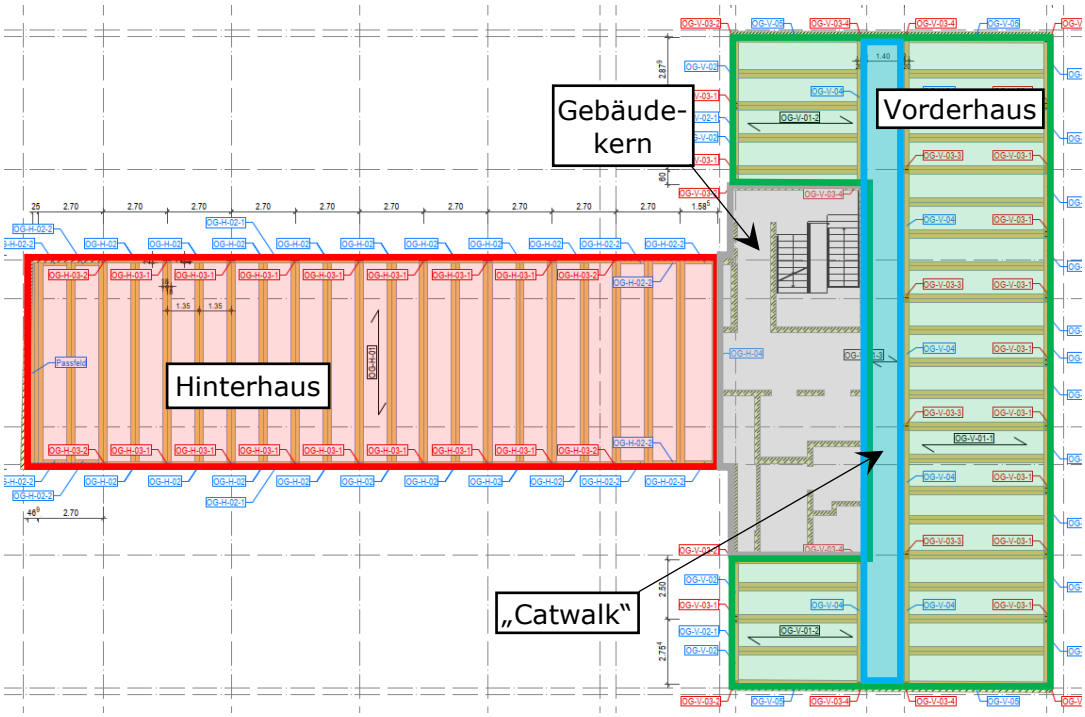


Abbildung 13: Einteilung der Grundrisse

Das Hinterhaus schließt auf der Rückseite senkrecht an das Vorderhaus an. Die Decken spannen hier mit einer Spannweite von 8,6 m über die gesamte Breite dieses Gebäudeabschnitts. Die rückseitige Wand musste aufgrund der Brandschutzanforderungen ebenfalls in Stahlbeton ausgeführt werden (Forderung nach nicht brennbaren Baustoffen).

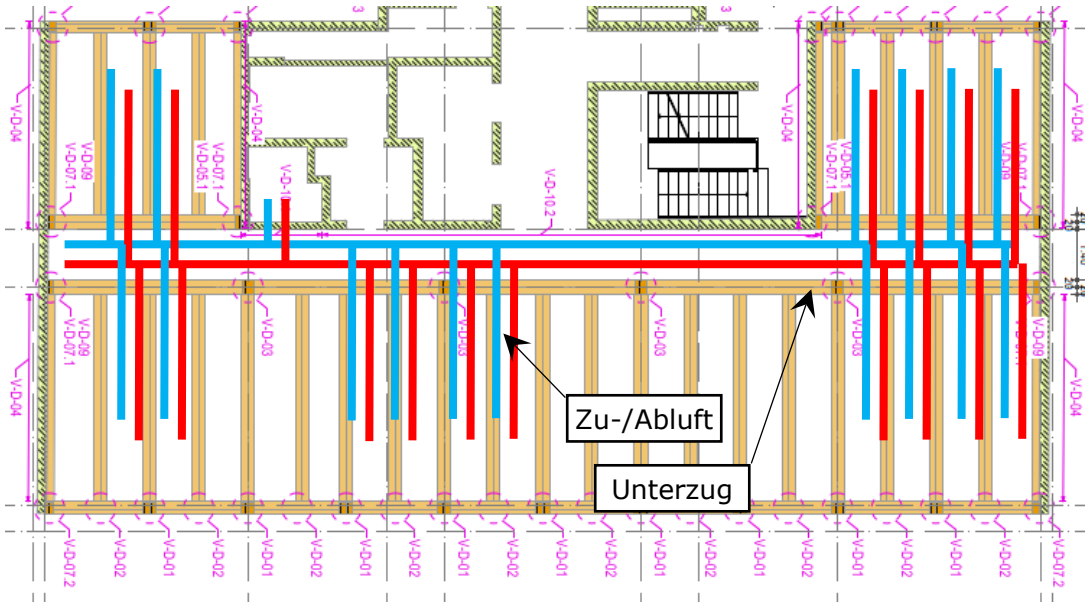


Abbildung 14: Ausfädelung der Gebäudetechnik vom Mittel-/Erschließungsgang in die Gefache

In den Außenachsen stehen umlaufend, im Raster von 2,7 m die lastabtragenden Stützen (sofern nicht Grundstücksgrenze).
Die Hauptstränge der Gebäudetechnik münden aus dem Stahlbetonkern in den Mittelgangbereich und werden im Bereich des Vorderhauses unter der Decke des Mittelganges verzogen. Von hier zweigen die Leitungen in die Deckenfelder, zwischen die Deckenbalken ab und kreuzen dabei die Unterzugebene.
Im Bereich des Hinterhauses müssen die Hauptleitungen unterhalb der Deckenbalken angeordnet werden. Um die Arbeitsplätze zu erreichen, zweigen die Leitungen vertikal nach oben in die Ebene der Deckenbalken ab und können so wieder im weiteren Verlauf quer zwischen den Deckenbalken verzogen werden.

7. Vorgaben für die Tragwerksplanung

Neben dem Stützenraster für Außen- und Mittelachse ergeben sich aus den Grundrissen sowie aus den Vorgaben der Gebäudetechnik folgende Anforderungen:

- Die Unterzüge in den Außenachsen sollten möglichst in der Deckenebene liegen.
- Die Unterkante der Unterzüge in den Mittelachsen sollten nicht tiefer als der notwendigen Koffer für Gebäudetechnik liegen.
- Die Leitungen für Lüftung, Heizen/Kühlen, Elektro und Sprinklertechnik müssen die Unterzugebene der Mittelachse kreuzen, um diese zwischen den Deckenbalken verziehen zu können.
- Die Decken müssen den geforderten Schallschutzanforderungen genügen.
- Alle tragenden Bauteile müssen einen ausreichenden Brandwiderstand von 90 Minuten (R90) aufweisen.
- Die vertikale und horizontale Lastabtragung muss sichergestellt sein.
- Die horizontalen Einwirkungen aus der Aussteifung müssen in den Stahlbeton eingeleitet werden.

Im Vergleich mit weiteren, ähnlichen Projekten, können die genannten Vorgaben unabhängig vom Projekt, zu den in den folgenden Abschnitten wiederkehrenden Aufgaben zusammengefasst werden. Die Ausarbeitung der zugehörigen Lösungsansätze erfolgte unter der Berücksichtigung folgender, ergänzender Anforderungen:

- Mineralische Baustoffe soweit möglich reduzieren und durch alternative, nachhaltigere Materialien ersetzen.
- Materialien und Bauteile möglichst effizient und ressourcensparend wählen und einsetzen.
- Einfache und schnelle Fügeprozesse auf der Baustelle.
- Zerstörungsfrei Rückbaubarkeit (C2C).

7.1. Detailentwicklung zur Problematik der Lastdurchleitung bei Stützen-Riegel-Knoten von Skelettstrukturen

Durchlaufende Riegel mehrgeschossiger Strukturen führen im Bereich der Geschosskopplung bei der Lastdurchleitung von Stütze zu Stütze zu Querpressungs- und Verformungsproblemen. Diese können vermieden werden, indem die Lasten über Hilfskonstruktionen (z.B. Stahlrohre) durch die Riegel durchgeleitet werden. Hieraus resultieren wiederum Querschnittsschwächung mit zum Teil aufwendigen Bearbeitungen. Für das Durchleiten der Last werden zudem Zusatzelemente (Stahlteile) im Riegel erforderlich (Kosten, Montageaufwand, usw.).

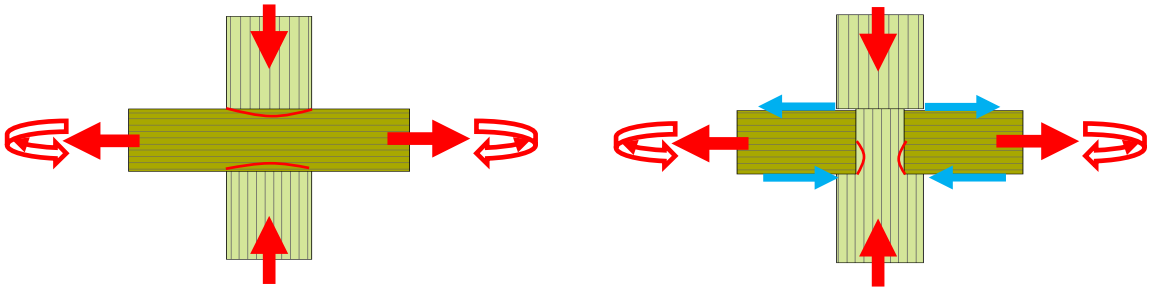


Abbildung 15: Varianten Anschlussdetails Riegel-Stütze
links: Riegel durchlaufend mit unterbrochenen Stützen
rechts: Riegel gestoßen und Stütze durchlaufend

Die Betrachtung unterschiedlicher Ausführungsvarianten solcher Knoten hat gezeigt, dass durchlaufende Riegel keine nennenswerten Vorteile gegenüber Riegeln als Einfeldträger mit sich bringen (meist wird der Schubspannungsnachweis maßgebend für Bemessung). Werden die Riegel als Einfeldträger ausgeführt, reduziert sich die Schubbeanspruchung und die Stützlasten können über Pressung parallel zur Faser übertragen werden. Dabei können die Stützen mit reduziertem Querschnitt unter Ansatz der vollen Druckfestigkeit in Faserrichtung durch die Decken- bzw. Riegelebene geführt werden. Aus der Reduktion des Stützenquerschnitts im Lastdurchleitungsbereich resultieren bei der Stütze «freie» Flächen, auf denen die Unterzüge gelagert werden können.

Für die Kopplung potenzieller Gurtkräfte (sofern der Riegel Teil des Aussteifungssystems ist) werden zusätzliche durchlaufende oder gekoppelte Riegel benötigt.

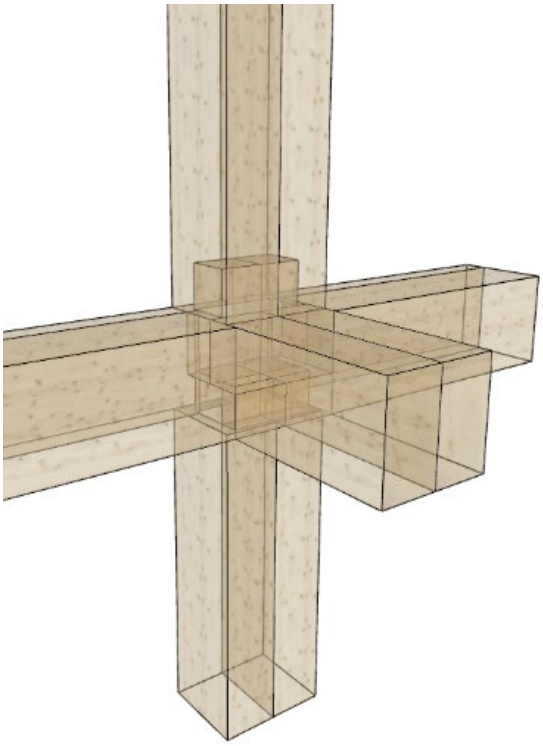


Abbildung 16: Knoten Stützen-Riegel, Außenachse

7.2. Leitungsführung Gebäude-/Haustechnik – Kreuzen der Unterzugebene

In den meisten Fällen werden die Leitungen für Lüftung, Heizen und Kühlen, Elektrik und Sprinklerung (sofern gefordert) an der Unterseite der Decken montiert. Bei Flachdecken führt dies dazu, dass die Decken in den meisten Fällen vollflächig abgehängt werden.

Bei Balkendecken lassen sich die Zuleitungen zu den Verbrauchern bzw. zu den Aus-/Einlässen in den Gefachen zwischen den Deckenbalken platzieren. Auch Deckenpaneele mit entsprechenden Funktionen bzgl. Lüftung, Heizen oder Kühlen oder auch nur zur akustischen Verbesserung lassen sich zwischen den Deckenbalken optisch ansprechend anbringen und in das Gesamtbild integrieren.

Das Ausleiten der Versorgungsleitungen aus dem Bereich des Erschließungs- und Mittelganges in die Deckenfelder erfolgt in der Ebene der Deckenbalken. Hierzu müssen die Hauptunterzüge gekreuzt werden. Durchbrüche in der erforderlichen Anzahl und Größe sind bei den sich aus den geforderten Randbedingungen ergebenden Dimensionen der Unterzüge nicht realisierbar. Verschiebt man die Unterzüge nach unten, führt dies zu einer deutlichen Reduktion der Durchgangshöhe, was seitens der Entwurfsverfasser zwingend zu vermeiden war.

Eine Art Fachwerkträger liefert eine ausreichende Tragfähigkeit und Steifigkeit, so dass das rechnerische Schwing- und Verformungsverhalten des Decken-Unterzug-System allen Anforderungen genügt. Die Gefache können dabei geschlossen oder für die Durchleitung von Leitungen geöffnet werden.

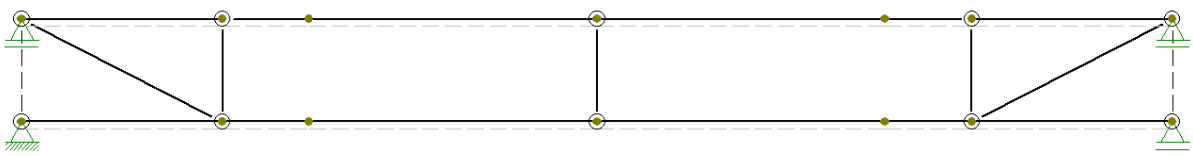


Abbildung 17: Statisches System «Fachwerkträger» der Mittelachse

Während der Montage kann für das Einlegen der Deckenelemente der Obergurt entnommen, da dieser ausschließlich über Kontakt angeschlossen ist. Nach Montage der Deckenelemente wird der Obergurt wieder eingelegt und verspannt. Dies erfolgt bereits durch

das Eigengewicht der Deckenelemente. Aus deren Masse resultieren ausreichende Druckkräfte im Obergurt, so dass dieser über die Kontaktflächen in seiner Lage verspannt und gesichert ist.

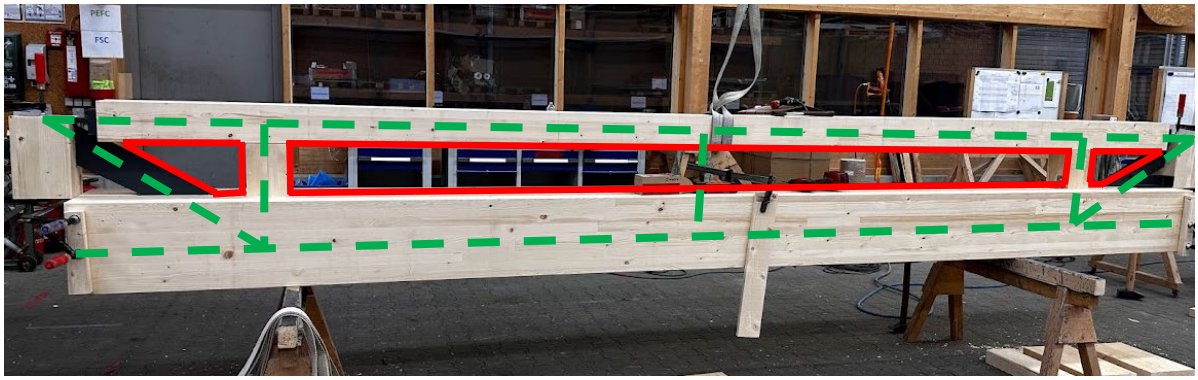


Abbildung 18: «Fachwerkträger» in der Vorfertigung mit möglichen freien (rote) Flächen für Gebäudetechnik (Quelle: SIEVEKE GmbH)

7.3. Detailierung von Wand- und Deckensystemen unter Berücksichtigung von Vorfertigungsgrad, Statik, Bauphysik und Logistik

Wandelemente
Holzrahmenbauelemente beinhalten eine Dämmung und bieten in der Regel ausreichend Platz, um Stützen für die Lasten in den Außenachsen aufzunehmen. Auch für die Aufnahme eventuell notwendiger Installationen gibt es ausreichende Möglichkeiten.

Im Idealfall sind die Hauptstützen der Außenwände bereits in den Wandelemente integriert. Baufortschritt, Feuchtigkeit auf der Baustelle, Ausrichten bei der Montage usw. sind Faktoren, die dadurch positiv beeinflusst werden. Im hier gezeigten Projekt war zum Zeitpunkt der Auftragserteilung der Planungsprozess bereits zu weit fortgeschritten, um dies im Zuge der weiteren Tragwerksplanung entsprechend zu realisieren.

Deckenelemente
Um die schallschutztechnischen Anforderungen zu erfüllen, müssen Decken in «konventioneller» Holzbauweise (Rippendecken, Massivholzdecken und Kastendecken) immer mit Schüttungen (meist gebunden) ausgeführt werden. Aus diesem Grund fiel die Wahl hier auf eine Holz-Beton-Verbunddecke (HBV). Eine Schüttung ist «tote Masse», welche meist oberseitig auf die Rohdecke aufgebracht wird. Im Gegensatz hierzu wird bei einer HBV-Decke die aus bauphysikalischen Gründen zwingend erforderliche Masse zum Lastabtrag mitgenutzt. Die allgemeinen Vorteile von HBV-Decken gegenüber «konventionellen» Holzdecken wurden bereits in diversen Veröffentlichungen zum Thema Holz-Beton-Verbund erläutert und werden hier daher nicht weiter thematisiert.

HBV-Decken gibt es in verschieden Varianten. Sie unterschieden sich maßgeblich in folgenden Ausführungsvarianten:

- Holz: Balkendecken, Kasten, PI-Elemente, Brettstapel oder Brettsperrholz
- Beton: Fertigteilplatten, Ortbeton oder werksseitig betoniert
- Schubverbinder: Kerven, Schrauben oder sonstige Verbinder
- Schubverbund: werksseitig oder auf der Baustelle

Die größte Varianz bietet bei der Betrachtung der am Markt verfügbaren HBV-System die Ausführung mit Schrauben in Kombination mit dem FT-Verbinder (FT = Fertigteil).

8. FT-Verbinder in Kombination mit Schrauben WÜRTH ASSY plus VG ∅10mm

Der FT-Verbinder kann in Verbindung mit Vollgewindeschrauben Würth ASSY plus VG∅10mm in allen Kombinationen als Schubverbinder für HBV-Decken eingesetzt werden. Ortbeton als auch Beton-Fertigteilplatten können mit Massivholzdecken, Pi-Elementen, Kastenelementen oder Rippendecken kombiniert werden. Zudem kann eine Balkenlage auch mit Filigranplatten kombiniert werden (siehe Abb. 8, rechts). Dabei kann der Verbund jeweils werksseitig oder auf der Baustelle hergestellt werden. Auch die Kombination mit einer Betonkerntemperierung (siehe Abb. 9, links) sowie die Vormontage von Haustechnik-Elementen ist realisierbar (siehe Abb. 9, rechts).

Lastabtragende Randunterzüge können inkl. Durchbrüchen (für die TGA) und weiterer Bearbeitungen bereits werkseitig am Deckenelement vormontiert werden. Zusätzliche Anschlussarbeiten oder eine weitere Bearbeitung sind bauseits nicht mehr erforderlich.

Maßgeblicher Vorteil dieses Schubverbinders gegenüber allen anderen auf dem Markt verfügbaren Systemen ist, dass die Betonplatte unabhängig von der Holzkonstruktion vorgefertigt werden kann. Aufwändige Schalkörper und der Schutz des Holzes vor Feuchtigkeit und Verschmutzung sind nicht erforderlich, da die Betonplatte erst nach ihrer Fertigung «trocken» auf der Holzkonstruktion montiert wird.

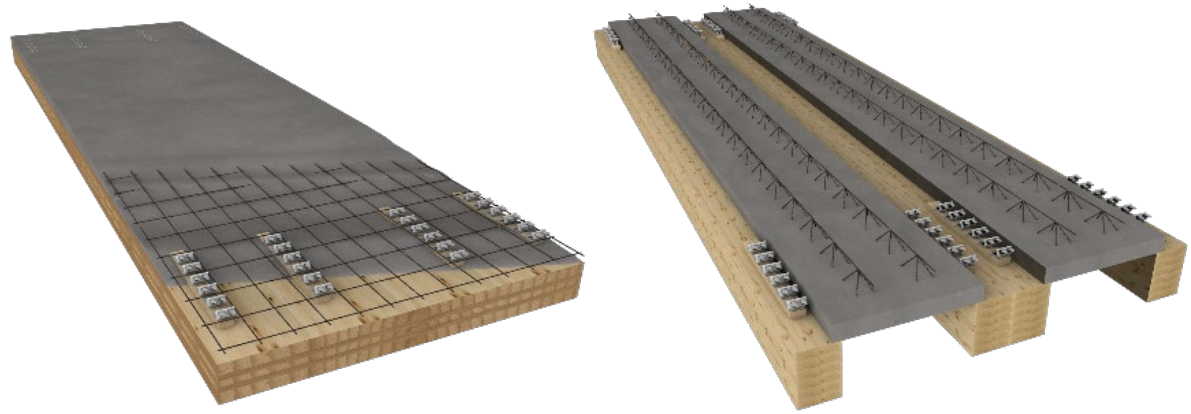


Abbildung 19: Beispiele für den Einsatz von FT-Verbinder
links: Nassbeton oder Fertigteil auf Massivholzdecke
rechts: Filigranplatte auf Deckenbalken in Kombination mit Ortbeton

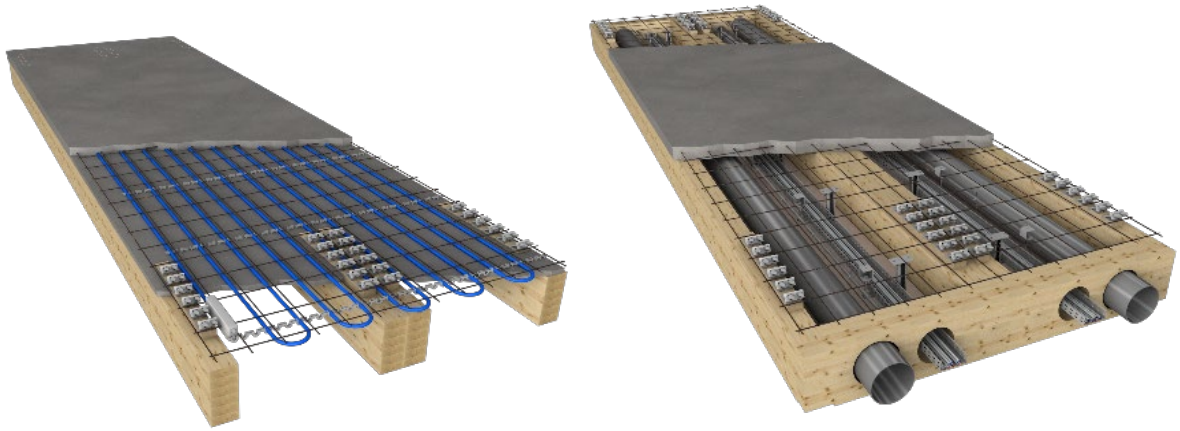


Abbildung 20: Beispiele für den Einsatz von FT-Verbindern
links: Fertigteilplatte mit BKT auf Deckenbalken
rechts: Fertigteilplatte auf Deckenbalken mit vormontierten Haustechnikkomponenten und Randunterzügen aus Holz

In dem hier vorgestellten Projekt wurden diese Möglichkeiten ausgenutzt. Betonplatte und Rahmen der Deckenelemente wurden unabhängig voneinander vorgefertigt. Im Anschluss erfolgte werksseitig die Montage der Betonplatte auf dem Holzrahmen, d.h. der Verbund

wurde «trocken» hergestellt. Die komplett vorgefertigten Deckenelemente wurden dann gelagert, verladen und just-in-time zur Baustelle transportiert.



Abbildung 21: links: Fertigung Beton-Fertigteilplatten (Einbau FT-Verbinder und Bewehrung im Schalbett)
rechts: Fertigung der Decken-Holzrahmen
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)



Abbildung 22: Zusammenführen von Beton-Fertigteilplatte und Decken-Holzrahmen
links: vorgefertigter Holzrahmen
rechts: vorgefertigte Betonplatte mit einbetonierten FT-Verbindern
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)



Abbildung 23: Fügen der Beton-Fertigteilplatte auf den Decken-Holzrahmen
links: Einbringen der Schrauben
rechts: Dokumentation der Schraubvorgänge zur Qualitätssicherung
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)



Abbildung 24: Transport der fertigen Deckenelemente zur Baustelle
links: Verladen der Deckenelemente
rechts: «just-in-time»-Lieferung der Deckenelemente auf die Baustelle
(Quelle: OBERNDORFER Hybrid Systems GmbH)

Das so vorgefertigte Deckenelement enthält alle erforderlichen Elemente für dessen Montage sowie alle Anschlüsse bzw. alle lastabtragenden Komponenten. Bauseits mussten weder zusätzliche Verbindungsmittel eingebracht noch mussten Anschlüsse irgendeiner Art hergestellt werden. Mit dem Einlegen der Deckenelemente vor Ort wurden über Kontakt alle Verbindungen hergestellt.

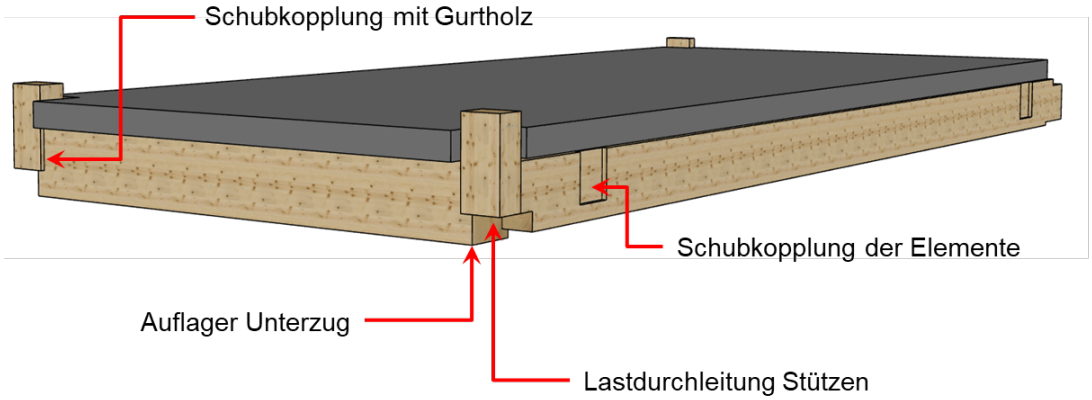


Abbildung 25: Vorgefertigtes Deckenelement inkl. alle Verschraubungen und Bearbeitungen

Die für die Scheibenausbildung erforderliche Schubkopplung bzw. die Ausleitung der Schubkräfte erfolgt ebenfalls über vormontierte FT-Verbinder. Über diese Verschraubung werden die Schubkräfte aus der Betonplatte in den Holzrahmen des Deckenelements eingeleitet. Mittels Kontaktanschlüssen werden diese Kräfte entweder in die Nachbarelemente oder in Gurthölzer bzw. in das Haupttragwerk eingeleitet. Zusätzliche aufwändige Maßnahmen, wie ein Verguss der Elementstöße zur Schubkopplung der Elemente oder auch das Koppeln der Elemente mit zusätzlichen Stahlteilen (Spannschlösser, Zugplatten, o.ä.) bzw. mit frei liegenden Bewehrungseisen können vollständig entfallen.

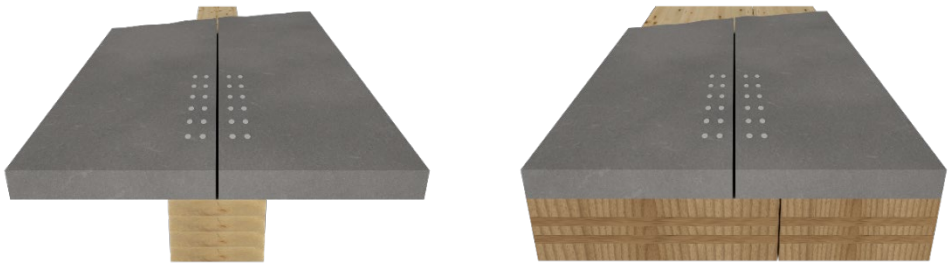


Abbildung 26: Beispiel für Fugenausbildung zur Schubkopplung der Elemente
links: Kopplung auf Deckenbalken
rechts: Kopplung bei Massivholz-Elementen

9. Zusammenfassung

Durch den Einsatz des FT-Verbinders in Kombination mit Vollgewindeschrauben Würth ASSY plus VG∅10mm können Deckenelemente mit großen Spannweiten vollständig vorgefertigt werden. Betonplatten und Holzunterkonstruktionen (hier Holzrahmen) können dabei getrennt produziert und im Anschluss werkseitig, «trocken» verschraubt werden. Die so entstehenden Deckenelemente können zudem bereits werkseitig mit zusätzlichen Komponenten wie BKT und/oder TGA-Elementen ausgerüstet werden. Somit kann auch ein Teil die Installationsarbeit für die Gebäudetechnik bereits mit Anlieferung und Montage der Deckenelemente auf der Baustelle umgesetzt sein. Weitere tragende Komponenten wie Randunterzüge und lastdurchleitende Vertikalelemente können im Deckenelement bereits integriert sein. Dabei sind alle Elemente (außer die Betonplatte) aus Holz. Durch eine entsprechende Detaillierung sind bei der Montage zudem wenige bis keine weiteren verbindenden Elemente nötig (keine Schrauben oder sonstige Verbindungsmittel). Die Montage besteht somit nur aus dem Einlegen der Deckenelemente auf der Baustelle – weitere Anschlussarbeiten sind nicht mehr erforderlich.

Durch den nachträglichen, trockenen Verbund können alle Verbindungen zwischen Beton und Holz zu einem späteren Zeitpunkt wieder gelöst werden. Somit ist ein zerstörungsfreier Rückbau jederzeit wieder möglich.

Geschossdecken in Holz-Stahl-Hybridbauweise

Dr.-Ing. Heinz Pape
bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Lauterbach, Deutschland



Geschossdecken in Holz-Stahl-Hybridbauweise

1. Einleitung

Der Wunsch zur Minimierung von Bauhöhen und des Bauvolumens sowie zur Gestaltung glatter Deckenuntersichten führte bereits in den 1980er Jahren in Skandinavien zur Entwicklung einer Bauweise, bei der Stahlträger in Betondecken integriert wurden. Diese wurden in Verbindung mit Spannbetonhohldielen als Betonfertigteile verwendet. Diese innovative Bauweise ermöglichte eine Reduktion der Bauhöhe und trug gleichzeitig zu einer glatten Deckenunterseite bei.
In Deutschland wurde in den 1990er Jahren diese Bauweise verstärkt eingesetzt und etabliert. Es wurden i. d. R. geschweißte I-Profile mit einem bis zu 40 cm breiten unteren Flansch und einem sehr kompakten oberen Flansch verwendet. Somit war eine einfache Montage der Spannbetonhohldielen oder auch von Halbfertigteilen gegeben. Besonders im Hochhausbau und bei Projekten, bei denen schnelle Montageabläufe erforderlich sind, hat sich diese Bauweise bewehrt.
Der mehrgeschossige Holzbau zeichnet sich durch eine elementierte Bauweise mit einem hohen werkseitigen Vorfertigungsgrad aus.
Wenn flexible Gebäudegrundrisse mit einer großen Nutzungsflexibilität gewünscht sind, bieten sich glatte Deckenuntersichten ohne Unterzüge an. Aber auch aus architektonischen Gründen ist ein sichtbarer Unterzug nicht immer gewünscht. Um diese Anforderungen umzusetzen, werden in der Regel Stahlträger in Form von Doppel-Trägern oder auch die Trägersysteme aus dem Massivbau eingesetzt.
Eine Verwendung der Tragsysteme aus dem Massivbau ist nicht direkt im Holzbau umzusetzen. Es sind bei der konstruktiven Ausbildung insbesondere die Belange des Brandschutzes und auch des Schallschutzes zu beachten.

2. Tragsysteme

In der Abbildung 1 sind Trägervarianten dargestellt, die häufig bei der Ausbildung von deckengleichen Unterzügen eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um Standardprofile oder für den Anwendungsfall materialoptimierte Schweißprofile.
Diese Träger werden üblicherweise bei reinen Holzkonstruktionen eingesetzt, während die Systeme in Abbildung 2 vorrangig bei Holz-Beton-Verbundlösungen und bei höheren Belastungen und Decken- und Trägerspannweiten eingesetzt werden. Diese speziell gefertigten Trägersysteme wurden ursprünglich für Betondecken entwickelt, wurden aber in den letzten Jahren kontinuierlich auch für die Anwendungen im Holzbau weiterentwickelt.

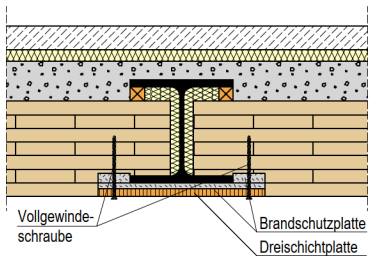
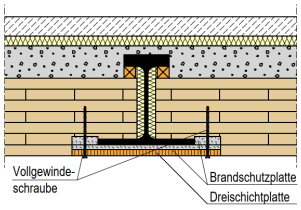
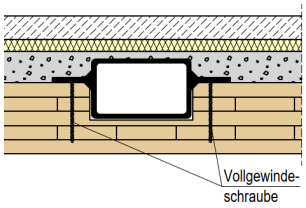
I-Träger	Schweißprofil mit breitem Auflagerflansch	Rechteckhohlprofil mit angeschweißten Laschen
 Auch bei HBV-Decken einsetzbar – kein Verbund zwischen Träger und Beton	 Auch bei HBV-Decken einsetzbar – kein Verbund zwischen Träger und Beton	

Abbildung 1: Varianten von integrierten Stahlträgern

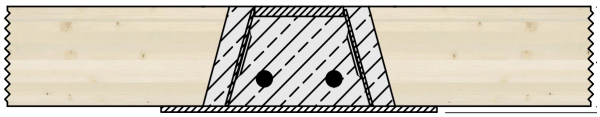
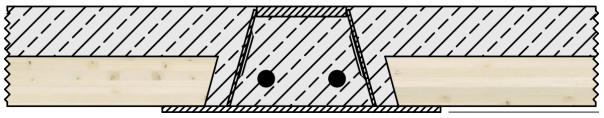
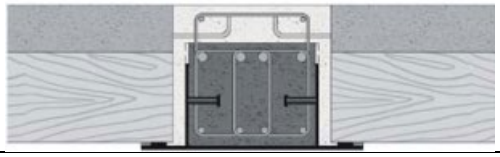
Peikko «DELTABEAM»	PFEIFER «Hybridbeam»
Holzdeckenkonstruktion **ohne** Betonverbund  Holzdeckenkonstruktion **mit** Betonverbund 	Holzdeckenkonstruktion **ohne** Betonverbund  Holzdeckenkonstruktion **mit** Betonverbund 
Quelle: Peikko Deutschland GmbH	Quelle: PFEIFER Group, Memmingen

Abbildung 2: Integrierte Trägersysteme (Stahl-Beton-Verbundträger)

Bei den Deckensystemen – mit Ausnahme von Abbildung 1, Rechteckprofil – werden die Deckenelemente auf den Untergurten der Träger aufgelagert. Bei dem Rechteckprofil erfolgt die Lasteinleitung aus der Massivholzdecke über eingeschraubte Vollgewindeschrauben.
Bei der Verwendung von Holz-Beton-Verbunddecken haben sich die beiden Systeme in Abbildung 2 als wirtschaftlich vorteilhafte Lösungen erwiesen. Der die Stahlprofile umgebende Stahlbeton wird auch für die Tragfähigkeit der Träger in Ansatz gebracht.

Bei den dargestellten Trägervarianten ohne Verbund sind Spannweiten der Holzdecke und des integrierten Trägers von ca. 6 m wirtschaftlich. Bei den Verbundlösungen sind je nach Verkehrs- und Ausbaulast Spannweiten der Holz-Beton-Verbunddecke von ca. 7,5 m und der Stahl-Beton-Verbundträger von bis zu 8,0 m typische Anwendungsfälle. Bei größeren Deckendicken (Konstruktionsdicke > 30 cm) sind auch größere Spannweiten der Systeme möglich.

3. Nachweis der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit

Für alle in Abbildung 1 dargestellten Varianten können die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von EC 3 (Stahlbau) und EC 5 (Holzbau) nachgewiesen werden. Bei den beiden Systemen in Abbildung 2 sind komplexere Tragmechanismen zu berücksichtigen. Die Bemessung der Systeme erfolgt auf der Grundlage von EC 4 (Verbundbau) und/oder einer allgemeinen Bauartgenehmigung (aBG).
Aufgrund der geringen Bauhöhe und der alleinigen Tragwirkung des Stahls werden in der Regel die Nachweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Durchbiegungen und Schwingungen) bemessungsmaßgebend.
In Abbildung 3 werden die Berechnungsergebnisse der Schwingungen für verschiedene Auflagerbedingungen der Massivholzdecken und eines Stahlträgers vergleichend gegenübergestellt.

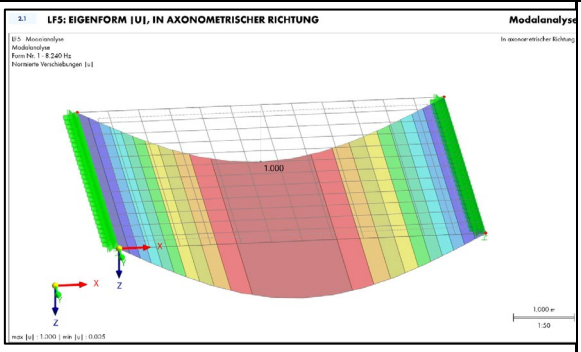
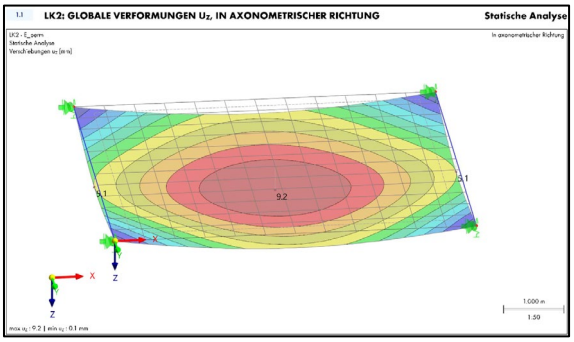
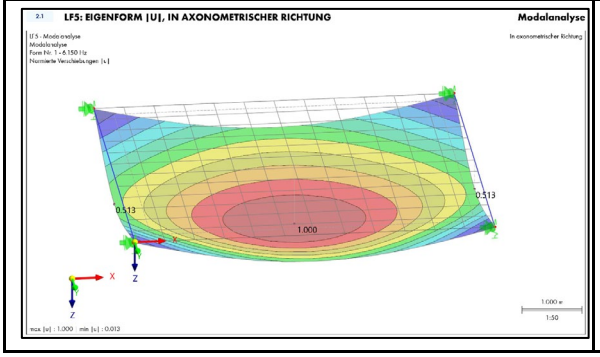
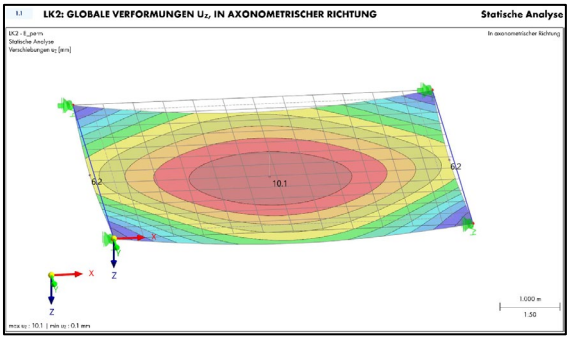
Var. 1: Direkte Lagerung (tragende Wände) 1. Eigenfrequenz: 8,24 Hz Durchbiegung Platte in Feldmitte: 4,8 mm	**Var. 2:** HEA 240 (Innenfeld DLT, 6 m) 1. Eigenfrequenz: 6,14 Hz Durchbiegung Platte in Feldmitte: 9,2 mm Durchbiegung Träger: 5,1 mm
	
Var. 3: Lagerung HEA 240 - (Randfeld DLT, 6 m) 1. Eigenfrequenz: 5,84 Hz Durchbiegung Platte in Feldmitte: 10,1 mm Durchbiegung Träger: 6,2 mm	**Var. 4:** Lagerung HEA 240 (Einfeldträger, 6 m) 1. Eigenfrequenz: 4,53 Hz Durchbiegung Platte in Feldmitte: 16,4 mm Durchbiegung Träger: 12,8 mm
	

Abbildung 3: Schwingungsanalyse (Deckenfeld 6 x 6 m; BSP- 28 cm, Stahlträger HEA 240)

Die Ausführungen in Abbildung 3 zeigen, dass bei einer direkten Lagerung der Brettsperrholzdecke (Var. 1) die normativen Grenzwerte für die erste Eigenfrequenz mit f1 > 8 Hz eingehalten werden und keine weiteren Nachweise des Geschwindigkeits- oder Beschleunigungskriteriums erforderlich werden.
Bei einer Lagerung der BSP-Decke auf einem 6 m weit gespannten Unterzug, der entweder als Durchlaufträger oder als Einfeldträger (Var. 4) ausgebildet ist, fällt die 1. Eigenfrequenz des Systems stark ab und es werden weitere Nachweise erforderlich bzw. eine Erhöhung der Systemsteifigkeiten.
Es zeigt sich, dass für die Schwingungsanalyse von Holz-Stahl-Hybriddecken sowie für den Nachweis der Durchbiegungen eine realitätsnahe Modellierung des Systems erforderlich ist.
Die Verbundträgersysteme in Abbildung 2 weisen aufgrund der deutlich größeren Steifigkeiten und auch der Mitwirkung des Stahlbetons ein günstigeres Schwingungsverhalten auf als Trägersysteme ohne Verbund. Es sind aber bei den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit zusätzlich die besonderen Eigenschaften des Betons (Kriechen und Schwinden) und auch der Zustand II (gerissener Beton) in Ansatz zu bringen.

4. Brandschutz

Der Brandschutz der Systeme konzentriert sich hauptsächlich auf den Schutz der Untergurte. Dieser kann beispielsweise durch die Anordnung von Brandschutzplatten (s. Abbildung 1) gewährleistet werden.
Bei der Anordnung und Ausbildung dieser Brandschutzplatten ist darauf zu achten, dass sie während der Branddauer unter Berücksichtigung eines Abbrandes des Holzes den Untergurt ausreichend schützen.
Bei den Verbundträgerlösungen (Abbildung 2) erfolgt der Nachweis des Feuerwiderstandes nach EC 4 (Verbundbau) oder auch einer «Heißbemessung». Ein Ausfall des Untergurtes wird in der Regel durch die Anordnung von Bewehrung im Betonquerschnitt kompensiert. Die Lagesicherung der Holzdecken ist durch geeignete Maßnahmen nachzuweisen. In der Regel unterstützen die Hersteller bei der Bemessung der Systeme durch eine produktspezifische Software und persönliche Beratungen.

Im Trägersystem der Abbildung 4 wird die Last in das Rechteckprofil über die Vollgewindeschrauben eingeleitet. Um die Tragfähigkeit der Schrauben auch im Brandfall zu gewährleisten, sind für die Schrauben Temperaturgrenzen unter Berücksichtigung des Holz-Abbrandes einzuhalten. In [U1] sind Ansätze für die Bemessung im Brandfall formuliert. Als «Faustformel» für eine Vorbemessung gilt, dass die Schraubenspitze mindestens um das Maß des rechnerischen Abbrandes zzgl. einem Vorhaltemaß von ca. 20 mm von der brandbeanspruchten Seite entfernt sein sollte.

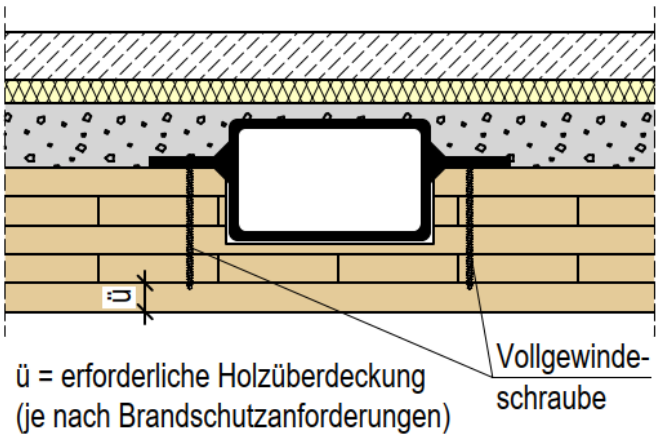


Abbildung 4: System mit Rechteckhohlprofil und Lasteinleitung über Vollgewindeschrauben

5. Schallschutz

Der Schallschutz der Trennwände wird insbesondere bei den Lösungen ohne Verbund häufig unterschätzt. Da die Geschossdecken über den Trennwänden durchlaufen, ist eine sorgfältige Planung und Ausführung unter Berücksichtigung aller Schallnebenwege erforderlich, um die Anforderungen der DIN 4109-1:2018-01 für Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen einzuhalten. Die Anforderungen an den erhöhten Schallschutz nach DIN 4102-5:2020-08 für Wohnungstrennwände von erf. R'_w = 56 dB ist bei holzsichtigen Deckenuntersichten nicht gesichert zu erfüllen. Um diese Anforderung zu erfüllen, ist es ratsam, die Deckenunterseiten zusätzlich zu bekleiden.

Bei Holz-Stahl-Deckensystemen wird es aufgrund der Durchbiegungen der Tragstruktur in der Regel erforderlich, bei den leichten Trennwänden gleitende Deckenanschlüsse vorzusehen. Auch diese Anforderung reduziert das Luftschalldämm-Maß der Wand um ca. 4 dB. Damit das berechnete Luftschalldämm-Maß auch im fertiggestellten Zustand eingehalten ist, ist eine luftdichte Ausbildung aller Anschlüsse besonders wichtig.
Abbildung 5 zeigt zwei Anschlussvarianten. Die wesentlichen Schallnebenwege und die kritischen Pfade der Luftdichtigkeit sind dargestellt.
Bei allen Betrachtungen zur Luftdichtigkeit sind auch mögliche Trocknungsrisse in der Massivholzdecke oder auch Undichtigkeiten im Bereich der Stöße zwischen den Massivholzdeckenelementen zu berücksichtigen.
Gleiches gilt auch für die in Abbildung 5 dargestellte Variante, in der die Trennwand unmittelbar unter dem Unterzug angeordnet ist.
Es empfiehlt sich, die Brandschutzplatte luftdicht an den Stahlträger anzuschließen und auch die Deckplatte (hier 3-Schicht-Platte) in allen Fugen luftdicht mit der übrigen Konstruktion zu verbinden.
Durch Anordnung einer Gipskartonplatte an der Deckenunterseite wird die Holzsichtigkeit zwar verdeckt, aber die Ausbildung von luftdichten Fugen wird vereinfacht bzw. kann entfallen.

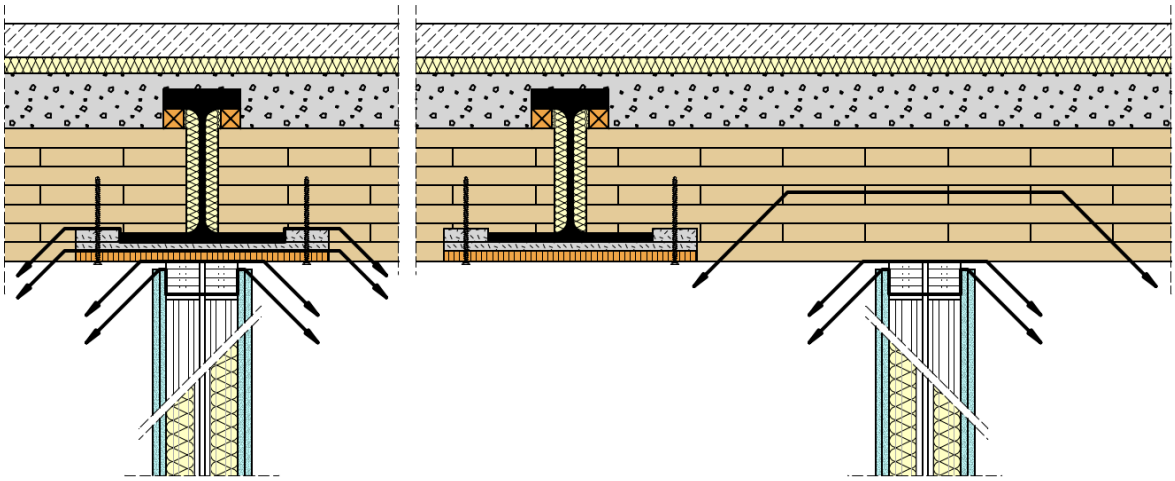


Abbildung 5: Schallnebenwege und Pfade der Luftdichtigkeit beim Anschluss Trennwand an Decke

6. Ausblick

Der Bau von Flachdecken in Holz-Stahl-Hybridbauweise bietet insbesondere im Büro- und Objektbau den Vorteil einer hohen Flexibilität in der Nutzung sowie einer einfachen Installationsführung. Zudem können architektonische Überlegungen maßgeblich zur Entscheidung für diese Bauweise beitragen.
Trotz dieser Vorteile sollten auch die speziellen Herausforderungen bei der Umsetzung dieser Bauweise beachtet werden.
Es sollte stets geprüft werden, ob der finanzielle Mehraufwand für ein deckengleiches Tragsystem mit großen Spannweiten erforderlich ist oder ob eine Architektur, die die Tragstruktur der Unterzüge sichtbar macht, den Raum zwischen den Unterzügen für TGA-Installationen nutzt und darüber hinaus zu einer holzbautypischen Atmosphäre beiträgt, eine Alternative ist.

7. Literatur

[U1] Schlussbericht zum Forschungsvorhaben «Untersuchungen zum Brandverhalten von querkraftbeanspruchten Verbindungen bei Holzbaukonstruktionen, Neuentwicklung und Optimierung von Verbindungssystemen und allgemeinen Konstruktionsregeln» (F 2938), Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau (2015)

Beton und Holz – Ausführungsdetails und Praxistipps bis zur Umsetzung in GK 5

Burkhard Walter
Walter + Reif Ingenieurgesellschaft mbH
Aachen, Deutschland



Beton und Holz – Ausführungsdetails und Praxistipps bis zur Umsetzung in GK 5

1. Einleitung

Nach den Landesbauordnungen dürfen Gebäude bis zu der Hochhausgrenze (Gebäudeklasse 5) in Holz errichtet werden. Grundlage für die Planung der Gebäude ist die Musterholzbaurichtlinie (MHolzBauRL). Nach der derzeit gültigen Musterholzbaurichtlinie dürfen Gebäude bis zu der Gebäudeklasse 4, einschließlich der Treppenhauswände, komplett in Holz gebaut werden. Bis zu dieser Gebäudeklasse dürfen die Gebäude in der Holztafelbauweise geplant und gebaut werden.
Die Gebäude der Gebäudeklasse 5 müssen zurzeit in der Dickholzbauweise, z.B. mit Brettsperrholzelementen geplant werden. Nach der Neufassung der Musterholzbaurichtlinie dürfen die Gebäude bis zu der GK 5 gleichfalls in der HTW- Bauweise errichtet werden.
Bei vielen Gebäuden werden die aussteifenden Treppenhauswände in massiver Bauweise geplant, bei der anschliessenden Konstruktion wird entsprechend eine Holzkonstruktion angeschlossen.
Speziell bei gewerblichen Immobilien kommen weit gespannte Holzbetonverbunddecken zum Einsatz.
In Kooperation mit der RWTH Aachen wurden zur Holztafelbauweise und zur Holzbetonverbundbauweise in Verbindung mit deckengleichen Stahlverbundträgern der Firma Peikko zwei Forschungsvorhaben durchgeführt.

2. Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 mit tragenden und aussteifenden, massiven Treppenhauskernen

Bei Ausführung eines Gebäudes in der GK 4 und vor allem in der GK 5 und einer angrenzenden Konstruktion in der Holztafelbauweise ist das unterschiedliche Schwind- und Kriechverhalten der Baustoffe Beton und Holz zu berücksichtigen. Die tragenden und aussteifenden Holztafelelemente bestehen aus einer großen Anzahl von Schwellen und Riegeln. In vielen Fällen bestehen die in den Wänden vorhandenen Hölzer aus Konstruktionsvollhölzern. Diese Hölzer werden mit einer Holzfeuchte von ca. 15 % hergestellt und eingebaut. Die Ausgleichsfeuchte kann bis zu 10 % betragen. Falls die Decken jeweils auf den Wänden auflagern, kommt eine weitere Schwindverformung hinzu.

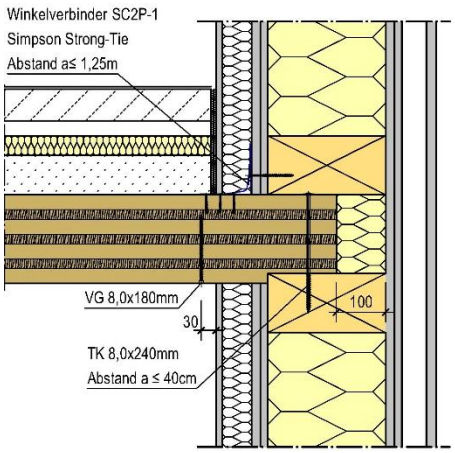


Abbildung 1: Auflagerung der Decke auf Holztafelwände

Die rechnerischen Setzungen betragen mehrere Zentimeter! Das tatsächliche Setzungsmaß ist wegen der vorhandenen Gipsfaserplatten oder auch OSB- Platten geringer, jedoch bleibt ein Differenzsetzungsmaß.

Die Schwellen müssen sowohl in der Höhe als auch von der Holzqualität optimiert werden, beispielsweise durch Anordnung von ca. 6 cm Furnierschichtholzschwellen.
Bei Gebäuden ab der GK 4 macht es Sinn, die Decken nicht auf den Wänden geschossweise aufzulagern, sondern über Laschen oder ähnliches seitlich anzuschliessen.
Der Anschluss der HTW – Wände an die massiven Wände sollte bei höheren Gebäuden gleitend ausgeführt werden.

3. Massive Tragkonstruktion und nichttragende Holzwände EI 30

Eine beliebte Bauweise ist es, die Tragkonstruktion massiv zu erstellen und die Außenwände als nichttragende vorgefertigte Holztafelelemente an die Massivbaukonstruktion anzuschrauben. Die nichttragenden HTW haben die Brandschutzqualifikation EI 30.

Hierbei ist jedoch zu beachten, dass im Übergang der Geschosse der geforderte Brandschutz von 60 bzw. 90 Minuten eingehalten wird. Eine Möglichkeit ist, die Geschossdecke bis in die nichttragenden HTW Wände einzuschieben.

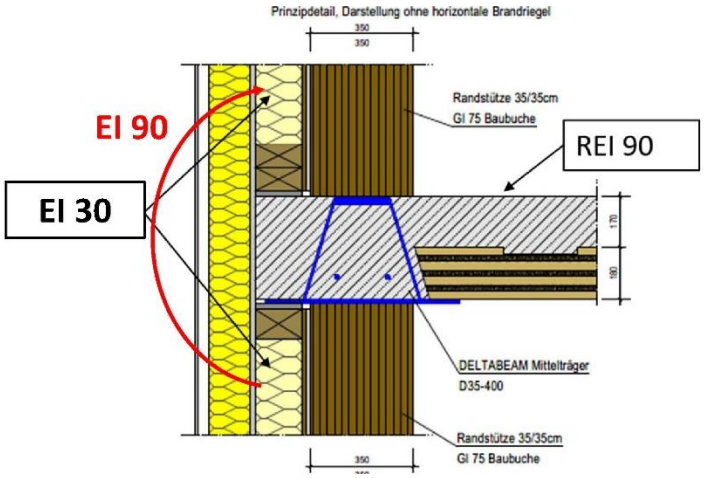


Abbildung 1: Nichttragende Holzwände

4. Neuerungen Musterholzbaurichtlinie 2023

Die Musterholzbaurichtlinie liegt seit einiger Zeit vor, ist jedoch noch nicht bauaufsichtlich in den Ländern eingeführt.
Nachfolgend stichpunktartige Änderungen sind in der neuen Musterholzbaurichtlinie enthalten, die wahrscheinlich 2025 eingeführt wird:

- Sonderbauten sind nach dieser Richtlinie zugelassen
- Wegfall der Prinzipskizzen zu der Rauchdichtigkeit
- Einführung der Brandschutzqualifikation für HTW Wände der GK 4 REI 60 K_2-30

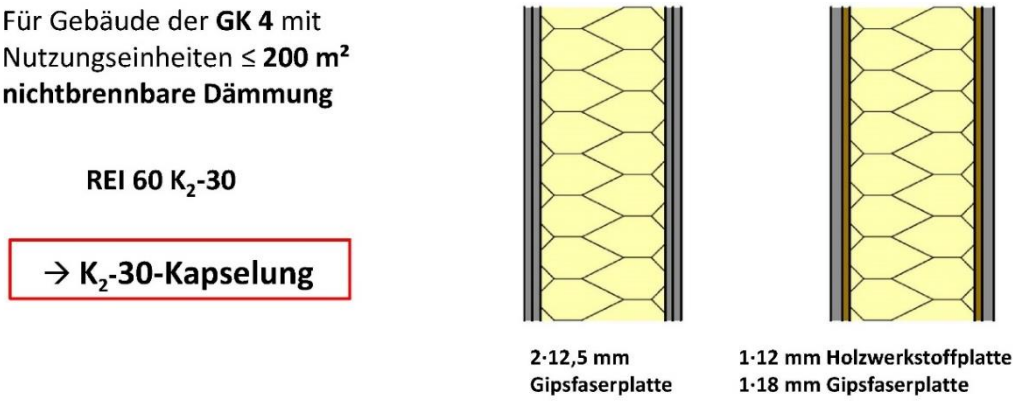


Abbildung 2: Holztafelwand mit Brandschutzanforderung REI 60 K_2-30

– Die Holztafelwände sind bis zu der GK 5 zugelassen

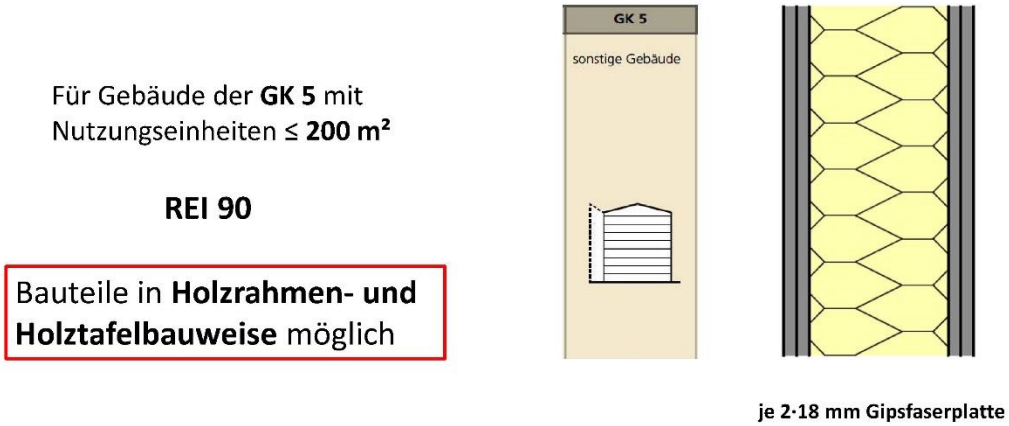


Abbildung 3: Holztafelwand mit Brandschutzanforderung REI 90

– Änderungen bei der Detailausbildung von Holzfassaden

In der aktuellen Musterholzbaurichtlinie, Fassung Oktober 2020, sind wesentliche Details zur brandschutzmäßigen Ausführung von Holzfassaden in der Gebäudeklasse 4 und 5 angegeben. Neben der horizontalen Schottung über Bleche, die je nach Ausführung der gewählten Fassade auskragen, ist insbesondere ein zulässiger Luftspalt von 45 cm angegeben. Darüber hinaus sind im Bereich der Eckausbildungen und Fenster breitere Latten angegeben.
Auf den nachfolgenden Skizzen sind einige Details bezüglich der Fassadenausbildung angegeben.

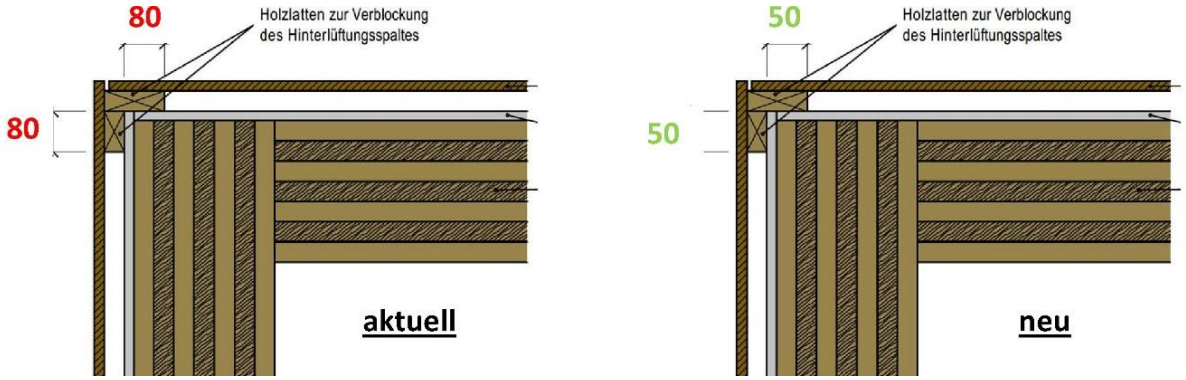


Abbildung 4: Vertikale Brandsperren

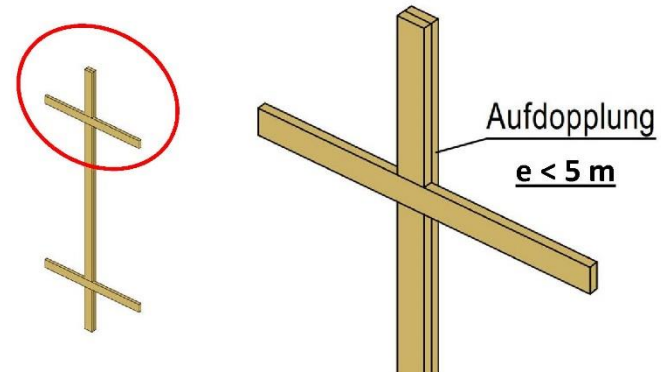


Abbildung 5: Aufdopplung der Kreuzlattung

– Der Lüftungsabstand ist auf 6 cm angehoben worden, auch die Abmessungen der Lattung sind reduziert worden.



Abbildung 6: Horizontale Brandsperren

5. Buchenholzstütze

Wie oben beschrieben werden speziell gewerbliche Gebäude und Bürogebäude als Skelettkonstruktionen mit weit gespannten Unterzügen geplant. Die Lasten werden punktförmig über Einzelstützen übertragen.
Bei höheren Lasten werden hier Buchenfurnierschichtholzstützen angeordnet.
Diese Stützen haben eine Festigkeit von GL 75, d.h. im Anschluss an den Beton ist der Beton bemessungsrelevant.

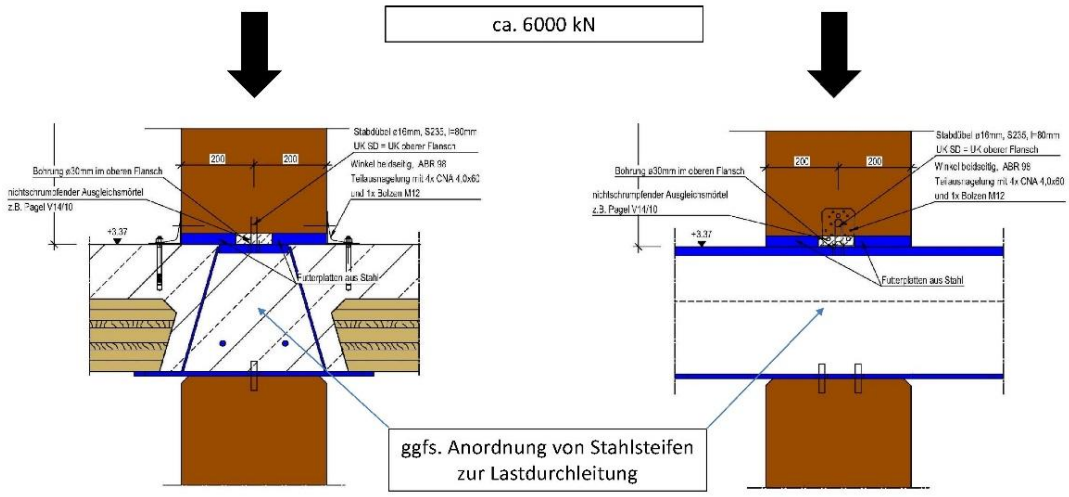


Abbildung 7: Lastdurchleitung durch Baubuchenstützen b/h=40/40cm und Deltabeam-Träger der Firma Peikko

6. Aufstockungen

Zur Modernisierung von Wohnungen und Wohngebäuden oder zur Schaffung von zusätzlichem Wohnraum durch Ausbau, Anbau, Nutzungsänderung oder Aufstockung ist nach § 69 (1) BauO NRW 2018 eine Abweichung zulässig.
Dadurch ist es möglich, ein Gebäude, das vor einer Aufstockung in Gebäudeklasse 3 eingestuft werden kann und sich nach der Aufstockung in Gebäudeklasse 4 oder 5 befindet, als gesamtes Gebäude mit Brandschutzanforderungen R30 (wie GK3) einzustufen. Voraussetzung ist, dass die Baugenehmigung der aufzustockenden Gebäude mehr als 5 Jahre zurückliegt.

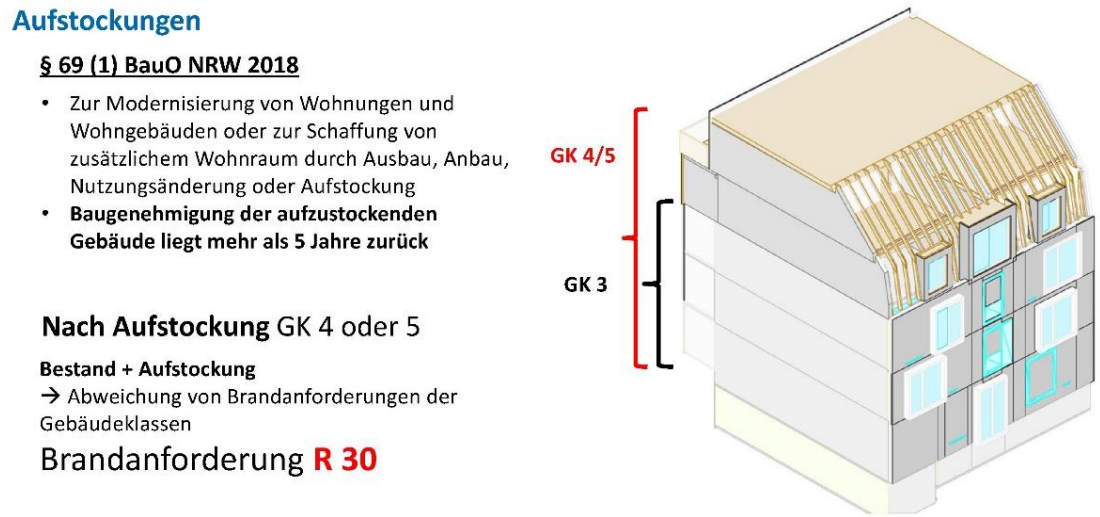


Abbildung 8: Aufstockungen

7. Schallschutz

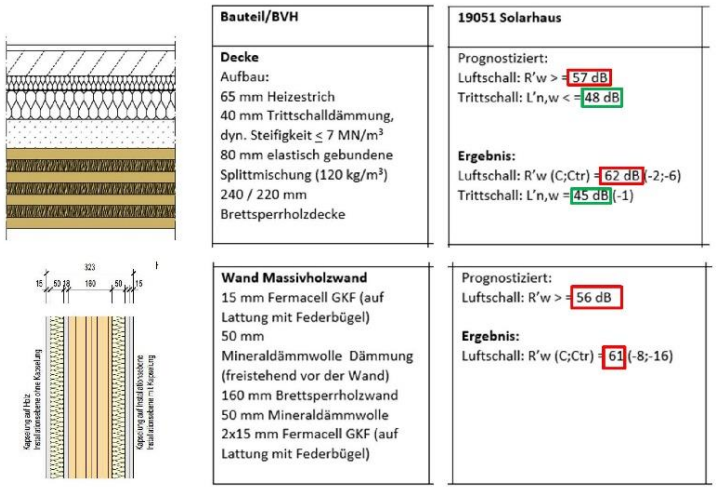


Abbildung 9: Solarhaus in Kamen

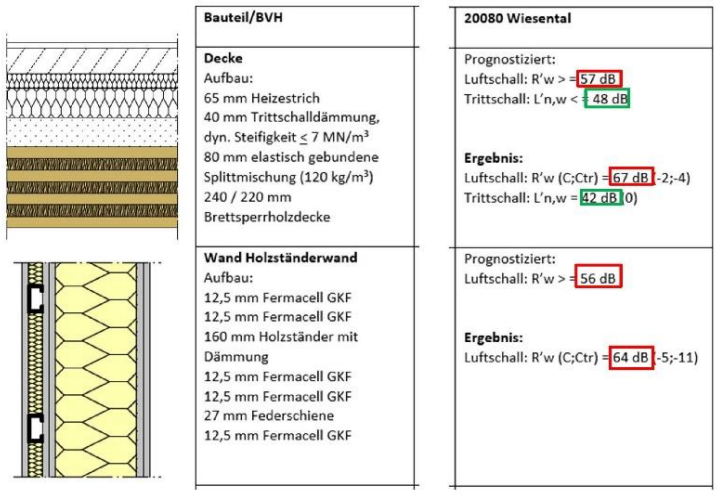


Abbildung 10:Mehrfamilienhaus in Aachen

In den beiden Mehrfamilienhäusern wurden bei verschiedenen Decken- und Wandaufbauten der Trittschall und Luftschall gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass die gemessenen Schallschutzwerte bedeutend besser ausfallen als die prognostizierten Werte.



Bauteil/BVH	19051 Solarhaus
Decke Aufbau: 65 mm Heizestrich 40 mm Trittschalldämmung, dyn. Steifigkeit ≤ 7 MN/m³ 80 mm elastisch gebundene Splittmischung (120 kg/m³) 240 / 220 mm Brettsperrholzdecke	Prognostiziert: Luftschall: R'w > = 57 dB Trittschall: L'n,w < = 48 dB **Ergebnis:** Luftschall: R'w (C;Ctr) = 62 dB (-2;-6) Trittschall: L'n,w = 45 dB (-1)
Wand Massivholzwand 15 mm Fermacell GKF (auf Lattung mit Federbügel) 50 mm Mineraldämmwolle Dämmung (freistehend vor der Wand) 160 mm Brettsperrholzwand 50 mm Mineraldämmwolle 2x15 mm Fermacell GKF (auf Lattung mit Federbügel)	Prognostiziert: Luftschall: R'w > = 56 dB **Ergebnis:** Luftschall: R'w (C;Ctr) = 61 (-8;-16)



Bauteil/BVH	20080 Wiesental
Decke Aufbau: 65 mm Heizestrich 40 mm Trittschalldämmung, dyn. Steifigkeit ≤ 7 MN/m³ 80 mm elastisch gebundene Splittmischung (120 kg/m³) 240 / 220 mm Brettsperrholzdecke	Prognostiziert: Luftschall: R'w > = 57 dB Trittschall: L'n,w < = 48 dB **Ergebnis:** Luftschall: R'w (C;Ctr) = 67 dB (-2;-4) Trittschall: L'n,w = 42 dB (0)
Wand Holzständerwand Aufbau: 12,5 mm Fermacell GKF 12,5 mm Fermacell GKF 160 mm Holzständer mit Dämmung 12,5 mm Fermacell GKF 12,5 mm Fermacell GKF 27 mm Federschiene 12,5 mm Fermacell GKF	Prognostiziert: Luftschall: R'w > = 56 dB **Ergebnis:** Luftschall: R'w (C;Ctr) = 64 dB (-5;-11)

Abbildung 11: Schallschutzmessungen

8. Toleranzen

Für die Baupraxis ist es wichtig, dass verschiedene Bautoleranzen im Massivbau, Holzbau und Stahlbau in der Planung berücksichtigt werden, um Verzögerungen im Bauablauf zu vermeiden.

9. Planung des konstruktiven Holzschutzes

Die Planung des konstruktiven Holzschutzes sollte schon in das Leistungsverzeichnis eingepflegt werden. Die Holzkonstruktion ist gegenüber Feuchtigkeit zu schützen. Insbesondere Holzdecken aus Brettsperrholz oder Brettstapeldecken sind oberseitig mit einem Wetterschutz zu versehen, so dass in den Fugen kein Wasser aus Regen oder bei der Holz-Beton-Verbundbauweise (HBV) Feuchtigkeit aus dem Beton eindringt. Ebenfalls sind die Anschnitte an den Hirnholzseiten und im Bereich der Kerven in der HBV-Bauweise mit einem Holzschutz zu versehen.
Ein temporärer Wetterschutz muss gewährleistet sein, so lange noch keine Fenster und Türen eingebaut sind.
Stützen und Unterzüge aus Baubuche GL 75 sind zu imprägnieren.

10. Forschungsvorhaben zu durchlaufenden Holz-Beton-Verbunddecken

Holz-Beton-Verbunddecken (HBV-Decken) werden seit einigen Jahrzehnten erfolgreich in der Praxis eingesetzt. Sie bieten eine Möglichkeit die Vorteile der Baustoffe Holz und Beton zu kombinieren. Da im Vergleich zu reinen Holzdecken größere Spannweiten realisiert werden können, werden ab einer Spannweite von ca. 6,50 m häufig Holz-Beton-Verbunddecken eingesetzt. Die hohe Flexibilität durch größere Spannweiten ist insbesondere für gewerbliche Nutzungen und Bürogebäude von großer Bedeutung. Werden HBV-Decken in Kombination mit deckengleichen Unterzügen eingesetzt, lässt sich die Nutzung des Gebäudes flexibel und frei gestalten. Eine Möglichkeit eine unterzugsfreie Decke auszubilden, ist die Unterzüge als deckengleiche Stahlverbundträger auszubilden, z.B. der Firma Peikko. Hiermit kann ein Stützenraster von 8,50 m x 8,50 m oder größer problemlos ausgeführt werden, wie in Abbildung 13 dargestellt.

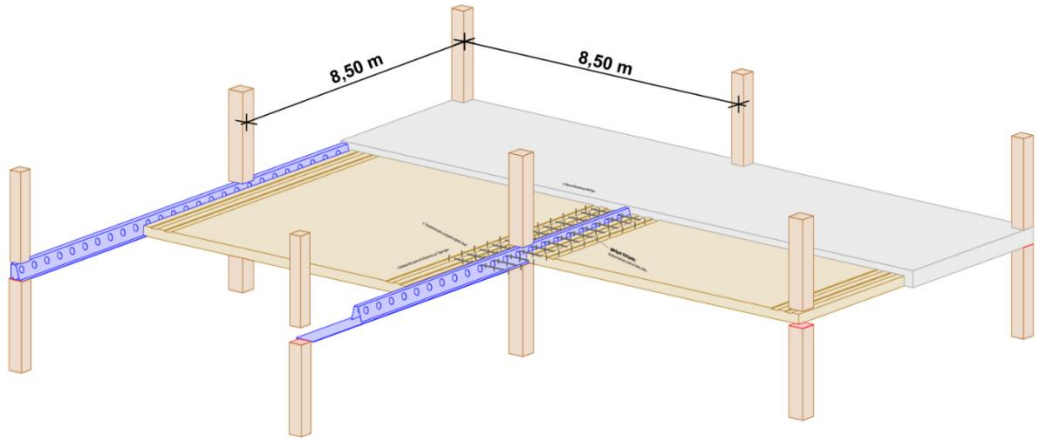
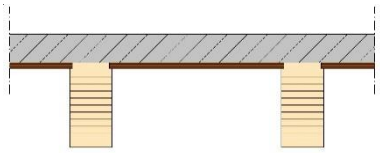
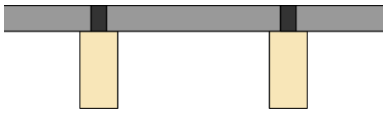


Abbildung 12: HBV-Decke mit Peikko Deltabeam Unterzüge

Die Ausführung der HBV-Decken mit Brettsperrholzdecken und vor Ort aufgebrachten Betonspiegel ist zurzeit die meist ausgeführte Variante. Allerdings geht der Trend zunehmend in Richtung Vorelementierung und Wiederverwendung der Deckenelemente. In der Praxis können vorelementierte HBV-Decken, wie zum Beispiel die sogenannten Cree-Deckenelemente, verwendet werden. In Abbildung 13 werden unter anderem mögliche Varianten von HBV-Decken von der Firma MMK und CREE dargestellt.



Balkendecke mit Ortbeton



Balkendecke mit Fertigteilplatten



Mayr-Melnhof Holz Vollholzdecke



CREE Deckenelement

Abbildung 13: Ausführungen von vorgefertigten HBV-Deckenelemente

Für die Berechnung von HBV-Decken liegt seit einiger Zeit die Technische Spezifikation (CEN/TS 19103) vor. Die Technische Spezifikation, die in den neuen Eurocode 5 übernommen werden soll, bietet erstmals normativ die Möglichkeit, eine HBV Decke zu berechnen. Es sind zahlreiche wichtige Planungs- und Bemessungsregeln, sowie Vorschläge zur baulichen Ausführung im Hochbau angegeben. Die CEN/TS 19103 ist jedoch noch nicht in den Verwaltungsvorschriften, Technische Baubestimmung der einzelnen Länder eingeführt. Die vorgesehenen Regelungen konzentrieren sich jedoch primär auf Einfeldsysteme. Für durchlaufende Holz-Beton-Verbundsysteme gibt es bisher keine normativen Regelungen.

In Kooperation mit der RWTH Aachen wurde ein Forschungsvorhaben durchgeführt, in dem durchlaufende HBV Decken in Verbindung mit einem Verbundträger der Firma Peikko untersucht wurden. Ziel der Versuche ist es, Kenntnisse über die Durchlaufwirkung bei mehrfeldrigen Holz-Beton-Verbunddecken, in Verbindung mit dem Peikko Deltabeam zu gewinnen. Hierfür wurden Experimente in drei unterschiedlichen Größenordnungen durchgeführt. Erstens wurden Push-Out-Versuche durchgeführt. Anschließend wurden verschiedene Biegeversuche an den Mittel- und Endlagern durchgeführt. Drittens wurden das globale Verformungsverhalten sowie die dynamischen Eigenschaften einer Holz-Beton-Verbunddecke mit zwei Feldern von jeweils 6,5 m untersucht.

10.1. Kleinteilversuche

Um die Steifigkeit der Kerve zu untersuchen wurden Push-Out Versuche durchgeführt. In Abbildung 14 sind die beiden Konfigurationen, einen Versuch mit vier Kerven und einen Versuch mit zwei Kerven, dargestellt. Beim unten dargestellten Push-Out-Versuch sind beide Holzelemente gelagert, während eine Kraft auf den Betonteil aufgebracht wird. Die eingeleitete Kraft wird dabei über die Kerven des Betonteils in die Holzelemente übertragen. Ein Sprödbruch bei den Kerven konnte unter Einhaltung der in der CEN/TS 19103 angegebenen Randbedingungen ausgeschlossen werden.

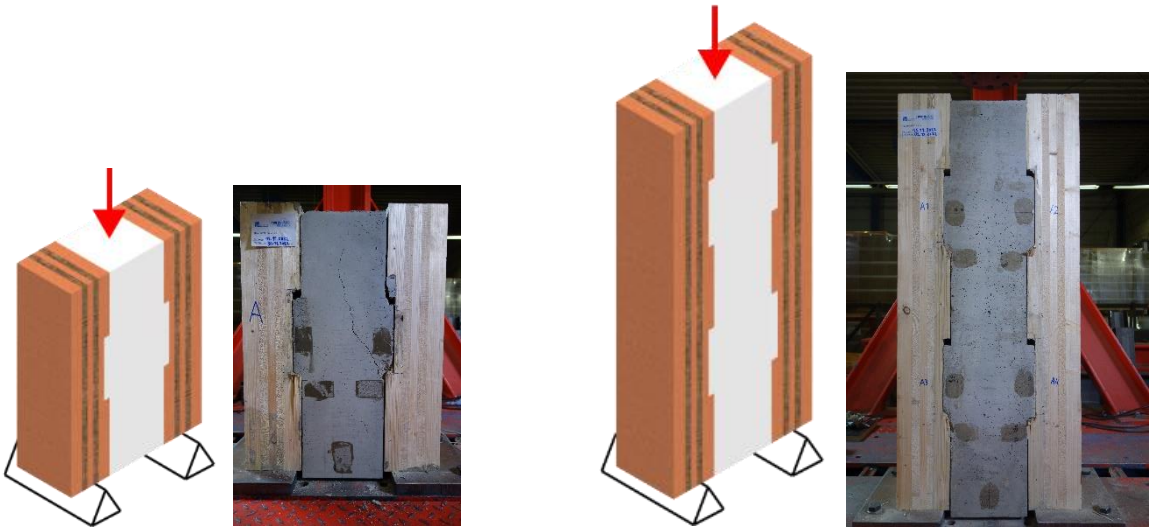


Abbildung 14: Verformung Push-Out-Versuch mit 2 Kerven (l) und 4 Kerven (r)

Wie in Abbildung 15 (l) ersichtlich ist, zeigen die Kurven einen deutlich ausgeprägten plastischen Verlauf. Es zeigt sich, dass die Variante mit 2 Kerven eine höhere maximale Tragfähigkeit aufweist als der Versuch mit 4 Kerven. Dabei ist zu beachten, dass die aufgebrachte Kraft durch die Anzahl der Kerven geteilt wird. Bei 4 Kerven wirkt also nur ein Viertel der Kraft auf eine Kerve.

Die Kervensteifigkeit wird zwischen 10% und 40% der Maximalkraft bestimmt. Bei dieser Kraft hat sich die Kerve um weniger als 0,5 mm verformt. Es wird angenommen, dass die Steifigkeit linear ist, was durch eine Gerade durch die Punkte bei 10% und 40% der Maximalkraft dargestellt wird. Abbildung 15 (r) zeigt, wie die Steifigkeit bestimmt wird. Die ermittelten Steifigkeiten einer 2 cm dicken Kerve befinden sich etwas über den in der CEN/TS 19103 angegebenen Wert von 1000 kN/mm.

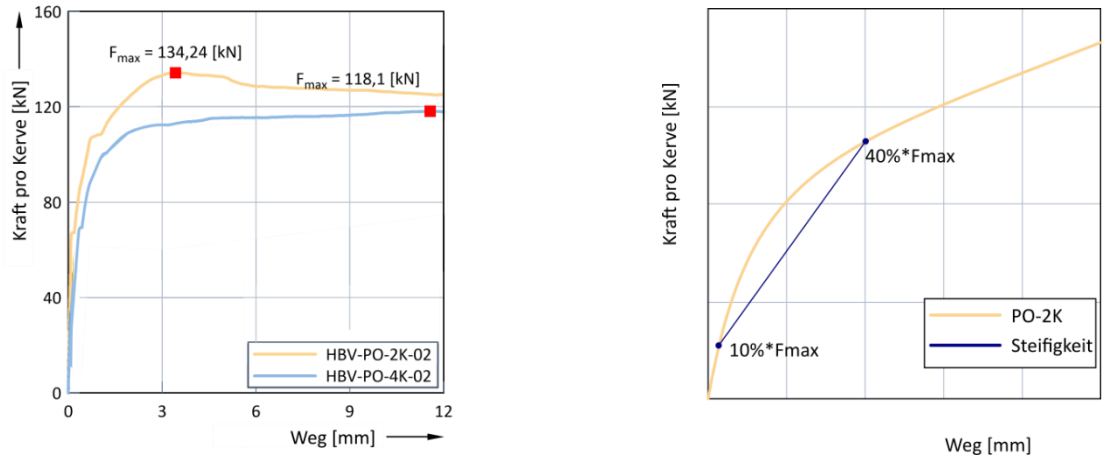


Abbildung 15: Kraft-Weg Diagramm Push-Out-Versuche (l) und Steifigkeitsbestimmung Kerve (r)

10.2. Mittelversuch

Zwei Biegeversuche vom Mittelauflageranschluss wurden durchgeführt, um das lokale Verformungsverhalten und den Versagensmechanismus vom Mittelauflager zu untersuchen. Die beiden Probekörper setzen sich aus zwei Holz-Beton-Verbunddecken und einem Verbundträger zusammen, sowie in Abbildung 17 dargestellt.



Abbildung 16: Prüfstand Mittelauflagerversuch

Die rechnerische Prognose wurde unter der Annahme eines Kervenversagens ermittelt. Die Versuche zeigen jedoch ein bedeutend höheres Tragverhalten. Das Versagen trat bei beiden Versuchen über einen Schubbruch im Beton und im Holz auf. In der Brettsperrholzdecke war im Bruchzustand ein erstes Rollschubversagen der Längs – und Querbretter zu erkennen. Die Kerven wiesen hingegen keine signifikanten Verformungen auf. Nachdem die Kraft weiter gesteigert wurde, zeigte sich eine plastische Verformung des Flansches des Verbundträgers. Im Bruchzustand verformte sich das Auflager des Stahlblechs des Verbundträgers, wodurch die Momente über Druck- und Zugkomponenten abgetragen wurden. Die Zugübertragung erfolgte über die Bewehrungseisen, die Druckkomponente erfolgt über das schräg angeschnittene Holz und den Steg des Verbundträgers. Abbildung 18 zeigt eine schematische Darstellung der Kraftübertragung.

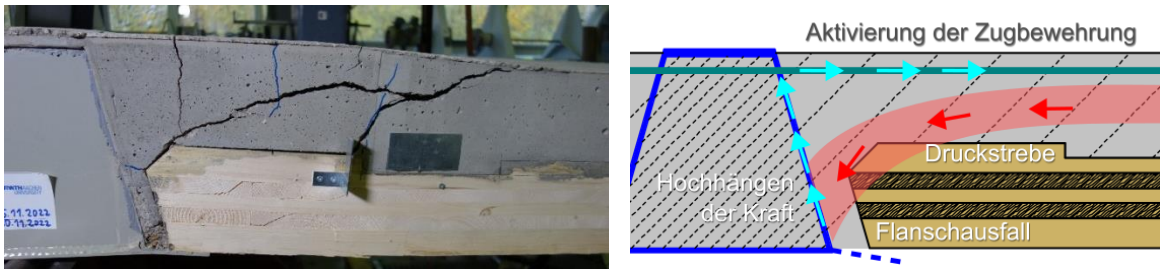
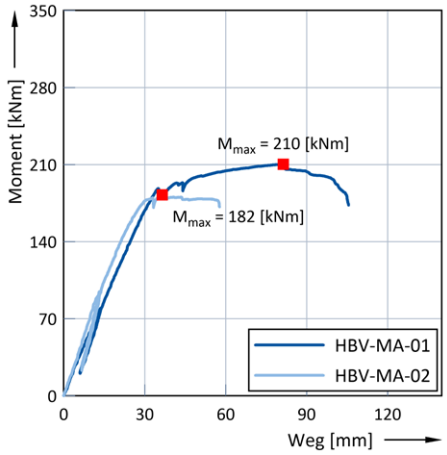
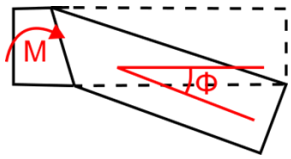


Abbildung 17: Verformung Mittelauflagerversuch (l) und Kraftübertragung (r)

Neben der Untersuchung der Versagensmechanismen ist das Ziel dieses Versuchs die Bestimmung der Nachgiebigkeit der Auflagerkonstruktion. Die Nachgiebigkeit des Auflagers hat einen signifikanten Einfluss auf das Verformungsverhalten der Decke. Je weicher ein Auflager ausgeführt ist, desto größer wird die Durchbiegung des gesamten Systems. Mithilfe der aufgebrachten Kraft und der gemessenen Verdrehung des Auflagers kann in diesem Versuch die Drehfedersteifigkeit der Auflagerkonstruktion bestimmt werden. Die aufgebrachte Kraft wird in das auf den Verbundträger wirkende Moment umgerechnet und in Abbildung 18 dargestellt.





$$k_\phi = \frac{M}{\phi}\ [\text{kNm/rad}]$$

Abbildung 18: Moment-Weg-Diagramm Mittelauflagerversuch

10.3. Endauflager

Neben dem Mittelauflager wurde auch das Endauflager experimentell untersucht. Bei den Endauflagerversuchen wurde eine Holz-Beton-Verbunddecke nur auf einer Seite auf dem Verbundträger aufgelagert. Für den Anschluss der HBV-Decke an den Verbundträger wurden drei verschiedene Ausführungen getestet. Ziel dieser Versuche war es, die Auswirkungen der asymmetrischen Auflagerung auf das Verformungs- und Tragverhalten der Decke zu untersuchen. Abbildung 19 zeigt den Prüfstand für den Endlagerversuch.



Abbildung 19: Prüfstand Endauflager

Besonders bei den Endauflagern ist es entscheidend, dass der deckengleiche Unterzug biegesteif mit der HBV-Decke verbunden ist. Dadurch wird verhindert, dass sich der Verbundträger von der HBV-Decke wegdreht, wie in der untenstehenden Abbildung 20 dargestellt.

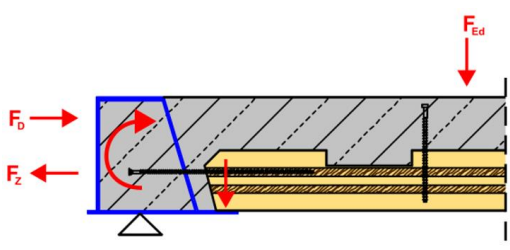




Abbildung 20: Prinzipskizze der Kraftübertragung (l) und Verformungsfigur der Endauflager (r)

Die Ausführung erfolgt üblicherweise über einen so genannten Tannenbaum. Dabei werden Kerven in die Brettsperrholzdecke gefräst, die zusammen mit einer eingelegten Bewehrung und dem Beton die Zugkräfte in die Brettsperrholzdecke übertragen. Das Lastabtragungsprinzip des Tannenbaumverbinders ist in Abbildung 21 veranschaulicht. Die in Abbildung 20 dargestellte Zugkomponente F_z wird vom Verbundträger in die HBV-Decke übertragen. Die Zugkräfte, die über den Bewehrungsstab wirken, werden in den Beton im ausgefrästen Tannenbaum eingeleitet. Anschließend stützt sich der Beton an den Holzkanten ab und leitet die Kraft in die Brettsperrholzdecke weiter.

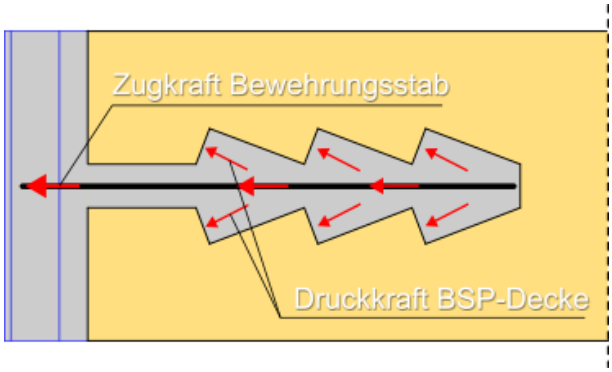


Abbildung 21: Kraftübertragung Tannenbaum

Eine weitere Alternative ist ein in das Hirnholz der Brettsperrholzdecke eingefräster und diagonal verschraubter Idefix-Anker. Der in Abbildung 22 dargestellte Idefix-Anker wird mit Vollgewindeschrauben in das Hirnholz der HBV-Decke geschraubt. In diesen Anker wird ein Bolzen eingeschraubt, der über die Auflagerkante des Verbundträgers hinausgeführt wird. Die zuvor beschriebene Zugkraft F_z wird, ähnlich wie beim Tannenbaum-Prinzip, in den Bewehrungsstab eingeleitet. Dabei erfolgt die direkte Übertragung der Zugkraft in die Holzlagen der HBV-Decke, wo sie im Holz verteilt und weitergeleitet wird.



Abbildung 22: Tannenbaum (l) Idefix Anker (m) Schrauben in Hirnholz (r)

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde eine alternative Methode zur Aufnahme der Zugkräfte in Holz-Beton-Verbunddecken untersucht. In den Querlagen des Hirnholzes der Brettsperrholzdecke wurden Holzschrauben eingebracht, die bis zu einer Tiefe von etwa 15 cm in den Verbundträger hereinragten, um eine kraftschlüssige Verbindung zwischen HBV-Decke und Verbundträger zu gewährleisten. Abbildung 22 zeigt das Gewinde der Schraube im Verbundträger vor dem Betonieren. Die Schrauben reichten dabei über das Auflager hinaus, um die Zugkräfte optimal im Verbundträger einzuleiten.

Zur Bewertung der Zugfestigkeit der Holzschrauben im Beton wurden am Institut für Massivbau der RWTH Aachen vier Ausziehversuche an den eingesetzten Schrauben durchgeführt. Die Versuche zeigten, dass bei ausreichender Verankerungstiefe ein Zugversagen der Schrauben vor dem Herausreißen aus dem Beton auftrat. Diese Ergebnisse bestätigen die Relevanz der Einbindetiefe für die Sicherstellung einer tragfähigen Verbindung. Auf Grundlage dieser Versuche wurde die Drehfedersteifigkeit des Randträger der Holz-Beton-Verbunddecke ermittelt. In der Tabelle 1 sind die Drehfedersteifigkeiten der verschiedenen Anschlüsse gegenübergestellt. Die Schraubenverbindungen haben eine vergleichbare Drehsteifigkeit und Tragfähigkeit wie die Idefix- und Tannenbaumverbindungen. Auch die maximal erreichbaren Kräfte liegen in der gleichen Größenordnung.

Tabelle 1: Übersicht der Drehfedersteifigkeiten der verschiedenen Anschlüsse

Anschluss	Drehfedersteifgkeit k_φ	Max. Kraft
IdeFix	2403 kNm/rad	270 kN
Tannenbaum	1995 kNm/rad	280 kN
Schrauben	2095 kNm/rad	300 kN

10.4. Grossversuch

Des Weiteren wurde ein maßstabsgerechter Zweifeldträger mit einer Spannweite von jeweils 6,5 m untersucht.
Abbildung 23 zeigt den Versuch, der aus einen 1,0 m breite Träger aus zwei Feldern besteht. Sowohl die Endauflager als auch das Mittelauflager wurden mit Verbundträgern ausgeführt. Es sind zwei unterschiedlichen Ausführungen der Endauflager eingebaut, die eine Verdrehung des Endfeldes verhindern. Das erste System wurde mit SIGHA IdeFix Ankern befestigt (Abbildung 22 (m)), das zweite System wurde mit einem Ausschnitt im Holz in Form eines Tannenbaums (Abbildung 22(l)) ausgeführt. Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Feldern besteht darin, dass den Tannenbaumfeld wegen des Feuchteschutzes mit einer dicken Zementschlämme beaufschlagt wurde, während das andere Feld unbehandelt blieb.

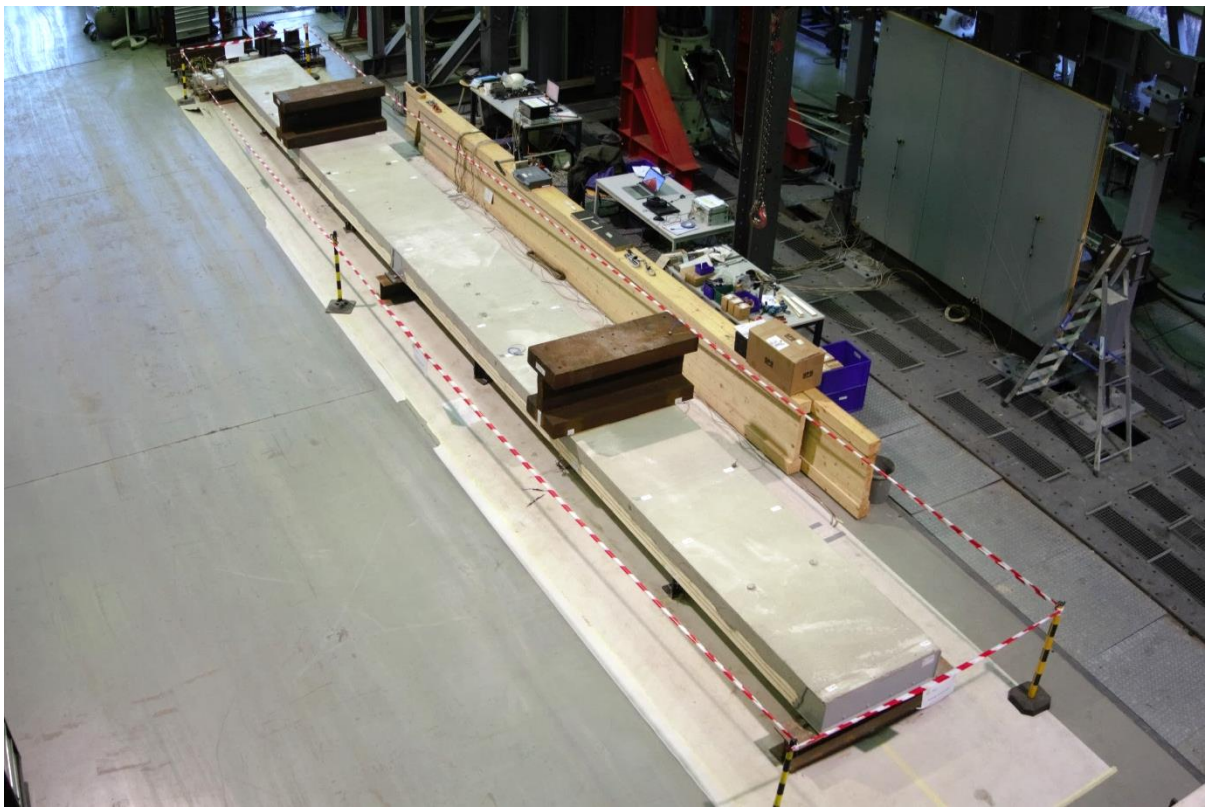


Abbildung 23: Langzeitversuch - Zweifeldträger mit Belastung

10.4.1 Holzfeuchte

Während des Experiments wurde der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes kontinuierlich gemessen, wie in Abbildung 24 dargestellt. Wie bereits erwähnt, wurde das Tannenbaumfeld mit einer Betonschlämme behandelt. Im Gegensatz dazu blieb das IdeFix-Feld unbehandelt. Nach der Betonage wurde der Feuchtigkeitsgehalt in beide Feldern gemessen, wobei im IdeFix-Feld ein Anstieg auf 28 und im Tannenbaum-Feld auf 20% festgestellt wurde. Im weiteren Verlauf des Experiments nahm der Feuchtigkeitsgehalt in beiden Feldern allmählich ab. Nach ca. sechs Monate war der Feuchtigkeitsgehalt im IdeFix-Feld auf 19,3% und im Tannenbaum-Feld auf 18,4% gesunken. Die aufgebrachte Betonschlämme hat lediglich die Anfangsfeuchtigkeit reduziert.

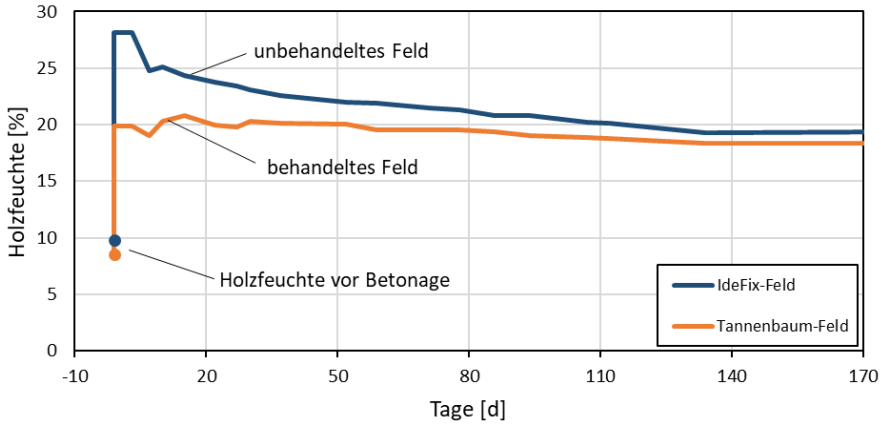


Abbildung 24: Langzeitversuch - Feuchtigkeitsgehalt des IdeFix- und Tannenbaumfelds

Durch die Interaktion zwischen Holz und Beton im Schubverbund kann diese Feuchtigkeitszunahme zu einer Längenänderung des Holzes führen, was wiederum zu einer Verformung der gesamten Konstruktion führt. Die Richtung dieser Verformung hängt maßgeblich von der Lage des Schwerpunktes ab und kann entweder nach oben oder nach unten gerichtet sein. Dieses Verhalten muss bei der Beurteilung der langfristigen Stabilität und des Tragverhaltens der Konstruktion berücksichtigt werden, da es die Gesamtfunktionalität des Systems beeinflussen kann.

Da die relativ hohe Holzfeuchte einen wesentlichen Beitrag zu der Verformung beisteuert, wird für die Praxis empfohlen, die Holzflächen über geeignete Maßnahmen gegen die Feuchtigkeit zu schützen. So kann zum Beispiel die Fläche der Brettsperrholzdecken durch den Einsatz geeigneter Folien sorgfältig abgedeckt werden, um sie vor Feuchtigkeitseinwirkungen zu schützen. Besonders das Hirnholz, das aufgrund seiner offenen Zellstruktur besonders anfällig für das Eindringen von Feuchtigkeit ist, sollte zusätzlich durch spezielle Beschichtungen geschützt werden.

10.4.2 Durchbiegung

Während des Langzeitversuchs wurde der Träger durch Einzellasten in der jeweiligen Feldmitte belastet. Eine Woche nach der Betonage wurden zwei Stahlmassen mit einem Gesamtgewicht von 17 kN (siehe Abbildung 25) auf dem Träger platziert, während die Durchbiegung kontinuierlich überwacht wurde. Nach etwa vier Monaten wurden die Stahlmassen temporär durch eine Last von 34 kN ersetzt. Die Zunahme der gemessenen elastischen Verformungen wurde anschließend mit den Ergebnissen des Stabwerkmodells verglichen. In Abbildung 25 sind die Durchbiegungen der Feldmitte dargestellt.

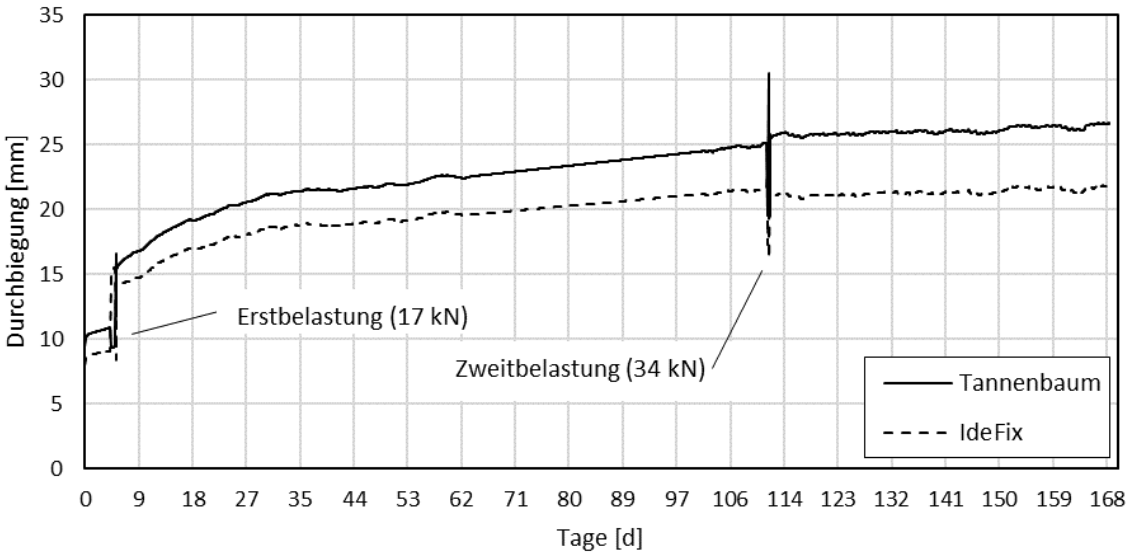


Abbildung 25: Langzeitversuch – Durchbiegung der beiden Felder des Zweifeldträgers

Die Durchbiegungsmessungen aus dem Langzeitversuch ermöglichen eine Verifizierung der Werte aus dem Stabwerkmodell. Der Vergleich der Versuchsdaten mit den Ergebnissen des elastischen Verhaltens aus dem Stabwerkmodell zeigt, dass das Modell, ohne die Berücksichtigung von Drehfedern, die Durchbiegungen im Vergleich zu den Versuchsergebnissen unterschätzt. Unter einer Belastung von 16kN beträgt die Durchbiegung vom Modell im IdeFix-Feld und Tannenbaumfeld 3 mm, was einer Unterschätzung von durchschnittlich 30% entspricht. Bei einer Belastung von 34 kN ist die Durchbiegung im Stabwerkmodell um 25% geringer als bei den Versuchsergebnissen.

Nachdem im Stabwerkmodell Drehfedern aus dem Mittel- und Endauflagerversuch hinzugefügt wurden, stimmen die Durchbiegungen besser mit den Versuchsergebnissen überein. Unter einer Belastung von 17 kN beträgt die Durchbiegung sowohl im IdeFix- als auch im Tannenbaumfeld 4,1 mm, was die Versuchsergebnisse um 13% unterschätzt. Die Durchbiegungen unter einer Last von 34 kN weichen mit 6,1 mm für das IdeFix-Feld und 6,5 mm für das Tannenbaumfeld weniger als 5% von den Versuchsergebnissen ab. Daraus lässt sich schließen, dass das Stabwerksmodell der HBV-Decke in Kombination mit den Verbundträgern, wenn es ohne Drehfeder berechnet wird, das tatsächliche Durchbiegungsverhalten unterschätzt. Erst durch das Hinzufügen einer Drehfeder an den Auflagern wird die Durchbiegung besser dargestellt. In Abbildung 26 ist eine schematische Darstellung des Modells mit Drehfedern dargestellt.

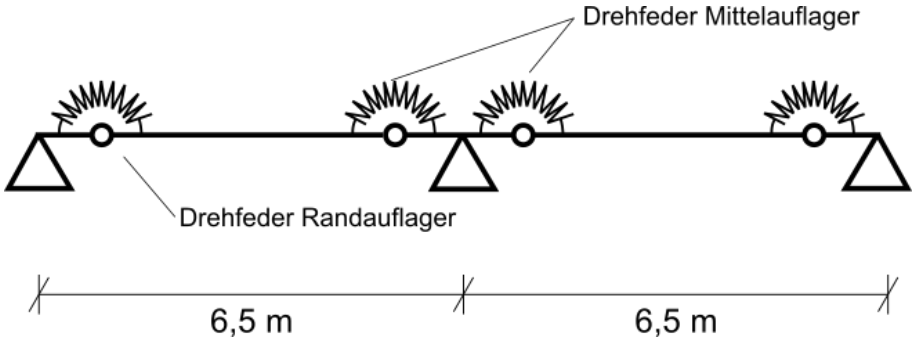


Abbildung 26: Modell mit Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Auflager des Zweifeldträgers

10.4.3 Dynamische Eigenschaften

Um die dynamischen Eigenschaften der HBV-Decke zu analysieren, wurden Messungen unter verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Die Untersuchung erfolgte mithilfe eines sogenannten 'Heel-Drops', der in Abbildung 27 dargestellt ist. Dabei stellt sich eine Person auf die Zehenspitzen an einem vorgegebenen Punkt auf den Träger und lässt sich auf die Fersen fallen. Die dynamischen Messungen wurden zu drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt. Die erste Messung fand 28 Tage nach der Betonage statt (DM1), die zweite nach 119 Tagen (DM2) und die dritte nach 138 Tagen (DM3).

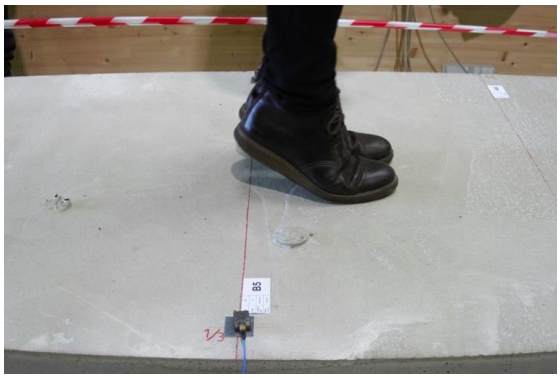


Abbildung 27: ‘Heel-Drop‘-Verfahren zur Bestimmung der Eigenfrequenzen des Zweifeldträgers

Die Ergebnisse dieser Messungen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst. Es zeigte sich, dass die Eigenfrequenzen im Zeitverlauf weitgehend stabil blieben, wobei beide Frequenzen nach 136 Tagen nur um 2% geringer waren als nach 28 Tagen.

Tabelle 2: Übersicht der Eigenfrequenzen an verschiedenen Tagen nach der Betonage

Messung	Erste Eigenfrequenz	Zweite Eigenfrequenz
DM1 (t=28 d)	5,1 Hz	7,3 Hz
DM2 (t=119 d)	5,1 Hz	7,2 Hz
DM3 (t=138 d)	5,0 Hz	7,1 Hz

Trotz der Veränderungen in den Steifigkeiten des Materials, die durch Kriechen und Schwinden verursacht werden, bleibt die Eigenfrequenz des Systems konstant. Dies bedeutet, dass die Eigenfrequenz nicht von den zeitlichen Veränderungen in der Materialsteifigkeit beeinflusst wird. Diese Beobachtung ist konsistent mit den Erkenntnissen, die in der CEN/TS 19103 beschrieben sind.

11. Forschungsvorhaben Helepolis

Gebäude der GK 4 in Holzbauweise werden vielfach in der Holztafelbauweise ausgeführt. Nach der Musterholzbaurichtlinie müssen die Wände mit einer zweilagigen Beplankung ausgeführt werden. In der Praxis wird nur die erste Beplankung zur horizontalen Aussteifung angesetzt, die 2. Lage ist aus Brandschutzgründen erforderlich. In dem Forschungsvorhaben „Helepolis" werden in Kooperation mit der Firma Adams, der RWTH Aachen und der Walter + Reif Ingenieurgesellschaft mbH Holztafelwände untersucht, bei denen beide Beplankungen als aussteifende Platten berücksichtigt werden. In Abbildung 28 ist der Aufbau einer Holztafelwand mit doppelter Beplankung dargestellt. In dem Forschungsvorhaben wurden unterschiedliche Aufbauten mit OSB/3 und GFB-Platten in verschiedenen Dicken und Kombinationen betrachtet.

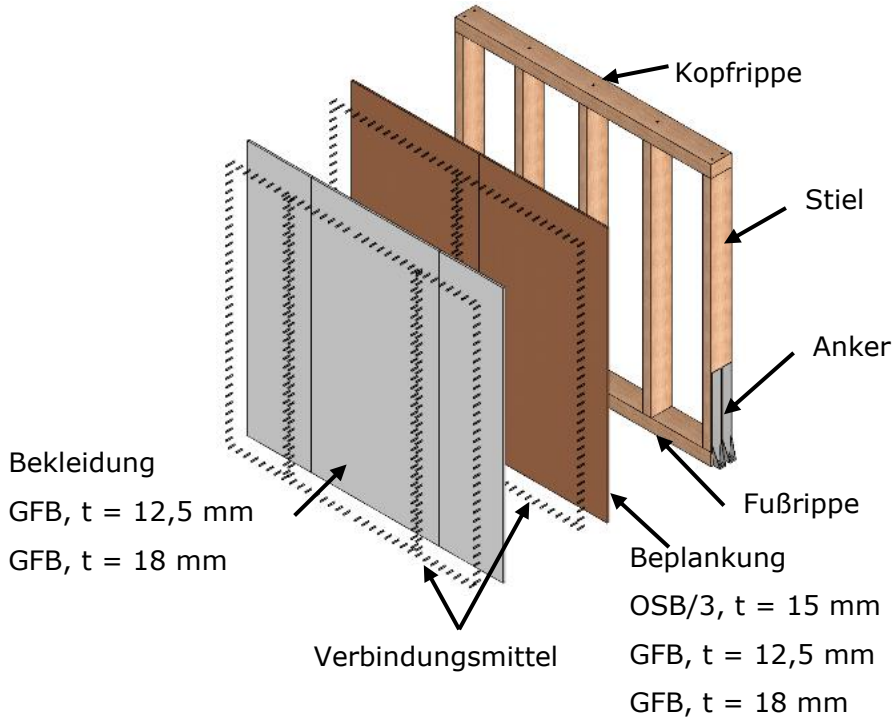


Abbildung 29: System Holztafelwand mit doppelter Bekleidung [RWTH Aachen]

Um den Einfluss der zweiten Beplankung auf die Tragfähigkeit und Steifigkeit zu untersuchen, sind zahlreiche Kleinversuche, dutzende Wandscheiben und zwei 2-geschossige Türme monoton und zyklisch untersucht worden. In Abbildung 29 und Abbildung 30 sind ein Wandversuch und der statische Gebäudeversuch dargestellt.



Abbildung 28: Wandversuch

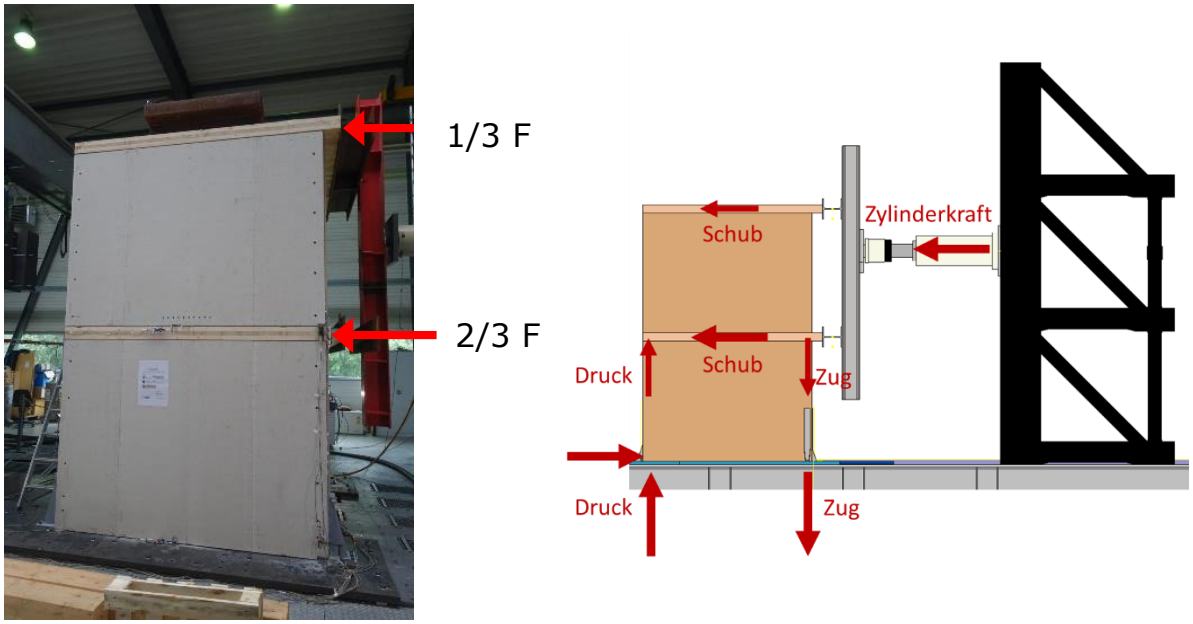


Abbildung 29: statischer Gebäudeversuch

In Abbildung 30 sind die Ergebnisse von Wandtafeln mit einfacher und doppelter Beplankung dargestellt. Es ist zu erkennen, dass, wie erwartet, die 2-fach beplankten Wände eine ca. doppelte Tragkraft haben, auch die Steifigkeiten dieser Wände sind wesentlich höher als bei 1-fach beplankten HTW. D.h. hier sind wesentliche Reserven vorhanden und die Gebäude können in Zukunft mit wesentlich weniger aussteifenden Wänden ausgebildet werden.

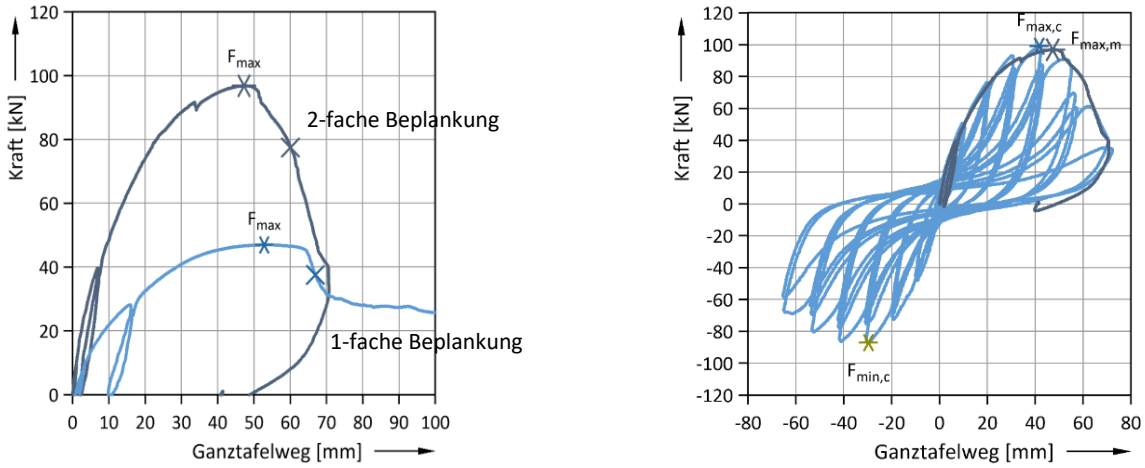


Abbildung 30: Versuchsergebnisse der HTW-Versuche mit monotoner Belastung von einfacher und doppelter Beplankung (links) und zyklischer Belastung mit doppelter Beplankung (rechts)

Ein Problem ergibt sich, wenn für die Gebäude ein Erdbebennachweis erforderlich ist. Weiche Gebäude haben eine längere Schwingzeit als steifere Gebäude. Die weicheren Gebäude entziehen sich den Erdbebenkräften, d.h. die doppelt beplankten Wände erhalten wesentlich höhere Erdbebenkräfte. Die Verankerungskräfte an die Betonplatte und auch innerhalb der Geschosse sind bei diesen Wänden bedeutend höher. Wenn die Verankerungskräfte lediglich aus der Berechnung mit der Steifigkeit aus einer Beplankung stammen, liegt die Berechnung deutlich auf der unsicheren Seite.
Die Erdbebenkräfte werden gemäß dem EC 8 nach dem Antwortspektrenverfahren, in Abhängigkeit der Schwingdauer [T] ermittelt. Die Erdbebenkraft [F_b] wird bestimmt, indem die Masse des Gebäudes [M] mit der Beschleunigung [S_e] multipliziert wird.

$$F_b = S_e(T) \cdot M$$

Die nachfolgend aufgeführte **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** verdeutlicht die Problematik. Das steifere System hat eine geringere Schwingzeit, somit wirkt eine höhere Beschleunigung und es ist mit einer höheren Erdbebenkraft zu rechnen. Das weichere System muss eine geringere Erdbebenkraft abtrage.

$$F_{b(2-fach\ Beplankt)} \gg F_{b(1-fach\ Beplankt)}$$

da

$$S_{e(2-fach\ Beplankt\ )} \gg S_{e(1-fach\ Beplankt)}$$

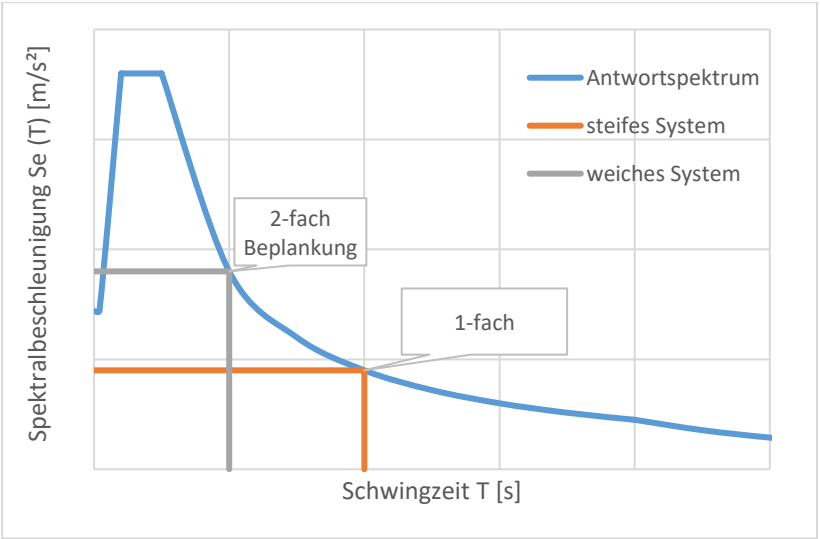


Abbildung 33: Prinzip des Antwortspektrums mit einem weicheren und einem steiferen System

Wird die Steifigkeit des Gebäudes nur mit einer der Beplankungen berechnet, liegt dies für die Bemessung der Verankerungen auf der unsicheren Seite. Dies ist in Zukunft bei der Berechnung von Holztafelwänden in Erdbebengebieten zu berücksichtigen.

Block A4
Die «NEUE» Muster-Holzbaurichtlinie und Zuordnungstabellen von Baustoffen

Zuordnungstabellen für das Brandverhalten von Baustoffen – Folgen für den Holzbau

Hanno Werning
Technische Hochschule Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Zuordnungstabellen für das Brandverhalten von Baustoffen – Folgen für den Holzbau

Bauordnungsrechtliche Vorschriften stellen weltweit Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen in Bauwerken. Diese Anforderungen werden in unterschiedlicher Form gestellt, z.B. verbal mit Begriffen oder mit speziellen Bezeichnungen für die bauaufsichtlichen Anforderungen. Dem gegenüber stehen Leistungsangaben für das Brandverhalten von Baustoffen in Form von Klassen des Brandverhaltens nach verschiedenen nationalen und/oder europäischen Klassifizierungsnormen, z.B. EN 13501-1 [1]. Um diese beiden unterschiedlichen «Sprachen» für Brandverhalten miteinander vergleichen zu können, müssen sie ineinander «übersetzt» werden. Dies geschieht durch die sogenannten Zuordnungstabellen.

Vorbemerkung: Der Beitrag orientiert sich am deutschen Muster-Bauordnungsrecht. Es können Bundesland-spezifische Unterschiede bestehen sowie projektspezifische Festlegungen gelten. Maßgebend sind jeweils die Landesbauordnungen und ggf. projektspezifische genehmigte Brandschutzkonzepte, die von den hier dargestellten Regelungen abweichen können.

1. Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen

Die grundsätzliche Unterscheidung der Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen wird in § 26 Abs. 1 MBO [2] festgelegt. Es werden **nichtbrennbare**, **schwerentflammbare** und **normalentflammbare** Baustoffe unterschieden. Baustoffe, die nicht mindestens normalentflammbar sind, werden als **leichtentflammbar** bezeichnet. Diese dürfen in Deutschland nicht verwendet werden, es sei denn sie werden in Verbindung mit anderen Baustoffen verwendet und sind in dieser Verbindung nicht mehr leichtentflammbar. Grundsätzlich gilt damit gemäß § 26 Abs. 1 MBO, dass alle Bauprodukte mindestens normalentflammbar sein müssen. Die Anforderungen können kombiniert sein mit der Forderung, dass die Baustoffe **nicht brennend abfallen oder abtropfen** dürfen (z.B. § 28 Abs. 3 MBO) oder dass sie eine **geringe Rauchentwicklung** haben müssen. Parallel zu den Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen werden stellenweise Anforderungen an einen **Schmelzpunkt von mindestens 1000°C** für Mineralwolle-Dämmstoffe nach DIN 4102-17 [3] oder eine **Mindest-Rohdichte** von Baustoffen gestellt, die in Verbindung mit den Anforderungen an das Brandverhalten gesehen werden.

Beispiele für bauordnungsrechtliche Anforderungen allgemein und speziell im Holzbau sind:

- Bauteile, die feuerbeständig sein müssen, müssen tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen haben und bei raumabschließenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben (§ 26 Abs. 2 Sätze 1 bis 3 MBO).
- Wenn Bauteile, die hochfeuerhemmend sein müssen, tragende und aussteifende Teile aus brennbaren Baustoffen haben, müssen sie allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben; sofern Bauteile, die hochfeuerhemmend sein müssen, tragende und aussteifende Teile aus nichtbrennbaren Baustoffen haben, bestehen keine solchen Anforderungen an die Brandschutzbekleidung und die Dämmstoffe – raumabschließende Bauteile müssen jedoch eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben (§ 26 Abs. 2 Sätze 1 bis 3 MBO).
- Bauteile, die feuerhemmend sein müssen, dürfen (vollständig) aus normalentflammbaren Baustoffen bestehen (§ 26 Abs. 2 Sätze 1 bis 3 MBO).
- In notwendigen Treppenräumen und in notwendigen Fluren müssen Wände und Decken aus brennbaren Baustoffen eine Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen in ausreichender Dicke haben (§ 35 Abs. 5 Nr. 2 und § 36 Abs. 6 Nr. 2 MBO);

MVV TB 2023/1 A 2.1.12 [4] konkretisiert dies derart, dass diese Anforderung z.B. mit einer 12,5 mm dicken Gipsplatte erfüllt wird.
- Dämmstoffe in hochfeuerhemmenden Bauteilen in Holzrahmen- und Holztafelbauweise für Gebäude der Gebäudeklasse 4 müssen nichtbrennbar sein und einen Schmelzpunkt ≥ 1000°C entsprechend DIN 4102-17 aufweisen (MHolzBauRL 2020-10 [5]).
- Mit nichtbrennbaren Gipsfaserplatten mit einer Mindestrohdichte von 1000 kg/m³ nach europäisch technischer Bewertung mit jeweils bestimmter Dicke und Befestigung gilt die Anforderung nach Verhinderung der Entzündung tragender und aussteifender Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen nach MHolzBauRL 2020-10 Abschnitte 4.2 und 5.2 als erfüllt.

Auch in der erwarteten «neuen» Holzbau-Richtlinie, zu der im Herbst 2023 ein Anhörungsverfahren begonnen hat, sind entsprechende Anforderungen enthalten [6].

2. Leistungsangabe zum Brandverhalten nach EN 13501-1 und DIN 4102-1

EN 13501-1 [1] wird zur Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen auf europäischer Ebene genutzt. Diese Klassifizierung ist obligatorisch für Bauprodukte im Geltungsbereich harmonisierter Normen nach der Bauproduktеverordnung (BauPVO) [7], wenn in den jeweiligen harmonisierten Normen das Brandverhalten als Wesentliches Merkmal enthalten ist. Dasselbe gilt für Bauprodukte mit Europäischer Technischer Bewertung, bei denen das Brandverhalten ein Wesentliches Merkmal ist. Für solche Bauprodukte muss eine Leistungserklärung (LE) erstellt und die CE-Kennzeichnung angebracht werden. Für andere Baustoffe und Bauprodukte, für die keine LE aufgrund der BauPVO erstellt werden muss und die keine CE-Kennzeichnung aufgrund der BauPVO tragen, sind in Deutschland Klassifizierungen nach DIN 4102-1 [8] erforderlich.

Für die unterschiedlichen Klassifizierungen müssen in verschiedenen Prüfungen der Baustoffe jeweils bestimmte Grenzwerte eingehalten werden. Insgesamt ergeben sich nach EN 13501-1 für Baustoffe außer Bodenbeläge, Kabel (elektrische Leitungen) und Bedachungen 40 verschiedene mögliche Leistungsangaben zum Brandverhalten (Tabelle 1). Dieselben Möglichkeiten bestehen für lineare Rohrdämmstoffe, deren Klassifizierung durch einen zusätzlichen Index «L» hinter der grundlegenden Klasse gekennzeichnet werden (z.B. $A2_L$ - s1,d0). Bodenbeläge, Kabel und Bedachungen folgen anderen Klassifizierungssystemen, auf die in diesem Beitrag nicht weiter eingegangen werden soll.

Tabelle 1: Mögliche Leistungsangaben nach EN 13501-1 für das Brandverhalten von Baustoffen (ohne Bodenbeläge, Kabel und Bedachungen); gilt analog für lineare Rohrdämmstoffe, dann mit zusätzlichem Index «L» hinter der Klassenangabe (z.B. C_L - s2,d0)

A1		
A2 – s1,d0 A2 – s2,d0 A2 – s3,d0	A2 – s1,d1 A2 – s2,d1 A2 – s3,d1	A2 – s1,d2 A2 – s2,d2 A2 – s3,d2
B – s1,d0 B – s2,d0 B – s3,d0	B – s1,d1 B – s2,d1 B – s3,d1	B – s1,d2 B – s2,d2 B – s3,d2
C – s1,d0 C – s2,d0 C – s3,d0	C – s1,d1 C – s2,d1 C – s3,d1	C – s1,d2 C – s2,d2 C – s3,d2
D – s1,d0 D – s2,d0 D – s3,d0	D – s1,d1 D – s2,d1 D – s3,d1	D – s1,d2 D – s2,d2 D – s3,d2
E		E – d2
		F

Um zu beurteilen, ob «Mindest»-Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen eingehalten werden, ist es notwendig, das Klassifizierungssystem zu kennen und zu wissen, welche der Leistungsangaben jeweils «besser» ist. Dabei müssen stets alle (bis zu drei) relevanten Komponenten der Anforderung in das Urteil mit einbezogen werden.

- Die grundlegenden Klassen F bis A1 werden von F bis B, danach A2 und schließlich A1 immer besser.
- Bei der Brandnebenerscheinung Rauch (s für engl. smoke) ist s3 die schlechteste und s1 die beste Leistung (unbeschränkte bzw. am stärksten beschränkte Rauchentwicklung)
- Beim brennenden Abtropfen oder Abfallen (d für engl. droplets) ist d2 die schlechteste und d0 die beste Leistung (unbeschränktes bzw. kein brennendes Abtropfen oder Abfallen)

Für die Klassen A1 und F werden keine Brandnebenerscheinungen angegeben. A1 impliziert jedoch s1 und d0. Für die Klasse E erfolgt keine Angabe zur Rauchentwicklung s; tritt brennendes Abtropfen oder Abfallen auf, wird zur Klasse E zusätzlich d2 angegeben, Klasse E ohne Zusatzangabe bedeutet, dass der Baustoff nicht brennend abtropft oder abfällt (entspricht d0).

Nach **DIN 4102-1** werden 5 grundlegende Klassen unterschieden, zu denen teilweise ebenfalls Zusatzangaben zur Rauchentwicklung (Messwert in der Einheit «% · min» oder Leistungsangabe im Wortlaut) sowie zum brennenden Abfallen oder Abtropfen möglich sind (Tabelle 2).

Tabelle 2: Mögliche Leistungsangaben nach DIN 4102-1 für das Brandverhalten von Baustoffen (ohne Bedachungen)

Klasse	Mögliche Zusatzangaben
A1	-
A2	-
B1	Zum brennenden Abtropfen oder Abfallen: • „brennend abtropfend oder abfallend" (keine Zusatzangabe bedeutet traditionell: „kein brennendes Abtropfen oder Abfallen") Zum Rauch: Messwert I „Integral der Rauchdichte" in %*min • „starke Rauchentwicklung", d.h. I > 400 %*min • „begrenzte Rauchentwicklung", d.h. I ≤ 400 %*min (keine Zusatzangabe bedeutet nach Norm: begrenzte Rauchentwicklung)
B2	• „brennend abtropfend oder abfallend" (keine Zusatzangabe bedeutet traditionell: „kein brennendes Abtropfen oder Abfallen")
B3	-

3. Zuordnung der Leistungsangaben zu den Anforderungen

In Deutschland wird die Zuordnung der Leistungsangaben zum Brandverhalten nach EN 13501-1 oder DIN 4102-1 in **Anhang 4 der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen** [4] festgelegt. Tabelle 3 zeigt einen Auszug aus Tabelle 1.2 von Anhang 4 MVV TB Ausgabe 2023/1 (Spalte 3 für lineare Rohrdämmstoffe und Spalte 4 für Bodenbeläge wurden hier herausgenommen). Diese dient der Zuordnung von **Leistungsangaben nach EN 13501-1** in LE und CE-Kennzeichnungen aufgrund der BauPVO zu den Begriffen der bauaufsichtlichen Anforderungen. Eine wesentliche Änderung gegenüber früheren Fassungen verbirgt sich in den Fußnoten der Tabelle für die Einträge mit einem oder zwei Sternchen (Asterisk) in Spalte 2, Zeilen 1, 2, 3 und 5.

Über die Fußnoten wird festgelegt, dass die jeweiligen bauaufsichtlichen Anforderungen an das Brandverhalten, für die mindestens die Brandnebenerscheinung s1 in der Klassifizierung benötigt wird, nur dann zugeordnet werden können, wenn

- entweder die Klassifizierung über eine der genannten CWFT-Entscheidungen erreicht wurde (also keine unmittelbare Prüfung des Brandverhaltens erfolgt ist, sondern die Klasse aufgrund anderer Kriterien bestimmt worden ist);
- oder die Klassifizierung auf einem SBI-Test (EN 13823 [9]) nach einer Fassung vor 2020 basiert
- oder beim SBI-Test (EN 13823) in der Fassung 2020 das Prüfergebnis TSP_{600s} einen Wert von höchstens 35 m² ergeben hat.

Ergänzender Hinweis: Zu EN 13823:2020 (sog. SBI-Test [9]) ist zwischenzeitlich die Änderung EN 13823/A1:2022 erschienen. Beide Dokumente sind in DIN EN 13823:2023-04 konsolidiert und fast gleichzeitig mit MVV TB 2023/1 veröffentlicht worden. MVV TB 2023/1 berücksichtigt diese neue Fassung noch nicht. Da die Sachverhalte, welche die hier beschriebene MVV TB Änderung begründen, nicht geändert wurden, müssen die Anforderungen auch auf «jüngere» Ausgaben von EN 13823 übertragen werden (vgl. dazu unten zu MVV TB 2024/1).

Obwohl die Aufzählung der CWFT-Entscheidungen in der Fußnote der Tabelle 1.2 von Anhang 4 der MVV TB (hier Tabelle 3) nach vielen verschiedenen Produkten aussieht, profitieren von der Regelung nur wenige Bauprodukte. Ob die Klassifizierung eines Bauproduktes auf CWFT-Entscheidungen basiert, kann in der Leistungserklärung erkennbar sein: Wenn im Abschnitt «System(e) zur Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit» der LE für das Brandverhalten das AVCP-Verfahren 4 angegeben ist, basiert die Klassifizierung auf CWFT-Entscheidungen. Bei anderen AVCP-Verfahren (3, 2+, 1 oder 1+) liegt keine Klassifizierung aufgrund von CWFT vor. Allerdings wird nicht in allen Leistungserklärungen angegeben, für welche Merkmale welches AVCP-Verfahren angegeben wird: Stellenweise geben Leistungserklärungen nur das höchste AVCP-Verfahren an, das mindestens einer der erklärten Leistungen zugrunde liegt.

Die Zuordnungstabellen in MVV TB Anhang 4 geben jeweils die «mindestens erforderliche» Klasse an (vgl. Tabelle 3). «Bessere» Klassen können derselben bauaufsichtlichen Anforderung zugeordnet werden. Deshalb ist es wichtig, das Klassifizierungssystem zu kennen (vgl. Abschnitt 2 in diesem Beitrag).

Leider bleibt im konkreten Kontext unklar, wie mit der Klasse A1 («besser» als A2 – s1,d0) umgegangen werden soll. Denn diese kann unter bestimmten Bedingungen auch auf einer SBI-Prüfung nach EN 13823 basieren – das ist jedoch nicht zwingend der Fall. Ob die Klassifizierung A1 (auch) auf einer SBI-Prüfung basiert, ist am Ergebnis nicht ersichtlich. Falls dies der Fall ist, müssen in der SBI-Prüfung auch die Kriterien für s1 eingehalten sein, um A1 zu erreichen. Somit stellt sich die Frage, wie in diesen Fällen mit der neuen Grenze für TSP_{600s} umgegangen werden soll. Aus Sicht des Verfassers geht dies aus der aktuellen Tabelle nicht eindeutig hervor. Die Zweifel werden durch den fehlenden Bezug auf die sog. «deemed to satisfy»-Liste nach Entscheidung der Kommission (96/603/EG aktuelle Fassung) und die vorhandenen CWFT-Beschlüsse für A1-Klassifizierungen geschürt. Die «deemed to satisfy»-Liste erlaubt – analog zu den explizit aufgeführten CWFT-

Regelungen für andere Klassen des Brandverhaltens – für bestimmte Produkte die Leistungsangabe A1 unter definierten Bedingungen. Es erscheint ratsam, bei A1-Klassifizierung auf Grundlage einer SBI-Prüfung auch (!) die TSP_{600s}-Grenze zu beachten. In Analogie zu den Regelungen für andere Mindest-Klassifizierungen mit s1 kann die TSP_{600s}-Begrenzung bei Leistungsermittlung über die «deemed to satisfy»-Liste, CWFT oder über SBI-Prüfung auf Grundlage von EN 13823 vor 2020 vernachlässigt werden.

Tabelle 3: MVV TB 2023/1, Anhang 4, Tabelle 1.2 (gekürzt; Verweise siehe im Original [4])

	Bauaufsichtliche Anforderung	Mindestens erforderliche Leistungen Bauprodukte, ausgenommen lineare Rohrdämmstoffe und Bodenbeläge	weitere Merkmale (ausgenommen Bodenbeläge)
	1	2	5
1	nichtbrennbar	A2 – s1,d0*	Angabe: Glimmverhalten gemäß 1.3 und soweit erforderlich Rohdichte
2	nichtbrennbar und zusätzlich Schmelzpunkt > 1000 °C	A2 – s1,d0*	Angabe: Schmelzpunkt von mindestens 1000 °C und Glimmverhalten gemäß 1.3 und soweit erforderlich Rohdichte
3	schwerentflammbar und nicht brennend abfallend oder abtropfend, sowie geringe Rauchentwicklung	C – s1,d0**	Angabe: Glimmverhalten gemäß 1.3 und soweit erforderlich Rohdichte
4	schwerentflammbar und nicht brennend abfallend oder abtropfend	C – s2,d0	
5	schwerentflammbar und geringe Rauchentwicklung	C – s1,d2**	
6	schwerentflammbar	C – s2,d2	
7	normalentflammbar und nicht brennend abfallend oder abtropfend	E	-
8	normalentflammbar	E – d2	-

* Bei Prüfung gemäß EN 13823:2020 $TSP_{600s} \leq 35$ m²; diese Angabe ist nicht erforderlich bei Bauprodukten, deren Brandverhalten nach CWFT-Entscheidungen 2003/43/EG vom 17.01.2003 (Abl. L13/35), 2003/593/EG vom 07.08.2003 (Abl. L201/35), 2006/673/EG vom 05.10.2006 (Abl. L276/77) und 2010/83/EU vom 09.02.2010 (Abl. L38/13) sowie delegierte Verordnung (EU) 2017/1228 vom 20.03.2017 (Abl. L177/4) der Europäischen Kommission ohne Prüfung in die Klasse A2 – s1,d0 eingestuft ist.

** Bei Prüfung gemäß EN 13823:2020 $TSP_{600s} \leq 35$ m²; diese Angabe ist nicht erforderlich bei Bauprodukten, deren Brandverhalten nach CWFT-Entscheidungen 2003/43/EG vom 17.01.2003 (Abl. L13/35) und 2007/348/EG vom 15.05.2007 (Abl. L131/21) der Europäischen Kommission ohne Prüfung in die Klasse B – s1,d0 eingestuft ist.

Die Einführung der beiden Fußnoten in Tabelle 1.2 von Anhang 4 MVV TB hat weitreichende Folgen: Nur wenn die LE eines Produktes vor dem 20.5.2020 (Verfügbarkeit von EN 13823:2020) ausgestellt worden ist, ändert sich zunächst nichts zu früheren MVV TB-Ausgaben. Bei jüngeren LE führt die neue Regelung jedoch zu Mehraufwand sowohl für die Personen, die Bauprodukte verwenden, als auch für Personen, die in die Bauleitung oder Bauüberwachung eingebunden sind: Sie müssen die ausreichende Entscheidungsgrundlage beschaffen, ob ein gegenständliches Produkt der bauaufsichtlichen Anforderung «nichtbrennbar» zugeordnet werden kann. Dabei bestehen folgende Schwierigkeiten:

- Aus LE und CE-Kennzeichnung der Bauprodukte ist nicht in allen Fällen ersichtlich, ob die Leistungsangabe auf Prüfung oder auf CWFT / «Deemed to satisfy» beruht. Wird für alle erklärten Merkmale oder speziell für das Brandverhalten AVCP 4 angegeben, dann ist CWFT / «Deemed to satisfy» gegeben.
- Aus LE und CE-Kennzeichnung ist nicht ersichtlich, ob die Prüfung nach EN 13823 Ausgabe 2020 (oder später) oder nach einer früheren Ausgabe erfolgt ist (sofern die LE nicht vor 20.5.2020 datiert ist).
- Aus LE und CE-Kennzeichnung ist der Wert des Prüfergebnis TSP_{600s} nicht ersichtlich.
- Es ist diskutabel, ob die herstellenden Unternehmen den TSP_{600s}-Wert angeben dürfen. Denn nach Art. 8 Abs. 3 BauPVO ist die CE-Kennzeichnung für Produkte im Geltungsbereich der BauPVO «*die einzige Kennzeichnung, die die Konformität des Bauprodukts mit der erklärten Leistung in Bezug auf die Wesentlichen Merkmale, die von dieser harmonisierten Norm oder der Europäischen Technischen Bewertung erfasst sind, bescheinigt*». Das Brandverhalten selbst ist (meist) ein Wesentliches Merkmal der Bauprodukte, der TSP_{600s}-Wert ist ein Teil davon – er fließt in die Klassifizierung nach EN 13501-1 ein und kann damit als «erfasst» angesehen werden.
- Es gibt keinerlei Rechtsgrundlage für oder Anspruch auf eine Angabe des TSP_{600s}-Wert durch die herstellenden Unternehmen. Folglich könnte es nicht nur bei im EU-Binnenmarkt grenzüberschreitend gehandelten Bauprodukten für Verwender*innen schwierig sein, diesen Wert in Erfahrung zu bringen.

Trotzdem werden diese Angaben benötigt, wenn ein Produkt nach bauaufsichtlichen Anforderungen nichtbrennbar (oder schwerentflammbar mit geringer Rauchentwicklung) sein muss und die LE ab dem 20.5.2020 ausgestellt worden ist. Wenn keine entsprechende bauaufsichtliche Anforderung besteht, braucht darauf keine Rücksicht genommen zu werden. Ein Textvorschlag für eine Anfrage an die herstellenden Unternehmen enthält der folgende Kasten.

Textvorschlag für Anfrage an herstellende Unternehmen

Guten Tag,
Ihr Produkt … weist in der Leistungserklärung … vom … zum Brandverhalten die Klasse A2 – s1,d0 [oder A1] aus. Für die Zuordnung zur bestehenden bauaufsichtlichen Anforderung «nichtbrennbar» müssen mir nach MVV TB 2023/1 Anhang 4 Tabelle 1.2 weitere Angaben vorliegen. Geben Sie mir deswegen bitte schriftlich an:

- Wurde die Leistung aufgrund einer der CWFT-Regelungen 2003/43/EG, 2003/593/EG, 2006/673/EG, 2010/83/EU, (EU) 2017/1228, 2010/737/EU, 2010/738/EU oder 96/603/EG (wie geändert) der EU-Kommission ermittelt?
- Wurde die Leistung durch SBI-Prüfung auf Grundlage von EN 13823 in einer älteren Fassung als Ausgabe 2020 ermittelt?
- Falls die Leistung durch SBI-Prüfung nach EN 13823:2020 (oder jünger) ermittelt worden ist: Welcher Wert für das (Teil-)Ergebnis TSP_{600s} liegt der Klassifizierung zugrunde?
- [Nur bei «glimm-gefährdeten» Produkte nach MVV TB 2023/1 Anhang 4 Abschnitt 1.3] Wie ist das Ergebnis der Prüfung des genannten Bauproduktes nach EN 16733:2016?

Vielen Dank.
Freundliche Grüße …

Es stellt sich darüber hinaus die Frage, warum in Anhang 4 Tabelle 1.2 MVV TB der Schmelzpunkt (von Mineralwolle-Dämmstoffen) an die Zuordnung zum Brandverhalten gekoppelt wird. An dieses Merkmal werden zwar häufig Anforderungen im Zusammenhang mit Brandschutzaspekten gestellt, aber es beeinflusst (anders als Schwelen/Glimmen) wohl nicht die zugrundeliegenden Überlegungen hinter § 26 Abs. 1 MBO zum Brandverhalten von Baustoffen. Es steht auch nicht im Kontext der langjährig dem nationalen Verständnis von «nichtbrennbar» oder «schwerentflammbar» zugrunde liegenden Prüfszenarien aus DIN 4102-1. stellenweise bestehen auch Anforderungen an die Dichte von Baustoffen, wofür obige Aussagen analog gelten.

Anforderungen an Schmelzpunkt und Dichte können fraglos isoliert betrachtet werden und müssen selbstverständlich beachtet werden, sollten jedoch von der Zuordnung zur bauaufsichtlichen Anforderung an das Brandverhalten entkoppelt werden.
Bauprodukte, die zwar die Brandnebenerscheinung s1 ausweisen, aber bei Prüfung auf Grundlage von EN 13823:2020 ein TSP_{600s} > 35 m² haben, rutschen in die nächst-schlechtere Klasse ab, deren Mindest-Kriterien sie erfüllen: Sie gelten somit (nur) als «schwerentflammbar und nicht brennend abfallend oder abtropfend» (Tabelle 3 in diesem Beitrag, Zeile 4); die Mindestanforderung für «schwerentflammbar und geringe Rauchentwicklung und nicht brennend abfallend oder abtropfend» (Tabelle 3 in diesem Beitrag, Zeile 3) erfüllen sie ja nicht, dort wäre auch die TSP_{600s}-Grenze zusätzlich zu s1 gefordert. Bauprodukte mit Klasse B - s1,d0 oder C - s1,d0, die bei Prüfung nach EN 13823:2020 ein TSP_{600s} > 35 m² haben, gelten ebenfalls als «schwerentflammbar und nicht brennend abfallend oder abtropfend». Eine Übersicht der Zuordnung für ausgewählte Anforderungen an das Brandverhalten zu allen möglichen Klassen nach EN 13501-1 in Anlehnung an Anhang 4 Tabelle 1.2 MVV TB 2023/1 zeigt Tabelle 4. Darin sind die Zeilen 3, 5 und 7 aus der MVV TB vernachlässigt, weil diese Anforderungen nicht in bauaufsichtlichen Standard-Anforderungen vorkommen. Auf Zeile 2 wurde verzichtet, weil – wie oben beschrieben – der Schmelzpunkt von Dämmstoffen aus Mineralwolle von der Zuordnung zum Brandverhalten entkoppelt werden sollte, und sie dadurch mit Zeile 1 zusammenfällt. Dafür wurden diejenigen (möglichen) Leistungsangaben hinzugefügt, die zu «leichtentflammbar» im Sinne der MBO führen würden. Abbildung 1 zeigt zusätzlich ein Ablaufdiagramm, wie die Leistungsangaben A1 oder A2 - s1,d0 in LE den Begriffen bauaufsichtlicher Anforderungen zugeordnet werden können. Für Bauprodukte, die schwerentflammbar sein müssen (auch für lineare Rohrdämmstoffe) – sei hier daran erinnert, dass bereits seit MVV TB 2019/1 die Brandnebenerscheinung s2 erforderlich ist! Bei Brandnebenerscheinung s3 sind Produkte aller Klassen (nur) normalentflammbar.

Hinweis zu MVV TB 2024/1:

Am 26.08.2024 hat das DIBt (kurz vor Redaktionsschluss des Tagungsbandes) MVV TB 2024/1 veröffentlicht [10]. Bemerkenswerterweise wird in der Fußnote zu Tabelle 1.2 von Anhang 4 zu MVV TB 2024/1 nicht mehr Bezug auf EN 13823:2020 genommen, sondern auf die bereits erwähnte geänderte Fassung EN 13823:2023. Damit stellt sich die Frage, wie zukünftig mit Bauprodukten umgegangen werden soll, deren Brandverhalten mit EN 13823:2020 ermittelt worden ist. Angesichts der skizzierten Zusammenhänge ist es dringend angeraten, trotz dieser Änderungen der MVV TB Anhang 4 auch (weiterhin) die beschriebenen Verfahren auch bei Klassifizierung auf Grundlage von EN 13823:2020 anzuwenden.

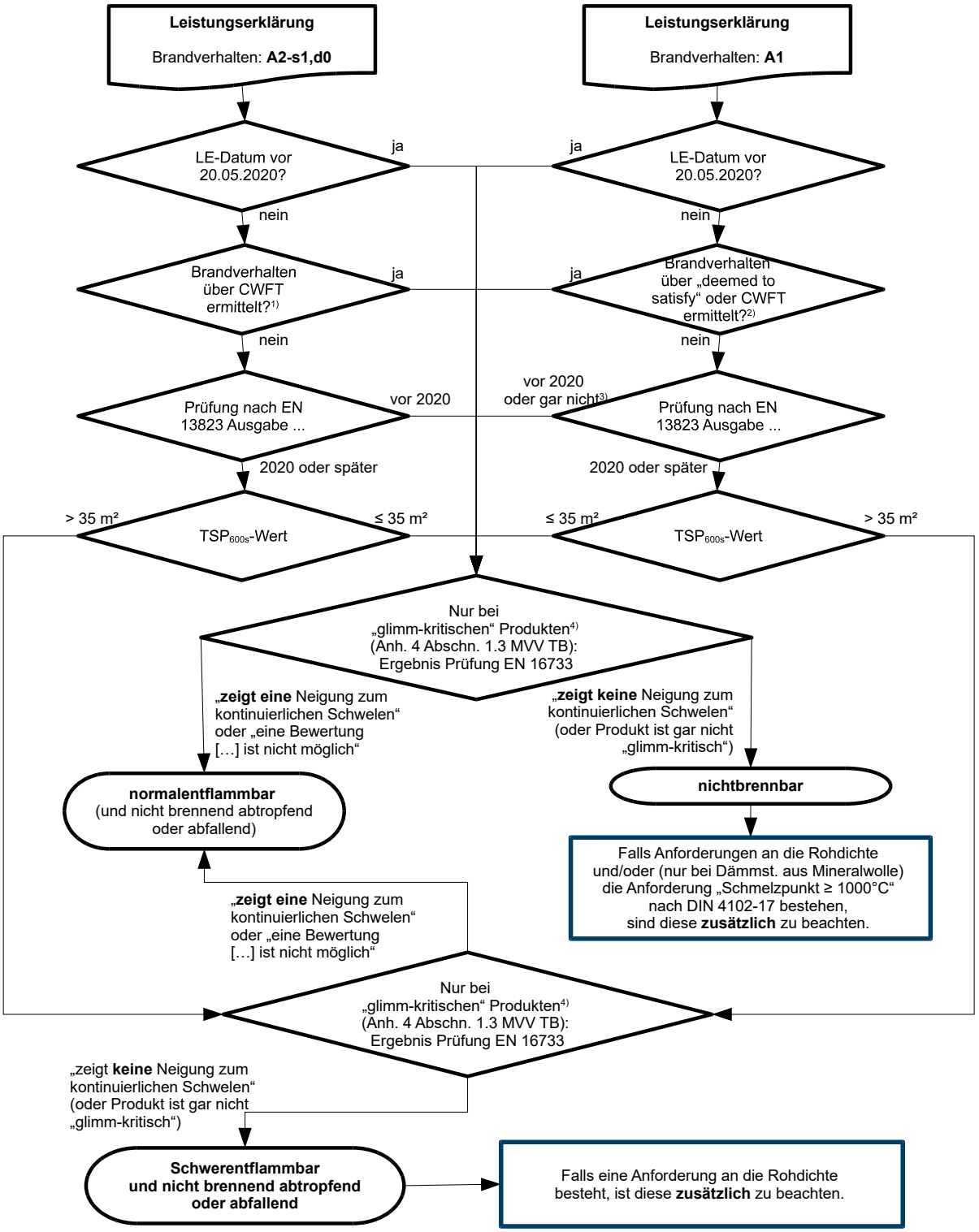
Die Zuordnung von **Leistungsangaben nach DIN 4102-1** (für Bauprodukte außerhalb des Geltungsbereiches der BauPVO) zu den Begriffen der bauaufsichtlichen Anforderungen dient Tabelle 1.1 von Anhang 4 MVV TB (in diesem Beitrag Tabelle 5). Neben den bekannten Klassen A1, A2, B1, B2 und B3 werden auch hier die möglichen Zusatzangaben zur Rauchentwicklung und zum brennenden Abfallen oder Abtropfen berücksichtigt. Während früher lediglich beim Auftreten starker Rauchentwicklung (Messwert I > 400 %*min) oder bei Auftreten von brennendem Abfallen oder Abtropfen eine entsprechende zusätzliche Angabe zur eigentlichen Klasse erforderlich war, wird seit MVV TB 2019/1 gefordert: «*Für Bauprodukte – ausgenommen Bodenbeläge – werden bei den Prüfungen […] Ergebnisse über das brennende Abtropfen oder das Abfallen brennender Probenteile bzw. […] Werte über die Rauchentwicklung festgestellt. Diese Ergebnisse und die Werte sind – ausgenommen für Bodenbeläge – vom Hersteller anzugeben.*» Dies hat sich trotz 5-jähriger Gültigkeit noch nicht verbreitet in der Praxis durchgesetzt.

Tabelle 4: Zuordnung für ausgewählte Anforderungen an das Brandverhalten zu Klassen nach EN 13501-1 in Anlehnung an MVV TB 2023/1 Anhang 4 Tabelle 1.2 für Baustoffe außer Bodenbeläge und lineare Rohrdämmstoffe

<table>
<tr><th>Bauaufsichtliche Anforderung</th><th>Mindestens erforderliche Klasse</th><th colspan="3">weitere mögliche Klassen bis zur nächsthöheren bauaufsichtlichen Anforderung</th></tr>
<tr><td>nichtbrennbar*</td><td>A2 - s1,d0
entweder CWFT für Gipsplatten EN 520 / Spachtelmassen EN 13963 / Putze EN 998-1
oder Prüfung nach EN 13823 vor 2020;
nur im Fall einer Klassifizierung auf Basis von Prüfung nach EN 13823 ab 2020 ist zusätzlich TSP_{600s} ≤ 35 m² erforderlich</td><td colspan="3">A1
nur im Fall einer Klassifizierung auf Basis von Prüfung nach EN 13823 ab 2020 zusätzlich TSP_{600s} ≤ 35 m² erforderlich</td></tr>
<tr><td rowspan="6">schwerentflammbar und nicht brennend abfallend oder abtropfend*</td><td rowspan="6">C - s2,d0</td><td colspan="3">A1
im Fall einer Klassifizierung auf Basis von Prüfung nach EN 13823 ab 2020 mit TSP_{600s} > 35 m²</td></tr>
<tr><td colspan="3">A2 - s1,d0
im Fall einer Klassifizierung auf Basis von Prüfung nach EN 13823 ab 2020 mit TSP_{600s} > 35 m²</td></tr>
<tr><td>A2 - s2,d0</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>B - s1,d0</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>B - s2,d0</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>C - s1,d0</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">schwerentflammbar*</td><td rowspan="6">C - s2,d2</td><td></td><td>A2 - s1,d1</td><td>A2 - s1,d2</td></tr>
<tr><td></td><td>A2 - s2,d1</td><td>A2 - s2,d2</td></tr>
<tr><td></td><td>B - s1,d1</td><td>B - s1,d2</td></tr>
<tr><td></td><td>B - s2,d1</td><td>B - s2,d2</td></tr>
<tr><td></td><td>C - s1,d1</td><td>C - s1,d2</td></tr>
<tr><td></td><td>C - s2,d1</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">normalentflammbar</td><td rowspan="8">E - d2</td><td>A2 - s3,d0</td><td>A2 - s3,d1</td><td>A2 - s3,d2</td></tr>
<tr><td>B - s3,d0</td><td>B - s3,d1</td><td>B - s3,d2</td></tr>
<tr><td>C - s3,d0</td><td>C - s3,d1</td><td>C - s3,d2</td></tr>
<tr><td>D - s1,d0</td><td>D - s1,d1</td><td>D - s1,d2</td></tr>
<tr><td>D - s2,d0</td><td>D - s2,d1</td><td>D - s2,d2</td></tr>
<tr><td>D - s3,d0</td><td>D - s3,d1</td><td>D - s3,d2</td></tr>
<tr><td colspan="3">E</td></tr>
<tr><td>leichtentflammbar**</td><td>NPD**</td><td colspan="3">F**</td></tr>
</table>

* glimm-gefährdete Produkte dürfen bei Prüfung nach EN 16733 keine Neigung zum kontinuierlichen Schwelen zeigen, vgl. MVV TB 2023/1 Anhang 4 Abschnitt 1.3

** *nicht in MVV TB 2023/1 angegeben*



1) dies gilt streng genommen nur für EN 520 (Gipsplatten), EN 13963 (Spachtelmassen) und EN 15824 sowie EN 998-1 (bestimmte Putze); es gibt allerdings bisher keine anderen CWFT-Grundlagen für A2 - s1,d0
2) «deemed to satisfy» für eine Reihe von Produkten, CWFT für EN 13815 (Formteile aus faserverstärktem Gips) und EN 14782 (Stahlbleche mit Polyester- bzw. Plastisol-Beschichtung)
3) Eine Prüfung nach EN 13823 ist für die Klasse A1 nicht zwingend erforderlich
4) EN 438-7, EN 13162, EN 13168, EN 13170, EN 13171, EN 13950, EN 13964, EN 13986, EN 14064-1, EN 14190, EN 14303, EN 15037-4, EN 15498

Abbildung 1: Ablauf-Diagramm zur Zuordnung der Klassen A2 - s1,d0 und A1 nach EN 13501-1 zu bauaufsichtlichen Anforderungen nach MVV TB 2023/1 Anhang 4 Tabelle 1.2

Tabelle 5: MVV TB 2023/1, Anhang 4, Tabelle 1.1

	Bauaufsichtliche Anforderung[b]	**Mindestens erforderliche Baustoffklassen nach DIN 4102-1:1998-05**	**Weitere Merkmale für die Verwendung**
	1	**2**	**3**
1	nichtbrennbar[1,2]	A 2	--
2	schwerentflammbar[2]	B 1	Baustoffe mit Ausnahme Bodenbeläge: begrenzte Rauchentwicklung (I ≤ 400 % x Min. bei Prüfung nach DIN 4102-15:1990-05) bestanden
3	schwerentflammbar[2] und nicht brennend abfallend oder abtropfend	B 1	Kein brennendes Abfallen oder Abtropfen begrenzte Rauchentwicklung (I[a] ≤ 400 % x Min. bei Prüfung nach DIN 4102-15:1990-05) bestanden
4	schwerentflammbar[2] und geringe Rauchentwicklung	B1	geringe Rauchentwicklung (I[a] ≤ 100 % x Min. bei Prüfung nach DIN 4102-15:1990-05) bestanden
5	schwerentflammbar[2] und nicht brennend abfallend oder abtropfend sowie geringe Rauchentwicklung	B1	Kein brennendes Abfallen oder Abtropfen geringe Rauchentwicklung (I[a] ≤ 100 % x Min. bei Prüfung nach DIN 4102-15:1990-05) bestanden
6	normalentflammbar nicht brennend abfallend oder abtropfend	B 2	Kein brennendes Abfallen oder Abtropfen
7	normalentflammbar	B 2	--
	[1] soweit erforderlich zusätzlich Schmelzpunkt > 1000 °C	--	Angabe: Schmelzpunkt von mindestens 1000 °C nach DIN 4102-17:2017-12
	[2] soweit erforderlich zusätzlich Rohdichte	--	Angabe: Rohdichte
	[a] Der Integralwert I der Rauchentwicklung ist durch Bestimmung des Flächeninhalts mittels Rechteckmethode unter der Kurve der Lichtschwächung über die Zeit zu ermitteln, die bei der Prüfung nach DIN 4102-15: 1990-05 während der Beflammungsdauer mittels der Lichtmessstrecke nach DIN 50055:1989-03 mit einer Abtastrate von mindestens einem Messwert je 3 Sekunden aufgezeichnet wird. [b] Soweit für die bauliche Anlage ein Bestandteil verwendet werden soll, der nicht mindestens der Anforderung „normalentflammbar" entspricht (leichtentflammbar), ist § 26 Abs. 1 Satz 2 MBO[1] einzuhalten.		

Es erscheint akzeptabel, gemäß der langjährig geübten Praxis davon auszugehen, dass in den Fällen, wo keine Angabe zum Rauchverhalten vorhanden ist, keine starke Rauchentwicklung (sondern begrenzte Rauchentwicklung) vorhanden war; ebenso wenn keine Angabe zum brennenden Abfallen oder Abtropfen vorliegt, dass dieses nicht aufgetreten ist (vgl. Abschnitt 2 in diesem Beitrag). Wichtig ist die Feststellung, dass (schon seit MVV TB 2017/1) Bauprodukte der Klasse B1 nach DIN 4102-1, die eine starke Rauchentwicklung (I > 1000 %*min) aufweisen, nicht (!) mehr als schwerentflammbar gelten!

Es fällt zudem auf, dass in Tabelle 1.1 (in diesem Beitrag Tabelle 5) nur 7 Zeilen enthalten sind, während Tabelle 1.2 (in diesem Beitrag Tabelle 3) 8 Zeilen hat. Die Zeile Nr. 2 für die Anforderung nichtbrennbar und Schmelzpunkt ≥ 1000°C aus Tabelle 1.2 ist in Tabelle 1.1 nicht enthalten. (Dass in den Tabellen auf der Anforderungsseite jeweils «> 1000°C» anstatt «≥ 1000°C» angegeben ist, ist ein langjähriger Schreib- oder Tippfehler. Die relevanten bauaufsichtlichen Vorschriften fordern einen Schmelzpunkt von «mindestens» 1000°C, auch die Prüfnorm DIN 4102-17 stellt darauf ab.) Die mögliche Anforderung wird hier über die Fußnote 1 berücksichtigt. Wie oben bereits diskutiert, ist die Entkopplung der Anforderung an das Brandverhalten und an den Schmelzpunkt sinnvoll. Insofern stellt dies keinen kritischen Unterschied dar.

Auch in Tabelle 1.1 sind Zeilen vorhanden, die in den Anforderungen des Standard-Bauordnungsrechtes nicht vorkommen. In der Arbeitshilfe für die Zuordnung von häufig benötigten Anforderungen in Tabelle 6 wurden diese Zeilen weggelassen.

Tabelle 6: Zuordnung für ausgewählte Anforderungen an das Brandverhalten zu Klassen nach DIN 4102-1 in Anlehnung an MVV TB 2023/1 Anhang 4 Tabelle 1.1 für Baustoffe außer Bodenbeläge

	Mindestens erforderliche Klasse und zusätzliche Merkmale	weitere mögliche Klassen, ggf. zusätzliche Angaben bis zur nächsthöheren bauaufsichtlichen Anforderung
nichtbrennbar	A2	A1
schwerentflammbar und nicht brennend abtropfend oder abfallend	B1 mit Angabe $I \leq 400$ %*min[1] ohne Angabe «brennend abtropfend oder abfallend»	-
schwerentflammbar	B1 mit Angabe $I \leq 400$ %*min[1] (auch mit Angabe «brennend abtropfend oder abfallend»)	-
normalentflammbar	B2 (auch mit Angabe «brennend abtropfend oder abfallend»)	B1 mit Angabe $I > 400$ %*min[2] (auch mit Angabe «brennend abtropfend oder abfallend»)
leichtentflammbar[*]	*keine Angabe*[*]	*B3*[*]

[*] *nicht in MVV TB angegeben*

[1] stattdessen ist kann auch «begrenzte Rauchentwicklung bestanden» angegeben sein; traditionell bedeutet keine Angabe zur Rauchentwicklung ebenfalls, dass $I \leq 400$ %*min beträgt

[2] stattdessen kann auch «starke Rauchentwicklung» angegeben sein

4. Exkurs: Hintergrund der geänderten Zuordnungstabellen und der Einführung der TSP_{600s}-Beschränkung in D

Mit EN 13823:2020 [9] wurde eine Änderung im Prüfverfahren eingeführt, welche die Mess-Ergebnisse eigentlich «genauer» und vom Prinzip her auch etwas reproduzierbarer macht. Sie soll hier stark vereinfacht dargestellt werden.

Die Prüfeinrichtung nach EN 13823 hat zwei baugleiche Brenner den sog. Hauptbrenner, mit dem die Probekörper in der Prüfung beansprucht werden, und den sog. Nebenbrenner. Der Nebenbrenner dient u.a. der regelmäßigen Kalibrierung der Prüfeinrichtung, um den «Eigenrauch» der Brenner (sozusagen das «Tara» der während der Brandprüfung gemessenen Gesamtrauchmenge also des «Brutto»-Ergebnisses) zu bestimmen. Das Messergebnis abzüglich des Eigenrauches des Brenners ergibt die («Netto»-) Rauchemissionen des geprüften Bauproduktes in der Baustoffklassenprüfung. Der Hauptbrenner kann jedoch – anders als der Nebenbrenner – durch die verschiedenen Brandprüfungen mit der Zeit «verschmutzen», z.B. durch in vorherigen Brandprüfungen in das Brennerbett gefallene Partikel. Dies kann dazu führen, dass der «Eigenrauch» des Hauptbrenners («echtes Tara») größer ist als der «Eigenrauch» des Nebenbrenners («theoretisches Tara»). Die Messergebnisse liegen dadurch jedoch auf der sicheren Seite, weil diese Differenz zwischen «theoretischem Tara» und «echtem Tara» ja dem «Netto-Rauch» des Probekörpers zufällt.

Die Kalibrierung für die Ermittlung der Kennwerte zum Rauch (neben dem hier erwähnten TSP_{600s} auch noch der Kennwert SMOGRA) erfolgte vor Ausgabe 2020 wahlweise täglich am Hauptbrenner oder (seltener) am Nebenbrenner. Seit Ausgabe 2020 ist die Kalibrierung am Hauptbrenner obligatorisch, die Ermittlung der Rauch-Kennwerte darf nicht mehr mit Kalibrierung am Nebenbrenner erfolgen. Da der Hauptbrenner im Allgemeinen etwas mehr «Eigenrauch» erzeugt als der Nebenbrenner, sind die Prüfergebnisse identischer Produkte bei Kalibrierung am Hauptbrenner i.d.R. etwas besser als bei Kalibrierung am Nebenbrenner. Vor 2020 wurde der Prüfstand im Regelfall am Nebenbrenner kalibriert;

nur wenn das beauftragende Unternehmen die Kalibrierung am Hauptbrenner extra beauftragt (und bezahlt) hat, konnte dies schon bisher durchgeführt werden. Seit der Ausgabe 2020 von EN 13823 ist die Kalibrierung am Hauptbrenner obligatorisch. Etwaige Eigenrauch-Differenzen zwischen Haupt- und Nebenbrenner entfallen dadurch. Das führt dazu, dass es Bauprodukte geben kann, die vor 2020 ein (Teil-) Prüfungsergebnis im SBI-Prüfstand von $TSP_{600s} > 50$ m² (als «Netto-Rauch») hatten und so nicht mehr die Brandnebenerscheinung s1 (für geringer Rauchentwicklung) erreicht haben – die jedoch nun, durch die Kalibrierung am Hauptbrenner, ein $TSP_{600s} \leq 50$ m² erzielen und so jetzt die Brandnebenerscheinung s1 erreichen.

5. Fazit

In Deutschland werden die bauaufsichtlichen Anforderungen an das Brandverhalten in den Texten der bauordnungsrechtlichen Regelwerke verbal gestellt. Die Zuordnung erfolgt über Anhang 4 der MVV TB. Darin sind nur die «mindestens erforderlichen» Leistungen angegeben, es bedarf also der detaillierten Kenntnis des Klassifizierungssystems. Für einige bauaufsichtliche Anforderungen – insbesondere die Anforderung nichtbrennbar, die vor allem im mehrgeschossigen Holzbau häufig an Dämmstoffe und Bekleidungen gestellt wird; in bestimmten Fällen jedoch auch für die Anforderung schwerentflammbar – genügen die Angaben aus Leistungserklärungen von Bauprodukten mit Leistungserklärung und CE-Kennzeichnung aufgrund der BauPVO nicht, es werden weitere Leistungsangaben benötigt. Diese müssen beschafft und dokumentiert werden und erzeugen so zusätzlichen Aufwand für die Betroffenen. Der Begrenzung der Rauchentwicklung wird dabei besondere Bedeutung beigemessen.

6. Literatur

[1] EN 13501, z.B. DIN EN 13501-1:2019-05 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten; Deutsche Fassung EN 13501-1:2018

[2] Muster-Bauordnung [für die BRD] – MBO, Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 22./23.09.2022; online verfügbar über https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Rechtsgrundlagen/MBO.PDF (zuletzt geprüft: 09.08.2024)

[3] DIN 4102-17: 2017-12 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 17: Schmelzpunkt von Mineralwolle-Dämmstoffen – Begriffe, Anforderungen und Prüfung

[4] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2023/1 (MVV TB 2023/1) mit Druckfehlerberichtigung vom 10. Mai 2023; online verfügbar über https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/MVVTB_2023-1.pdf (zuletzt geprüft: 09.08.2024)

[5] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) Fassung Oktober 2020; online verfügbar über https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Amtliche_Mitteilungen/2021_04_MHolzBauRL.pdf (zuletzt geprüft: 09.08.2024)

[6] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) Fassung 18. September 2023 (Anhörungs-Dokument); online verfügbar über https://www.is-argebau.de/IndexSearch.aspx?method=get&File=bya892ba82y1b9bbba8a4a8yb9bb92b8y9ya8ayyb9y884b992a2a0a1a0a2a0a1a04b80b8y0k1mvubv51dpq0qry0ftsbuuj (zuletzt geprüft: 09.08.2024)

[7] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates, zuletzt geändert durch Verordnung (EU) 2019/1020 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 20. Juni

2019; «konsolidierte Fassung» online verfügbar über http://data.europa.eu/eli/reg/2011/305/2021-07-16 (zuletzt geprüft: 09.08.2024)

[8] DIN 4102-1:1998-05 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

[9] EN 13823:2020, z.B. DIN EN 13823:2020-09 Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen; Deutsche Fassung EN 13823:2020

[10] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2024/1 (MVV TB 2024/1); online verfügbar über https://www.dibt.de/fileadmin/dibt-website/Dokumente/Referat/P5/Technische_Bestimmungen/MVVTB_2024-1.pdf (zuletzt geprüft: 30.08.2024)

MHolzBauRL 2023 – Aktuelles zur Überarbeitung der Muster-Holzbaurichtlinie

Björn Kampmeier
Hochschule Magdeburg-Stendal
Magdeburg, Deutschland



Felix Steeger
Hochschule Magdeburg-Stendal
Magdeburg, Deutschland



MHolzBauRL 2023 – Aktuelles zur Überarbeitung der Muster-Holzbaurichtlinie

1. Einleitung

Bereits kurz nach Einführung der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (M-HolzBauRL 2020) [1] wurde im Jahr 2021 die Projektgruppe Muster-Holzbaurichtlinie gegründet, um die Richtlinie fortzuschreiben. Dies geschah vor dem Hintergrund neuer Forschungsergebnisse, insbesondere aus dem 2022 abgeschlossenen Forschungsvorhaben TIMpuls [2]. Die Arbeiten hatten zum Ziel die Anwendbarkeit der Holzbauweise weiter zu erleichtern, ohne jedoch dabei das bisherige Sicherheitsniveau zu senken. In diesem Beitrag werden die Inhalte des veröffentlichen Entwurfs der zukünftigen Muster-Holzbaurichtlinie in Fassung vom 18. September 2023 (Entwurf M-HolzBauRL 2023) dargestellt und die Neuerungen gegenüber der M-HolzBauRL 2020 erläutert. Die wesentlichen Neuerungen sind:

- Erweiterung des Anwendungsbereichs
- Ersatz des Kapselkriteriums K durch den Beginn des Abbrands t_{ch}
- Erweiterung der Holztafelbauweise auf die Gebäudeklasse 5
- Vereinfachte Fugenausbildung der Bauteile
- Erweiterte Lösungsmöglichkeiten zur Installationsführung
- Vereinfachte Realisierung ohne zusätzliche Bauartgenehmigungen

Nach deren Erläuterung werden anschließend die im Entwurf M-HolzBauRL 2023 aufgeführten Möglichkeiten zur Realisierung von Holzgebäuden (Brandschutzkonzepte) vorgestellt und deren Anforderungen bzw. Erleichterungen erläutert.

2. Wesentliche Neuerungen gegenüber Ausgabe 2020

2.1. Erweiterung des Anwendungsbereichs

Die M-HolzBauRL 2020 gilt bei Anwendung der Holzmassivbauweise für sogenannte Standardbauten der Gebäudeklassen 4 und 5 und bei Anwendung der Holztafelbauweise uneingeschränkt für die Gebäudeklasse 4. Standardbauten beziehen sich auf eine Wohnnutzung mit Nutzungseinheiten ≤ 200 m². Dieser eingeschränkte Anwendungsbereich wird zukünftig erheblich erweitert.
Der Entwurf M-HolzBauRL 2023 sieht bei Verwendung einer Brandschutzbekleidung mit einem Entzündungsschutz über die gesamte Feuerwiderstandsdauer keine zusätzliche Beschränkung der Größe der Nutzungseinheiten mehr vor. Eine zusätzliche Beschränkung der Nutzungseinheitengröße auf maximal 200 m² ist erst zu berücksichtigen, sofern die Leistungsfähigkeit der Brandschutzbekleidung reduziert wird, bzw. diese in Teilbereichen entfällt. Begründet wird dies mit der Gleichwertigkeit des Brandverhaltens bis zum Versagenszeitpunkt der Brandschutzbekleidung und der Robustheit der berücksichtigten Bauweisen. Sowohl bei der Massivholzbauweise als auch der Holztafelbauweise mit nichtbrennbarer hohlraumfüllender Gefachdämmung ist auch bei einem frühzeitigen punktuellen Versagen der Brandschutzbekleidung nicht mit unkontrollierbar verlaufenden Hohlraumbränden zu rechnen.

Ebenso darf der Entwurf M-HolzBauRL 2023 auch auf Sonderbauten angewendet werden, wenn keine ausgewiesene Nutzung für mobilitätsbeschränkte Personen, wie bei Krankenhäusern, Pflegeheimen oder Justizvollzugsanstalten etc., besteht. Ist dies nicht der Fall kann geprüft werden, ob eine Anwendung der Richtlinie vertretbar ist. Dies geschieht insbesondere unter Berücksichtigung der Anzahl der Nutzer. Hintergrund dieser Regelung ist, dass bereits in der Vergangenheit Schulen und vergleichbare Gebäude in Holz errichtet

wurden, eine Berücksichtigung der M-HolzBauRL 2020 jedoch häufig strittig war. Dies soll hierdurch zukünftig erleichtert werden, um insbesondere die in der M-HolzBauRL 2023 aufgeführten Bauartnachweise auch für Sonderbauten anwendbar zu machen.

2.2. Ersatz des Kapselkriteriums durch t_{ch}

Wesentliches Ziel der Muster-Holzbaurichtlinie ist die Vermeidung schwer bekämpfbarer Hohlraumbrände. Um zu gewährleisten, dass die Feuerwehr sicher und vollständig ein Brandereignis bekämpfen kann, muss die Entstehung von Brandnestern im Bauteil während der gesamten Feuerwiderstandsdauer verhindert werden. Ebenso soll ein unentdecktes Weiterbestehen jener Brandnester innerhalb des Bauteils ausgeschlossen werden.
Das wird erreicht durch:

- die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung,
- die nichtbrennbare Hohlraumdämmung und
- die Minimierung der elektrischen Installationen innerhalb der Bauteile.

Die Brandschutzbekleidung soll allseitig und durchgängig aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen. Zentrales Kriterium für die Klassifizierung ist das Kapselkriterium «K» nach DIN EN 14135:2004-11 [3]. Es gilt als erfüllt, wenn keine Brand- oder Verkohlungserscheinungen auf der Holz- oder Holzwerkstoffoberfläche zu erkennen sind und im Mittel 270 °C und im Maximum 290 °C nicht überschritten werden. Folgende Kriterien dürfen nach DIN EN 13501-2:2016-12 [4] bei einer Brandraumtemperatur nach Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) nicht überschritten werden:

- die Anfangstemperatur der brandseitigen Spanplattenoberfläche darf im Mittel um nicht mehr als 250 °C überschritten werden,
- die Anfangstemperatur der brandseitigen Spanplattenoberfläche darf im Maximum um nicht mehr als 270 °C überschritten werden und
- es darf keine Entzündung oder Verkohlung an der Holzspanplattenoberfläche entstehen.

Eine Verfärbung der Trägerplatte wird noch nicht als Verkohlung angesehen. Im Folgenden wird von einer mittleren Raumtemperatur von 20 °C ausgegangen. Wenn demzufolge Bezug auf Temperaturen von 270 °C im Mittel oder 290 °C im Maximum genommen wird, geschieht dies unter Voraussetzung dieser mittleren Raumtemperatur.

Im Brandfall besteht der höchste Wärmeeintrag bei einer Wandkonstruktion aus Holz über die Verbindungsmittel, mit denen die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung auf der Holzkonstruktion befestigt wird. Diese kritischen Punkte sind für die gesamte Brandschutzbekleidung bemessungsentscheidend, wenn auch hier über die gesamte Feuerwiderstandsdauer eine Verkohlung ausgeschlossen werden soll. Diese Anforderung führt dazu, dass bei einer klassifizierten $K_2$60-Bekleidung, bestehend aus 2 x 18 mm GKF-Platten, zur 60 Minute auf der Holzoberfläche im Mittel nur eine Temperatur von etwa 140 °C vorliegt, siehe Abbildung 1.

Dieses Phänomen wurde bereits im Forschungsvorhaben «Optimierung K60» [6] detailliert im Labormaßstab untersucht. Im Cone Kalorimeter wurden Brandschutzbekleidungen mittels 3,9 mm starker Schnellbauschraube auf einer Indikatorplatte befestigt und durch einen elektrischen Strahler erwärmt, bis eine zuvor festgelegte Temperatur in der «ungestörten» Grenzschicht zwischen Brandschutzbekleidung und Indikatorplatte erreicht wurde. Abbildung 2 zeigt die dabei auftretenden Verfärbungs- Und Verkohlungserscheinungen in Abhängigkeit der Temperatur.

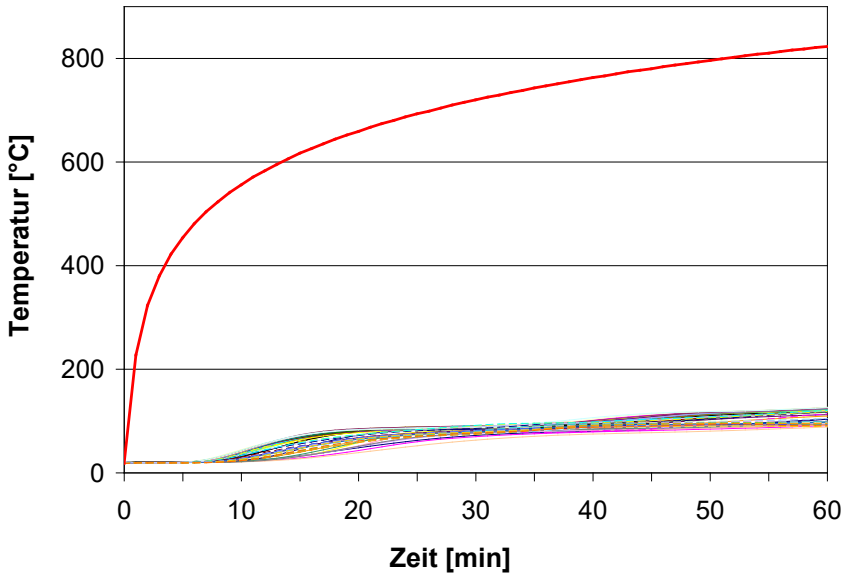


Abbildung 1: Temperaturverlauf hinter K60-Brandschutzbekleidung [5]

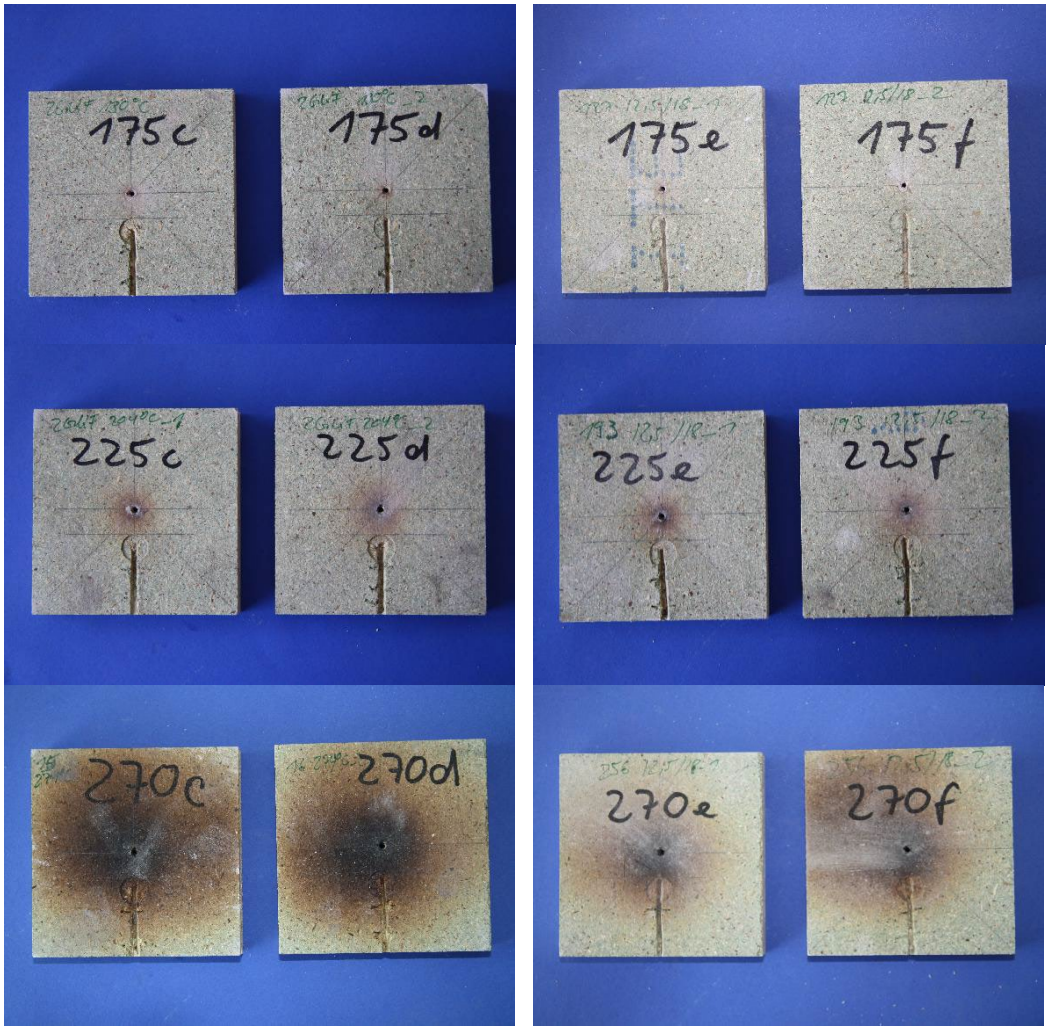


Abbildung 2: Darstellung der Verkohlungsbilder im Bereich einer Schnellbauschraube bei 175 °C, 225 °C und 270 °C [6]

Die Verkohlungsbilder bei 175 °C entsprechen in etwa dem Sicherheitsniveau einer Kapselbekleidung nach DIN EN 14135:2004-11, wie sie bisher in der M-HolzBauRL 2020 gefordert wird. Die Verkohlungsbilder bei 270 °C Oberflächentemperatur geben einen Eindruck zum Sicherheitsniveau einer t_{ch} -Bekleidung (Oberflächentemperatur 300 °C).

Die Untersuchungen haben jedoch insgesamt gezeigt, dass es nur unter äußerst ungünstigen Umständen durch ein metallisches Verbindungsmittel zu einer frühzeitigen Entzündung bzw. zu einem Weiterglimmen von Holz kommen kann. Diese Randbedingungen liegen jedoch bei üblichen Konstruktionen in Holzbauweise im Allgemeinen nicht vor.
Im Forschungsvorhaben TIMpuls konnte diese Erkenntnis, dass es auch bei einer t_{ch}-Bekleidung über die genannte Schutzdauer nicht zu selbstständig verlaufenden Hohlraumbränden kommt, durch Brandversuche im Realmaßstab konservativ bestätigt werden. So konnte gezeigt werden, dass es bei einer Brandschutzbekleidung bestehend aus 2 x 18 mm dicken Gipsplatten und einer 90-minütigen ETK-Beflammung keine selbstständig verlaufenden Hohlraumbrände aufgetreten sind, siehe Abbildung 3. Dieses Ergebnis konnte zudem bei eine konservativ gewählte Naturbrandkurve bestätigt werden.



Abbildung 3: Verkohlungserscheinungen hinter 2 x 18 mm dicken Brandschutzbekleidungen, nach 90-minütiger ETK-Beflammung (links) und nach 90-minütiger Naturbrandbeanspruchung «TIMpuls_NB1» (rechts) [2]

2.3. Erweiterung der Holzbauweise auf die GK5

In der Gebäudeklasse 4 wird die Größe der Nutzungseinheiten auf maximal 400 m² begrenzt. In der Gebäudeklasse 5 sind auf Grund von Nutzungseinheiten bis 1600 m² durchaus nicht von der Feuerwehr beherrschbare Brandszenarien möglich. Hinzu kommt, dass auf Grund der Gebäudehöhe und erhöhten Anzahl der Nutzer auch die Personenrettung erschwert ist. Die Schadensfolge ist somit in der Gebäudeklasse 5 deutlich größer als in der Gebäudeklasse 4. Der Gesetzgeber begegnet diesem insgesamt höheren Brandrisiko vor allem durch die Bauteilanforderung feuerbeständig. Neben einer höheren Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten ist für feuerbeständige Bauteile gefordert, dass diese im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.
Die Möglichkeit baurechtskonform Holzbauten in der Gebäudeklasse 5 auszuführen ergibt sich aus der Öffnung des §26 der Musterbauordnung (MBO) [7]. Seit Beschluss der Bauministerkonferenz vom 27.09.2019 [8] ist es zulässig, dass «andere Bauteile, die feuerbeständig oder hochfeuerhemmend sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig (sind), sofern sie den Technischen Baubestimmungen nach § 85a entsprechen.».
Auf Grundlage dieser Öffnung ist es möglich, das Konzept der Holzbauweise mit Brandschutzbekleidung auch auf die Gebäudeklasse 5 anwenden zu können. So wie in der Gebäudeklasse 4 Holzbauteile mit einem 60-minütigen Entzündungsschutz als gleichwertig zur mineralischen Massivbauweise angesehen werden können, kann dieses Prinzip auf Bauteile der Gebäudeklasse 5 mit einem 90-minütigen Entzündungsschutz übertragen werden. Durch die Brandschutzbekleidung ist sichergestellt, dass sich die Holzbauteile nicht wesentlich am Brandgeschehen beteiligen.
Zudem konnte im Forschungsvorhaben TIMpuls nachgewiesen werden, dass auch unter einer konservativ gewählten Naturbrandkurve, das Brandverhalten beherrschbar ist. Dieser Lösungsweg wird durch die bauaufsichtlich eingeführte, brandschutztechnische Bemessung der Eurocodes ermöglicht. Durch DIN EN 1991-1-2:2010-12 [9] ist es in Deutschland neben der Bemessung nach ETK möglich den erforderlichen Feuerwiderstand von Bauteilen durch eine sogenannte Naturbrandbemessung nachzuweisen. Dabei wird ein im Brandfall in Abhängigkeit der vorliegenden Brandlasten und Ventilationsöffnungen zu erwartender Temperaturzeitverlauf berechnet. Die Bauteile müssen diesen Brandverlauf ohne Verlust ihrer Funktion wie Tragfähigkeit und Raumabschluss überstehen. In Anlehnung an diese Naturbrandbemessung wurden in TIMpuls Brandversuche mit der in Abbildung 4 dargestellten Naturbrandkurve «TIMpuls NB_1» durchgeführt.

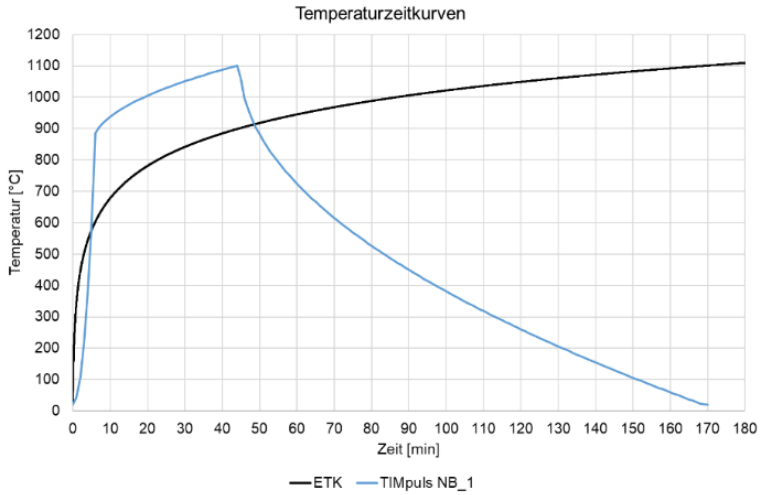


Abbildung 4: Verlauf der Einheits-Temperaturzeitkurve und der Naturbrandkurve «TIMpuls NB_1» [2]

Ein Überschreiten der Entzündungstemperatur von 300 °C auf der Holzoberfläche, unterhalb der Brandschutzbekleidung, trat auch hier erst nach über 90 Minuten Brandbeanspruchung auf, sodass auch in der Realität bis zu diesem Zeitpunkt von einer Gleichwertigkeit ausgegangen werden kann. Nach Versagen der Brandschutzbekleidung stellt sich für die Feuerwehr ein beherrschbares Brandverhalten der Bauteile dar. Kritisch für die Feuerwehren sind nicht entdeckte Hohlraumbrände. Diese können bei Holzmassivbauteilen auf Grund der hohlraumfreien Bauweise nicht auftreten, sodass, wie auch in TIMpuls gezeigt, die Feuerwehr die Bauteile nach dem Brand wirksam ablöschen kann. Aber auch für die Holztafelbauweise konnte dies nachgewiesen werden. Nach Versagen der Brandschutzbekleidung brennt soweit vorhanden zunächst eine unterhalb der Brandschutzbekleidung angeordnete Holzwerkstoffplatte. Dieses Brandverhalten ist vergleichbar mit dem der Holzmassivbauteile. Aber auch wenn das Brandgeschehen auf die Bauteilebene der Ständer übergegangen war, blieb das Brandverhalten beherrschbar. Der hohlraumfüllend eingebrachte, nichtbrennbare Dämmstoff verhindert eine schnelle Brandausbreitung. Zudem schützte er die Flanken der Holzständer, sodass diese in erster Linie nur einen einseitigen Abbrand erfahren, siehe Abbildung 5.



Abbildung 5: Schutzwirkung der Steinwolledämmung für die Gefache [10]

Dies erleichtert den Löschangriff für die Feuerwehr und reduziert sogar die Wärmefreisetzung im Vergleich zur Holzmassivbauweise. Auf Grund dessen ist eine Erweiterung des Anwendungsbereichs auf die Gebäudeklasse 5 aus brandschutztechnischen Gründen vertretbar.

2.4. Vereinfachte Regeln zur rauchdichten Fugenausbildung

Bereits im Zuge der Öffnung der Landesbauordnung Baden-Württemberg im Jahr 2015 [11] zugunsten des mehrgeschossigen Holzbaus wurden Regelungen geschaffen, die den Einsatz von Baustoffen aus Holz als tragende und aussteifende Bauteile in Gebäuden bis

zur Hochhausgrenze, auch ohne eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung, ermöglichen. Dabei wurden in einem dem über das Land Baden-Württemberg sowie den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten Forschungsvorhaben «Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW (HolzbauRLBW)» [12] Regelungen entwickelt, die eine Brand- und Rauchausbreitung über Bauteil- und Elementfugen von Holzkonstruktionen ausreichend lang behindern. Ziel des Projektes war es, Bauteilanschlüsse zu entwickeln, die möglichst durch ohnehin vorhandene Maßnahmen zur Luftdichtigkeit auch in der Lage sind, die erforderliche Rauchdichtigkeit zu gewährleisten. Hierzu wurden Probekörper bestehend aus einem ca. 1 m² großen Wandbauteil und einem 1 m² großen Deckenbauteil L-förmig verbunden und in einem ETK-Brandofen eingebaut und beflammt. Auf der brandabgewandten Seite der Fügestelle wurde ein Rauchauffangkasten angeordnet mit dem die Rauchgase analysiert und der Leckagestrom gemessen wurde, siehe Abbildung 6. Dies wurde vergleichend zu den Holzbauanschlüssen ebenfalls mit bauaufsichtlich akzeptierten mineralischen Anschlüssen nach DIN 4102-4:2016-05 [13] durchgeführt.

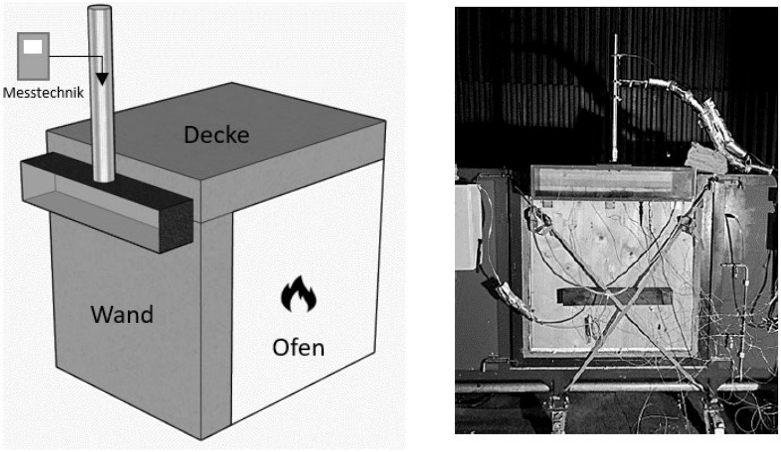


Abbildung 6: 1 m x 1 m Bauteilofen mit angeschlossenem Rauchauffangkasten [12]

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen konnten gesicherte quantitative Messungen zum Rauchdurchtritt bei Bauteil- und Elementfugen von Holz-Holz-Anschlüssen durchgeführt werden. Die sich aus dem Projekt ergebenen Leitdetails wurden in der Schriftenreihe des INFORMATIONSDIENST HOLZ veröffentlicht [14] und stehen somit am Bau beteiligten Akteuren zur Verfügung. Im Ergebnis sind brandsichere und zugleich wirtschaftliche Anschlussdetails entwickelt worden, die über die VwVTB Baden-Württemberg in das baden-württembergische Baurecht übernommen wurden. Diese Konstruktionsdetails wurden nun ebenfalls in den Entwurf M-HolzbauRL 2023 als Anhang 3 übernommen. Parallel ist geplant, diese ebenfalls in die DIN 4102-4:2016-05 aufzunehmen.

2.5. Führung von Installationen

Bis einschließlich zur M-HolzbauRL 2020 wurde die Thematik Führung von Installationen bis auf wenige generelle Anforderungen kaum behandelt, was häufig zu unterschiedlichen Auslegungen und damit zu Unsicherheiten führte. Zudem erwiesen sich die Lösungsvorschläge zur Installationsführung als praxisfern. Der Entwurf M-HolzBauRL 2023 sieht erstmals in nennenswertem Umfang Vorgaben zur Führung von Installationen vor, die sich zudem bereits in den letzten Jahren als praktikabel erwiesen haben. So wurde beispielsweise aufgenommen, dass der Mindestabstand von 150 mm einer Installationsdose zu einem Holzständer unterschritten werden darf, wenn dieser mit einer mindestens 12,5 mm dicken Gipsplatte bekleidet wird. Dies ermöglicht es einen üblichen Abstand eines Lichtschalters zur Tür einzuhalten. Zudem wurde die Möglichkeit geschaffen einzelne elektrische Leitungen oberflächennah innerhalb massiver Holzbauteile zu führen.

2.6. Verzicht auf zusätzliche Bauartgenehmigungen

Die Projektgruppe hat sich zudem zum Ziel gesetzt, dass Bauartgenehmigungen für die üblichen Konstruktionen nicht zwangsweise erforderlich sind. Dieser bereits in der M-HolzBauRL 2020 eingeschlagene Weg wird mit dem Entwurf M-HolzBauRL 2023 fortgeführt, wobei anzumerken ist, dass einige Erleichterungen derzeit noch nicht nutzbar sind.
Zentraler Bestandteil der Regelungen ist weiterhin, dass die Bauteilanforderungen Feuerwiderstandsdauer und Dauer des Entzündungsschutzes getrennt nachgewiesen werden können. Für übliche Bauarten kann die Feuerwiderstandsdauer über die DIN EN 1995-1-2:2010-12 [15] oder DIN 4102-4:2016-05 nachgewiesen werden. Mit dem aktuellen Stand der beiden Bemessungsnormen leider nur für Wände bis 90 Minuten und Decken bis 60 Minuten in Holztafelbauweise. Für die Holzmassivbauweise ist der Nachweis über diese Bemessungsnormen aktuell leider nicht möglich. Dies wird sich erst mit Einführung der neuen Fassung der DIN EN 1995-1-2 (voraussichtlich 2026) ändern. Dann stehen rechnerische Bemessungsverfahren für sämtliche Holztafel- und Holzmassivbauteile zur Verfügung. Um bereits bis dahin im mehrgeschossigen Holzbau handlungsfähig zu sein ist es erforderlich, dass allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse nach Ziffer C4 der M-VVTB [16] wieder für den Holzbau genutzt werden können. Dazu muss der seit der Fassung 2019/1 [17] für den Holzbau gestrichene Nachweisweg wieder geöffnet werden. Auf Initiative der Projektgruppe MHolzBauRL wurden entsprechende Vorschläge erarbeitet. Dieser hoffentlich bald wieder mögliche Nachweisweg sollte allerdings auch nach Einführung der neuen Fassung der DIN EN 1995-1-2 nutzbar bleiben, um Sonderkonstruktionen oder produktspezifische Vorteile in der Leistungsfähigkeit gegenüber den Bemessungsverfahren zu ermöglichen. [18]

Wie bereits zuvor erwähnt erfolgt der Nachweis des Entzündungsschutzes zukünftig über den Wert t_{ch}. Hierzu hält der Entwurf M-HolzBauRL 2023 vier Bemessungstabellen für Gipsplattenbekleidungen für die Schutzzeiten 30, 60 und 90 Minuten bereit. Alternativ kann dieser Wert ebenfalls über die DIN EN 1995-1-2:2010-12 rechnerisch bestimmt werden. Da rechnerische Nachweisverfahren häufig zu konservativen Ergebnissen führen kann darüber hinaus die Leistungsfähigkeit t_{ch} produktspezifisch mittels Brandversuch nach DIN EN 13381-7:2019-09 [19] geführt werden. Hierzu sei anzumerken, dass die gemäß Entwurf M-HolzBauRL 2023 als t_{ch} = 90 Minuten klassifizierte 2x18 mm dicke Gipsplattenbekleidung gemäß Rechenverfahren nach DIN EN 1995-1-2:2010-12 nur eine Schutzdauer von 76 Minuten erreichen würde. Auch hier haben die im Forschungsvorhaben TIMpuls durchgeführte Brandversuche gezeigt, dass die tatsächliche Leistungsfähigkeit größer ist. Es wurden 2 x 18 mm dicke Brandschutzbekleidungen unter ETK-Beanspruchung sowohl im kleinmaßstäblichen Brandofen nach DIN 4102-8:2003-10 [20], als auch im Realmaßstab untersucht. Im Kleinmaßstab wurden als Indikatorplatten Spanplatten, OSB-Platten (mit und ohne Mineralwollehinterlegung) als auch Massivholzplatten untersucht. Hiernach wurden Schutzzeiten größer 90 Minuten erreicht, siehe Abbildung 7.

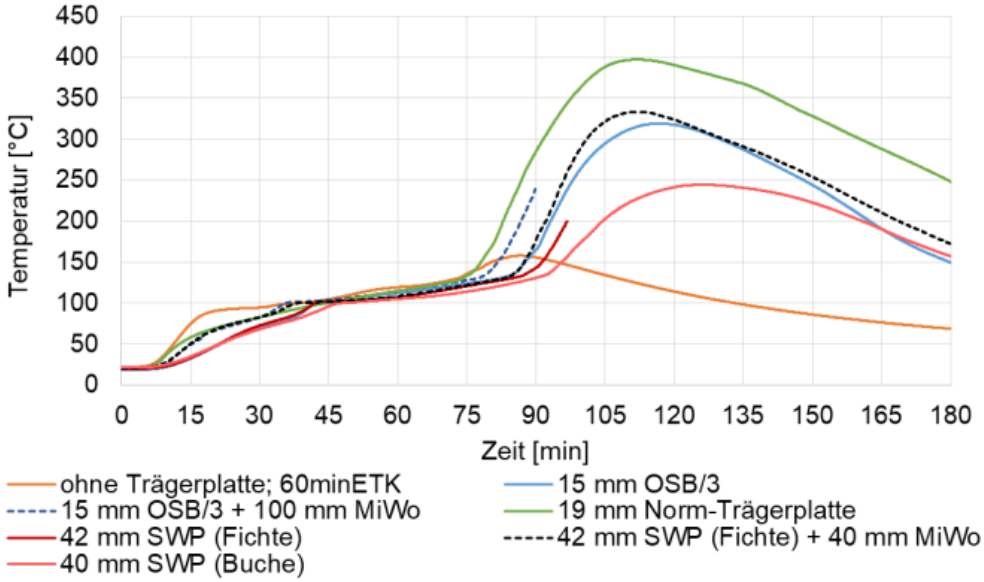


Abbildung 7: Vergleich der Durchwärmung (Grenzschichttemperatur) bei unterschiedlichen Trägerplatten und ggf. Hinterlegung mit Mineralwolle für 2 x 18 mm Gipsbekleidungen unter ETK-Beanspruchung, vgl. Abbildung 92 in [2]

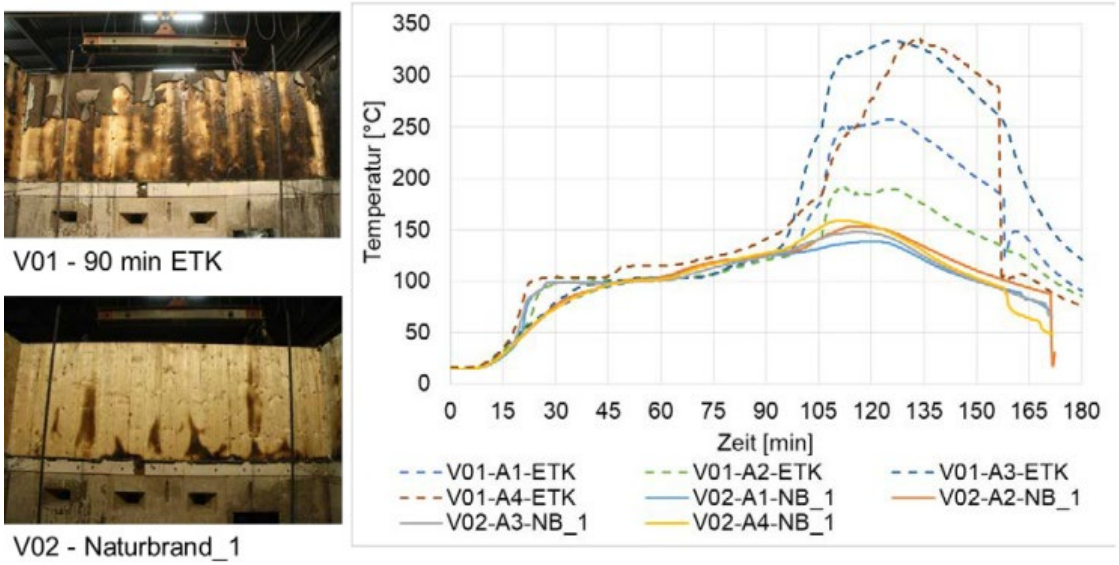


Abbildung 8: Gegenüberstellung der Grenzschichttemperatur und Verkohlungsbild bei 2 x 18 mm Gipsfaserplatten, vgl. Abbildung 135 in [2]

Auch im Großbrandversuch «V01» mit ETK-Brandbeanspruchung waren zwei Wandbauteile mit 2x18 mm dicken Gipsplatten bekleidet. Abbildung 8 zeigt die Auswertung für ein Wandbauteil mit 4 Messachsen (gestrichelte Linien). Hiernach konnte ein Entzündungsschutz der Bauteile größer 105 Minuten nachgewiesen werden.

3. Brandschutzkonzepte

Der Entwurf M-HolzBauRL 2023 sieht grundsätzlich einen Entzündungsschutz der Holzbauteile mittels Brandschutzbekleidung über die gesamte geforderte Feuerwiderstandsdauer vor. Dies bedeutet für hochfeuerhemmende Bauteile einen Entzündungsschutz durch die Brandschutzbekleidung mit t_{ch} = 60 Minuten und für abweichend feuerbeständige Bauteile mit t_{ch} = 90 Minuten. Diese Vorgaben für den Entzündungsschutz dürfen zwar reduziert werden, jedoch ist dann die Gleichwertigkeit zu den mineralischen Bauweisen oder den Holzbauweisen mit vollständigem Entzündungsschutz nicht mehr gegeben. Das Brandrisiko würde sich somit erhöhen, was den Zielvorgaben zur Überarbeitung der Richtlinie widerspricht. Um das Brandrisiko wieder auf das akzeptierte Maß zu reduzieren muss die Eintretenswahrscheinlichkeit oder die Schadensfolge reduziert werden. Dies

geschieht durch eine Verkleinerung der zulässigen Größe der Nutzungseinheiten auf 200 m². Durch diese Maßnahme wird zudem die je Nutzungseinheit einem Brand zur Verfügung stehende Brandlast auf das bisher bauaufsichtlich akzeptierte Maß reduziert. Zudem gilt eine Brandfläche von maximal 200 m² noch als für die Feuerwehr beherrschbar.
Die bereits aus der M-HolzBauRL 2020 bestehende Beschränkung sichtbarer Holzoberflächen auf die Deckenunterseite oder 25 % der Wandoberflächen bleibt bestehen. Die Hintergründe hierzu werden in [2] dargestellt.

Somit ergeben sich gemäß Entwurf M-HolzBauRL 2023 die Möglichkeiten zur baurechtskonformen Realisierung von Holzgebäuden in den Gebäudeklassen 4 und 5, entsprechend der Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1: Zulässige Holzmassivbauweisen für die Gebäudeklassen 4 und 5 entsprechend Entwurf M-HolzBauRL 2023

Brandschutzkonzept	*MB4 (sta)*	*MB5 (sta)*	*MB4 (red)*	*MB5 (red)*
zulässig in Gebäudeklasse	*4*	*5*	*4*	*5*
Feuerwiderstandsdauer der Bauteile	*60 min*	*90 min*	*60 min*	*90 min*
Dauer des Entzündungsschutzes	*60 min*	*90 min*	*30 min*	*30 min*
*Brandschutzbekleidung**	*2 x 15 mm*	*2 x 18 mm*	*1 x 15 mm*	*1 x 18 mm*
zulässiger Anteil brennbarer (unbekleideter) Raumoberflächen	*0 %*		*Deckenunterseite oder 25 % der Wände eines Raumes*	
Brandverhalten der Gefachdämmstoffe	*- / -*		*- / -*	
max. Nutzungseinheitengröße	*400 m²*	*1.600 m² **	*200 m²*	*200 m²*
Abschnitt der MHolzBauRL	*4.2*		*4.3b und 4.3c*	

* Gipsplatten (Feuerschutzplatte Typ GKF) nach DIN 18180:2014-09 in Verbindung mit mindestens Typ DF nach DIN EN 520:2009-12 oder aus Gipsfaserplatten (GF, Rohdichte mindestens 1000 kg/m³) nach DIN EN 15283-2:2009-12 oder mit entsprechenden Leistungseigenschaften nach Europäischer Technischer Bewertung
** bei Sonderbau maximal 400 m²

Tabelle 2: Zulässige Holztafelbauweisen für die Gebäudeklassen 4 und 5 entsprechend Entwurf M-HolzBauRL 2023

Brandschutzkonzepte	*HTB4 (sta)*	*HTB5 (sta)*	*HTB4 (red)*
zulässig in Gebäudeklasse	*4*	*5*	*4*
Feuerwiderstandsdauer der Bauteile	*60 min*	*90 min*	*60 min*
Dauer des Entzündungs-schutzes	*60 min*	*90 min*	*60 min*
*Brandschutzbekleidung**	*2 x 15 mm*	*2 x 18 mm*	*2 x 12,5 mm oder 18 mm + 12 mm HWS-Platte*
zulässiger Anteil brennbarer (unbekleideter) Raumober-flächen	*0 %*		*0 %*
Brandverhalten der Gefach-dämmstoffe	*nichtbrennbar*		*nichtbrennbar*
max. Nutzungseinheiten-größe	*400 m²*	*1.600 m² **	*200 m²*
Abschnitt der MHolzBauRL	*4.2*		*4.3a*

* Gipsplatten (Feuerschutzplatte Typ GKF) nach DIN 18180:2014-09 in Verbindung mit mindestens Typ DF nach DIN EN 520:2009-12 oder aus Gipsfaserplatten (GF, Rohdichte mindestens 1000 kg/m³) nach DIN EN 15283-2:2009-12 oder mit entsprechenden Leistungseigenschaften nach Europäischer Technischer Bewertung
** bei Sonderbau maximal 400 m²

4. Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag umfasst die Änderungen des Entwurfs zur zukünftigen Muster-Holzbaurichtlinie in der Fassung vom 18. September 2023 gegenüber der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise von 2020.
Die zukünftigen Änderungen umfassen die (teilweise) Erweiterung des Anwendungsbereichs auf Sonderbauten, die Beurteilung der Brandschutzbekleidung durch den Beginn des Abbrands t_{ch}, die Erweiterung der Holztafelbauweise auf die Gebäudeklasse 5, Vereinfachungen zur Fugenausbildung und neue Regelungen zur Installationsführung.
Die den Änderungen zugrundeliegenden Forschungsergebnisse, insbesondere aus dem Forschungsvorhaben TIMpuls [2], wurden entsprechend erläutert.
In den Tabellen 1 und 2 sind die zukünftigen Möglichkeiten zur Realisierung von Holzgebäuden sowie deren Anforderungen auf Grundlage des Entwurfs der M-HolzBauRL 2023 zusammengefasst dargestellt.
Es wurde ferner darauf hingewiesen, dass die angestrebten Erleichterungen für die Bauteilnachweise ohne zusätzliche Bauartgenehmigungen erst nach Einführung der zukünftigen Fassung der DIN EN 1995-1-2 wirksam werden.

5. Literaturverzeichnis

[1] Deutsches Institut für Bautechnik (2020) Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) – Fassung Oktober 2020.

[2] Engel, T. et al. (2021) Schlussbericht zum Verbundvorhaben TIMpuls «Brandschutztechnische Grundlagenuntersuchung zur Fortschreibung bauaufsichtlicher Regelungen im Hinblick auf eine erweiterte Anwendung des Holzbaus». Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.

[3] DIN EN 14135:2004-11 Brandschutzbekleidungen – Bestimmung der Brandschutzwirkung; Deutsche Fassung EN 14135:2004.

[4] DIN EN 13501-2:2016-12 Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen. Deutsche Fassung EN 13501-2:2016.

[5] Hosser, D.; Kampmeier, B.: 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; FKZ:22008905; 2007

[6] Hosser, D. et al. (2013) Optimierung der Konstruktion und der Herstellprozesse von hochfeuerhemmenden Holztafelelementen unter sicherheitsrelevanten, technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Optimierung K60) – Abschlussbericht. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

[7] Musterbauordnung (MBO) der Bauministerkonferenz. Fassung November 2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 23.09.2022.

[8] Musterbauordnung (MBO) der Bauministerkonferenz. Fassung November 2002 zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 22.02.2019.

[9] DIN EN 1991-1-2:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009

[10] Winter, S. et al. (2022) Konstruktionsgrundsätze für das mehrgeschossige Bauen mit Holz – abgeleitet aus dem Forschungsprojekt TIMpuls. Braunschweiger Brandschutz-Tage 2022. Braunschweig.

[11] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) in der Fassung vom 5. März 2010 zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. November 2023 (GBl. S. 422).

[12] (2020) Abschlussbericht «Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW».

[13] DIN 4102-4:2016-05 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile.

[14] Dederich, L. (2021) Leitdetails für Bauteilanschlüsse in den Gebäudeklassen 4 und 5 – Holzbau Handbuch Reihe 3 Teil 5 Folge 2. Berlin.

[15] DIN EN 1995-1-2:2010-12 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1995-1-2:2004 + AC:2009.

[16] Deutsches Institut für Bautechnik (2023) MVVTB Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) – Ausgabe 2023/1.

[17] Deutsches Institut für Bautechnik (2019) MVVTB Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) – Ausgabe 2019/1.

[18] Gammerl, B. (2023) Regelsetzung für den Holzbau – Holztafelbau in GK 5, Musterholzbau-RL und Sonderwege. Braunschweiger Brandschutz-Tage 2023. Braunschweig.

[19] DIN EN 13381-7:2019-09 Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 7: Brandschutzmaßnahmen für Holzbauteile; Deutsche Fassung EN 13381-7:2019.

[20] DIN 4102-8:2003-10 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Kleinprüfstand.

VwV Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg – erweiterte Möglichkeiten des mehrgeschossigen Holzbaus in Baden-Württemberg

Bernd Gammerl
Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen BW
Stuttgart, Deutschland



VwV Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg – erweiterte Möglichkeiten im mehrgeschossigen Holzbau in Baden-Württemberg

1. Einleitung

Die Öffnung des bauordnungsrechtlichen Regelwerks für feuerwiderstandsfähige Bauteile, die – auch in den wesentlichen Teilen aus brennbaren Baustoffen bestehen – ist für Baden-Württemberg nicht neu. Bereits in der Ausführungsverordnung zur Landesbauordnung (LBOAVO) vom 17. November 1995 heißt es in § 5 («Tragende Wände sowie Decken und Stützen») im Absatz 3: «Bei Gebäuden, die nicht unter Absatz 1 oder 2 fallen, sind tragende Wände sowie Decken und Stützen feuerbeständig herzustellen. **Abweichend davon ist die Verwendung von Bauteilen aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn der Feuerwiderstand dieser Bauteile dem feuerbeständiger Bauteile entspricht.**»

Dieser Regelung lag wohl jedenfalls unter anderem die Erkenntnis zugrunde, dass es bei der Sanierung alter Keltergebäude technisch nicht zu rechtfertigen ist, Eichenstützen mit Querschnitten von über 0,5 m Dicke mit Brandschutzplatten zu bekleiden. Solche Bauteile bringen durch ihre Überdimensionierung eine hinreichende brandschutztechnisch wirksame Schicht mit, die sich durch eine im Brandverlauf entstehende Verkohlungsschicht ergibt.

Dieser Regelungsansatz wurde bei der Einführung des «Brandschutzkonzepts» der Musterbauordnung (MBO) [1] in die Landesbauordnung (LBO) [2] im Jahr 2010 beibehalten und in den Folgejahren weiter ausgebaut. Die Besonderheiten im Bauordnungsrecht für den Holzbau können mithin in Baden-Württemberg bereits auf eine recht lange Vorgeschichte zurückblicken.

2. Regelungen der VwV Technische Baubestimmungen BW, welche über die Muster-Holzbau-Richtlinie (Stand Oktober 2020) hinausgehen

2.1. Anwendungsbereich der Holzbau-Richtlinie Baden-Württemberg

Der Anwendungsbereich wird im Gegensatz zur MHolzBauRL [3], die sich ausschließlich auf Standardbauten bezieht, ohne Einschränkungen grundsätzlich auch für Sonderbauten eröffnet. Dabei wird jedoch auch in der Anlage A 2.2/BW2 zur VwV Technische Baubestimmungen [4] ausdrücklich darauf hingewiesen, dass in Sonderbauten gemäß § 38 Absatz 1 Nummer 4 LBO BW die Verwendung brennbarer Baustoffe im Einzelfall eingeschränkt oder ausgeschlossen werden kann, wenn dafür Gründe vorliegen. Zudem sind im Bauantrag die Gründe zu benennen, aufgrund derer die Verwendung von brennbaren Baustoffen nicht zu einer Unterschreitung des Schutzniveaus führt.

Ein Hinweis besagt, dass das Schutzniveau bei Anwendung der Holzbau-Richtlinie einschließlich Anlage A 2.2/BW2 gleichbleibt, jedoch die ergänzenden Regelungen zu erhöhten Sachschäden vor allem in Brandfällen führen, die unter dem Szenario eines Vollbrandes liegen. Bei diesen kleinen Bränden kann insbesondere eine zerstörende Prüfung der ausgedämmten Wandbereiche erforderlich werden, wenn sich dort eine oberflächliche Brandbeaufschlagung zeigt. Die hinter diesem Hinweis liegende Annahme, dass nach einem Brand in Gebäuden mit Bauteilen in mineralischer Bauweise die brandbeaufschlagten Bauteile weitgehend unverändert weitergenutzt werden können, kann jedoch auch in Frage gestellt werden. Die Höhe der Sachschäden dürfte vor allem von der konkreten Bauausführung und dem konkreten Brandfall abhängen und nicht primär von der gewählten Bauweise.

Die Erweiterung des Anwendungsbereichs auf alle Sonderbauten wird vor allem durch die Brandschutzbekleidung mit ihrer Schutzwirkung über die gesamte Zeit der Feuerwiderstandsdauer ermöglicht, welche gewährlistet, dass sich die Bauteile in diesem Zeitraum so verhalten wie Bauteile in mineralischer Bauweise. Insofern wird bei Sonderbauten ggf. vor allem die Anwendung der Möglichkeiten der reduzierten Brandschutzbekleidung zu hinterfragen sein. Dies wird wegen der dort geforderten reduzierten Flächenangaben für die Nutzungseinheiten bzw. die brandschutztechnisch abgetrennten Bereiche jedoch ohnehin nur selten für Sonderbauten in Frage kommen, da Sonderbauten meist größere Flächenzusammenhänge aufweisen bzw. die mögliche Gefährdung der hinreichenden Gewährleistung der Schutzziele auch erst mit diesen größeren Flächenzusammenhängen entsteht.

Die **Erweiterung des Anwendungsbereichs** ist vor allem wegen der Frage zentral, welche Verwendbarkeitsnachweise und insbesondere welche Anwendbarkeitsnachweise erforderlich werden. Nur wenn ein Vorhaben im Anwendungsbereich liegt, handelt es sich bei den in der Holzbau-Richtlinie und der Anlage A 2.2/BW 2 beschriebenen Bauarten auch um Bauarten, die – für dieses Vorhaben – in einer Technischen Baubestimmung geregelt sind und für die somit zweifelsfrei gemäß § 16a LBO **keine Bauartgenehmigungen** erforderlich sind.

2.2. Nachweise, insbesondere für Bauarten

Bereits zu einem frühen Zeitpunkt in den 2010er Jahren entstand die Zielvorstellung, dass man durch eine technische Baubestimmung, welche entsprechende Bauarten in Holzbauweise regelt, die Nachweisführung deutlich vereinfachen sollte. Daraufhin entstand 2015 die Regelung in § 26 Absatz 3 LBO BW: «Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.» Die Formulierung in § 26 Absatz 3 LBO BW wurde 2019 nochmals überarbeitet, um klarzustellen, dass es sich nicht um die Verhinderung des Übertrags selbst einzelner Rauchmoleküle handeln kann, sondern lediglich um einen ausreichend langen Widerstand gegen die Brandausbreitung.

Darauf aufbauend wurde nach Möglichkeiten gesucht, den Rauchübertrag über diese Fügestellen jedenfalls qualitativ und vergleichend einzuordnen. Dies erforderte auch wissenschaftliche Untersuchungen, welche von dem für Forst und Holz zuständigen Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz in Abstimmung mit der obersten Baurechtsbehörde in Auftrag gegeben wurden. Das Ergebnis war der Abschlussbericht «Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW» [5], der Fügeprinzipien entwickelte, bei deren Einhaltung der Rauchübertrag über die Fügestellen von Bauteilen in Holzbauweise jedenfalls geringer war als der Rauchübertrag bei Fügestellen nach anerkannten Regeln der Technik in mineralischer Bauweise.

Ziel der möglichst allgemein und produktneutral gehaltenen Vorgaben für diese Bauarten war, gerade auch den im Holzbau weit verbreiteten kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) einen verbesserten Zugang zu dem wachsenden Markt der Holzbaugebäude in den Gebäudeklassen 4 und 5 zu ermöglichen; diese Unternehmen haben meist nicht hinreichend große Vorhaben bzw. juristische Abteilungen, um eine Vielzahl von Verwendbarkeitsnachweisen und Anwendbarkeitsnachweisen für die verwendeten Bauprodukte und die angewendeten Bauarten auf wirtschaftlich vertretbare Weise erwirken zu können. Diese Unternehmen verfügen jedoch oft über ein durchaus beachtliches Innovationspotential und in Summe auch über hinreichende Kapazitäten zur Bearbeitung großer Projekte. Vor allem aber verfügen sie über eine hohe Flexibilität, die in einem wachsenden Markt sehr hilfreich sein kann und sind für die weitere Entwicklung des Holzbaus daher von durchaus großer Bedeutung.

Aus diesen Gründen dürfen in Baden-Württemberg – wie beispielsweise ähnlich auch in Bayern – gemäß der VwV TB auch Klassifizierungen aus allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen nach den laufenden Nummern C 3.21, C 4.1 und C 4.2 der VwV TB BW vom 20.12.2017 oder entsprechender Verwaltungsvorschriften anderer Bundesländer, deren Geltungsdauer bereits abgelaufen ist, noch bis zum 30. Juni 2026 zum Nachweis der erforderlichen Feuerwiderstandsfähigkeit herangezogen werden, sofern die allgemeinen Prüfzeugnisse am 1. Januar 2023 gültig waren oder danach erteilt wurden.

2.3. Brandschutztechnisch wirksame Bekleidung

Ferner wurden Bauarten für die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung weiterentwikkelt, die einerseits das Schutzziel erreichen, dass sich brennbare Baustoffe hinter der Bekleidung über den Zeitraum der Schutzwirkung nicht am Brand beteiligen, die aber andererseits den sehr großen Sicherheitsbeiwert bei der Zielerreichung, den die Vorgaben aus DIN EN 13501-2 [6] und der diesbezüglichen Prüfnorm (DIN EN 14135) [7] für die sogenannte K260-Bekleidung verursachten, eingrenzen sollten. So wurde die Beurteilung der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung gemäß DIN EN 1995-1-2 (Eurocode 5) [8] i.V.m. der dort in Bezug genommenen Prüfnorm DIN EN 13381-7 [9] ermöglicht. Der Unterschied liegt in den Versagenskriterien.

Während beide Wege natürlich ein Abfallen und ein Öffnen der Brandschutzbekleidung als Versagenskriterium ausweisen, sind die noch akzeptierten Schadensbilder an den brennbaren Baustoffen hinter der Brandschutzbekleidung unterschiedlich. So galt die K260-Bekleidung bereits als unzureichend, wenn sich die Temperatur auch nur punktuell um 270° K erhöhte (mit einer Ausgangstemperatur von 20° C bedeutet dies eine absolute Temperatur von 290° C). Diese Temperatur führt zwar tatsächlich bereits zu ersten oberflächlichen Verkohlungserscheinungen, da diese Temperatur jedoch zunächst ausschließlich um die Verbindungsmittel (Schrauben oder Klammern) auftritt, weil die Verbindungsmittel eine gegenüber Plattenmaterial und Holz deutlich erhöhte Wärmeleitfähigkeit aufweisen, lag die Temperatur hinter der Brandschutzbekleidung zum Zeitpunkt des «Versagens» der Brandschutzbekleidung in der Fläche bei lediglich ca. 160° C und somit weit unter einer möglichen Brandbeteiligung der brennbaren Baustoffe.

Die Prüfnorm DIN EN 13381-7 stellt ein Versagen der Brandschutzbekleidung dagegen erst bei Erreichen einer Temperatur von 300° C hinter der Brandschutzbekleidung fest, wobei ein punktuelles Erreichen dieser Temperatur um die Verbindungsmittel noch nicht für das Feststellen des Versagens ausreicht.

Mehrfach wird im Zusammenhang mit dem Thema Bekleidung klarstellend darauf hingewiesen, dass dieselbe Bekleidungslage neben dem Ansatz zur Brandschutzbekleidung auch zur Erreichung des Feuerwiderstands des Gesamtbauteils und zur Tragfähigkeit des Bauteils (z.B. statische Scheibenwirkung) angesetzt werden darf. Auch wenn diese Feststellung nur klarstellenden Charakter hat, ist sie in der Praxis relevant, um unsinnige Mehrforderungen nach zusätzlichen Bekleidungslagen zu vermeiden. Für den Fall, dass die unterschiedlichen Beanspruchungen unterschiedliche Anforderungen im Detail auslösen gilt die jeweils weitergehende Anforderung, also beispielsweise die größere Länge der geforderten Einbindungstiefe des Verbindungsmittels oder der geringere Abstand der Verbindungsmittel.

2.4. Reduzierung der Brandschutzbekleidung

Insbesondere in Abhängigkeit von der Größe der Nutzungseinheiten, die auch als brandschutztechnisch vergleichbar abgetrennte Bereiche zu verstehen sind, werden verschiedene Optionen zur Reduzierung der Brandschutzbekleidung eröffnet. Diese Reduzierungen der Anforderungen betreffen dabei ausschließlich die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung, natürlich bleiben die anderen Anforderungen an die Bauteile unverändert; die Bauteile müssen daher sowohl im Kaltfall als auch im Brandfall standsicher sein und auch allen anderen Anforderungen entsprechen. Insbesondere hinsichtlich der Standsicherheit im Brandfall entsteht immer wieder die falsche Annahme, dass in den Fällen einer redu-

zierten Anforderung an die Brandschutzbekleidung auch die Feuerwiderstandsdauer reduziert angesetzt werden könnte oder gar nicht mehr nachzuweisen wäre. Diese falsche Annahme entbehrt aber jeder Grundlage.

In Gebäuden der **Gebäudeklasse 4**, deren Nutzungseinheiten **maximal 200 m²** Bruttogrundfläche (BGF) aufweisen, ist es ausreichend, wenn die Brandschutzbekleidung eine Beteiligung der brennbaren Baustoffe am Brand lediglich über einen Zeitraum von **30 Minuten** statt 60 Minuten verhindert. Die Erfüllung aller anderen Anforderungen ist jedoch – wie oben beschrieben – nachzuweisen. Als Regelbeispiel, bei dessen Ausführung diese Anforderung jedenfalls ohne weiteren Nachweis erfüllt wird, ist die zweilagige Bekleidung mit ansonsten gleicher Ausführung jedoch mit **zwei lediglich 12,5 mm dicken Plattenlagen** benannt. Die Platten müssen dabei insbesondere – wie auch bei der nicht reduzierten Ausführung – aus zwei Lagen Gipsfaserplatten mit einer Mindestrohdichte von 1000 kg/m³ nach europäisch technischer Bewertung bzw. aus zwei Lagen Gips- oder Gipsfaserplatten des Typs GKF nach DIN 18180 [10] in Verbindung mit DIN EN 520 [11] bestehen; ferner gilt die Anforderung an die Brandschutzbekleidung ohne Nachweis als erfüllt, wenn bei im Übrigen gleicher Ausführung die wandseitige Lage aus einer Holzwerkstoffplatte mit einer Dicke von mindestens 12 mm und einer Rohdichte von mindestens 500 kg/m³ und die raumseitige Lage aus einer Gipsfaserplatte mit einer Mindestrohdichte von 1000 kg/m³ nach europäisch technischer Bewertung bzw. aus einer Gips- oder Gipsfaserplatte des Typs GKF nach DIN 18180 in Verbindung mit DIN EN 520 besteht, die eine Dicke von mindestens 18 mm aufweist.

Damit in diesen Wänden mit reduzierter Brandschutzbekleidung Öffnungsabschlüsse eingebaut werden können, die in Wänden mit 60 Minuten bzw. 90 Minuten Feuerwiderstand ohne reduzierte Brandschutzbekleidung zulässig sind, regelt die Anlage A 2.2/BW2 in Ziffer 2.2, dass der Einbau dieser Öffnungsabschlüsse in solche Wände mit reduzierter Brandschutzbekleidung regelmäßig eine nicht wesentliche Abweichung darstellt; Bedingung ist dafür allerdings, dass die Wandkonstruktion um diesen Öffnungsabschluss zwischen den Bekleidungslagen mit einem Holzprofil von mindestens 10 cm Dicke ausgeführt wird und die Brandschutzbekleidung auch in die Laibung hineingeführt wird.

2.5. Geregelte Verwendung von brennbaren Dämmstoffen in hochfeuerhemmenden Bauteilen

In Gebäuden der **Gebäudeklasse 4**, deren Nutzungseinheiten **maximal 200 m²** Bruttogrundfläche (BGF) aufweisen, dürfen anstelle von hochfeuerhemmenden Bauteilen auch Bauteile in Holzrahmen- und Holztafelbauweise eingesetzt werden, bei denen entweder

- **brennbare Dämmstoffe** aus Holzfaserdämmstoff nach DIN EN 13171 [12] oder Zellulosedämmstoff aus mechanisch zerkleinertem Altpapier nach DIN EN 15101 [13] oder nach ETA auf Basis des EAD 040138-00-1201 [14] eingesetzt werden,
- **Installationen** ausschließlich außerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung (Brandschutzbekleidung) geführt werden, wovon lediglich brandschutzbekleidete Leitungsdurchführungen mit Brandschotts nach Abschnitt 4.7 der HolzBauRL ausgenommen sind,
- die **Brandschutzbekleidung** eine Entzündung der tragenden und aussteifenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen während eines Zeitraums von **mindestens 60 Minuten** verhindert und
- zwischen Brandschutzbekleidung und brennbaren Dämmstoffen ohne Zwischenspalt zusätzlich vollflächig eine mindestens 12 mm dicke **Holzwerkstoffplatte** der Rohdichte ≥ 500 kg/m³ angeordnet wird,

oder

- brennbare Dämmstoffe aus Holzfaserdämmstoff nach DIN EN 13171 oder Zellulosedämmstoffen aus mechanisch zerkleinertem Altpapier nach DIN EN 15101 oder nach ETA auf Basis des EAD 040138-00-1201 mit einem Glimmverhalten, das dem schwerentflammbaren Baustoffe entspricht, (statt nicht brennbaren) Dämmstoffen eingesetzt werden und

- Installationen ausschließlich außerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung (Brandschutzbekleidung) geführt werden, wovon lediglich brandschutzbekleidete Leitungsdurchführungen mit Brandschotts nach Abschnitt 4.7 der HolzBauRL ausgenommen sind,

und die im Übrigen alle anderen Anforderungen des Abschnitts 4 der HolzBauRL erfüllen.

In Gebäuden der **Gebäudeklasse 4**, deren Nutzungseinheiten **maximal 100 m²** Bruttogrundfläche (BGF) aufweisen, dürfen anstelle von hochfeuerhemmenden Bauteilen auch Bauteile in Holzrahmen- und Holztafelbauweise eingesetzt werden, bei denen

- **brennbare Dämmstoffe** eingesetzt werden,
- **Installationen** ausschließlich außerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung (Brandschutzbekleidung) geführt werden, wovon lediglich brandschutzbekleidete Leitungsdurchführungen mit Brandschotts nach Abschnitt 4.7 der HolzBauRL ausgenommen sind,
- die **Brandschutzbekleidung** zweilagig ausgeführt wird und eine Entzündung der tragenden und aussteifenden Bauteile aus Holz oder Holzwerkstoffen während eines Zeitraums von **mindestens 30 Minuten** verhindert und
- zwischen Brandschutzbekleidung und brennbarer Dämmung **ohne Zwischenspalt** zusätzlich vollflächig eine **mindestens 18 mm dicke Holzwerkstoffplatte** der
- Rohdichte ≥ 500 kg/m³ angeordnet wird,

und die im Übrigen alle anderen Anforderungen des Abschnitts 4 der HolzBauRL erfüllen. Als Regelbeispiel, bei dessen Ausführung die Anforderung an die Brandschutzbekleidung jedenfalls ohne weiteren Nachweis erfüllt wird, ist die zweilagige Bekleidung mit ansonsten gleicher Ausführung jedoch mit **zwei lediglich 12,5 mm dicken Plattenlagen** benannt. Die Platten müssen dabei insbesondere – wie auch bei der nicht reduzierten Ausführung – aus zwei Lagen Gipsfaserplatten mit einer Mindestrohdichte von 1000 kg/m³ nach europäisch technischer Bewertung bzw. aus zwei Lagen Gips- oder Gipsfaserplatten des Typs GKF nach DIN 18180 in Verbindung mit DIN EN 520 bestehen und die geforderte Länge der Verbindungsmittel muss um mindestens die Dicke der Holzwerkstoffplatte vergrößert werden.

In Gebäudeklasse 5 und in Gebäudeklasse 4 außerhalb der beschriebenen Anwendungen sind brennbare Dämmstoffe grundsätzlich nicht vorgesehen, sie sind jedoch damit auch nicht völlig ausgeschlossen, benötigen jedoch eine Bauartgenehmigung oder ggf. ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis.

2.6. Holztafelbau in Gebäudeklasse 5

In Gebäuden der **Gebäudeklasse 5**, deren Nutzungseinheiten **maximal 200 m²** Bruttogrundfläche (BGF) aufweisen, dürfen anstelle von feuerwiderstandsfähigen Bauteilen in Massivholzbauweise auch Bauteile in **Holzrahmen- und Holztafelbauweise** ausgeführt werden, für die ein Nachweis über die Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 90 Minuten vorliegt und bei denen im Übrigen sämtliche Anforderungen des Abschnitts 4 der HolzBauRL erfüllt sind.

3. Ausblick

Es zeichnet sich ab, dass ein großer Teil der Holzbaupraxis mit den Regelungen, die stark auf eine möglichst klare Benennung des Schutzziels und Regelbeispiele, welche diese Schutzziele jedenfalls erreichen, setzen, gut arbeiten kann. Immer wieder werden aber auch Fälle bekannt, in denen einzelne am Bau Beteiligte auf der Grundlage von Halbwissen und punktueller Lektüre der Vorschriften unbrauchbare Entscheidungen treffen. Dies entwertet zwar nicht die Regelungen, wenn diese Missstände jedoch nicht hinreichend eingedämmt werden können, so wird der Ruf nach fehlerverzeihenderen Regelungen lauter werden. Robustere Regelungen würden dann wohl zu weniger Optionen im Detail und zu einer Einschränkung der Möglichkeiten führen.

Der Autor hofft auf gemeinsame Anstrengungen der Holzbaufachwelt, den in Baden-Württemberg eingeschlagenen Weg weiter zu verfolgen. Ein nächster Schritt auf diesem Weg wird die kommende Muster-Holzbau-Richtlinie sein.

4. Literaturverzeichnis

[1] Musterbauordnung (MBO) der Bauministerkonferenz vom 23.11.2023

[2] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) vom 20.11.2023.

[3] Deutsches Institut für Bautechnik (23.06.2021) Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) – Fassung Oktober 2020, Berlin.

[4] Land Baden-Württemberg (2022) Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Landesentwicklung und Wohnen über Technische Baubestimmungen (VwV TB) vom 11.07.2024 – ab Ausgabe 2022/12.

[5] Dederich, L. et al. (2020) Abschlussbericht «Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäß der LBO BW».

[6] DIN EN 13501-1:2023-12: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen und/oder Rauchschutzprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen. Beuth Verlag, Berlin.

[7] DIN EN 14135:2004-11, Brandschutzbekleidungen – Bestimmung der Brandschutzwirkung. Beuth Verlag, Berlin.

[8] DIN EN 1995-1-2:2010-12, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall. Beuth Verlag, Berlin.

[9] DIN EN 13381-7:2019-09, Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen – Teil 7: Brandschutzmaßnahmen für Holzbauteile. Beuth Verlag, Berlin.

[10] DIN 18180:2014-09, Gipsplatten – Arten und Anforderungen. Beuth Verlag, Berlin.

[11] DIN EN 520:2009-12, Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren. Beuth Verlag, Berlin.

[12] DIN EN 13171:2015-04, Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF) – Spezifikation, Beuth Verlag, Berlin.

[13] DIN EN 15101-1:2019-07, Wärmedämmstoffe für Gebäude – An der Verwendungsstelle hergestellter Wärmedämmstoff aus Zellulosefüllstoff (LFCI) – Teil 1: Spezifikation für die Produkte vor dem Einbau. Beuth Verlag, Berlin.

[14] EAD 040138-00-1201:2018-05, In-Situ formed loose fill thermal and/or acoustic insulation prducts made of vegetable fibres. EOTA, Brüssel.

Block B3
NRW und Benelux

Kerschensteiner Grundschule Nachhaltige Clusterschule in Holzmodulbauweise

Thomas Pier
Saint-Gobain Brüggemann Holzbau GmbH
Neuenkirchen, Deutschland



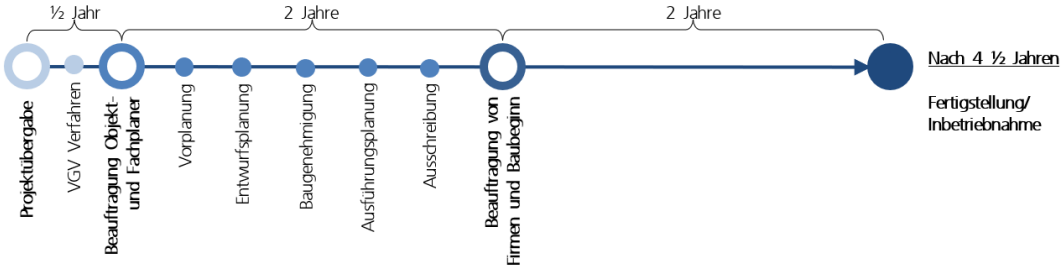
Kerschensteiner Grundschule Nachhaltige Clusterschule in Holzmodulbauweise

1. Schulbauprogramm der Stadt Dortmund

Die Stadt Dortmund hat durch ihr Wachstum und den Rechtsanspruch an Ganztagsbetreuung ab 2026 einen hohen Bedarf im Schulbau. Das Schulbauprogramm umfasst über 200 Projekte und entspricht einem Gesamtinvestitionsvolumen von etwa 1,4 Milliarden Euro. Allein 80 Neu- und Erweiterungsbauten sollen in System- oder Modulbauweise entstehen.

Für die Entscheidung zum modularen Bauen sprechen in Dortmund die Vergleichbarkeit der Gebäude in Bezug auf Dauerhaftigkeit und Unterhaltung mit konventionellen Bauweisen, die Nachhaltigkeit durch die Wiederverwendbarkeit der Module, die hohe Eignung der Modulbauweise für den Schulbau und vor allem die geringe Bauzeit.

- Regelterminplan konventioneller Bauweise



- Regelterminplan modularer Bauweise

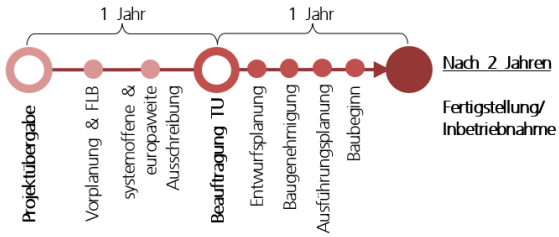


Abbildung 1: Regelterminpläne | Stadt Dortmund

So konnte der Regelterminplan von der (internen) Projektübergabe bis zur Inbetriebnahme von 4,5 Jahren bei konventioneller Bauweise durch den Modulbau auf nur 2 Jahre reduziert werden.

Der «Dortmunder Weg» sieht dabei nach der Bedarfsermittlung und einer Planung bis zur Leistungsphase 2 ein zweistufiges Vergabeverfahren vor, das aus einem Teilnahmewettbewerb mit anschließendem Verhandlungsverfahren besteht. Wichtige Grundlagen sind dabei die 2020 eingeführte Schulbauleitlinie und die Dortmunder Immobilienstandards, die nicht nur Standards für Planung und Bau definieren, sondern auch einen besonderen Schwerpunkt bei der Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Projekte setzen.

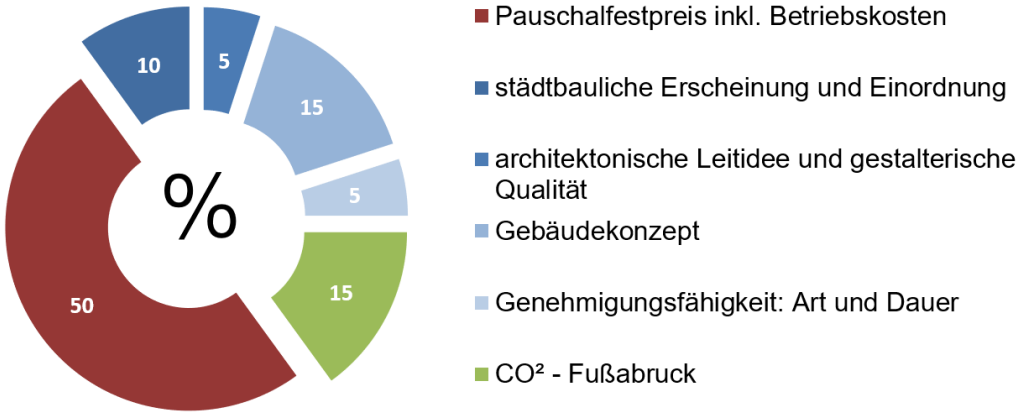


Abbildung 2: Bewertungsmatrix | Stadt Dortmund

Dementsprechend halten sich in der Bewertungsmatrix der Vergabeverfahren monetäre und qualitative Kriterien die Waage. Der Pauschalfestpreis (inkl. Betriebskosten) macht 50 % der zu vergebenden Punkte aus. Neben architektonischen und funktionalen Qualitäten kommt dem CO_2-Fußabdruck mit 15 % eine besondere Bedeutung bei der Vergabeentscheidung zu.

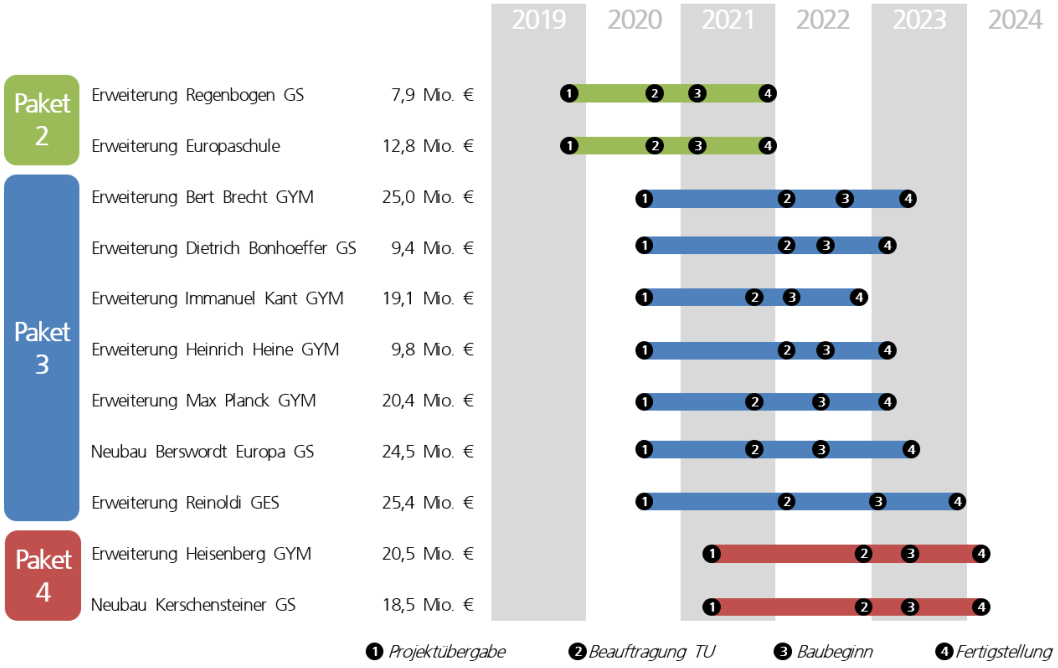


Abbildung 3: Modulbauprogramm der Stadt Dortmund | Stadt Dortmund

Die Stadt Dortmund hat bereits vier Modulbaupakete ausgeschrieben. Für die Kerschensteiner Grundschule fiel die Vergabe auf die SAINT-GOBAIN Brüggemann Holzbau, die als Totalunternehmer für die Planung und schlüsselfertige Erstellung des Objektes verantwortlich war.

2. Die erste Holzschule Dortmunds



Abbildung 4: Kerschensteiner Grundschule, Dortmund | Foto: Jörg Hempel

2.1. Entwurf

Die fächerförmige Struktur der Bestandsgebäude ermöglichte eine Erweiterung der Schule in Richtung Strohnstraße, um von drei auf fünf Züge zu wachsen. Die städtebauliche Platzierung des neuen Baukörpers konnte den vorhandenen Baumbestand erhalten und lässt Platz für einen möglichen zweiten Bauabschnitt.

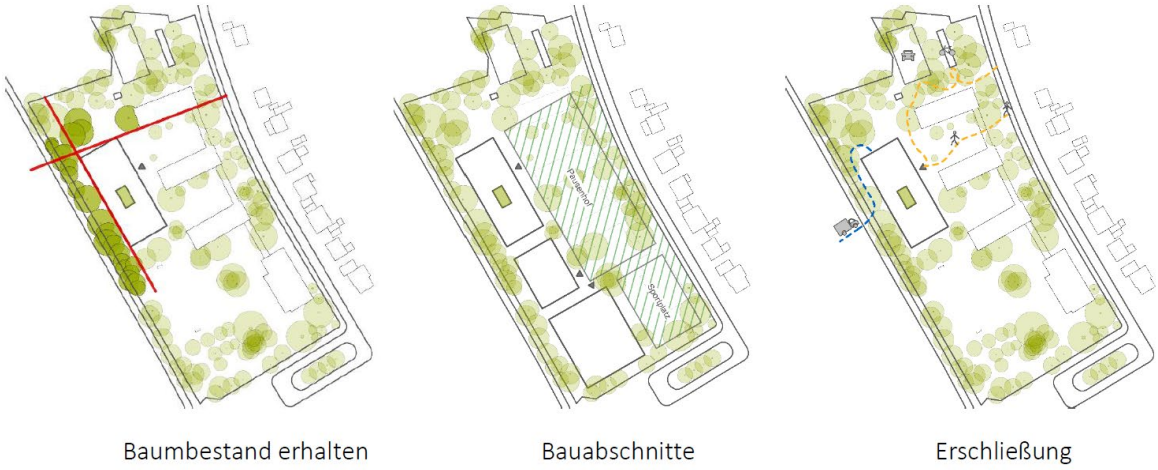


Abbildung 5: Städtebauliche Erscheinung und Einordnung © werk.um Architekten

Das Gebäudekonzept sieht zwei Treppenhauskerne und einen Lichthof als Grüne Mitte vor. Im Erdgeschoss gruppieren sich darum eine Cook&Chill-Küche, der Speisesaal und Betreuungsräume. In den beiden Obergeschossen ist jeweils ein Lerncluster untergebracht, das sich die Geschossfläche mit den Räumen für die Verwaltung teilt.

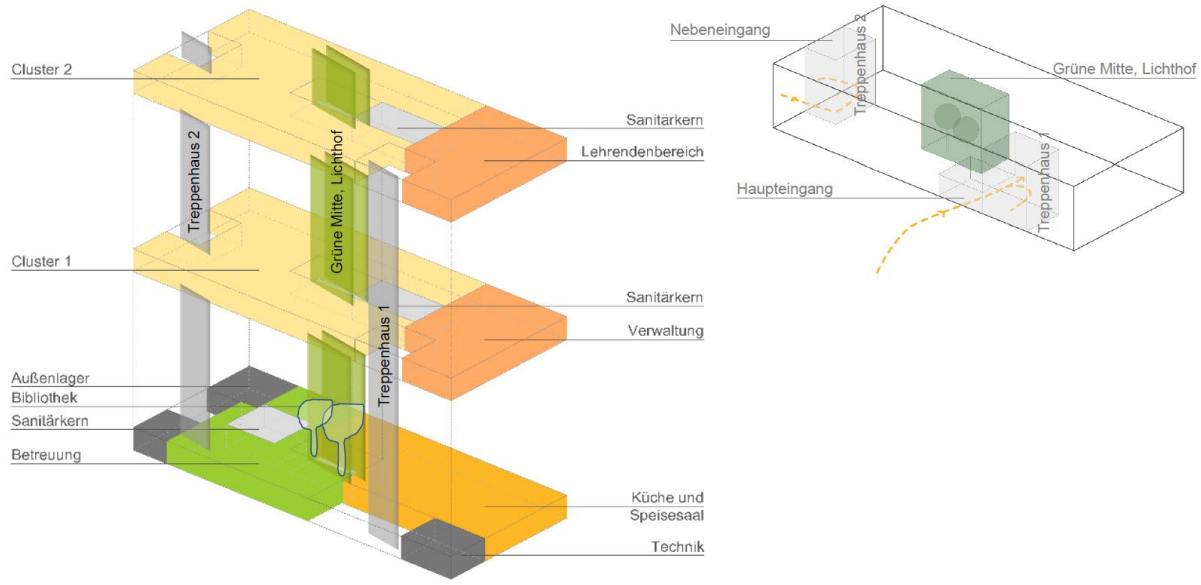


Abbildung 6: Gebäudekonzept | werk.um Architekten

Um die flexibel nutzbare Clustermitte sind jeweils drei Klassenräume angeordnet. Große Fensternischen stellen eine Sichtbeziehung her, um die gemeinsame Betreuung der Räume zu ermöglichen. Ergänzt wird das Raumangebot durch einen Differenzierungsraum, eine Teamstation und einen Betreuungsraum. Zwei der Klassenräume lassen sich über eine mobile Trennwand verbinden und so gemeinsam nutzen.



Abbildung 7: Clustermitte | Foto: Jörg Hempel

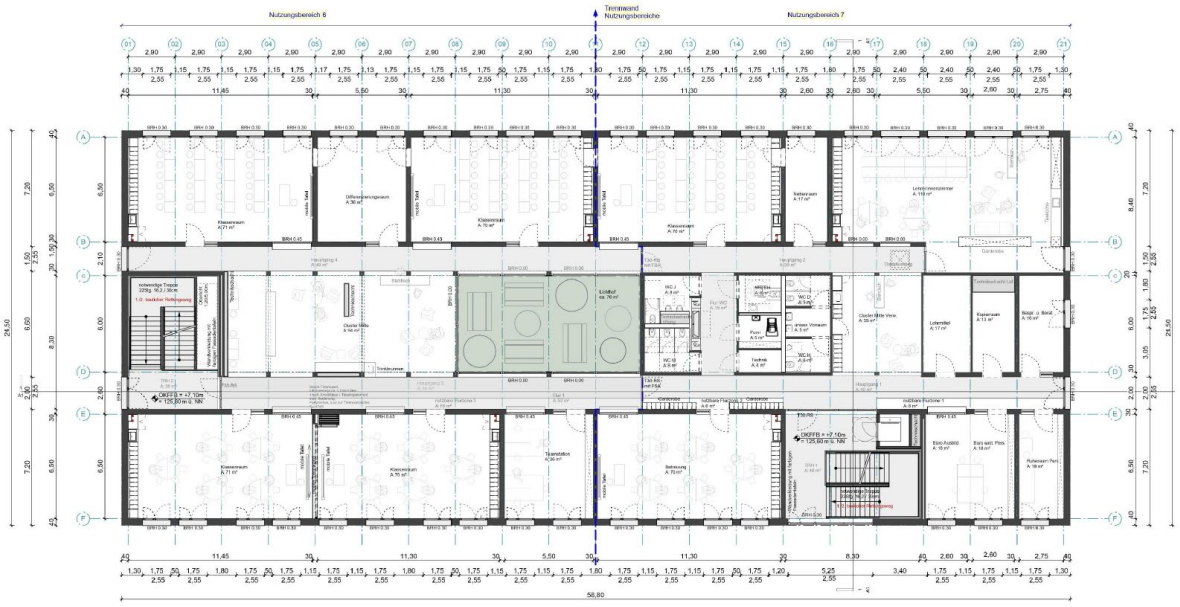


Abbildung 8: Grundriss 2. Obergeschoss

2.2. Konstruktion

Die Kerschensteiner Grundschule ist komplett in Holzbauweise entstanden. Nur die Gründung und die Treppenläufe bestehen aus Beton.

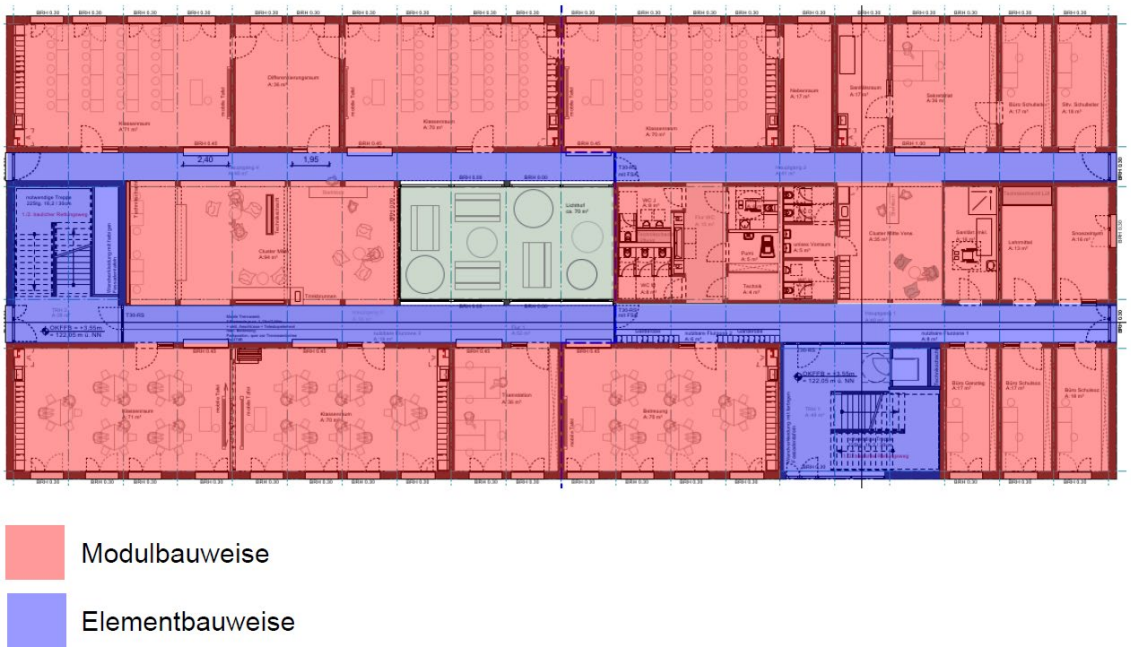


Abbildung 9: Bauweise

Die Geschosse bestehen aus jeweils 50 Holzmodulen, die im Werk vorgefertigt und samt Fenstern, Fassade und Akustikdecke auf die Baustelle geliefert wurden. Flure und Treppenhäuser sind in Elementbauweise entstanden.



Abbildung 10: Treppenraum | Foto: Jörg Hempel

Durch die Modulbauweise konnte die Bauzeit deutlich verkürzt werden: die beiden Obergeschosse wurden in nur vier Wochen montiert. Parallel konnte bereits mit den Haustechnik- und Ausbaugewerken gestartet werden.

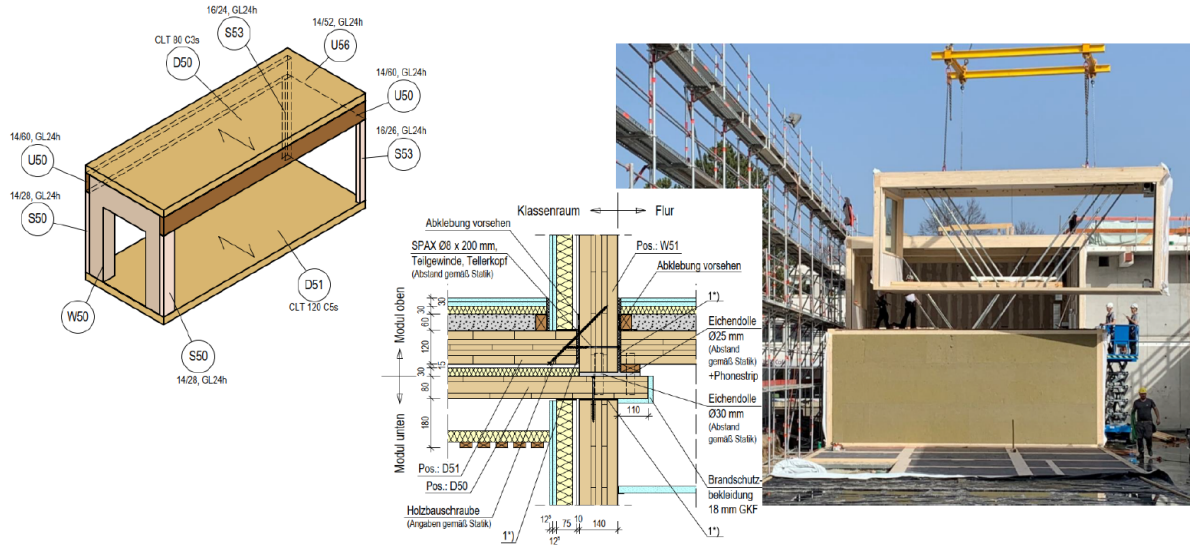


Abbildung 11: Tragwerk

Um auf den besonderen technischen Aufwand bei der Belüftung des Speisesaals zu reagieren, wurde das Erdgeschoss in Elementbauweise errichtet. So konnte mehr lichte Höhe für den Querverzug der Lüftungsleitungen geschaffen werden.

2.3. Technische Konzepte

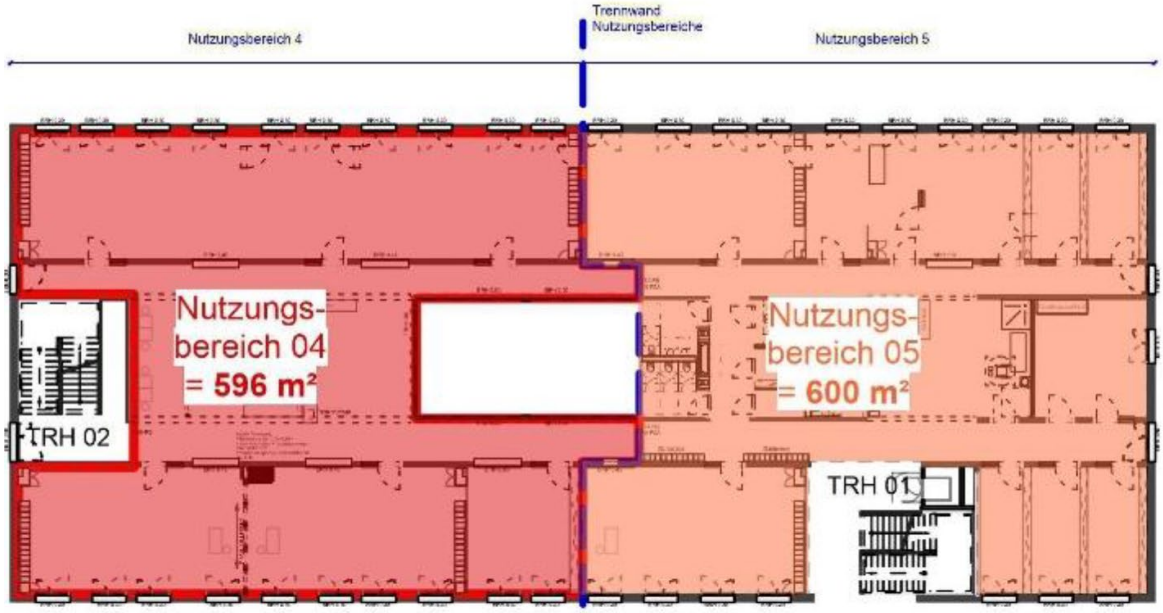


Abbildung 12: Einteilung der Nutzungsbereiche im 1. OG

Durch die Einteilung in Nutzungsbereiche mit jeweils maximal 600 Quadratmetern und zwei baulichen Rettungswegen, konnte eine Lösung konform zur Schulbaurichtlinie gefunden werden, die zusätzliche Qualitäten bei der Nutzung des Gebäudes bietet.



Abbildung 13: Transparenz durch Fensternischen | Foto: Jörg Hempel

Fensternischen bieten eine Sichtbeziehung zwischen den Klassenräumen und der Clustermitte. So wird eine leichte Beaufsichtigung der Gruppen bei Nutzung der verschiedenen Raumangebote erleichtert. Zusätzlich ermöglicht die Transparenz auch eine frühzeitige Erkennung von Brandfällen.

2.4. Nachhaltigkeit

Die Kerschensteiner Grundschule verfügt über eine hoch wärmegedämmte Gebäudehülle. Dazu trägt vor allem die hochwertige Mineralwolle innerhalb der Holzrahmenbau-Außenwände, die Flachdachdämmung und die Dämmung auf der Bodenplatte bei.

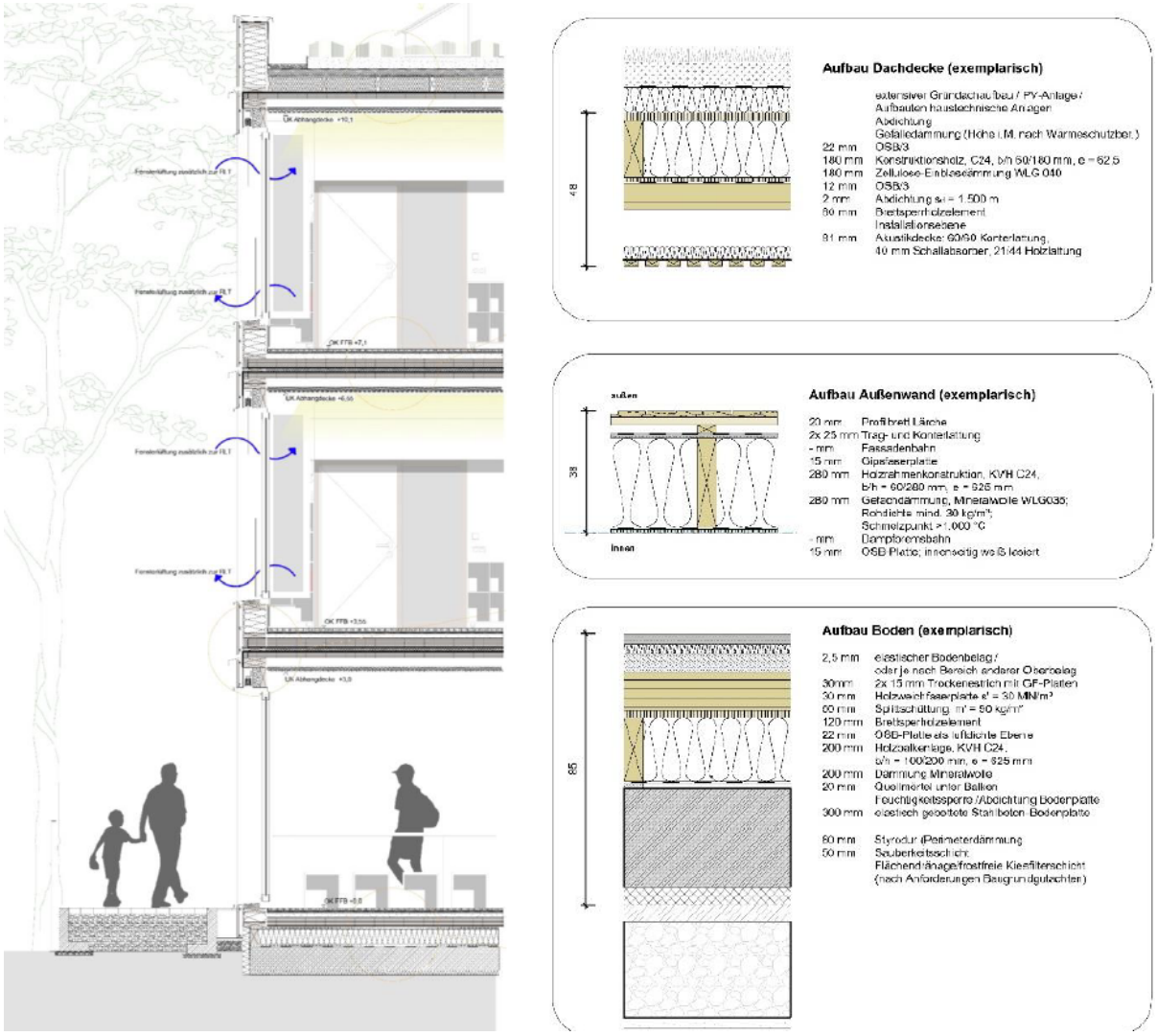


Abbildung 14: Hoch wärmegedämmte Gebäudehülle

Durch Wärmepumpen, eine PV-Anlage auf dem Gründach und dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung konnten die GEG-Anforderungen um mehr als 30% übertroffen und der KfW 55 EE-Standard erfüllt werden.

Insgesamt wurden ca. 1.400 cbm Holz verbaut, die 1.054 Tonnen CO_2 binden. Gegenüber einer massiven Bauweise wurden über 1.600 Tonnen CO_2 eingespart und damit nicht in die Atmosphäre freigesetzt.

Auch ein eventueller Rückbau wurde bereits berücksichtigt: die Holzmodule lassen sich durch Versetzen als Ganzes oder in Teilen weiterverwenden. Die Bauteile und Baustoffe sind aber auch sortenrein trennbar und könnten alternativ den Stoffkreisläufen wieder zugeführt werden.

Building with wood – best practice projects in different structural applications

Charline Lefèvre
Ney & Partners WOW
Brussels, Belgium



Building with wood – best practice projects in different structural applications

1. Introduction

Timber construction in Belgium, as throughout Europe, has experienced significant growth over the past decade. Wood and engineered wood products have sparked renewed interest in the field of architecture due to their flexibility and versatility. This natural material adapts to a wide range of applications, from classrooms, auditoriums, and gymnasiums to offices and covered outdoor spaces. Its ability to be shaped into a variety of forms and geometries opens up endless architectural possibilities.

Sought after for its aesthetic and structural qualities, wood brings a new dimension to building structures. Ingenious assemblies become design elements, and innovative techniques, such as CNC machining, enable the creation of complex and bold forms.

This presentation aims to highlight the different structural applications of timber and the different structural challenges they meet. As such, wood will be showcased in all its forms, whether for use in renovation, reciprocal structures, Vierendeel structures, bridges, folded roofs, grid-shell dome or lattice hinged structures. These projects are the fruit of our work, R&D and collaboration with daring architects and builders. Laboratory tests have sometimes been necessary.

2. Renovation

Renovation plays a vital role in the pursuit of sustainability. Renovation projects often involve navigating complexity, preserving the essence of buildings while incorporating modern construction practices. The two examples below demonstrate more than ever why timber is a particularly appropriate material for renovation.

2.1. Gare Maritime

The «Gare Maritime», located on the site of Tour & Taxi in Brussels, is a former railway terminal, built in the early 20th century that covers an area of 40.000 m² and reaches a maximum height of 23 m. In this magnificent historical hall that has been renovated and reinforced, twelve four levels pavilions in timber structure have been inserted by Neutelings Riedijk Architecten with a total of 45.000 m². They will host shops, offices and public functions to make the Gare Maritime a real covered city. The structure of these interior volumes is entirely made of wood with 9000m³ of CLT and glulam.



Illustration 1: Elevation



Illustation 2: View of an interior pavilion inside the existing structure

2.2. Brunfaut Tower

Built in 1964 for social housing, the tower housed ninety-seven apartments of different sizes and needed to be completely refurbished to current standards. The requirements implied an improvement of the accessibility, means of escape, acoustic, thermal comfort and the enlargement of some of the apartments to accommodate bigger families.
The concept proposed together with the architects A229 and Dethier architecture was to keep the rectangular volume but to increase the width of the tower and also its height to keep the proportions by adding 5 new storeys. This extension is made with a steel structure and a storey height transfer truss beam spanning the new width of the building. In order to maintain the existing load on the floors, a CLT slab solution was proposed, with the underside of the slab remaining visible.



Illustation 3: Brunfaut tower – Concept

In addition to the CLT floor, wood has proven to be particularly suitable for the construction of the facades. Timber frame facades allow the insulation to be integrated directly into the thickness of the structure. The steel-framed Brunfaut Tower has now 1500m³ of CLT floors and 4650m² of timber-framed facades. The renovation of Brunfaut tower demonstrates that timber is particularly adapted to meet requirements of such rehabilitation thanks to the precision brought by 3D modelling, the prefabrication and the lightness of the timber material.

3. Reciprocal structures

Two examples are presented here, ranging from a simple node structure to a much more complex structure.

3.1. Omer‘s Brewery

The Vander Ghinste family has been brewing beer for five generations in Bellegem near Courtai. As the brewery has grown over the years, the need for a new brewhouse has become apparent.

The framework has the particularity of being a reciprocal structure. It is a form of self-supporting framework in which each beam is supported on the next one and at the same time carries the previous beam, thus avoiding a central post.

3.2. Frans Masereel Museum

The roofing frame of this museum works as a reciprocal structure. Twenty five levels of reciprocity are arranged to cover the surface. The result is a highly complex structure in which each piece is unique and influences all the wood members. Ney & Partners WOW who worked on the execution study had to realize a complete finite element model that allowed to optimize the dimensioning taking into account the exact role of each member in the overall stability of the building.



Illustation 4: Franz Masereel Museum – LIST + HIDEYUKI NAKAYAMA Architects

4. Vierendeel structures

4.1. Inquiétude Housing Building

Inquiétude is housing buiding in the center of Namur in Belgium.
Supported on a reinforced concrete basement structure, this six level building is largely constructed with CLT panels. Its folded front façade is cantilevered and the plates that make up the façade are self-supporting and carry the weight of the floors. This was made possible by designing them as «Vierendeel Girders» that combine CLT and steel.



Illustation 5: Inquiétude facade – Specimen Architects

5. Bridges

5.1. R0 Timber Footbridge

As part of the optimization of the R0 East ring in Brussels, this bridge will provide a direct connection for cyclists and pedestrians over the high traffic lanes. Located in the Sonian forest, this new timber footbridge is 67.5 meters in length. The selection of wood for this project was not solely for aesthetic reasons, but also to take advantage of its structural properties, which were fully integrated into the structural design. The bridge design features an innovative pentagonal box girder structure with G-LVL panels. A variation in structure height, ranging from 5 to 7 m above the bridge deck, allows a low deck height to enhance cyclist comfort. The bridge deck itself is 6 m wide. The footbridge's structure is composed of glued LVL panels, which were used for all the main structural elements. These panels are made of 2 to 7 layers of Kerto Q (from Metsäwood), resulting in a final thickness of up to 350 mm. The thickness of each panel has been carefully optimized to match the specific forces it will encounter.



Illustation 6: R0 Timber footbridge – Mounting stages of the footbrige

6. Folded roofs

6.1. Boos K'fé

The structure creates here the main reception room for a bar/restaurant in the Luxemburg countryside(Bridel).
The folded roof principle is particularly adapted to timber CLT panels. In this case, this principle has been extended in 3 dimensions to form a triangulated shell.

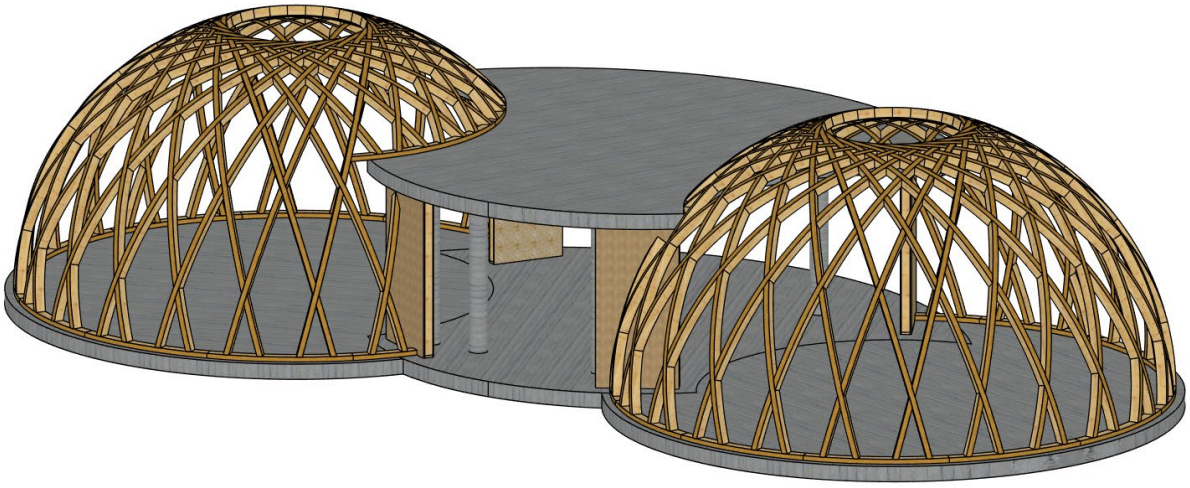


Illustation 7: 3d Model of the Boos K'fé structure

7. Grid-shell dome

7.1. Nemo 33

The diving centre Némo 33, has a new outdoor pool where it will be possible to dive to a depth of 42m. On the periphery of the pool, a new building houses the changing rooms as well as offices and a reception area. On the roof, two wooden gridshell domes emerge from the concrete base, recalling the geometry of diving tanks.



Illustation 8: 3d Model of Nemo 33 domes

8. Lattice hinge CLT

The «lattice hinge» is formed by an array of parallel overlapping cuts in a flat wooden panel. By dividing the panel into a set of thin columns, each column can twist on its own axis and rotate. The length of these so called «torsion legs» drives the overall curvature radius of the panel. The longer the leg, the more flexible the panel. The piece of CLT that links two torsion legs are considered as planar surfaces and have no influence on the overall curvature of the panel.

8.1. Nautile sylvestre

Commissioned for the 85th edition on the occasion of Demo Forest, an event that follows the Libramont Fair, the wooden pavilion named «Nautile Sylvestre» was conceived by ArtBuild Architects, Saïse Design and Ney & Partners WOW as a totem for forestry and timber trades. It is the first structural use of bent CLT panels.
Inspired from the bio-structure of the banana stem, a double revolution staircase gives access to a central elevated platform at 4.5 m above ground level. The upper and lower side of the staircase offer respectively, a point of view and an exhibition gallery. Visitors can wander easily by following the curvature of the walls and crossing the pavilion from one side to the other.



Illustation 9: Nautile Sylvestre Pavilion made with curved CLT

8.2. Ephemeral auditorium

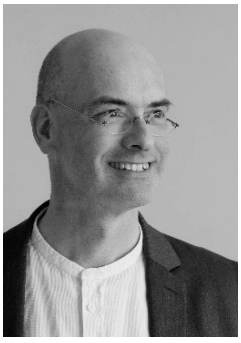
On the occasion of the 10th edition of the «Forum International Bois Construction» in Paris, the ephemeral auditorium stands in the centre of the ephemeral Grand Palais. A total amount of 64 CLT panels are bended and assembled together to create the plenary room for conferences. This temporary structure is easily dismantled and is intended to be reused for other events. The auditorium is a rectangular room with seating for 350 people. The perimeter walls cover an area of 29 m x 19 m with a modular construction made of bent CLT panels connected by steel bracings. This wooden curtain provides privacy but it also allows for some subtle transparency. The notches in the wood act as a sound trap and provide an acoustic barrier for the auditorium.



Illustation 10: Ephemeral auditorium – Art & Build Architects

Matchbox – Dreierbeziehung in einer Sozialwohnung

Hannes Ochmann
KAAN Architecten
Rotterdam, Niederlande



MATCHBOX – Dreierbeziehung in einer Sozialwohnung

1. Intro

Ohne Kompromisse gäbe es dieses Land vielleicht gar nicht. Zumindest nicht so, wie wir es heute kennen.

In den Niederlanden haben Konsensmodelle eine lange Tradition, die bis in das Mittelalter zurückreichen. Damals mussten alle Bewohner ungeachtet ihres Standes, egal ob Bauern, Stadtbewohner oder Edelleute, zusammenarbeiten, um Deiche zu bauen und so ihr Land gegen das Wasser zu schützen. Diese Form der Konsensfindung hat einen Namen: das Poldermodell. Polder sind im niederländischen Sprachraum Gebiete, die ohne eine künstliche Wasserregelung von der See oder von den Flüssen überflutet würden. Denn sie liegen unter dem Meeresspiegel.

Das Poldermodell ist für die niederländischen Politik und Wirtschaft inzwischen typisierend und steht als fester Begriff für die Suche nach Kompromissen und Konsens. Auch in der Welt des modernen Bauens ist das nicht anders.

In den Niederlanden arbeiten Auftraggeber, Architekten, Fachplaner und ausführenden Firmen immer öfter bereits in den frühen Entwurfsphasen in einem «Bouwteam» zusammen, was sich am besten als Bauteam übersetzen ließe. Hier werden auf Augenhöhe und in gemeinsamer Anstrengung frühzeitig Lösungen für Herausforderungen gefunden. Es geht dabei um jene Herausforderungen, die häufig im Kontrast zueinander stehen oder sich gar gegenseitig auszuschließen scheinen. Der Geist dieser Zusammenarbeit im Bauteam ist ähnlich wie damals vor Jahrhunderten beim Anlegen der Deiche. Nur Konsens, Gleichheit und die Mitwirkung aller sichert das Gelingen, und auf die Dauer auch das eigene Überleben.

Auch «MATCHBOX» ist im Bauteam entstanden. Für unser Büro war diese Form der Zusammenarbeit und des gemeinsamen Anpackens nicht neu. Neu hingegen waren die Herausforderungen. Wie baut man möglichst nachhaltig mit Holzbau, mit dem Budget eines Sozialbaus und unter sehr beengten Verhältnissen? Es ist fast wie in einer Dreierbeziehung im Leben: Manche unerfüllte Erwartungen führen unweigerlich zu Spannungen, und am Ende doch noch zum Konsens.

MATCHBOX wird derzeit in Eindhoven in «Strijp-S» gebaut, einem der ehemaligen Werksgebiete der weltbekannten Firma Philips. Anton Philips ließ hier 1916 seine erste Glühlampenfabrik bauen. Das Gebiet entwickelte sich in den nachfolgenden Jahrzehnten zur «verbotenen Stadt», einem für viele Eindhovener unzugänglichem riesigen Komplex, in dem Radios, Fernsehgeräte und viele andere Haushaltsgeräte entwickelt und auch produziert wurden. Die Globalisierung der Weltwirtschaft leitete bei Philips in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts den schrittweisen Rückzug aus der Stadt Eindhoven ein. Das Gebiet Strijp-S mit seinen imposanten leeren Fabriksgebäuden aus der frühen Moderne wurde fortan für jeden zugänglich und erwartete eine neue Zukunft. Die Gemeinde Eindhoven kaufte das Gebiet im Jahr 2002 zusammen mit dem Baukonzern VolkerWessel für 140 Mill. Euro von Philips. Um auch in Eindhoven der in den Niederlanden stetig steigenden Wohnungsnot die Stirn zu bieten, wurde beschlossen, Strijp-S in den nachfolgenden Jahrzehnten zu einem neuen Wohngebiet zu transformieren. Der städtebauliche Masterplan stammt aus der Feder des renommierten Landschaftsarchitekturbüros West8 in Rotterdam. Heute ist Strijp-S eines der hippsten Viertel in Eindhoven. Werkstätten für kreative Start-ups, Musikfestivals, Kunstprojekte, Bars oder Skatehallen – hier entsteht ein Biotop für die junge kreative Mittelschicht. Allerdings, für viele Niederländer bleibt neuer Wohnraum unbezahlbar teuer. Auch Strijp-S ist diesbezüglich keine Ausnahme.

TRUDO, in Eindhoven eine eher ungewöhnliche Wohnungsbaukooperation, will den exorbitant steigenden Wohnungspreisen und der abgehängten unteren Einkommensschicht

nicht tatenlos zusehen. TRUDO entwickelt und realisiert in Strijp-S nicht nur Wohnungsbauprojekte für den sozialen Mietsektor, sondern unterstützt auch aktiv kleinere Initiativen und Gruppen am untersten Rand der niederländischen Gesellschaft. Oft sind das eigene kleine, dafür aber sehr wirksame Projekte. Trotz der knappen Etats wuchs mit jedem neuen Bauvorhaben auch die Ambition, noch mehr in die Nachhaltigkeit zu investieren. Auch bei MATCHBOX ist das der Fall, wenn auch dessen Randbedingungen ohnehin schon nicht einfach waren.

Für die Verortung und der Festlegung der Baumassen von MATCHBOX lässt das kleine dreieckige Grundstück, das TRUDO von der Gemeinde Eindhoven und VolkerWessels erwarb, allerdings kaum Gestaltungsfreiheit zu. Denn die Kubatur, Gebäudehöhe und Ausrichtung zu den anderen Gebäuden lagen durch den städtebaulichen Entwurf von den Landschaftsplanern im Grunde genommen fest.

Das Raumprogramm sah vor, neben möglichst vielen bezahlbaren Sozialwohnungen und Flächen für kommerzielle Mietflächen für Start-Ups im Erdgeschoss auch noch genügend Büroraum für das neue eigene Unterkommen von TRUDO in das Projekt zu integrieren. Platz wurde zum kostbaren Gut.

Um den Nachhaltigkeitsansprüchen von TRUDO gerecht werden zu können, schlugen KAAN Architecten vor, das neue Gebäude soweit wie möglich und minimal CO_2-neutral in Holzbauweise zu planen. MATCHBOX soll den Entwurfsansatz der übriggebliebenen Philips-Gebäude auf Strijp-S fortschreiben – zeitgemäß modern, funktional und auf das Notwendige reduziert. Die Holzbauweise, nachhaltig und inzwischen wieder modern, ergänzte dieses Konzept.

Allerdings, wenn der zur Verfügung stehende Raum nicht gerade üppig und das Budget eher niedrig ist, dann liegt es nicht auf der Hand, um ein Bauprojekt auch noch nachhaltig auszuführen. In dieser Dreierbeziehung aus Kosten, Raum und Nachhaltigkeit bleiben Spannungen und Risikos nicht aus.

TRUDO, KAAN Architecten, alle Fachplaner und die ausführende Firma wussten das. Aber sie wussten auch, dass sich im Bauteam früh genug ein gesunder Konsens und Lösungen finden lassen, damit alles gelingt.

Ähnlich wie damals, als die Vorfahren noch Deiche bauten.



Abbildung 1: Bauplatz in Strijp-S vor Baubeginn (2023), rechts ehemaliges Philips-Fabriksgebäude, im Hintergrund neue Wohnbebauung mit Überbleibseln vom Werksgelände.

2. Dreierbeziehungen

Jeder kennt sie, die Kombination aus drei Dingen oder Möglichkeiten, bei der man der Einfachheit halber am liebsten eine Komponente weglassen möchte. Oder eine Dreierbeziehung, bei der man sich die dritte Person im Bunde am liebsten wegdenkt.

Bei MATCHBOX ist das ähnlich. Raum und Geld waren ohnehin schon knapp. Holzbauweise bringt aber mindestens zwei weitere Aspekte wie Brandschutz und Schallschutz mit sich, die im Vergleich zu herkömmlichen Bauweisen zusätzlich Platz und Budget beanspruchen.

Das vor Ort beschränkte Raumvolumen ist eine logische Folge aus der Kombination von einem dreieckigem Grundstück mit einer rechteckig zu bebauenden Grundfläche, den baurechtlich einzuhaltenden Abstandsflächen und der vorgegebenen Traufhöhe von max. 24,20 m. Die Umsetzung des Raumprogrammes auf dem begrenzten Grundriss erforderte 3 Geschosse für Geschäfts- und Büroflächen sowie 4 Geschosse für 36 Wohnungen. Es galt also, die einzelnen Deckenpakete so niedrig wie möglich zu planen und in den Grundrissen ein Maximum an Nutzflächen zu realisieren.

Das Höhe des Budget wurde zum größten Teil von den Höchstkosten der 36 Mietwohnungen im sozialen Sektor, also Wohnraum am untersten Rand des Wohnungsmarktes bestimmt. Weiterhin wurde die Bürofläche von TRUDO für den Eigenbedarf konzipiert und nicht an Dritte vermietet. Und die Geschäftsflächen im Erdgeschoss sind ebenfalls zwei oder drei sehr kleinen Start-up-Unternehmen vorbehalten, damit also auch eher kostendeckend statt gewinnbringend konzipiert. Schließlich, und nicht ganz unwichtig, die seit 2022 stetig steigenden Material- und Energiepreisen sorgten dafür, dass auch die Wirtschaftlichkeit mehrmals überprüft werden

Holzbau führt im Vergleich zur bisherigen Stahl-Beton-Bauweise sehr oft zu höheren Deckenkonstruktionen. Um bei der gegebene Traufhöhe dennoch 7 Geschosse realisieren zu können, mussten bei MATCHBOX die Spannweiten und Stützenabstände reduziert werden. Zudem erzwangen die flexiblen offenen Grundrisse in den drei unteren Geschossen eine einer Skelettbauweise. Als Folge dessen vereinfachten die durchgehende GluLam-Träger nicht gerade die Planung der technischen Haustechnik im Deckenbereich, wodurch ein großer Teil der Technik im Bodenpaket aufgenommen werden musste.

Hinzu kommt, dass Gebäude in Holzbauweise in den Niederlanden ca. 15- 25 Prozent höhere Baukosten verursachen als Projekte als in herkömmlicher Bauweise. Noch größer ist der Preisunterschied bei nachhaltigen Cradle-2-Cradle Baustoffen. Sollte das Budget in seltenen Fällen doch einmal von untergeordneter Natur sein, dann scheitert die Verwendung vieler Produkte oft an den fehlenden Prüfungsunterlagen und spezifischen Zulassungen, die nicht rechtzeitig genug vor dem Einbau zu erhalten sind.

Zusammenfassend, bei Projekten mit hohem Gestaltungsanspruch erfordert die Kombination aus den drei Komponenten Niedrigkosten, Platzknappheit und Nachhaltigkeit bei jedem einzelnen Gebäudeelement und Bauteil viel Einfallsreichtum und manchmal auch harte Kompromisse, um einen Konsens zu finden. Je nach Lösung wird eine jeweils andere Kombination aus verschiedene Aspekten prävalieren. Solche Aspekte sind zum Beispiel Kosten-Nutzen-Abwägungen, Gestaltungsrelevanz, bautechnische Zwangspunkte, baurechtliche Regelungen oder Termine, um hier nur einige wenige zu nennen.

Die große Kunst ist es, alle Entscheidungen so zu treffen, dass am Ende keiner der drei Komponenten zu kurz kommt. Dabei hilft es schon, wenn alle Projektbeteiligten von Beginn an auf Augenhöhe zusammenarbeiten und mit Augenmaß unkompliziert und effizient miteinander kommunizieren.

3. Räumliches Konzept

Das räumliche Entwurfskonzept von MATCHBOX ist das Resultat der folgerichtigen Aneinanderreihung der besten Einzellösungen, und lässt sich daher auch relativ einfach darstellen:

Ausgehend von dem aus Platzgründen notwendigen idealen konstruktiven Stützenabstand ergab sich im Grundriss ein allseitiges Stützenraster. Die Gebäudeaußenmaße markieren die Grenzen des Stützenrasters und ergeben ein Rechteck. Dieses Rechteck passt gerade noch in das dreieckige Grundstück, hält den Mindestabstand zu den Nachbargebäuden ein und ist durch sein Seitenverhältnis zugleich am besten nutzbar.

Die so ermittelte Grundfläche führte dazu, dass das gesamte Raumprogramm auf sieben Geschossen untergebracht werden musste. Das war nur möglich, wenn man die höchste zulässige Traufhöhe bis auf die letzten verbleibenden Zentimeter ausgenutzte.

Die unteren drei Geschosse mit Büro- und Geschäftsfunktion belegen die gesamte Grundfläche. Die vier oberen Wohngeschosse konnten wegen der Tageslicht-Anforderungen nur teilweise bebaut werden. Als die sinnvollste aller Varianten erwies sich dabei die Anordnung der Wohnungen um einen gemeinsamen dreiseitig umschlossener begrünten Innenhof.

Sowohl im Grundriss der Wohngeschosse als auch im Schnitt entstand eine «C-Form», das Resultat der optimalen Kombination aus Tageslichteinfall und gewünschten Sichtbeziehungen zwischen den Bewohnern. Gleichzeitig konnten die Wohnungen so angeordnet werden, dass keine Fassadenöffnung zur stärker lärmbelasteten Fußgängerzone entsteht.

Die beiden Außenfassaden an den beiden kurzen Gebäudeseite bestehen in voller Höhe aus überdachten Balkonen. Die Balkone ergeben zusammen mit dem gemeinsamen Innenhof ungewöhnlich viel hochqualitativen Außenraum und kompensieren damit für die Mieter auch die kompakte Größe ihrer Wohnungen.

Im Gegensatz zu Deutschland sind den Niederlanden großzügig verglasten Gebäude allgegenwärtig und schon von weitem erkennbar. Große Fenster, vor Jahrhunderten noch ein Statussymbol und für lange Zeit bei Möbeltransporten nicht wegzudenken, sind seit langem selbstverständlich. Auch bei MATCHBOX ist das nicht anders. Dessen Obergeschosse bestehen zu einem großen Teil aus einer Aneinanderreihung von hohen Fenstern und Türen. Der große Glasanteil ergibt sich zum einen aus der Gebäudetiefe des kompakten Grundrisses, zum anderen steigert die Aussicht auch in der kleinsten Wohnung das Wohlbefinden seiner Bewohner nicht unerheblich.

Um auch die Erdgeschossfassade für den öffentlichen innerstädtischen Raum so offen wie möglich planen zu können, wurden auf der untersten Ebene alle «blinden» Nutzungsbereiche ohne Tagesanforderungen tief in das Gebäudeinnere verlagert.

Das Resultat ist ein Gebäude, das nur noch aus Vorderseiten besteht. Dessen Außenseiten werden von einem feingliedrigen einfachen Raster aus einem orthogonalen Hartholzfachwerk umgeben. Ein nicht unwesentlich großer Teil der Stützen und Träger tragen die außenliegenden Galerien und Balkone. Das Fassadenfachwerk erinnert an Streichhölzer in einer Schachtel, woher auch der passende Name stammt: MATCHBOX.

Als bestmögliche Antwort auf alle eingangs genannten gegensätzlichen Anforderungen wurde die Tragwerkskonstruktion von MATCHBOX in hybrider Bauweise konzipiert.

Fundamente, Bodenplatte und Erschließungskern wurden notwendigerweise aus Stahlbeton erstellt. Außerhalb des massiven Erschließungskerns wurde das Haupttragwerk als Holzskelettbaukonstruktion geplant und besteht aus GluLam-Stützen und GluLam-Trägern, die 24 cm starke CLT-Deckplatten tragen und als «Scheiben» die horizontale Steifigkeit sicherstellen.

Die Fassadenelemente aus vorgefertigten Holzskelettbauelementen werden an den CLT-Decken, den Stützen und Trägern verankert, wodurch auch eine gerüstlose und schnelle Montage möglich wird.

In den Hohlräumen der Wohnungstrennwände wurden zwischen den Stützen und Trägern Windverbände aufgenommen, die eine ungewöhnliche Doppelfunktion erfüllen: Mitwirkung bei der Aussteifung gegen Windlasten und eine zusätzliche Redundanz der Tragfähigkeit.

Wenn, zum Beispiel im Brandfall nach 120 Minuten oder aus anderer unbekannter Ursache, eine der unteren Stützen verlorengeht oder kollabiert, dann bilden diese Windverbände einen zweiten Lastenweg. Die dabei auftretenden Zugkräfte werden über die Stützenverbindungen auf die darüberliegenden Ausstrebungen übertragen.

Denn im Gegensatz zu Betonkonstruktionen ist das bloße Anbringen von Zugstäben zur Erfüllung der Robustheitsanforderungen bei Holzbauten keine bewährter Lösungsansatz.

4. Entwurf

In dem Spannungsfeld Niedrigkosten-Platzknappheit-Nachhaltigkeit wurden vom gesamten Team wichtige und große Entscheidungen getroffen, um den Entwurf überhaupt realisieren zu können. Daneben halfen auch äußere Umstände, die Kosten im Rahmen zu halten.

Als die größte aller Herausforderungen erwies sich die Knappheit an **Raum**.

Am kritischsten waren die Geschosshöhen. Basierend auf einem durchgehenden Rastermaß von 70 cm wählten wir Stützenabstände von 5,60 m im Kernbereich und 4,90 m in den Randbereichen bei den Außenfassaden. Somit konnten nicht nur die CLT-Deckenelemente auf 24 cm Höhe begrenzt werden, sondern auch sichtbare Trägern in den unteren Geschossen wirtschaftlich ausgeführt werden.

Um weitere 24 cm an Raumhöhe zu gewinnen, wurden für die unteren offengehaltenen Nutzungsflächen die Glu-Lam-Träger an der Oberseite ausgeklinkt, um das CLT-Paket seitlich anzuschließen. Dagegen wurden in den Wohnbereichen die GluLam-Träger in die Wohnungstrennwänden integriert, und dort zusammen mit den Stützen besonders schlank ausgeführt. Möglich wurde das durch eine zweiseitige Gipskartonbeplankung, die Brandschutz und Schallschutz gleichermaßen sicherstellte. Zudem entstand wegen der schlankeren Stützenabmessung gleichzeitig mehr Wohnfläche.

Als zweiter Schritt wurden die Höhen der Bodenpakete auf die darin aufzunehmende Haustechnik abgestimmt, da deren Unterbringung im Deckenbereich zwischen den bereits in der Höhe optimierten Glu-Lam-Träger sehr eingeschränkt war.

130 kg/m^2 extra Ballast war das Optimum aus Schallschutz- und Tragwerksanforderungen, Unter- und Obergrenze zugleich. Die minimal benötigte Installationshöhe bestimmte somit die Dichtheit des Ausfüllstoffes. Bezahlbar trotz aller Nachhaltigkeitsambitionen erwies sich aber nur Schaumbeton.

Der Schaumbeton löste zumindest gleichzeitig auch ein brandschutztechnisches Problem: Ein Durchdringen der Glu-Lam-Träger war nahezu ausgeschlossen, und so wurden die Haustechnikleitungen im Bodenpaket des darüberliegenden Geschosses verlegt, die an geeigneter Stelle vertikal durch die CLT Elemente geführt wurden. Ohne die Feuerschutzeigenschaften von Schaumbeton wäre diese Lösung kostspieliger ausgefallen.

Da Platz auch in der Fläche ein sehr knappes Gut war, lag die beste Lösung in der effizienten Doppelnutzung der Nutzflächen und dem Weglassen räumlich abgetrennter interner Verkehrsflächen.

So entfielen in den Wohnungen alle nicht strikt notwendigen Trennwände und kombinierten wir Nassbereiche, Abstellräume und Schächte in einem kleinstmöglichen zentral liegenden Kern. Dadurch wirken die Studio-Wohnungen trotz ihrer kompakten Größe relativ großzügig.

Die Idee eines zentral gelegenen kompakten Kerns haben wir auch bei den Bürogeschossen umgesetzt. Die von TRUDO gewünschte offene flexible Bürolandschaft war die wichtigste Entscheidungsgrundlage für die Holzskelettbauweise. Dort, wo nichttragende Trennwände an Stützen anschließen mussten, wurden Trennwände mit Einbauschränken so tief dimensioniert, dass die Stützen nicht mehr im Weg standen. Im gesamten Bürobereich gibt es nur ein Minimum an interner Verkehrsfläche, die nicht doppelt genutzt wird.

Die zweite große Herausforderung lag in der gewünschten **Nachhaltigkeit** des Projektes.

Bei der Auswahl jedes einzelnen Baustoffs wurde wegen des knappen Budgets zuerst der ökologische Kosten-Nutzen-Effekt abgewogen. Berechnungen ergaben, dass das Tragwerk in Holzbauweise über einen Zeitraum von 50 Jahren den kleinstmöglichen CO_2-Fußabdruck hinterlässt.

Ebenso verhält es sich mit dem Fassadensystem aus vorgefertigten Holzskelettbauelement mit einer hinterlüfteter Bambus-Fassade. Die Fenster- und Türenprofile mussten dagegen aus reinen Kostengründen noch aus Aluminium geplant werden, wobei sich Aluminium aus 70 % recyceltem Altmaterial als gerade noch bezahlbar erwies.

Andere Ideen dagegen scheiterten aus unterschiedlichen Gründen: Alte Gehwegwegplatten statt Schaumbetonauffüllungen als Ballast zu verwenden war bei Matchbox unmöglich, da zu umfangreiche Haustechnik im Bodenpaket lag. Für gebrauchte Schiffsplanken als Fassadenverkleidung war das Angebot auf dem Markt zu klein. Für nachhaltige Holzwolle-Zement-Dämmung gab es noch keine brandschutztechnischen Prüfzeugnisse. Und Bodenbeläge aus recyceltem Kunststoff waren schlichtweg zu teuer für den Einsatz im sozialen Wohnungsbau. Für größere Bauvorhaben erwies sich der nachhaltige Markt oft noch als zu klein oder als zu jung.

Nachhaltigkeit lässt sich am besten erreichen, wenn ein gut geplantes und ausgeführtes Gebäude möglichst lange genutzt wird. Für die Zeit danach, im Falle eines Abbruchs, achteten wir sehr gut darauf, das sich MATCHBOX gut zerlegen lässt und die Baustoffe voneinander getrennt werden können.

Manchmal halfen uns auch äußere Umstände. Die plötzliche Absage der Stadt Eindhoven, für Strijp-S ein Wärmeversorgungsnetz anzulegen, zwang uns für die Wohnungen Wärmepumpen und Photovoltaikelemente zu installieren.

Letztendlich sorgte eine ausgeklügelte Kombination aus Energiegewinnung, Wärmeschutzmaßnahmen und Fassadenplanung dafür, dass das in den Niederlanden für Neubauten verpflichtete Prädikat «Beinahe energieneutral» erreicht werden konnte.

Als dritte Herausforderung sorgten Platzknappheit und Nachhaltigkeitsansprüche für Mehrkosten, was bei einem bei Bauvorhaben mit **Niedrigkosten** nicht unproblematisch ist.

Wir mussten diesen Gegensätzen auf mehreren Wege entgegenwirken.

Zu allererst half es, dass in MATCHBOX nicht nur 32 Sozialwohnungen untergebracht worden sind, sondern auch nicht ein unerheblicher Flächenanteil an Bürofläche und Geschäftsfunktionen. Auch wenn die Bürofläche für den Eigenbedarf von TRUDO bestimmt ist, und bei der Vermietung der Geschäftsflächen nicht unbedingt kommerzielle Interessen im Vordergrund stehen, so konnten die Investierungskosten für alle gemeinschaftlichen Bauteile zumindest auf die einzelnen Funktionsbereiche verteilt werden.

Zweitens achteten wir auf einen pragmatischen Materialeinsatz und investierten nur in den öffentlich sichtbaren und ausgewählten gemeinschaftlichen Bereichen in eine höherwertige Ausstattung, Detailierung und Materialeinsatz. Grundsätzlich kamen nur einfach behandelte Oberflächen wie Feuerverzinkung und Eloxalvergütung zum Einsatz, noch häufiger aber wartungsfreie unbehandelte Harthölzer. Die meisten Holzverbindungen Verbindungen sind herkömmliche sichtbare Verbindungen, dann aber sorgfältig und präzise detailliert. Aber auch das Weglassen von Bauteilen wie Innenwände, sowie jede einzelne bauliche Lösung, die zugleich mehrere Anforderungen erfüllte, half uns, die Kosten zu reduzieren.

Als dritte Möglichkeit wurden die Fertigungskosten reduziert. Da alle Holzbauelemente fertig aus der Fabrik kommen, steigt die Baugeschwindigkeit vor Ort enorm. Auch konnten die relativ leichte Fassadenelemente aus Holzskelettbau ohne Gerüst montiert werden, was Bauzeit und Kosteneinsparungen zugutekam.

Schließlich spielten auch äußere Umstände eine große Rolle. Holzbau ist zur Zeit noch ca. 15-25 % teurer als konventioneller Bau. Für MATCHBOX war es aber zumindest möglich, 50% aller Zusatzkosten aller als nachhaltig zertifizierten Baustoffe und Produkte über staatliche Zuschüsse erstattet zu bekommen, sofern die Hersteller diese eine besondere Prüfliste eintragen ließen.

Was aber viele Anstrengungen zunichte zu machen drohte, waren die unverhältnismäßig stark steigenden Rohstoffpreise nach dem 24.02.2022, als die Invasion Russlands in die Ukraine begann.

Allerdings konnten die Preissteigerungen teilweise dadurch aufgefangen werden, dass der Wert des Grundstückes und der Immobilie stärker anstieg als erwartet. Denn im Stadtviertel Strijp-S ist die Investierung in Immobilien und in den städtischen Raum noch immer im vollen Gange, was sich im Nachhinein betrachtet als Glücksfall erwies.

5. Nachbeschauung

Zurückblickend auf die Herausforderungen beim Projekt MATCHBOX haben wir uns zunächst die Frage gestellt, unter welchen Voraussetzungen eine «Dreierbeziehung» gegensätzlicher Anforderungen wie Niedrigkosten-Platzknappheit-Nachhaltigkeit im Holzbau zum gewünschten Erfolg führen kann. Wir fanden zunächst drei wichtige Zutaten:

1. Ein Auftraggeber, der bereit ist, in Gesellschaft und Nachhaltigkeit zu investieren und dabei auch Risiken eingeht
2. Ein vollständiges und hochmotiviertes Bauteam aus Architekten, Fachplanern und auch ausführenden Gewerken, das bereits schon in der Vorentwurfsfase zusammenarbeitet
3. Kreativität und Flexibilität bei der Findung von Lösungen, Erlangung von Prüfzeugnissen und Kompensationsmaßnahmen für baurechtliche Abweichungen

Allerdings war das erste Holzbauprojekt von Anfang an für uns auch ein Lernprozess, bei dem die meisten Mitwirkenden Neuland betraten. Die Schwierigkeit bestand vor allem darin, dass Holz als Baustoff aufgrund der materialspezifischen Eigenschaften weniger anpassungsfähig ist als beispielsweise eine Konstruktion in Stahlbeton.

Daher ist war für die Zusammenarbeit im Team wichtig, dass alle auf Augenhöhe kommunizierten, zeitgleich Lösungsansätze entwickelten und alle Karten auf den Tisch legten.

Das gilt auch für alle noch kommenden Projekte.

Wenn sich jemand zurücklehnt und auf erst auf Vorleistungen anderer wartet, ist unnötige doppelte Arbeit die Folge. Es gilt daher, so schnell wie möglich alle bekannten Einschränkungen und bestimmenden Faktoren in jeder Disziplin zu erkennen. Schnell wird man gegensätzliche Anforderungen entdecken und sich bei jedem einzelnen Problem überlegen müssen, wo sinnvollerweise Grenzen ausgereizt oder verschoben werden.

Um nur ein Beispiel von vielen zu nennen:

Holz hat viele Vorteile, benötigt aber auch zusätzliche Ausgleichsmaßnahmen für den Brandschutz, den Schallschutz und auch die Haustechnik, die alle zusätzlich Geld, Gewicht und Raum kosten. Wenn dann bestimmte Rohre nicht mehr ihren Weg durch die GluLam-Träger finden, wird man sich darüber Gedanken machen müssen, welche anderen Lösungen man im Aufbau des Bodenpaketes finden kann, die dann zugleich auch Schallschutz, Tragwerk, Brandschutz und die gewünschte lichte Raumhöhe berücksichtigen ohne das Budget zu sehr zu strapazieren. Dabei hilft es, den Entwurf auch von der Steckdose her zu denken, überspitzt formuliert.

Wie im wirklichen Leben ist es möglich, durch jeweils richtige Einzelentscheidungen ein Gesamtgleichgewicht zwischen widersprüchlichen Herausforderungen herzustellen.

Wahrscheinlich gibt dabei es keinen Raum für Perfektion. Aber jeder kleine Schritt von uns in Richtung Nachhaltigkeit hilft der nächsten Generation, in Zukunft eine bessere Lösung zu entwickeln, als wir das heute vermögen.

Es ist ähnlich wie beim Bauen der Deiche vor Jahrhunderten in den Niederlanden. Die ersten Bauwerke waren nicht ideal, aber man packte zusammen an, baute eine Basis für sich und die nächste Generation, die später deshalb sehr vieles besser machen konnte.

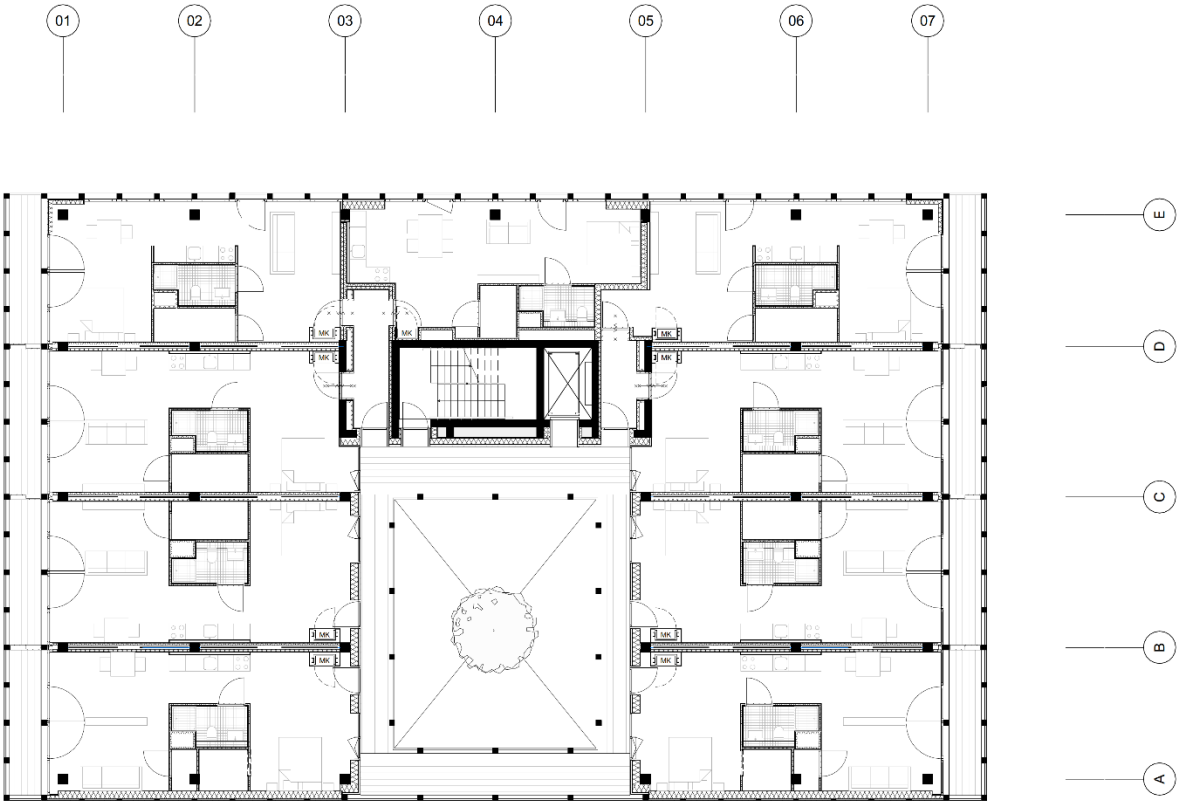


Abbildung 2: Grundriss vom 4. Obergeschoss



Abbildung 3: Südostfassade mit Balkonen aus Azobé-Holzskelettbau



Abbildung 4: Innenhof mit Galerien aus Azobé-Holzskelettbau

Skypark Business Center – Luxembourg

François Ducatez
Bjarke Ingels Group
Copenhagen, Denmark



2 Skypark Business Center – Luxembourg | F. Ducatez

Skypark Business Center – Luxembourg

1. Concept

1.1. Introduction

The Skypark Business Center is located in Findel, Luxembourg, within the Niederanven municipality, adjacent to the LUX-Airport Terminal A. Our design is one of the key elements of the «Airport City Master Plan».



Figure 1: Site before the building construction

The building's footprint is long and slim, with an area of ca. 19000m2. The SBC makes full use of the allowed maximum building height of 30.5 m on 7 floors. The design is based on an ideal office bar typology measuring 17 meters in width, with seating on both sides, and a strip of core and support functions in the center.

Instead of one single zigzag volume, as envisioned in the masterplan, our design consists of two stacked and rotated zigzag-ing bars. Not only retaining all the qualities of the masterplan, the design creates numerous outdoor spaces, exciting views from all angles, as well as highly flexible interior spaces. The entire volume forms an undulating wall in elevation, effectively performing as an acoustic barrier for the public space and further buildings in the Airport City.

SBC can essentially be perceived as a sequence of distinct volumes, from the base up: the mineral parking plinth, the fully-glazed transparent and permeable ground floor, the lower copper «snake» of levels +1 to +3, and finally the upper rotated copper «snake» of levels +4 to +6.

The rotation of the office volumes is central to the design concept, creating fantastic sculptural views from every angle as well as amazing outdoor spaces. Accessible green terraces are found every 50 meters, while intimate, welcoming entrance courtyards are created along the main road. The thin volume of the office bars also allow every user to have an unobstructed view towards either the Luxembourg Airport's runway or the Grand Ducal Golf Course.

There are no dead corners within SBC. Whenever the 'snake' turns, corners are softened and rounded to provide panoramic views and to resonate with the rest of the buildings in the masterplan.

This poetic play with the meandering volumes is combined with an efficient and flexible office layout. All cores are placed in the building sections where the two «snakes» overlap, enabling direct elevator access for every tenant. A flexible system of continuous office floor plates makes it very simple to divide and subdivide the leasable area in order to cater to the needs of any tenant.

Arriving on the northern side, generous, well-lit courtyards with lush front gardens welcome the visitor. Entering through a double door pill-portal, one finds themselves in the permeable ground floor's inner passage – the «Grande Galerie».

The «Grande Galerie» is the spine of the building. A spacious passage below the intertwining office volumes, connecting all cores, flanked on both sides with tenant units that are envisioned to be programmed with commercial facilities such as restaurants, fitness studios or retail. From here, one can also step out onto the southern courtyards to enjoy the gardens and take in the unique view of the 4-km-long runway. Finally, all the cores can be accessed from this passage, with two dedicated lifts and a staircase for every tenant.

On the building's southern side, a large entrance on basement level two (B2) takes one into four floors of vehicular parking. Two separate delivery and service entrances are also found on the west (B1) and east end (B-3.5).

At the east end, the SBC is seamlessly connected to Terminal A: On the ground floor, a light weight canopy provides a rain safe route to the departure level of the Terminal. Here visitors can also enjoy a coffee and lunch on the landscaped plaza. On floor B1, travelers can pick up their vehicle from the car rental/valet service located in the connection bridge, within minutes of arriving in Terminal A, and drive off directly with the utmost convenience.

At the western end, the upper «snake» is extended and cantilevered out to provide shelter and shade, whilst simultaneously creating a striking symbolic entrance gesture to the Airport City for everyone coming from the Luxembourg city center.

The final design is a beautiful and performative office building with 3 different levels of roof gardens, providing users with abundant opportunities to enjoy unique views whilst surrounded by lush greenery.

1.2. Diagrams

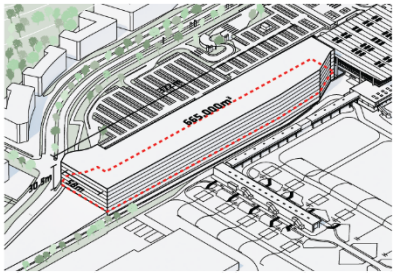


Figure 2: Superstructure

The footprint is long and slim, with an area of 21,800 m2 in total. With an allowed maximum building height of 30.5m, an extrusion of the entire footprint of the site will give us 67,900 m2 in 7 floors.

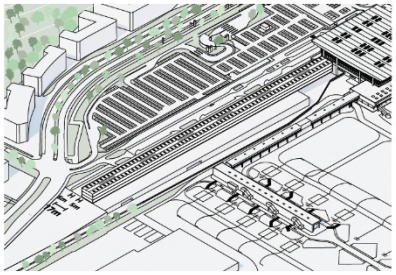


Figure 3: Ideal office typology

We base our design on an ideal office bar typology measuring 17 meters in width, with workstation seating or enclosed office space on both sides, and a strip of core and support functions in the middle.

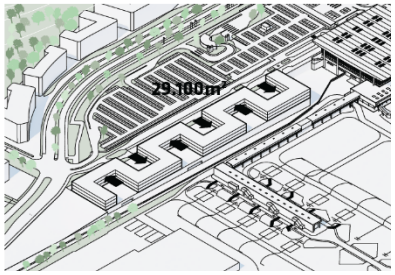


Figure 4: Ideal office typology

Rather than a long bar, a zigzag form of 17 meters along the entire length of the site gives more floor area and facades that are naturally lit, comfortably fulfilling the requirement of 30,000m2 of the competition design brief in 3 floors. We propose to double up the zigzag volume to the maximum building height of 30.5 meters, effectively also doubling the leasable office space to 60,000m2.

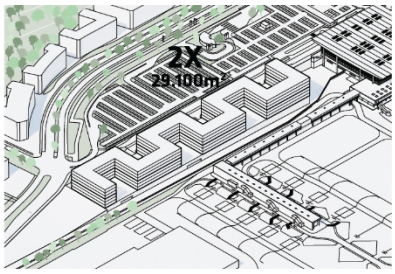


Figure 5: Double up!

We propose to double up the zigzag volume to the maximum building height of 30.5 meters, effectively also doubling the leasable office space to 60,000m2.

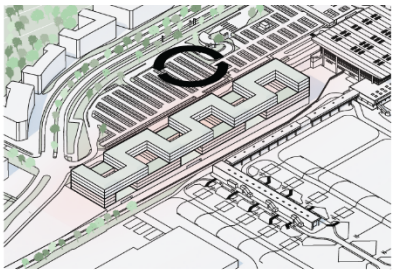


Figure 6: Rotate

By rotating the top 3 floors 180 degrees, we provide accessible green terraces for the upper volume, whilst simultaneously creating intimate, welcoming entrance courtyards along the main road.

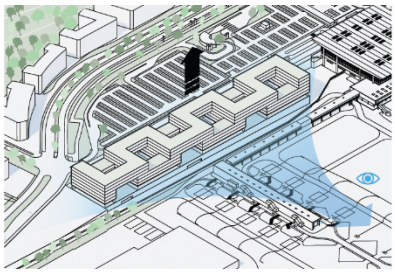


Figure 7: Lift!

The whole building is lifted to create a porous and accessible ground floor level, fully open to the public. Pedestrians and drivers on the road will also have an immediate view towards the airport's 4km long runway.

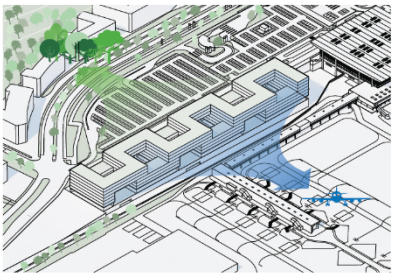


Figure 8: Unique views

Due to the intrinsic character of the zigzag volume, all workstations either have a view towards the Luxembourg Airport's runway, or the Grand Ducal Golf Course.

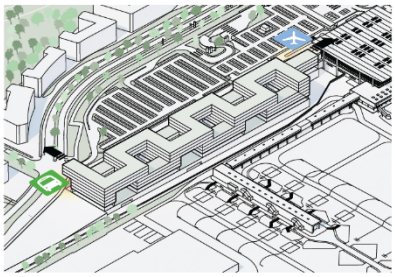


Figure 9: Extend

The lower volume is extended to create a direct connection at B1 towards the tunnel from Terminal A and a generous public plaza. The upper volume is extended to provide shelter and shade for the future bus stop.

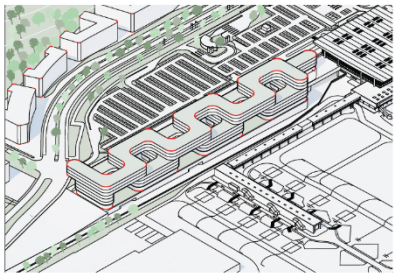


Figure 10: Panoramic corners

The edges of the volumes are filleted to provide panoramic views, eliminating dead-corners, and to resonate with the rest of the buildings in the masterplan.

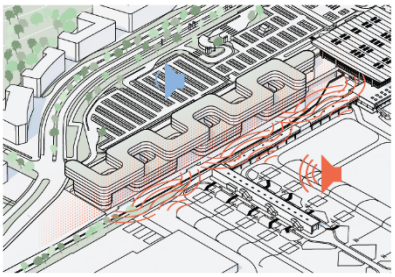


Figure 11: Noise barrier

The entire building volume forms a wall in elevation, performing effectively as an acoustic barrier for the public space and buildings in the Lux-Airport Skypark masterplan.

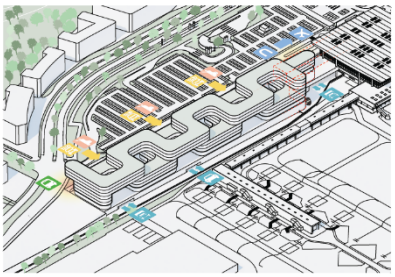


Figure 12: Divided access

Everyone arriving by bus, taxi, tram or chauffeurs will enter the building through its main entrances on the North side, whereas delivery/service vehicles and cars can enter the 4-level parking basement on the South side.

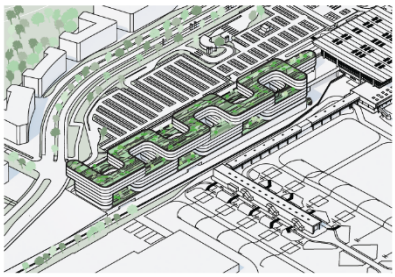


Figure 13: 3 layers of green

The final design is a beautiful, highly performative office building with 3 layers of roof terraces, providing users with abundant opportunities to enjoy the unique views whilst being surrounded by lush greenery.

2. Structure

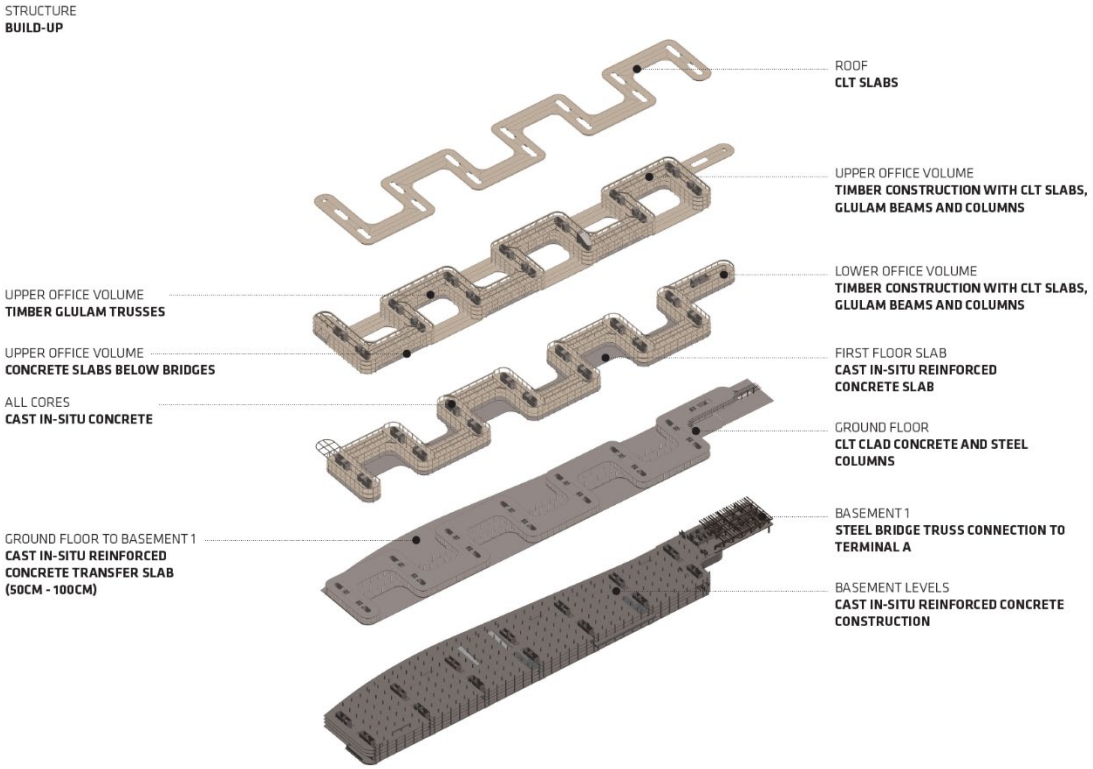


Figure 14: structure elements and their types across all floors

2.1. Basement

The below ground car parking is constructed in reinforced concrete, formed by an open excavation followed by construction of the walls and slabs up from the bottom up. Columns and the subsequent parking grid have been established to maximize parking efficiency. A 50cm - 100cm thick transfer slab at Level 0 allows the grid layout for the timber super-structure above to transfer to the concrete supra structure.

2.2. Superstructure

The superstructure consists of lightweight wood columns, beams and slabs. The choice of the efficient structural grid in wood creates amazing indoor qualities for the employees. It is both a sustainable choice and extremely fast to build. While the parking is cast in-situ, the timber elements can be produced off site and can then be erected in a very fast pace, which is important with the ambitious timeline for the project. The construction method is not only efficient from a schedule perspective, but also from a social and economic point of view. The super-structure can be easily disassembled and reassembled for phasing if required. They are easy to adapt and recycle if needed. It is basically a kit of parts, that offers a very flexible building inspired by the ideas of circular economy. We also believe that the choice of natural sustainable materials has an important and relevant brand value for Lux Airport as a modern sustainable business.

The very short design and construction schedule requires a clear focus on buildability and modularity. The traditional method of construction for such a building would be in-situ concrete. However, this is a slow process, prone to construction errors. The proposed timber structure maximizes off-site manufacture in factory-controlled conditions. This improves construction quality, reduces errors, and speeds up erection. The types of timber construction referred to here are ideal for factory production methods. Standardized and modular Cross Laminated Timber floor panels, Glulam beams with a high degree of repetition, beam and column timber connection details – all of these elements will be produced off-site. Therefore, the choice of timber is a rational, modular and build-able choice, greatly reducing construction time and improving the quality of the final building.

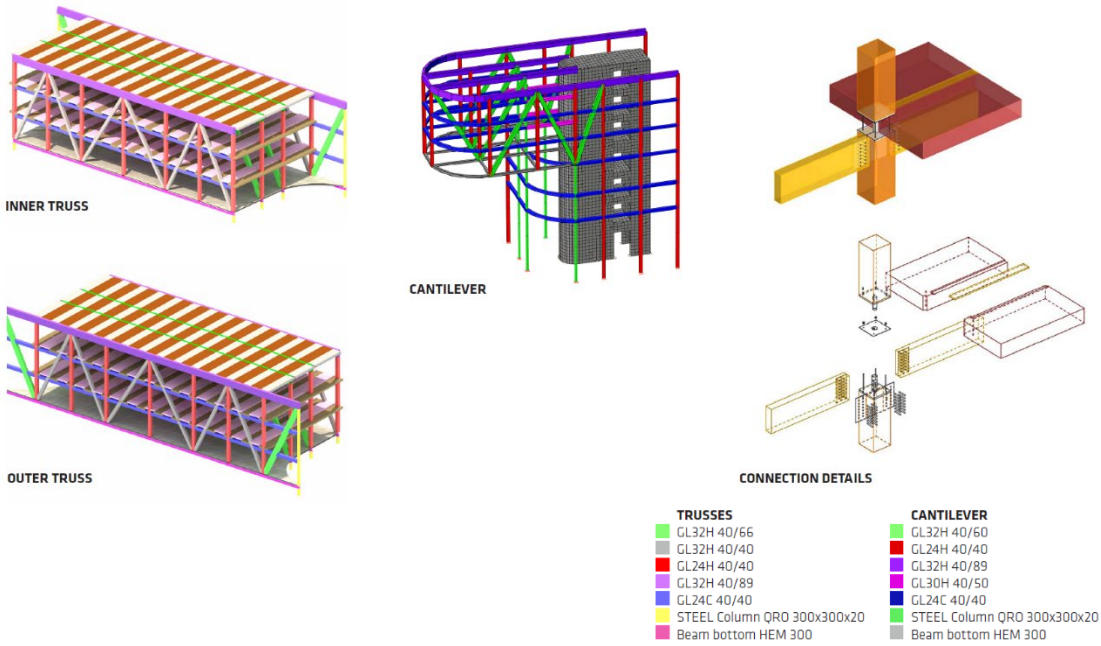


Figure 15: timber and steel structure elements of the upper floors and their legend

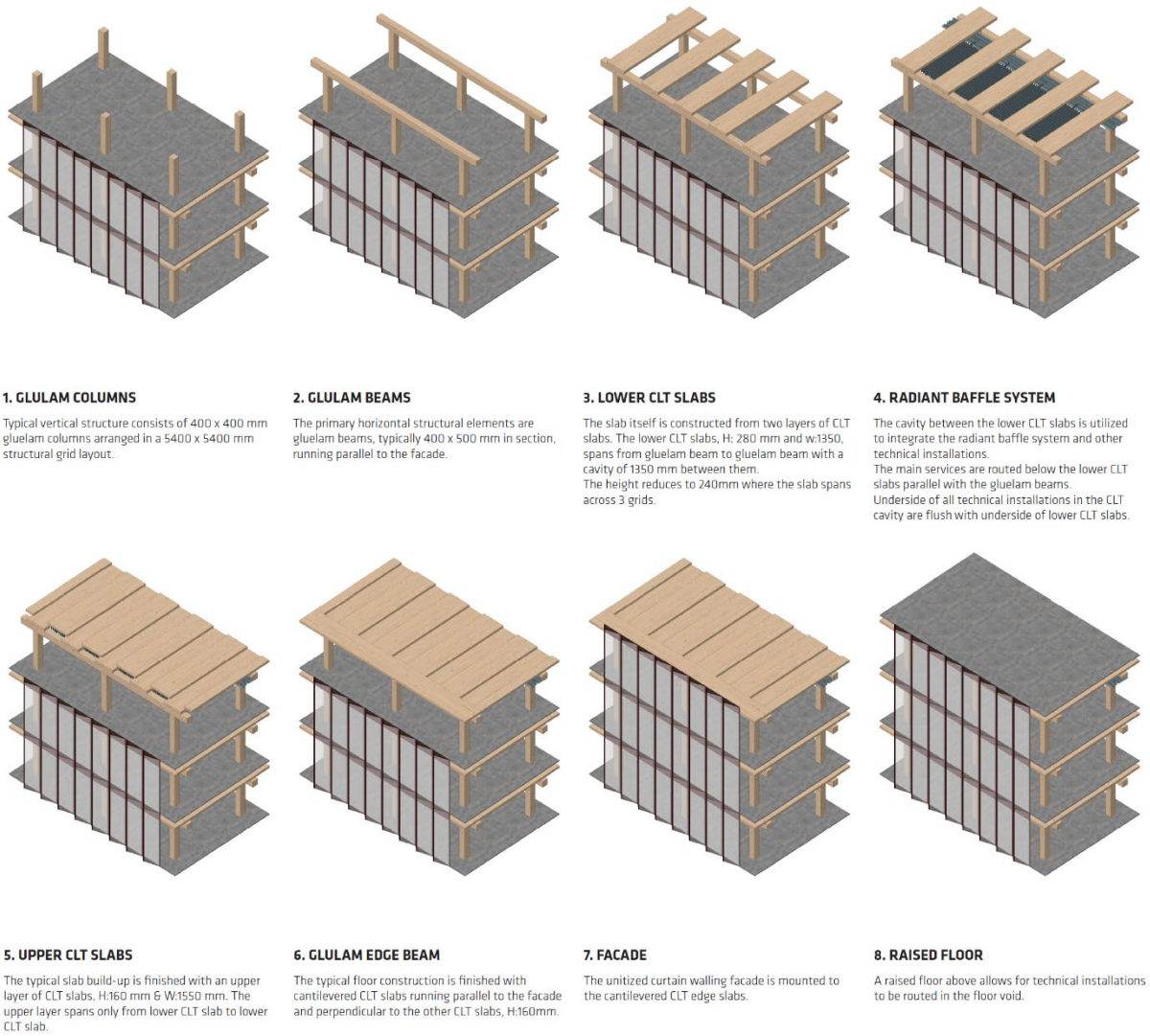
The structure of the building above ground is characterized by the series of interlocking meandering volumes. These curves can be broken down into sections which are bridge-like, spanning onto sections which are built in a standard way directly from the ground upwards. The bridge elements are supported by timber trusses which extend the full depth of the three-story bridges. The typical timber office floor structure then spans between the truss elements, with vertical truss elements acting like the columns in the remaining portions of the building. Similar to the other timber elements, the bridge elements will be fabricated off-site and lifted into place after being transported to site.



Figure 16: timber truss elements being hoisted up on the construction site (credit to Corentin Haubruge)

2.3. Gravity System

At the superstructure above Level +1, the gravity loads are resisted first by CLT floor panels laid in a vertically staggered configuration. These floor panels are then supported by timber glulam beams spanning to square timber columns on a 5.4m and 6.75m grid. The typical timber floor structure at the office areas has been designed to integrate with the mechanical systems. CLT floor panels are staggered in elevation, allowing MEP installations to be recessed into the created cavities below the floor plate and above it. This eliminates the need for a suspended ceiling and allows the timber panels to be utilized as a visible finished surface, giving occupants the opportunity to enjoy the structure of the building. This timber structure also brings an element of the exterior views into the building space.



Figures 16 und 17: axonometries showing the construction elements installation sequence



Figure 19: upper and lower CLT slabs in the curve zones of the building (credit to Corentin Haubruge)

3. Program

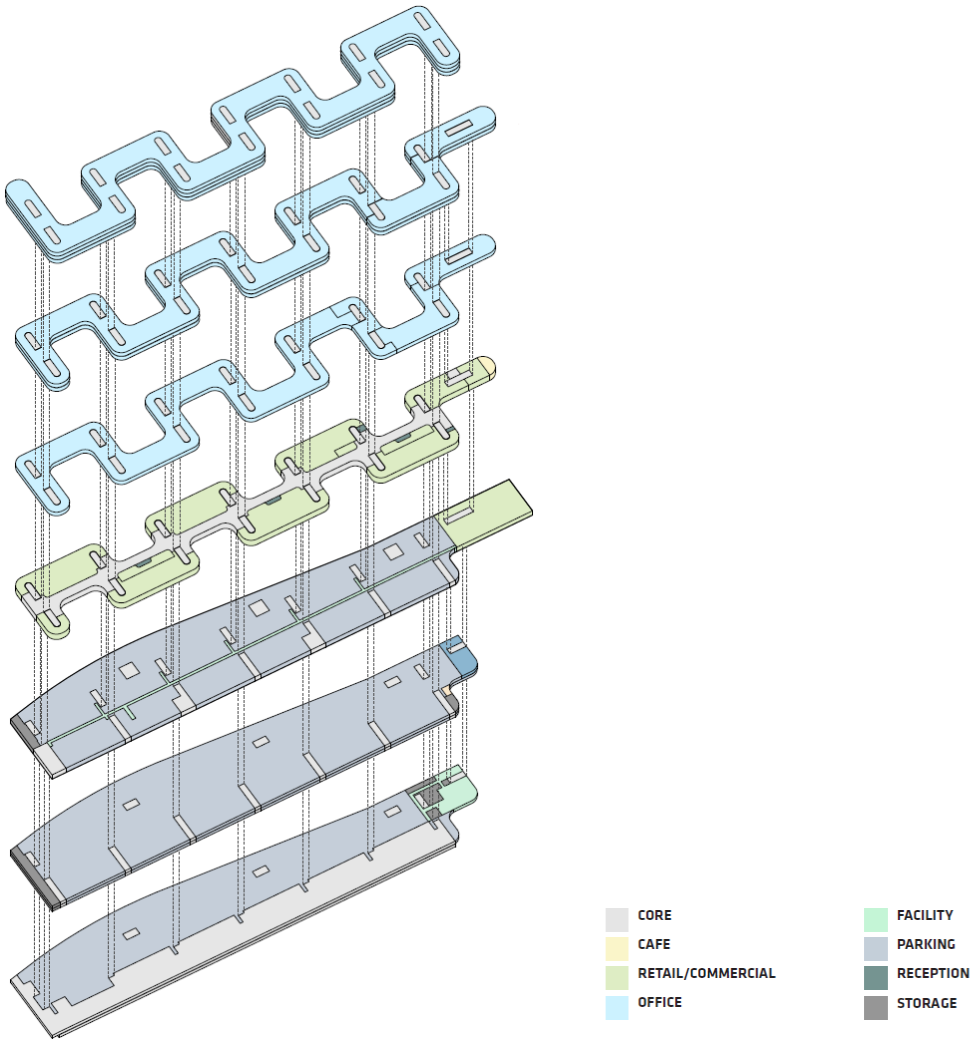


Figure 20: axonometry and program legend

The ground floor is the main entrance level, with all drop-off areas located on the northern side. Its +384.55m altitude corresponds perfectly to the Terminal A ground floor/departure level.

Inside, the «Grande Galerie» crosses the building lengthwise, from the East- where Terminal A is located- to the West. It runs along all retail areas and also connects all cores and their vertical circulations (one staircase, two elevators and technical shafts).

The levels +1 to +6, while mainly used as office space, while the Eastern End contains a hotel (on levels +1 to +6).

While the southern cores extend down to the parking levels, the northern cores, except for B and N, stop at the B1 level.

Level B-1 can be considered as a second horizontal circulation level with its direct connection to all the SBC cores as well as Terminal A.

The connection bridge to terminal A on level B1 will provide car mobility services such as car rental offices, waiting areas for VIP parking, a valet parking service and a customer lounge.

The northern limit of the car park exceeds the upper-level boundary, extending to an existing underground tunnel.

Levels B2 and B3 are almost completely dedicated to vehicular parking. Approximately half of level B4 is allocated to parking as the other half is occupied by multiple technical rooms, also situated on a lower level (B5) allowing the higher room height required for these spaces.

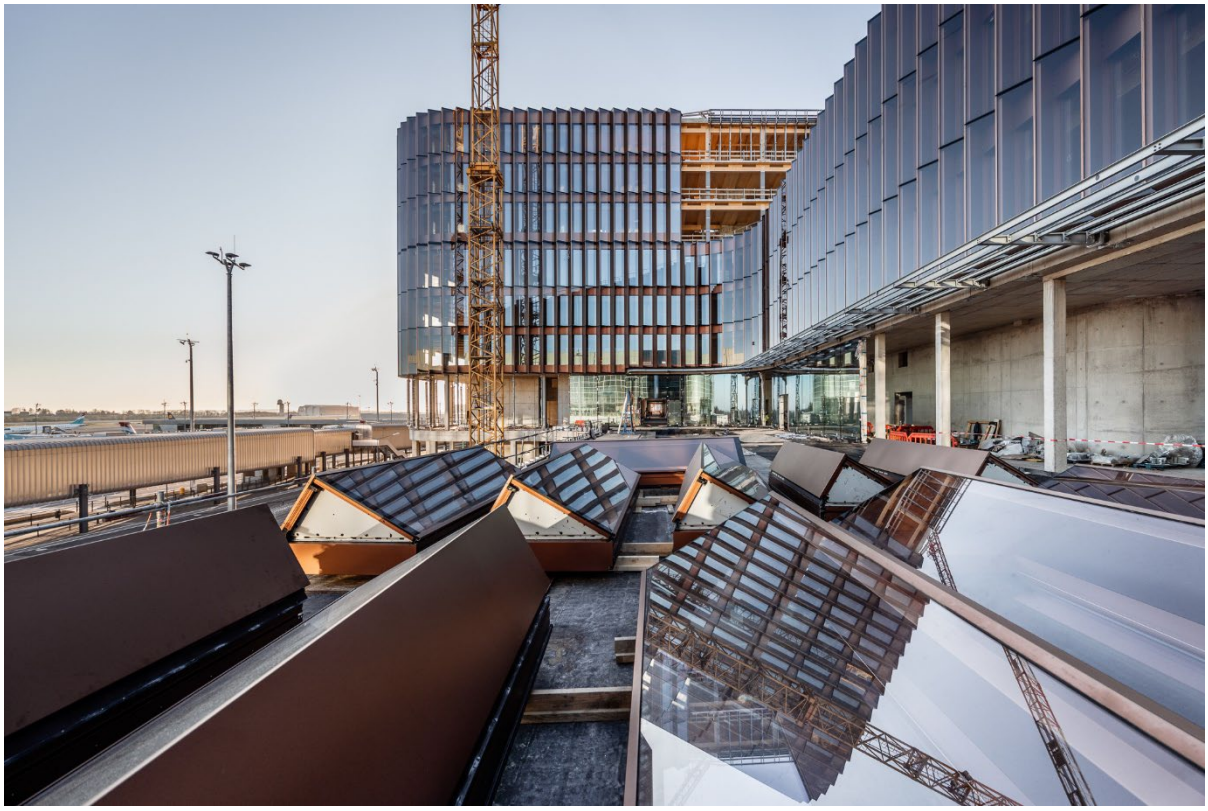


Figure 21: double-skin facade elements (credit to Corentin Haubruge)

Block B4
Baurecht und Baubetrieb

Was sind « ersparte Aufwendungen », der « anderweitige Erwerb » und ein « echter Füllauftrag » nach § 8 VOB/B?

Frank Wischerhoff
Büro Prof. Dr. Mitschein, Wischerhoff und Partner
Mülheim an der Ruhr, Deutschland



Was sind « ersparte Aufwendungen », der « anderweitige Erwerb » und ein « echter Füllauftrag » nach § 8 VOB/B?

1. Grundlagen

1.1. Rahmenbedingungen

Wenn im Rahmen eines Bauprojektes die Parteien eines VOB-Vertrages inhaltlich zu den Kosten, zu den ausgeführten oder auszuführenden Qualitätsstandards und/oder zu der terminlichen Abwicklung verschiedener Meinung sind, dann kann es vorkommen, dass sich der Konflikt nicht auf der Sachebene auflösen lässt.

Nicht selten wird der Vertrag dann nicht durch Erfüllung mittels Herstellung der geschuldeten Leistung beendet, sondern mit einer Kündigung des gesamten Auftrags oder eines Teils davon.

Darüber hinaus kann der Auftraggeber jederzeit den Vertrag kündigen, aus welchen (internen) Gründen auch immer er sich dazu entschließt.

Den Fall der Kündigung wollen wir uns losgelöst von der konkreten Ursache – neben einem Streit zwischen den Parteien, kann auch z.B. die Insolvenz einer der beiden Vertragsparteien zur Kündigung führen – einmal die baubetrieblich interessanten Unterschiede bei der Abrechnung nach einer solchen Kündigung anschauen. Gleichwohl folgen die baubetrieblichen Spielarten und Spielregeln zur Abrechnung nach einer Kündigung unmittelbar aus den Vorgaben des diesbezüglichen Baurechts und der Rechtsprechung. Daher blicken wir auch an den entsprechenden Stellen auf die jüngeren Urteile zu den Sachverhalten. Woraus ergibt sich eigentlich der erhebliche Zündstoff, der zu diesem großen Streitpotenzial bei der Abrechnung von gekündigten Bauleistungen führt?

1.2. § 8 Abs. 1 VOB/B versus § 8 Abs. 3 VOB/B

Die bei der Abrechnung baubetrieblich relevanten Unterschiede ergeben sich unmittelbar aus der Form der Kündigung. Welche Formen gibt es?

Der § 8 der VOB Teil B regelt zunächst allgemein die «Kündigung durch den Auftraggeber». Gemäß des ersten Satzes im ersten Absatz (§ 8 Abs. 1 VOB/B) kann der Auftraggeber bis zur Vollendung den Vertrag jederzeit kündigen.

Dann steht dem Auftragnehmer die volle Vergütung zu.

- Gedankenpause –
- Gedankenpause –
- Gedankenpause –

Wenn wir an dieser Stelle innehalten, so ergibt sich die Erklärung für die in diesem Zusammenhang vielfach verwendete Umschreibung als «Abrechnung von oben» wie folgt: auch bei einem gekündigten Auftrag erfolgt die Abrechnung zunächst nach den üblichen Maßstäben, egal ob Einheitspreisvertrag oder Pauschalpreisvertrag. Die Gesamtsumme ergibt sich aus der Addition aller Positionen bei einem Einheitspreisvertrag (dort aus Menge mal Einheitspreis) oder bei einem Pauschalpreisvertrag aus dem vereinbarten Pauschalpreis.

«Von oben» meint in diesem Kontext, dass die Abrechnung in voller Höhe der ausgeschriebenen und/oder erbrachten Mengen erfolgt und der Auftragnehmer lediglich solche Dinge außer Acht zu lassen hat, welche er zu der Herstellung der Leistung nicht mehr benötigt oder eingesetzt hat (oder hätte einsetzen können).

Konkret heißt es dazu im § 8 weiter, dass sich der Auftragnehmer bei der Abrechnung anrechnen lassen muss, (Zitat) «*was er infolge der Aufhebung des Vertrags an Kosten erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft und seines Betriebs erwirbt […]*»

Dazu später mehr.

Gemäß des dritten Absatzes (§ 8 Abs. 3 VOB/B) kann der Auftraggeber den Vertrag nämlich auch kündigen, wenn der Auftragnehmer einen Mangel nach Fristsetzung nicht beseitigt hat (Qualität) oder der Auftragnehmer mit der Erbringung der Leistung in Verzug gerät und trotz Fristsetzung den Vertrag nicht erfüllt (Termine).

Dann handelt es sich um eine sogenannte «Kündigung aus wichtigem Grund». Die Abrechnung erfolgt dann «von unten». Damit ist gemeint, dass nur die nachweislich tatsächlich ausgeführte Menge mit dem Einheitspreis multipliziert wird. Beim Pauschalpreisvertrag wird nur der bis zur Kündigung geleistete Teil vergütet. Das Ergebnis ergibt sich in jedem Fall ausschließlich aus den bis zur Kündigung ausgeführten anteiligen Leistungen. Aufgrund der in diesem Fall vorliegenden schuldhaften Vertragsverletzung hat der Auftragnehmer somit auch keinen weiteren Anspruch, z.B. auf Ausgleich der Unterdeckung seiner Umlagen für Baustellengemeinkosten, Allgemeine Geschäftskosten sowie Wagnis und Gewinn.

Darüber hinaus ist der Auftraggeber berechtigt, die unvollendeten Teile der Leistung durch einen Dritten zu Lasten des Auftragnehmers ausführen zu lassen.

1.3. Zwischenfazit

Die Brisanz ergibt sich aus dem erheblichen finanziellen Unterschied der Abrechnungsarten «von oben» und «von unten».

Hinzu kommt, dass im Fall der Kündigung von Bauvertragsleistungen regelmäßig die Fronten zwischen den Parteien völlig verhärtet sind. Insoweit reiht sich die Abrechnung der Leistungen häufig auch in die diametral unterschiedliche Auffassung über den Kündigungsgrund ein. Die Parteien streiten über die finanziellen Auswirkungen der Kündigung und setzen damit ihre bereits zuvor bestehenden unüberbrückbaren Differenzen im Zuge der Abrechnung weiter fort.

2. Beispiele aus der Praxis / Begriffsdefinitionen

2.1. Ersparte Aufwendungen bei freier Kündigung

Bei der Kalkulation von Bauleistungen ergibt sich die Zusammensetzung der Angebotssumme in aller Regel aus den Kostenarten und den weiteren Umlagen als Deckungsbeitragskalkulation. Die Kostenarten sind die direkten Kosten, z.B. aus dem Lohn, der für die abgefragte Leistung mutmaßlich anfallen wird, den Geräten, die dabei zum Einsatz kommen und dem Material (oder Stoffen), welche in der Baumaßnahme eingesetzt oder verbaut werden. Neben diesen klassischen Kostenarten können im Rahmen der Kalkulationsfreiheit viele weitere Kostenarten in der Angebotserstellung berücksichtigt werden. Im Gewerk Rohbau wird z.B. sehr häufig auch die «Schalung» als eigene Kostenart berücksichtigt, weil sich einen erheblichen kostenbildenden Einfluss haben kann.

Soweit Leistungen in einzelnen Positionen oder auch ganze Teile der angefragten Bauleistung an Nachunternehmer weitergegeben werden, so wird dies in der Kostenart «Fremdleistung» berücksichtigt.

Baustellenabhängige Kosten, die nicht unmittelbar einer Position oder Teilleistung zugeordnet werden können, jedoch für die Baumaßnahme erforderlich werden, gehören zu den «Baustellengemeinkosten» (BGK). Kosten, die nicht einem bestimmten Bauauftrag zugerechnet werden können, wie beispielsweise Overhead-Kosten, Versicherungen usw. werden als «Allgemeine Geschäftskosten» (AGK) für den gesamten Betrieb klassifiziert. Der Anreiz unternehmerischen Handelns und das finanzielle Puffern von Risiken wird in dem Teil «Wagnis und Gewinn» (WuG) in der Angebotssumme berücksichtigt.

Soweit nun der Auftraggeber von seinem freien Kündigungsrecht Gebrauch macht, so hat sich der Auftragnehmer nach herrschender Meinung nur das anrechnen zu lassen, was er an Aufwendungen erspart.

Konkret dürften dies die Lohnkosten einschl. erforderlicher Fahrtkosten sowie die Material- und Gerätekosten sein. Aus der Praxis ergibt sich nach einem jüngeren Urteil des OLG Dresden vom 23.06.2023 (Az. 22 U 2617/22), dass dazu aber nicht solche Materialien gehören, die eigens bei Dritten eingekauft wurden, um auf der Baustelle verbraucht oder eingesetzt zu werden.

Aus dem Leitsatz eines weiteren Urteils, hier KG Berlin vom 08.06.2022 (Az. 21 U 107/19) ergibt sich, dass Nachunternehmerkosten nur dann erspart sind, soweit sie nicht gezahlt werden.

Jedenfalls nicht zu den ersparten Aufwendungen zählen die AGK sowie Wagnis und Gewinn. Wenngleich für die AGK gegebenenfalls ein Ausgleich an anderer Stelle erfolgen kann (siehe unten zu Füllauftrag), ist der Wagnis- und Gewinnanteil aus logischen Erwägungen niemals erspart: Der Auftragnehmer hat durch die Auftragserteilung eine in der Vertragsurkunde verbriefte Gewinn-Erwartung, die aus Gründen nicht erfüllt wird, welche er bei einer freien Kündigung nicht zu vertreten hat.

Anders ist dies für die anteiligen Umlagen für die Baustellengemeinkosten zu beurteilen. Sowohl die Baustelleneinrichtung als auch die Betreuung der Baustelle durch aufsichtführendes Personal – dies sind häufig die größten Anteile an den BGK – sind für die zeitabhängigen Anteile mutmaßlich erspart. Die zeitfixen Anteile wie bspw. das Einrichten und/oder Räumen der Baustelle sind bei der freien Kündigung durch den AG zu vergüten. Dies gilt im Übrigen unabhängig davon, ob diese Leistungen als Positionen im Leistungsverzeichnis abgefragt waren oder ohnehin als Nebenleistungen in die Angebotssumme einzukalkulieren waren.

Der AN hat jedoch nach einem Urteil des BGH vom 15.09.2022 (Az. 12 U 37/21) den Nachweis über die ersparten bzw. in Abgrenzung dazu die nicht ersparten Aufwendungen zu führen. Soweit er keine schriftliche Kalkulation über die Angebotssumme vorgenommen hat, so darf er die maßgeblichen Preisermittlungsgrundlagen aber durchaus nachträglich zusammenstellen.

2.2. Anderweitiger Erwerb

In einem die Thematik grundsätzlich aufzeigenden Gerichtsurteil hatte der BGH bereits 2015 (Az. VII ZR 6/14) zu dem Begriff des «anderweitigen Erwerbs» festgestellt, dass der Unternehmer die konkrete Kostenentwicklung vortragen muss, die bei Durchführung des Auftrags tatsächlich entstanden wäre. Weiter heißt es in einem der Leitsätze (Zitat): *«Es reicht aus, wenn sich der Unternehmer zur Frage, ob anderweitiger Erwerb vorliegt, wahrheitsgemäß, nachvollziehbar und ohne Widerspruch zu den Vertragsumständen erklärt. Je wahrscheinlicher ein anderweitiger Erwerb ist, umso ausführlicher müssen die Angaben sein. Der Besteller kann jedoch nicht verlangen, dass der Unternehmer von vorneherein seine gesamte Geschäftsstruktur offenlegt».*

Dabei hat der Auftraggeber nach einem weiteren Urteil des BGH vom 17.08.2023 (Az. VII ZR 228/22) dabei die Darlegungs- und Beweislast, dass ein anderweitiger Erwerb des Unternehmers vorgelegen habe. Dabei sei es aber keine Frage, ob bereits beauftragte Nachunternehmer aufgrund der ihnen gegenüber vom Unternehmer erklärten Kündigungen ihrerseits bereits anderweitigen Erwerb erzielten. Dadurch erhöhen sich nämlich im Zweifel die oben bereits besprochenen ersparten Aufwendungen im Bereich der Kostenart Fremdleistung (siehe oben).

Zur Begriffserläuterung selbst: Anderweitiger Erwerb ist vereinfacht betrachtet der Umsatz, welchen man mit den durch die Kündigung frei gewordenen Produktionsfaktoren (Mensch, Material und Maschinen) an einem anderen Ort erzielen kann.

2.3. Echter Füllauftrag

Ein echter Füllauftrag liegt dann vor, wenn der soeben erläuterte anderweitige Erwerb vollständig an die Stelle tritt, welche zuvor von dem nunmehr gekündigten Vertrag für den Auftragnehmer eingenommen wurde.

Anhand der Erläuterung ist bereits erkennbar, dass dieser Fall vergleichsweise selten eintreten dürfte. Dies unter anderem schon deswegen, da sich die Parteien darüber wechselseitig im Einvernehmen verständigt haben sollten. Das inhaltliche Vorliegen einer solchen Konstellation ist nämlich vergleichsweise leicht durch den Auftragnehmer zu bestreiten: Die betriebswirtschaftlichen Randbedingungen, dass ein Auftrag vollständig an die Stelle eines anderen, gekündigten Vertragsverhältnisses tritt und alle finanziellen, logistischen, bauablaufbezogenen und organisatorischen Baustellenbedingungen quasi «1 zu 1» kompensiert werden, dürfte gegen Null tendieren.

Aus der beruflichen Praxis ist dem Autor ein einziger Fall eines echten Füllauftrages bekannt. Im Rahmen einer Kanalsanierung musste der öffentliche Auftraggeber durch Bombenfunde eine umfassendere, viele Monate dauernde Kampfmitteluntersuchung vornehmen lassen. Eine Kündigung durch den Auftragnehmer (zwar nicht auf Basis des § 8 VOB/B, sondern mit Hinweis auf § 6 Abs. 7 VOB/B wegen einer Unterbrechung länger als 3 Monate) war absehbar und naheliegend. Der Auftragnehmer war jedoch bereit und in der Lage, für die Dauer der Untersuchung mit seinen freigewordenen Kapazitäten eine ebenfalls an ihn beauftragte Baumaßnahme in der näheren Umgebung mit sehr ähnlichen Leistungsinhalten als vollständigen Füllauftrag abzuwickeln. Eine formale Kündigung wurde damit vermieden. Die Leistungen aus dem Füllauftrag wurden vollständig mit den Einheitspreisen aus dem anderen Vertragsverhältnis ermittelt und abgegolten.

Teil der Definition eines echten Füllauftrags ist dabei auch, dass der Füllauftrag nur deswegen angenommen und ausgeführt werden konnte, w e i l der andere Auftrag gekündigt wurde. Häufig steht dem aus Sicht des Auftragnehmers entgegen, dass andere, bereits beauftragte Baumaßnahmen lediglich vorgezogen wurden und damit genau dieses Kriterium nicht erfüllt wird. Die Argumentationskette ist durchaus nachvollziehbar.

2.4. Sonderfall: Gekündigter Pauschalvertrag

Abweichend von der grundsätzlich nicht erforderlichen Vorlage von Mengen- und Massennachweisen bei ungekündigten Pauschalpreisverträgen, gilt für den Fall eines gekündigten Pauschalpreisvertrages etwas anderes.

In dem Fall einer Kündigung ist die dem Preis gegenüberstehende Bauleistung in Teilleistungen aufzugliedern und den einzelnen dann zu ermittelnden Teilleistungen ein jeweils zugehöriger Anteil der pauschalen Vergütung zuzuweisen. Nur so kann die sachgerechte Abrechnung der fertiggestellten und der nicht fertiggestellten Teilleistungen erfolgen. Insofern muss der Auftragnehmer die Arbeiten, die Gegenstand des Pauschalvertrages sind, zum Zwecke der Abrechnung in einzelne Teilleistungen zergliedern und diese mit Preisen bewerten. Die Summe dieser einzelnen Teilleistungen muss die insgesamt geschuldete Leistung ergeben. Die Summe der diesen einzelnen Teilleistungen zugeordneten Preise muss den Pauschalpreis ergeben. Hierbei müssen sich die zergliederten Preise aus der dem Vertrag zugrundliegenden Kalkulation ableiten.

Aus den Grundsätzen bei Abrechnung eines gekündigten Pauschalpreisvertrages ergeben sich damit folgende besondere Kriterien:

- Aufgliederung des Pauschalpreises auf die einzelnen vertraglich geschuldeten Leistungen
- Feststellung des Bautenstandes zum Zeitpunkt der Kündigung
- Ermittlung der erbrachten Leistungen und der nicht erbrachten Leistungen (im Einzel-Verhältnis zu der insgesamt pauschalierten Leistung)
- Zuweisung der anteiligen Vergütung zu den erbrachten und den nicht erbrachten Leistungen
- Auswertung der Leistungsänderungen und zusätzlichen Leistungen (Nachträgen) in der gleichen Vorgehensweise

Im Falle einer freien Kündigung eines Pauschalpreisvertrages erhält der Auftragnehmer für die nicht erbrachten Bauleistungen zusätzlich die vereinbarte Vergütung abzüglich seiner ersparten Aufwendungen und Abzug des anderweitig möglichen Erwerbs (siehe oben).

Das hat zur Folge, dass bei einem gekündigten Pauschalvertrag in jedem Fall die Berechnungsmethodik für eine Abrechnung nach Kündigung aus wichtigem Grund anwendbar und sachgerecht ist. Sie sollte also der Ausgangspunkt sein. Sollte eine freie Kündigung einvernehmlich erkannt oder gar gerichtlich festgestellt werden, so ist lediglich der nicht erbrachte Teil der Leistung (abzgl. ersparter Aufwendungen sowie anderweitigem Erwerb) als Erhöhung der Vergütung zu berücksichtigen.

3. Zusammenfassung

Die Abrechnung nach einer Kündigung eines Bauvertrags gemäß VOB/B unterscheidet sich je nach Art der Kündigung erheblich. Grundsätzlich kann der Auftraggeber den Vertrag jederzeit kündigen (§ 8 Abs. 1 VOB/B). In diesem Fall steht dem Auftragnehmer die volle Vergütung zu, jedoch abzüglich ersparter Aufwendungen und potenziell anderweitiger Erwerbsmöglichkeiten. Diese Art der Abrechnung wird als «von oben» bezeichnet, da die Vergütung auf Basis der ursprünglichen Vertragssumme erfolgt.

Anders verhält es sich bei einer Kündigung aus wichtigem Grund (§ 8 Abs. 3 VOB/B), etwa bei Mängeln oder Verzögerungen durch den Auftragnehmer. Hier erfolgt die Abrechnung «von unten», das heißt, der Auftragnehmer wird nur für die tatsächlich bis zur Kündigung erbrachten Leistungen vergütet. Er hat keinen Anspruch auf Vergütung von entgangenen Gewinnen oder Deckung allgemeiner Geschäftskosten.
Die Brisanz dieser unterschiedlichen Abrechnungsarten liegt in den erheblichen finanziellen Differenzen. Bei der Abrechnung nach Kündigung bestehen häufig schon zuvor verhärtete Fronten, welche zur Kündigung des Bauvertrages geführt haben und die Parteien streiten dann weiter über die finanziellen Konsequenzen der Kündigung.

Neben den grundlegenden Unterschieden gibt es Sonderfälle wie die Abrechnung von Pauschalpreisverträgen. Hier muss der Pauschalpreis in Teilleistungen aufgeschlüsselt und anteilig abgerechnet werden, was eine besondere Vorgehensweise erfordert.

Insgesamt sind die Abrechnungsregeln streng durch das Baurecht und die Rechtsprechung geregelt, was jedoch leider nicht zu einer erleichterten Klärung beiträgt, sondern wegen der diametral gegensätzlichen Standpunkte und Sachargumentationen dennoch häufig zu weiteren Streitigkeiten und (vermeintlich) unverrückbaren Glaubenssätzen führt.

Tipps und Tricks?
Der Auftragnehmer ist sicherlich gut beraten, bereits im Vorfeld einer sich anbahnenden Kündigung Gedanken über die Auswirkungen auf die Abrechnung der Bauleistungen im Sinne des § 8 VOB/B zu machen. Selbst wenn sich die Kündigung nicht abwenden lässt oder bereits eingetreten ist, sollten alle Möglichkeiten ausgeschöpft werden, dass sich die Parteien über eine sachgerechte Abrechnung individuell verständigen – den auch eine solche individuelle Regelung ist jederzeit möglich und der streitigen Auseinandersetzung unbedingt vorzuziehen!

Single Source of Truth

Der Dreh- und Angelpunkt für Bauprojekte

Prof. Dr.-Ing Michael Ehlers
Hochschule Osnabrück
Beratung im Baubetrieb
Rietberg/Osnabrück, Deutschland



Single Source of Truth

1. Datenströme und Mangementanforderungen

1.1. Entwicklung von Datenströmen, Vernetzung

In den 1990er Jahre des letzten Jahrtausends begann ein rasanter Aufstieg des World Wide Web. Die Anzahl der Nutzer stieg in ungeheurem Maße. Zeitgleich begann es, dass jedem Nutzern, nicht nur für sein tägliches Leben, immer mehr Informationen zu nahezu allen Dingen zur Verfügung standen.

Schon im Wort «Internet» steht das Wort «Netz» nicht ohne Grund. Mit dem Aufstieg des Internet begann eine bis dahin ungeahnte Möglichkeit Wissen zu vernetzen. Gleichzeitig ergab sich z.B. durch die Technik der E-Mail die Möglichkeit nahezu allen Nutzern in Echtzeit Nachrichten zu übermitteln.

Das Zeitalter des Briefes und auch der, bis dahin im Vergleich dazu sehr schnellen Fax-Verbindungen erlebten, zumindest im Wirtschaftsleben, einen deutlichen Abschwung.

Besonders angetrieben wurde die Beschleunigung des Informationsaustausches durch die Entwicklung des «Smartphones». Ausgehend von ersten Entwicklungen Anfang der 1990 er Jahre des letzten Jahrtausends (IBM, sowie Ericsson als Namensgeber für das «Smartphone») begann ab der Vorstellung des ersten IPhones durch Apple im Jahr 2007ein sehr rasanter Fortschritt der Vernetzung von Menschen.

Die online Statistik Plattform Statista[1] gibt schon für das Jahr 2009 den weltweiten Verkauf mit 173,5 Millionen Geräten an. Bis ca. 2016 stieg die Zahl auf fast 1,5 Mrd. Geräte jährlich und liegt auch heute noch bei ca. 1,2 Mrd Geräten jährlich. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass fast allen berufstätigen Menschen ein solches Gerät zur Verfügung steht, sie also in der Lage sind innerhalb kürzester Zeit Informationen zu versenden und zu empfangen.



Abbildung 1: Kommunikation Gestern – Heute

Im Folgenden wird darauf eingegangen, wie sich diese Informationsflut im Geschäftsleben auswirkt und was für Möglichkeiten es gibt, die Vielzahl an Informationen sinnvoll zu nutzen.

[1] Webzugriff am 18.09.2024, https://de.statista.com/statistik/daten/studie/173049/umfrage/weltweiter-absatz-von-smartphones-seit-2009/

1.2. Management 1.0

Bis vor wenigen Jahren war es Standard, dass es eine hierarchische Zuordnung von Wissen gab. Ausgehend von der Geschäftsleitung über die einzelnen Abteilungen und Unterabteilungen wurden die für notwendig erachteten Information von oben nach unten gegeben.

Selbstverständlich war es normal das auf diesem Weg Information zurückgegeben wurden. Nach der Rückgabe wurden die einzelnen Informationen in der Leitung gesammelt, Reaktionen auf den dann aktuellen Sachstand wurden überlegt und neue Anweisungen wurden «nach unten» gegeben.
Die einzelnen Beteiligten, vor allem der niedrigeren Hierarchiestufen hatten i.d.R. nicht alle Informationen, die in einem Prozess vorhanden waren.

Im einfachsten Fall kann man das vielleicht mit einer hierarchischen Ordnung vom Geschäftsführer eines Industriebetriebes bis hin zum Arbeiter, der irgendeine Tätigkeit erbringt, vergleichen. Die einzelnen Arbeiter waren nicht über den gesamten Prozess informiert, weil sie lediglich ihre einzelne hochspezialisierte Tätigkeit ausüben mussten.

Ähnlich hierarchische Ordnung gibt es auch beim Militär wo zum Beispiel ein General die Befehle für die einzelnen Untergebenen erteilt. Die einzelnen Untergebenen wissen möglicherweise nicht, was das «große Ziel» ist.

Insgesamt kann man feststellen. Dass der Prozess selbst sämtliches Wissen beinhaltet, dass die Hierarchieebenen jedoch dazu führen, dass die einzelnen Beteiligten den Gesamtprozess eben nicht kennen. Festgehalten werden kann, dass Hierarchieebenen dazu führen, dass Wissen begrenzt wird.

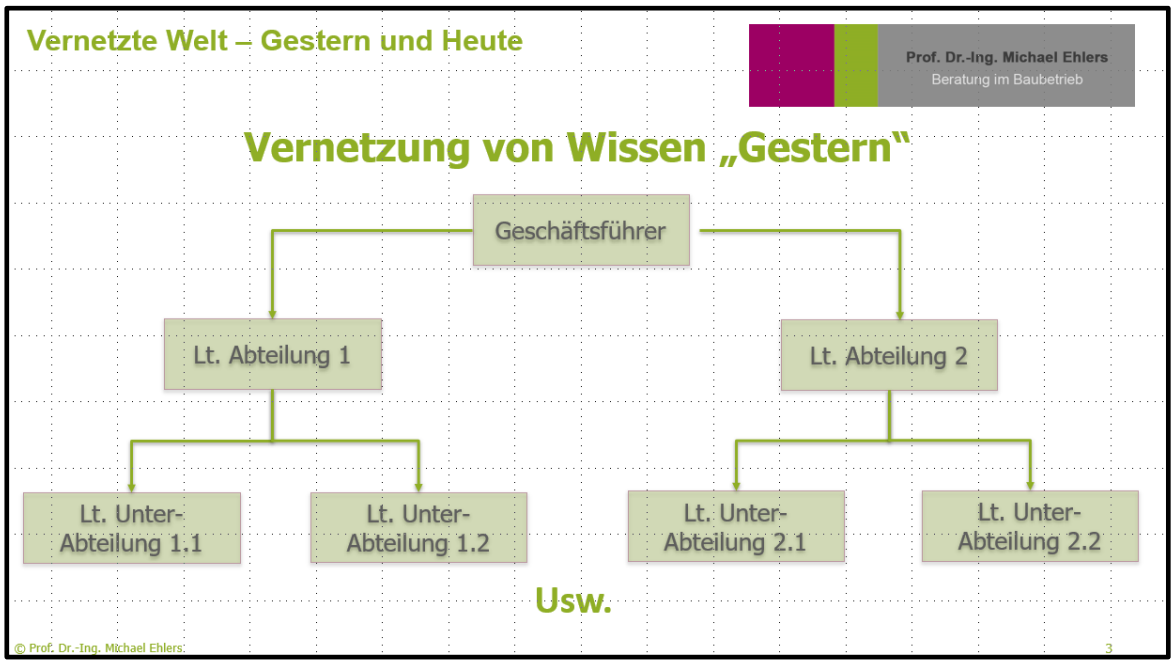


Abbildung 2: Vernetzung von Wissen «gestern»

Sobald in einem solchen System ein Problem auftaucht, werden die Lösungen durch Expertenwissen ermittelt. Einzelne Experten beraten sich untereinander. Entscheidungen werden zielgerichtet nach einer «reichlichen Überlegung» getroffen.

1.3. Veränderung der Managementanforderungen

Durch die vielen Informationen, die heutzutage vorhanden sind, entstehen hoch vernetzte Systeme. Nach Prof. Peter Kruse[2] (Organisationspsychologie) sind die alten Strategien wie zum Beispiel Expertensysteme oder auch Beratungen untereinander oftmals nicht mehr möglich.

[2] Peter Kruse: next practice, Erfolgreiches Management von Instabilität

In diesen hochvernetzten System sei es demnach auch nicht mehr möglich alle Lösungen selbst zu verstehen, Muster zu erkennen und auch Daten logisch auszuwerten. Dieses führt zu Instabilität, mit der umgegangen werden muss. Prozesse werden unkontrollierbar und die Beteiligten haben die Ergebnisse oftmals nicht mehr im Griff.

Eine große Vielfalt wird möglich, vorher unbekannte Ideen von «Netzbewohnern» werden sichtbar. Damit steigt auch die Lösungsvielfalt für Probleme. Nach seiner Ansicht ist es in der heutigen hochkomplexen Welt unabdingbar vernetzt zu arbeiten, ähnlich wie es unser Gehirn macht. Wichtig sei es eine kollektive Intelligenz über einzelnes Expertenwissen zu stellen. Er bezeichnet dieses als «Wisdom of the Crowd».

Dr. Gerhard Wohland spricht in diesem Zusammenhang von dynamikrobusten Organisationen[3]. Für ihn sind solche Organisationen in der Lage vorher unbekannte Probleme zu lösen. Er unterscheidet u.a. Dynamik von Chaos.
Chaos entsteht z.B. dadurch, dass jemand eine neue Maschine besitzt, die er noch nicht bedienen könne. Das dann entstehende Chaos lässt sich z.B. durch das Lesen der Bedienungsanleitung abstellen. Die Lösung ist demnach das Lernen von neuen Dingen. Man muss sich Wissen aneignen.
Dieses sei die «alte wissensbasierte Organisation». Jemand kennt sich aus und teilt es den anderen mit, steuert den Prozess in einer Art von «Befehl und Gehorsam».

Dynamik entsteht seiner Ansicht nach aus Überraschungen, weil irgendwem etwas Neues eingefallen ist. Wenn etwas Neues in die Welt kommt, gibt es eben noch kein Wissen aus der Vergangenheit dazu. In der Folge können auch alte Lösungsstrategien nicht funktionieren. Es braucht neue Ideen.

Unternehmen, die dazu in der Lage sind, mit neuen Ideen auf Überraschungen zu reagieren sind nach seiner Ansicht dynamikrobust. Auch ist er der Ansicht, alle existierenden Firmen seien dynamikrobust, sonst hätten sie schon aufgehört zu existieren[4]. Diese Eigenschaft, auf Überraschungen angemessen zu reagieren findet nach seiner Ansicht jedoch im Hintergrund statt und sei vielen Firmen gar nicht bewusst.

Für Firmen, denen es nicht gelungen ist, angemessen zu reagieren, lassen sich viele Beispiele finden. Nokia, einst der weltgrößte Anbieter von Mobiltelefonen hat anscheinend nicht angemessen auf das Iphone von Apple reagieren können. Kodak, einst einer der größten Hersteller für analoges Filmmaterial, 1987 selbst sogar Hersteller der ersten digitalen Spiegelreflexkamera[5] ist es nicht gelungen adäquat auf den Rückgang der analogen Fotografie zu reagieren.

Besonders wichtig ist es nach Dr. Wohland, dass Firmen mit Dynamiken umgehen müssen. Diese schon immer vorhandene Dynamik sei in den vergangenen Jahrzehnten jedoch beschleunigt worden. So konnte ein Henry Ford fast Jahrzehnte lang sein Fließband optimieren und sein Ford T Modell kontinuierlich verbessern, während heute lediglich zwei bis drei Jahre andauernde Produktzyklen zu schnellerem Fortschritt zwingen. Umso wichtiger sei es daher Werkzeuge zu nutzen, die Unternehmen dabei helfen schnell genug auf Überraschungen zu reagieren.

In Summe lässt sich feststellen, dass es für Unternehmen zunehmend wichtiger wird, vorhandene Informationen zu kennen und adäquat damit umzugehen. Nach Prof. Kruse im besten Fall durch die Vernetzung von Wissen.

Bsp.: Vernetztes lösen einer Mathematik Aufgabe
Als einfaches Beispiel für vernetztes Denken kann man eine Schulklasse im Mathematikunterricht heranziehen. Sofern der Lehrer eine Aufgabe stellt und jeder Schüler diese Aufgabe zu lösen versucht, werden manche der Schüler die Aufgabe vollständig lösen können.

Manche Schüler werden einen Teil der Aufgabe lösen können, jedoch möglicherweise an verschiedenen Stellen nicht weiterarbeiten können oder einen Fehler machen und zu einem falschen Ergebnis kommen.

[3] Gerhard Wohland: Denkwerkzeuge für Höchstleister, Warum Dynamikrobuste Unternehmen Marktdruck erzeugen.
[4] Anm Verfasser: oder würden mittelfristig aufhören zu existieren
[5] Internetzugriff am 19.09.2024, https://de.wikipedia.org/wiki/Kodak

Sofern der Lehrer die Musterlösung später erläutert, werden viele Schüler in der Lage sein diese Musterlösung zu verstehen. Allerdings reicht das einfache «nachvollziehen» der Lösung in der Regel nicht aus das dort präsentierte Wissen in einer neuen Aufgabe anzuwenden.
Ein vernetztes Denken würde zum Beispiel dadurch stattfinden, dass ein einzelner Schüler an der Tafel steht und er die Aufgabe gemeinsam mit seinen Mitschülern löst. Sobald an einer Stelle Schwierigkeiten auftreten, können Mitschüler sich gegenseitig helfen eine gemeinsame Lösung zu finden. Es wird gemeinsam nachgedacht die Lösung wird gemeinsam erarbeitet. Auf diese Art und Weise können Schüler, die allein zu einer teilweisen Lösung fähig wären, einen vielleicht kleinen Irrtum erkennen und sind anschließend in der Lage, die Gesamtaufgabe zu lösen.



Abbildung 3: Klassenraum, Self organized Team

Durch die gemeinsame Arbeit entsteht ein Self organized Team, es erfolgt keine Steuerung von oben.
Neben der beschriebenen, notwendigen Vernetzung für die erfolgreiche Abwicklung von Prozessen gibt es einen weiteren sehr wichtigen Aspekt zu beachten. Insbesondere die Verwendung von E-Mail führt sehr häufig zu einer fast unüberschaubaren Menge an Informationen.

2. Single Source of Truth

(oder die Notwendigkeit Informationen zu strukturieren)

2.1. Datenflut und Datenchaos

Fragt man Beteiligte von beliebigen Projekten bzw. Prozessen nach deren Informationsstand, nach der Verarbeitung der eingehenden Informationen oder auch zum aktuellen Sachstand, gibt insbesondere im Zusammenhang mit dem Thema-E-Mail häufig einige wesentliche Antworten:

- Man erhält zu viele Informationen, es ist kaum noch möglich alle Mails zeitnah und vor allem sachgerecht zu bearbeiten
- Man erhält zu viele für die eigene Arbeit unwesentliche Informationen6
- Man ist sich nicht im Klaren darüber, was welcher Beteiligter gerade konkret macht
- Man ist sich nicht im Klaren darüber, auf welcher Informationsbasis Dinge gemacht werden

[6] (die zumeist als «Spam» zu klassifizieren und auszusortieren sind)

Unstrittig dürfte demnach sein, dass es bei vielen Projekten u.a. ein Übermaß an Nachrichten gibt. Dazu kommt es oft, weil Beteiligte (vielleicht in bester Absicht) verschiedene Informationen an zu viele Personen senden.
Durch die einfache Möglichkeit Informationen zeitgleich an viele zu geben und eine mangelnde Disziplin werden vorhandene Strukturen oft zerstört.
Im Sinne von Wohland werden Überraschungen häufiger, verbunden mit einer steigenden Hilflosigkeit.

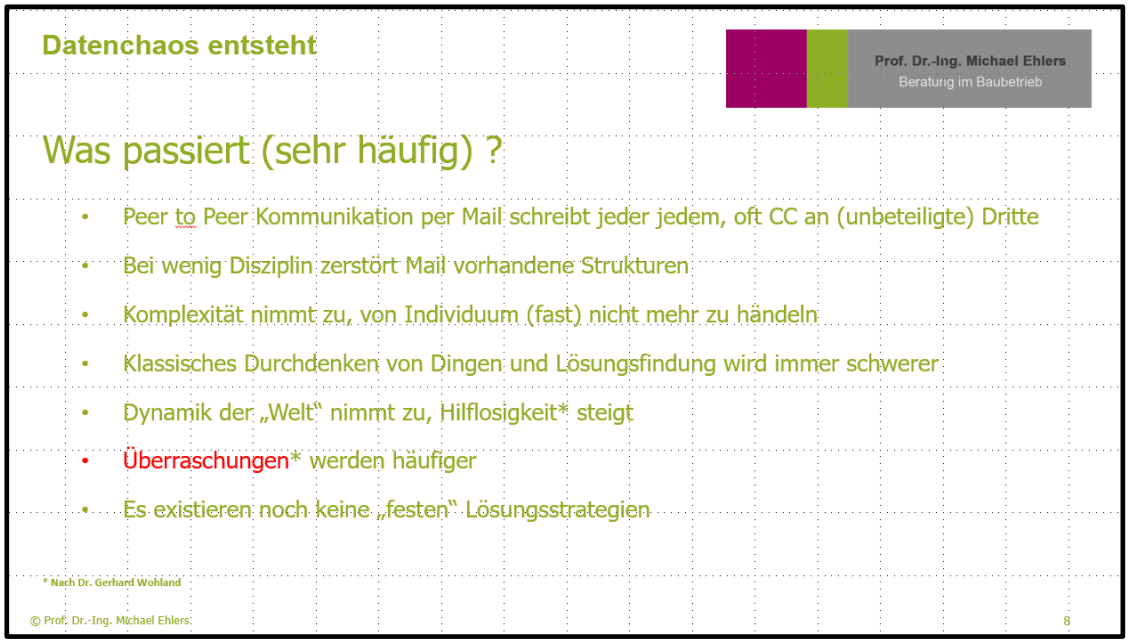


Abbildung 4: Entstehung eines «Datenchaos»

Wie ein Informationsfluß durch z.B. mangelnde Disziplin aussehen kann, zeigt die folgende Abbildung.

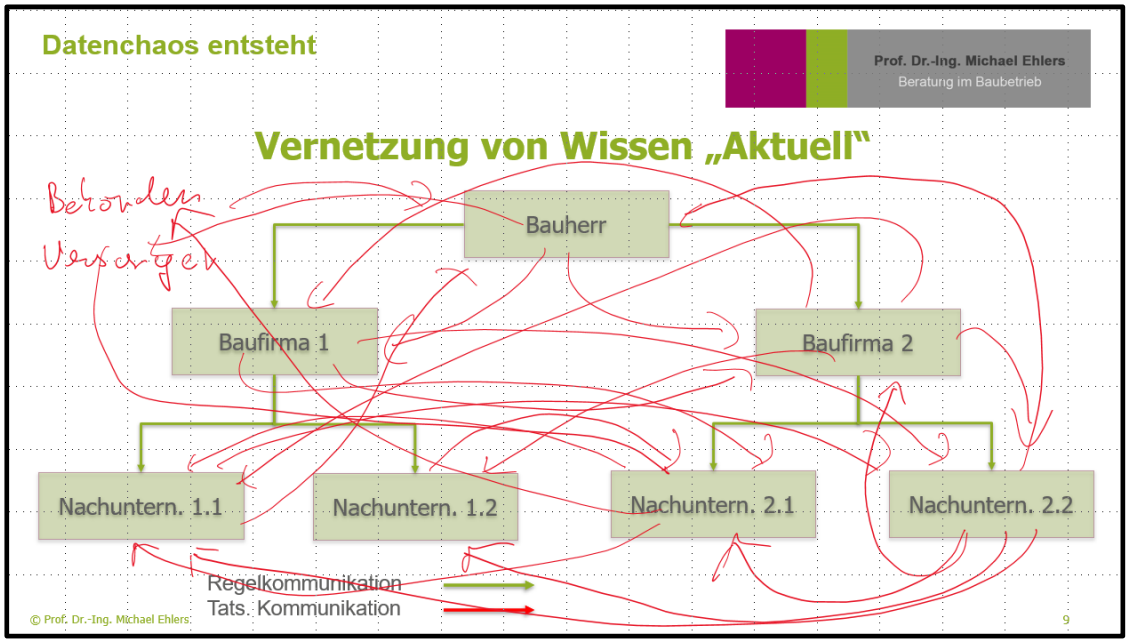


Abbildung 5: Entstehung eines «Datenchaos»

Informationen werden oft wahllos geteilt und zwischen Beteiligten ausgetauscht, die von einem aktuellen Sachverhalt unmittelbar betroffen sind.
Informiert werden jedoch auch Personen die nur mittelbar oder gar nicht betroffen sind.

Das führt u.a. dazu, dass wichtige Informationen nicht von allen zu erkennen sind oder durch die schiere Menge an Informationen übersehen werden.

Ein gutes Beispiel dafür ist im Bauwesen regelmäßig bei Argen zu beobachten. Der Auftraggeber hat einen Vertrag mit der Arge. Die Arge wiederum hat Verträge mit Nachunternehmern der Arge. Schriftverkehr würde strukturiert von den Nachunternehmen zur Arge, dem Vertragspartner gegeben werden müssen. Die Arge als Haupt Auftragnehmer wiederum würde die nötigen Informationen an seinen Vertragspartner den Auftraggeber geben müssen.

Dadurch, dass Nachunternehmer der Arge direkt mit dem Auftraggeber kommunizieren kann es sein, dass die Arge Leitung von vielen Vorgängen nichts weiß. Möglicherweise werden berechtigte Forderungen der Arge nicht erkannt, weil der NU den Vertrag zwischen AG und Arge üblicherweise nicht kennt. Möglich ist es auch, dass der AG dem Nachunternehmer etwas anordnet, was die Ausführung der Leistungen durch die Arge stört. Eine solche Störung kann dann zu vermeidbaren Fehlern führen.

Ein sehr großes Problem entsteht zusätzlich dadurch, dass Informationen nicht nur geteilt werden, sondern dass Informationen von einzelnen Personen verändert werden und dann wiederum geteilt werden. Eine ursprünglich möglicherweise einfache Information existiert jetzt in verschiedenen Versionen an verschiedenen Stellen.

Hier entstehen verschiedene Wirklichkeiten, welche von den Einzelnen Personen jeweils als Wahrheit angesehen werden.

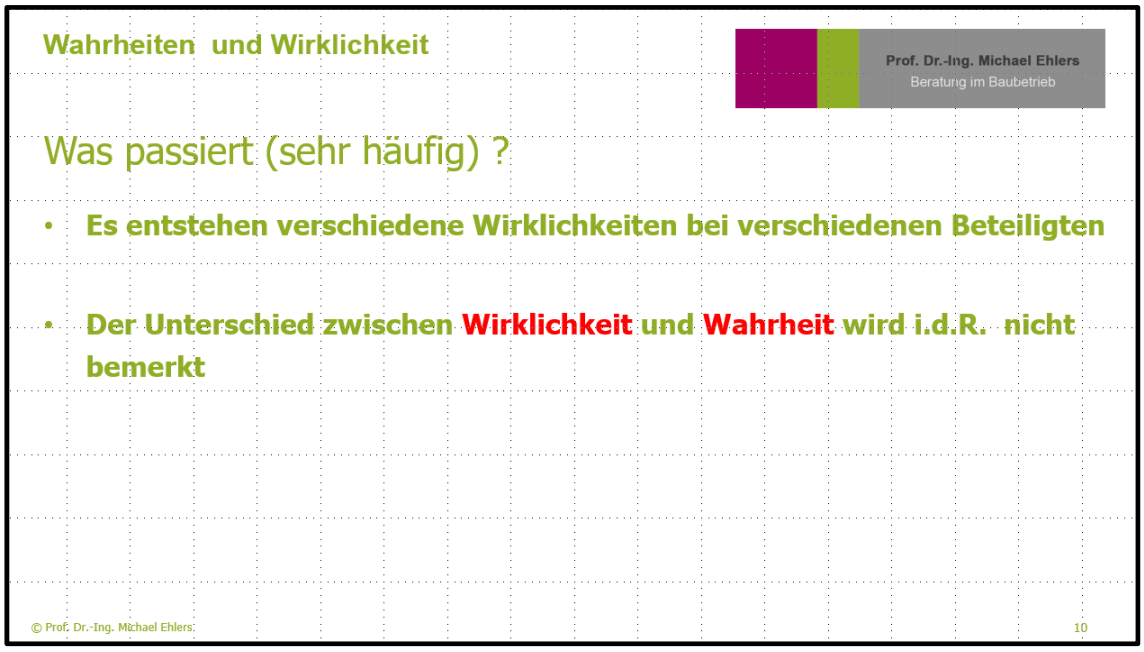


Abbildung 6: Wahrheit und Wirklichkeit

Eine gute Erklärung des Unterschieds dieser beiden Begriffe findet sich in der fernöstlichen Weisheitslehre. Die Wahrheit ist das einzig Wahre, das Absolute. Wenn sich eine Wahrheit noch verändern lässt, ist es eben nicht die Wahrheit, sondern lediglich eine Täuschung oder Illusion.



Abbildung 7: Vidya und Avydia

Das Phänomen ist auch in unserer Kultur nicht fremd. Im Höhlengleichnis beschreibt Platon, wie in einer Höhle fixierte Personen Schattenbilder von tatsächlichen Dingen sehen und diese Schattenbilder für die Wahrheit halten. Auch wenn das Höhlengleich noch andere Intentionen zu Erlangung von Weisheit beinhaltet, zeigt sich der o.g. Aspekt deutlich.

Das Gleiche geschieht z.B. bei Bauvorhaben. Nimmt man an, dass ein Einkäufer den Auftrag hat Material und Nachunternehmerleistungen einzukaufen, wird er im Laufe der Zeit eine Liste anfertigen, auf der die Kontaktdaten von Lieferanten zum Abruf der Leistungen enthalten sind. Diese Liste sendet er z.B. per E-Mail an den Bauleiter und Polier. Die Beiden können mit der Liste arbeiten. Wahrscheinlich werden sich beide eine Fassung für den persönlichen Gebrauch abspeichern und mit großer Wahrscheinlichkeit in irgendeiner Form bearbeiten, vielleicht sogar an Dritte senden.

Währenddessen wird der Einkäufer mit seiner Tätigkeit fortfahren und möglicherweise noch mehrere fortgeschriebene, vollständigere Listen senden. Irgendwann wird es viele verschiedene Listen geben, von denen außer möglicherweise dem Einkäufer niemand mehr weiß, ob die darin enthaltene Information die Wahrheit enthält. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird es bei den verschiedenen Listen auch so sein, dass die einzelnen Beteiligten die von Ihnen genutzte jeweils für die Richtige, d.h. die Wahrheit halten.

Es ist also nötig, die Täuschungen zu beseitigen.

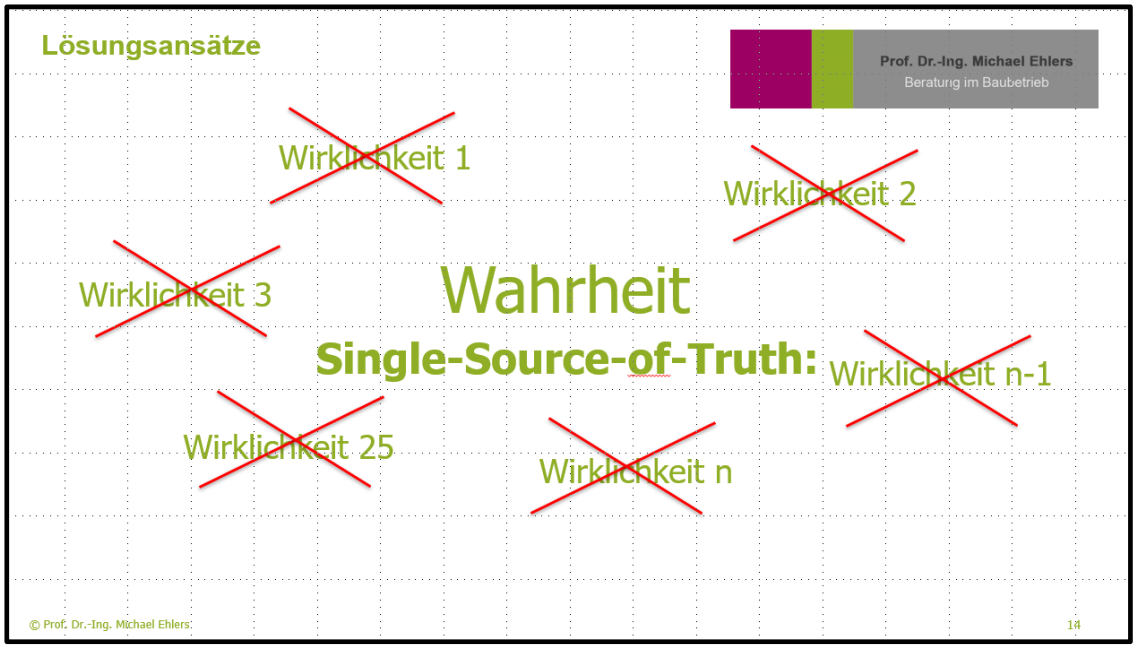


Abbildung 8: Single Source of Truth

Nach dem vorgesagten gibt es zwei grundlegende Informationsdefizite, die der angesprochenen gemeinsamen, vernetzten Bearbeitung entgegenstehen:

- Beteiligte haben keine Übersicht über das Gesamtprojekt
- Beteiligte haben zu einem einzelnen Sachverhalt unterschiedliche Informationen

2.1. Hintergrund des Single Source of Truth

Grundsätzlich zeigen sich bei den beiden o.g. Dingen, dass es nötig ist eine einzige, von allen sofort sichtbare Struktur zu schaffen. Weiterhin, dass in der gemeinsamen Struktur vorhandene Detailinformationen lediglich einfach vorhanden sind. Zuletzt ist es nötig, zu ermöglichen, dass sich Projektbeteiligte gezielt nur darüber informieren, was für sie von Bedeutung ist.

Dazu notwendige Werkzeuge sind am Markt vorhanden, werden nach Einschätzung des Autors jedoch vor allem aus nachfolgenden Gründen nicht genutzt.

- Digitalisierung wird lediglich als strukturierte Ablage eingehender E-Mails oder eingehenden Schriftverkehrs verstanden
- Der Nutzen einer vernetzten Arbeitsweise wird (noch?) nicht erkannt
- Angst vor einer zu transparenten Projektstruktur und vor Kontrolle der eigenen Arbeit
- Angst, dass eigene Fehler «aufgedeckt» werden, dass im Zweifel «Schuldige» gesucht werden.
- etc.

Digitalisierung, Information und Informationsträger
Den Beteiligten an Prozessen ist oftmals nicht klar, dass man Informationen insgesamt weiter untergliedern kann.

Insbesondere ist es wichtig zwischen:

- der Information und
- dem Informationsträger.

zu unterscheiden.

Eine E-Mail beispielsweise ist der Informationsträger, die Information selbst steckt in dem Text der E-Mail und ist auch bei einer strukturierten Ablage sämtlicher E-Mail eines Projektes nicht unmittelbar zu erkennen.

Klassisch wurden Informationen wie Schriftverkehr, Angebote, etc. in Aktenordnern abgelegt. Im besten Fall waren diese Aktenordner mit Registern in sich strukturiert. Anschließend wurden diese Aktenordner strukturiert in Aktenschränke gestellt. Die Schränke wiederum wurden strukturiert in einem Raum des Hauses aufgestellt.

Digitalisierung wird von vielen Beteiligten so verstanden, dass zum Beispiel Schriftverkehr gescannt und strukturiert in Datenspeichern abgelegt wird. Die dabei entstehende Struktur entspricht im Grunde genommen der Ablage von Aktenordnern in Aktenschränken.

Systeme, die es z.B. ermöglichen eingehende E-Mail strukturiert abzulegen sind zwar ein Fortschritt der Datenverarbeitung, letztlich verbleibt es bei dem beschriebenen Problem der Ablage in Verzeichnissen, die für das Auffinden von Informationen wieder zu durchsuchen sind.

Auch wenn es heutzutage möglich ist eine Texterkennung der digitalen Daten vorzunehmen oder zum Beispiel einer Verschlagwortung mithilfe von Dokumentenmanagementsystemen durchzuführen scheitern derartige Systeme oft schon an der Komplexität einer sinnvollen Verschlagwortung.

Nach Ansicht des Autors ist es sinnvoll Informationen kontextbezogen abzulegen und nicht die Informationsträger, die diese Information enthalten strukturiert auf Festplatten zu speichern.

Vernetzung von Wissen
Organisationen, die noch im Denken von hierarchischen Ordnungen «gefangen» sind, haben den Vorteil der von Kruse angesprochene Möglichkeit das Wissen der Gruppe (s.o. Wisdom of the Crowd») zu nutzen noch nicht erkannt. Die vielfältigen Verflechtungen und das Übermaß an Informationen ermöglichen es allerdings zunehmend nicht mehr mit gesondertem Expertenwissen in Ruhe eine Lösung zu finden. Eine schnellere Arbeitsweise ist nötig. Nach Kruse haben Menschen zu der Theorie von komplexen Systemen genug Ideen Es sei keine Frage der Ideen damit umzugehen, sondern es sei ein Thema von intelligenten Werkzeugen mit komplexen Systemen umzugehen.

Fehler und Kontrolle
Selbstverständlich entstehen beim Bearbeiten von Sachverhalten Fehler und bei der notwenigen Vernetzung bleibt es nicht aus, dass Fehler zeitnah entdeckt werden. Ein wesentlicher Gedanke des Lean Management oder im Bauwesen der Lean Construction ist es Verschwendung zu vermeiden. Dazu gehört es vor allem, Fehler zu entdecken und abzustellen.
Der Zweck ist es nicht eine Schuldkultur zu etablieren, sondern Fehler zu eliminieren. Nicht umsonst wird z.B. in der Automobilindustrie eine gesamte Produktion angehalten, wenn ein Fehler entdeckt wird. Nach dem Stopp wird die Ursache des Fehlers gesucht. Das vor allem nicht nur im unmittelbaren Umfeld des Fehlers, sondern in der Gesamtstruktur. Hier eine Lösung zu finden, hilft der Gesamtproduktion wirtschaftlicher zu arbeiten.

Von entscheidender Bedeutung ist es, keine Schuldigen zu suchen und diese zu bestrafen, sondern jeden Fehler als Hilfsmittel zu sehen, diesen in Zukunft zu vermeiden. Bezeichnet wird das im Lean Management oft als KVP (kontinuierlicher Verbesserungsprozess). Die Bestrafung von Fehlern führt nicht dazu, dass Fehler vermieden werden, sondern dazu, dass Fehler möglichst geschickt vertuscht werden. In der Folge treten sie dennoch wieder auf.

2.2. Werkzeuge die Single Source of Truth zu erzeugen

Zu Vermeidung der oben beschriebenen Täuschungen benötigt man Werkzeuge, die alle nötigen Informationen nur einmal beinhalten und die allen Beteiligten den jederzeitigen Zugriff auf die Datenquelle ermöglichen. Hier bietet es sich an eine Art von Kanban Boards zu verwenden, in denen einzelne Aufgaben und Sachverhalte klar benannt sind. Vor allem ist es wichtig, dass es nur eine einzige Stelle gibt, wo notwendige Informationen abgelegt werden können, damit Varianten der Wahrheit eliminiert werden.

Am Markt gibt es verschiedene Werkzeuge, die in ähnlicher Form geeignet sind, das Ziel «Vernetzung von Wissen», sowie die kontextbezogene Dateiablage zu verwirklichen. Eines der am Markt verfügbaren Systeme, welches u.a. genau dieses ermöglicht ist das System KanBo[7]. Hierbei handelt es sich um einen MS 365 Aufsatz, der sich vollständig in die Struktur von Sharepoint und Onedrive, etc. integriert. Durch die Cloud Lösung stehen allen Nutzern sämtliche Informationen in Echtzeit zur Verfügung.

Von der Struktur her ist das System eher einfach gehalten. Es gibt nur zwei verschiedene Elemente. Dieses sind:

- Karten für Aufgaben, Sachverhalte, etc. und
- Ansichten dieser Karten in unterschiedlicher Form

Das erscheint zunächst zu wenig für die Abbildung komplexer Strukturen, ist aber gerade wegen des eher einfachen Aufbaus geeignet, jede Art von Struktur abzubilden.
Dadurch, dass ein hoher Abstraktionsgrad erreicht wird, eröffnet es vielfältigste Möglichkeiten. Je Space (Bezeichnung für einen Arbeitsbereich) wird in MS 365 ein Sharepoint erzeugt[8]. Dateien die in diesem Space einer einzelnen Aufgabe oder einem Sachverhalt (z.B. per Drag and Drop) zugewiesen werden, werden im Dokumentenbereich des Sharepoints abgelegt. Obwohl es möglich ist im Dokumentenbereich des Sharepoints wieder eine Ordnerstruktur anzulegen, ist es unnötig das zu tun, weil die Information kontextbezogen in einer Karte abgelegt wird.

Die Vernetzung
In einer wie auch immer geordneten Struktur werden zu erledigende, in Arbeit befindliche oder bereits erledigte Dinge angezeigt. Es können jedem einzelnen Sachverhalt Verknüpfungen hinzugefügt werden, so dass die Definition von Vorgängern oder Nachfolgern möglich ist.
Sollte jemand ein Grillfest planen, wäre es z.B. nötig die Holzkohle anzuzünden. Vorgänger wäre das Hinzufügen eines Brandbeschleunigers, dafür wiederum Vorgänger wäre das Einfüllen der Holzkohle in die Kohleschale.
Ebenso ist es möglich übergeordnete oder untergeordnete Sachverhalte zu definieren.

Die folgenden zwei Abbildungen zeigen jeweils einen Ausschnitte für die zu erledigenden Aufgaben bei einem Hochbauprojekt. Einmal sortiert nach der Zuständigkeit, einmal sortiert nach dem aktuellen Status.

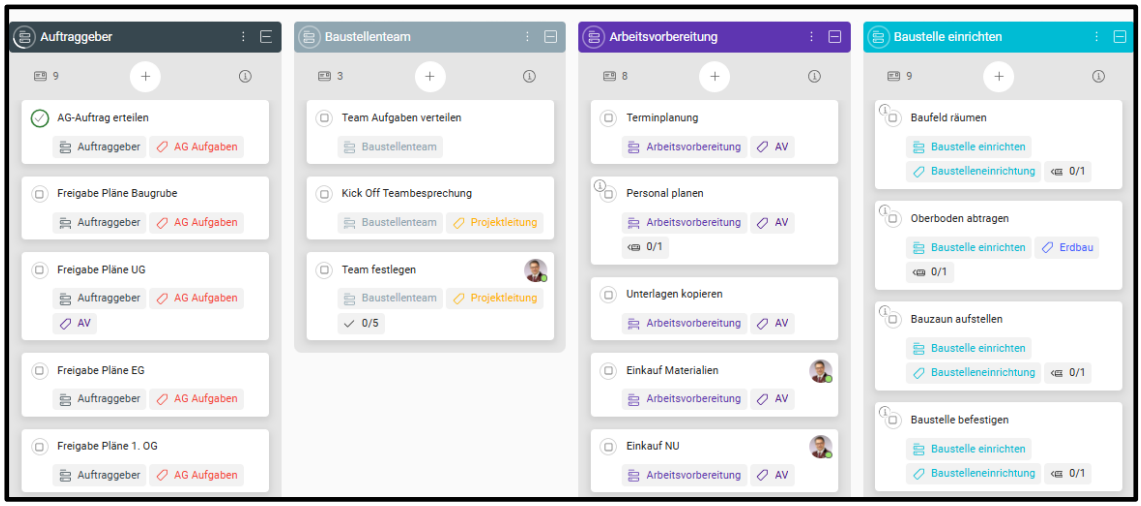


Abbildung 9: Beispiel Hochbauprojekt, Ausschnitt, sortiert nach Verantwortlichen für die Leistungserbringung

Eine Zuordnung nach Status hätte bei den gleichen Aufgaben z.B. folgendes Aussehen.

[7] https://kanboapp.com/de/
[8] Bzw. vorhandene Sharepoints können einem Space zugewiesen werden.

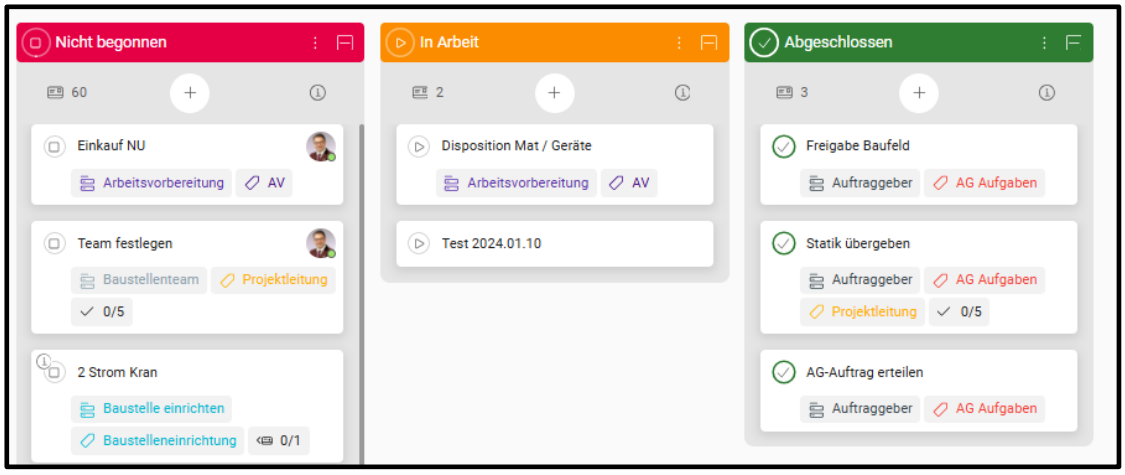


Abbildung 10: Beispiel Hochbauprojekt, Ausschnitt, sortiert nach Status

Einzelnen Nutzern ist es möglich lediglich einzelne Karten zu beobachten, so dass Sie einen Hinweis erhalten, wenn sich irgendetwas für sie wichtiges ereignet hat. Andere für den jeweiligen Nutzer «uninteressante» Karten werden eben nicht beobachtet. Die Informationen sind dennoch für jeden verfügbar.

Da das System in einer Cloud arbeitet wird jede Bearbeitung, bei jedem Nutzer in Echtzeit angezeigt. Dieses System ermöglicht damit auf intuitive Art und Weise die von Kruse angesprochene Vernetzung des vorhandenen Wissens.
Dadurch, dass jegliche Bearbeitungen in dem System mitgeschrieben werden, ist auch zu einem späteren Zeitpunkt möglich zu sehen, wann etwas geschehen ist. Das ist nach Ansicht des Verfassers auch ein Vorteil gegenüber üblichen To-Do Listen, bei denen weniger Infos erhalten bleiben, bzw. bei denen es in manchen Fällen umständlich ist sämtliche Informationen abzulegen.

Beispiel 1 Materialeinkauf
Oben wurde das Beispiel eines Materialeinkaufs und der Versand von Abruflisten per E-Mail beschrieben.

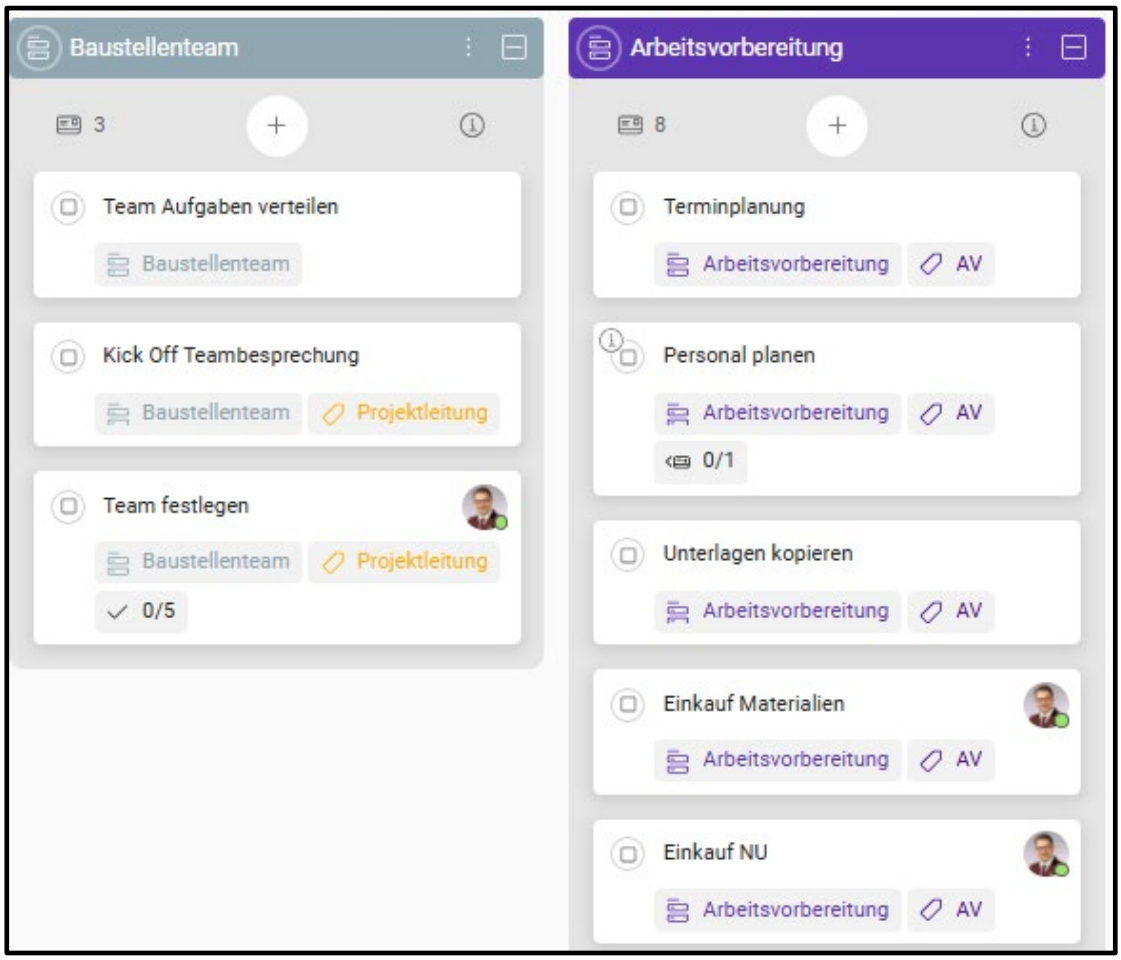


Abbildung 11: KanBo, Auszug verschiedener Aufgaben bei Hochbauprojekt

Für die oben beschriebenen Aufgaben «Einkauf Materialien», sowie «Einkauf NU» wurde in diesem Beispiel je eine Aufgabenkarte angelegt (in Abb. unten rechts).

Die Karte «Einkauf Materialien» beispielsweise zeigt dann die dort hinterlegte Abrufliste für das Material. Die Liste wiederum ist in diesem Beispiel eine Excel Datei, die entweder in der Karte erzeugt werden oder per «Drag and Dop» dort abgelegt werden kann.

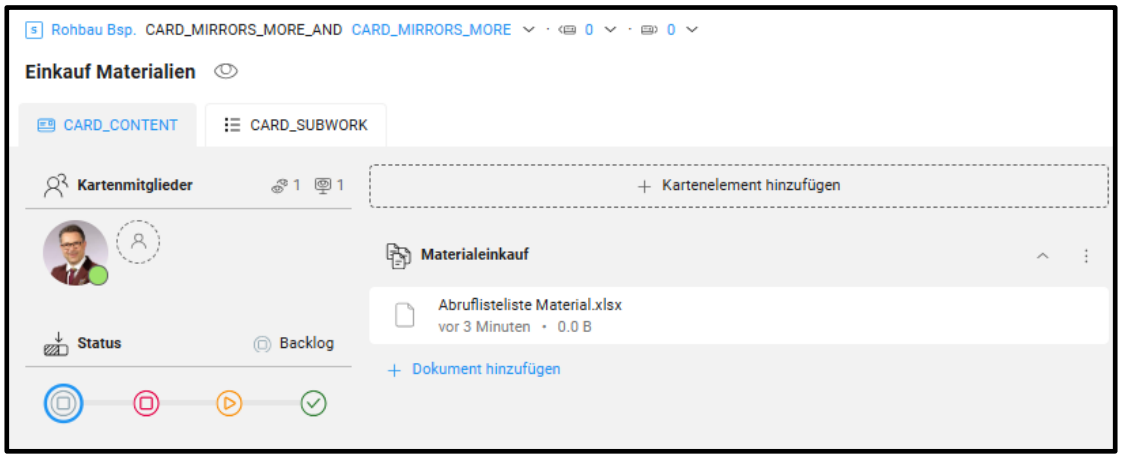


Abbildung 12: Auszug Aufgabenkarte Materialeinkauf

Sofern jemand diese Info benötigt, wird die entsprechende Datei geöffnet.

Im beschriebenen Beispiel würden der Bauleiter und der Polier diese Karte beobachten. Sobald der Einkäufer die Datei verändert, werden die Beobachter informiert. Eine E-Mail des Verkäufers mit dem Versand der jeweils aktuellen Abrufliste wird hinfällig. Das oben beschriebene mögliche Datenchaos wird deutlich verringert.

Beispiel 2 Störung und Behinderung

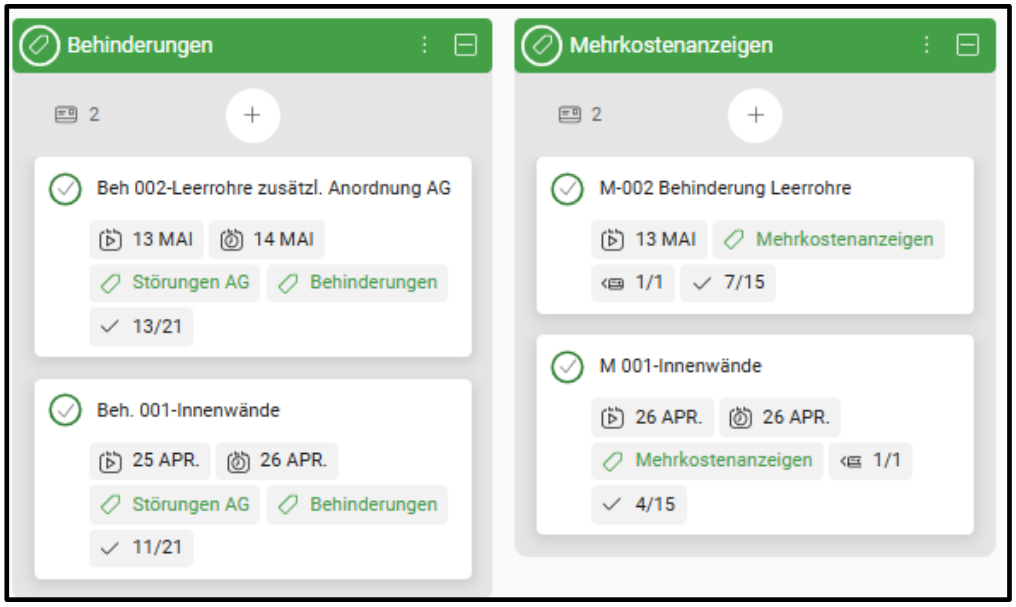


Abbildung 13: Aufgabenkarten Störung und Behinderung

Die Abbildung zeigt, zwei Behinderungen und zwei Mehrkostenanzeigen.

Durch die Anlage dieser Karten konnten sowohl die Behinderungen und die Mehrkosten dokumentiert werden. Da es möglich ist die Karten miteinander zu verknüpfen, ist für jeden Beobachter der Zusammenhang jederzeit nachvollziehbar. In Kommentarfeldern wurde die Behinderung beschrieben, ebenso die Folgen, das vorhanden sein von Mehrkosten, etc..
Abgelegt werden kann eine Behinderungsanzeige, die Antworten des AG, etc. Auch hier erfolgt die Anlage kontextbezogen. und jeder, der sich später mit dem Sachverhalt auseinandersetzt, wird nötige und vorhandene Informationen unmittelbar finden können, ohne Festplatten nach Informationen zu durchsuchen.

Das genannte System KanBo ist beispielsweise auch in der Lage in vorhandene EAP Systeme eingebunden zu werden, so dass z.B. in der Buchhaltung vorhandene Rechnungen jeweils dann aktuell aus dem Buchhaltungssystem abgerufen werden, wenn eine Karte mit einer solchen Verknüpfung aufgerufen wird. Die vorhandene Information ist immer aktuell und jeweils die Wahrheit.

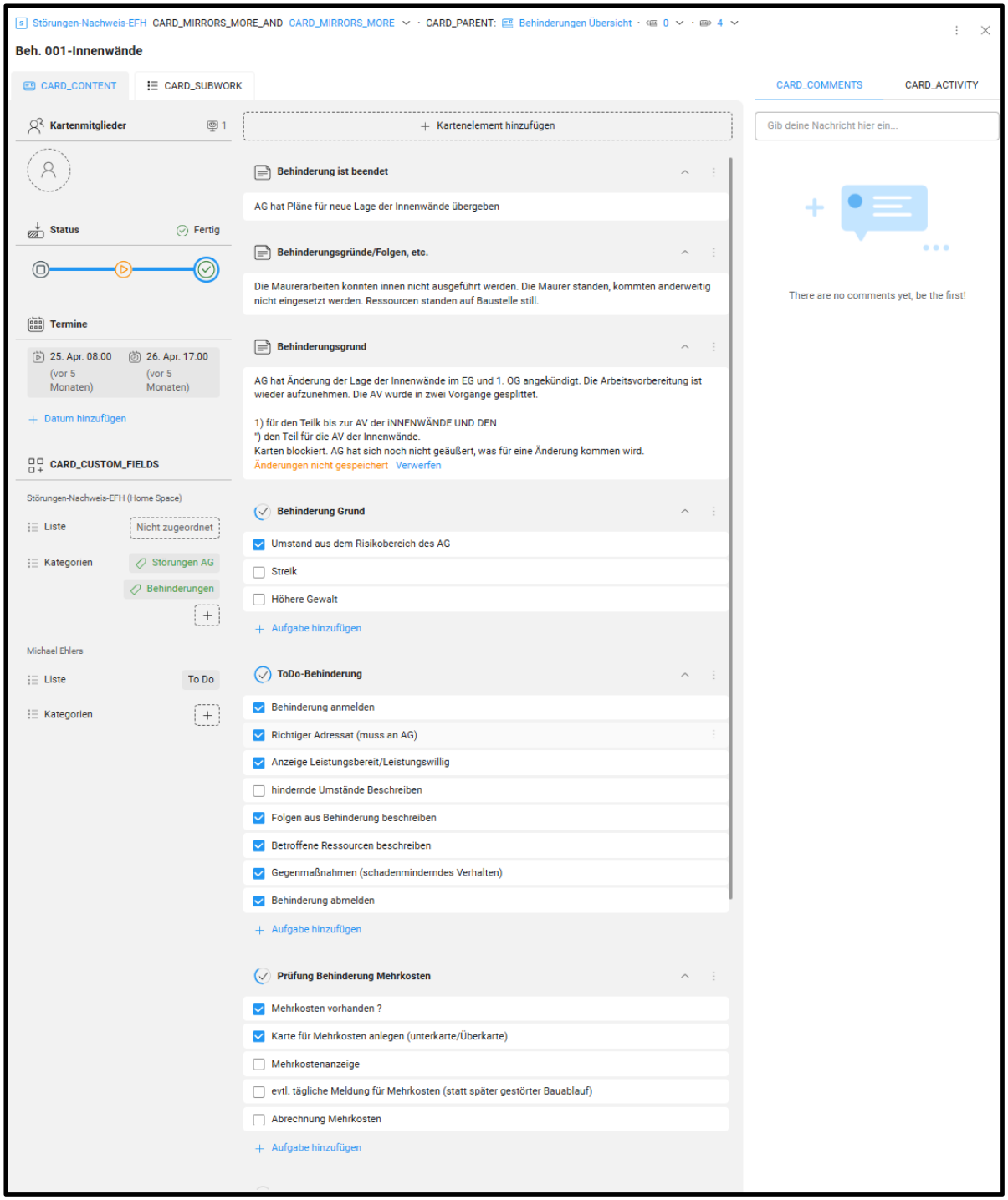


Abbildung 14: Auszug Aufgabenkarten Behinderung

Beispiel 3 neue Karte anlegen

In einem großen deutschen Bauunternehmen, welche das System nutzt, hat es sich bei manchen Nutzern bewährt, eine eingehende E-Mail unmittelbar als Aufgabe anzulegen[9]. Der für die Aufgabe wichtige Text (Information) der Mail wird in einem Notizfeld abgelegt. Innerhalb der Karte werden die zu erledigenden Aufgaben als Aufgabenliste angelegt, der vorgesehene Bearbeiter wird der Karte als Nutzer hinzugefügt. Dadurch geschieht folgendes:

- Der Bearbeiter erhält einen Hinweis, dass es eine neue Aufgabe gibt
- In der angelegten Karte sind die zu erledigenden Aufgaben genannt.
- Der Informationsträger-E-Mail wird von der Information (jetzt in der Karte kontextbezogen) getrennt

[9] Durch Outlook Add-in

- Die Ablage der Mail wird entbehrlich (Mail selbst kann der Karte bei Bedarf als Dokument hinzugefügt werden)
- Es wird unnötig dem Bearbeiter eine E-Mail zu senden, um ihn über die neue Aufgabe in Kenntnis zu setzen
- Andere Beteiligte können die neue Aufgabe sehen
- Die Erledigung der Aufgabe kann ich Echtzeit nachverfolgt werden. Der jeweils aktuelle Sachstand ist immer sichtbar. Die Rückmeldung zur Erledigung (z.B. per E-Mail) wird hinfällig
- Etc.

Die Mühle und das Wasser
Wichtig ist es, bei derartigen Systemen zu verstehen, dass eine derartige Software Lösung keine abschließende Sache ist, die eine vorgegebene Struktur erzwingt, sondern dass jeder Nutzer eine Struktur nach seinen Bedürfnissen erzeugen kann und muss.

Das ist vergleichbar mit einer Mühle und dem hindurchfließenden Wasser. Die Software und die darin enthaltenen Informationen sind das Wasser, welches so gut es geht durch die Mühle fließen muss. Die Mühle selbst wird durch den Nutzer erzeugt. Je geschickter er beim Bau der Mühle ist, desto effizienter kann er seine Mühle betreiben.
Hier sollten Nutzer auch den Vorteil sehen, sich von weniger effizienten Wettbewerbern abzugrenzen. Der Bau einer guten Mühle verschafft einen Wettbewerbsvorteil, weil das zur Verfügung stehende Wasser sinnvoller genutzt wird.

2.1. Veränderung der Arbeitsweise

Die obigen Beispiele zeigen eine einfache Möglichkeit Wissen zu vernetzen. Durch den Einsatz eines Cloud Systems haben alle Beteiligten jederzeit Zugriff auf alle in einem Projekt vorhandenen Informationen.
Ergänzungen, Veränderungen und Neuerungen sind jederzeit in Echtzeit bei allen Beteiligten vorhanden. Der Austausch von E-Mail wird hinfällig. Ein Datenchaos wird deutlich verringert. Vor allem aber gibt es jede nötige Information lediglich ein einziges Mal. Jetzt existiert die **Single Source of Truth**.

Es kann durch solche Systeme also gelingen zu einer strukturierten Arbeitsweise beizutragen. Die von Wohland als Überraschung geschilderten Vorgänge lassen sich leichter bearbeiten, denn das nötige Fachwissen auch neue Dinge zu bearbeiten ist vorhanden. Das Wissen aller Nutzer wird gebündelt. Eine gemeinsame Lösungssuche wird gefördert (vgl. oben Mathematikaufgabe).

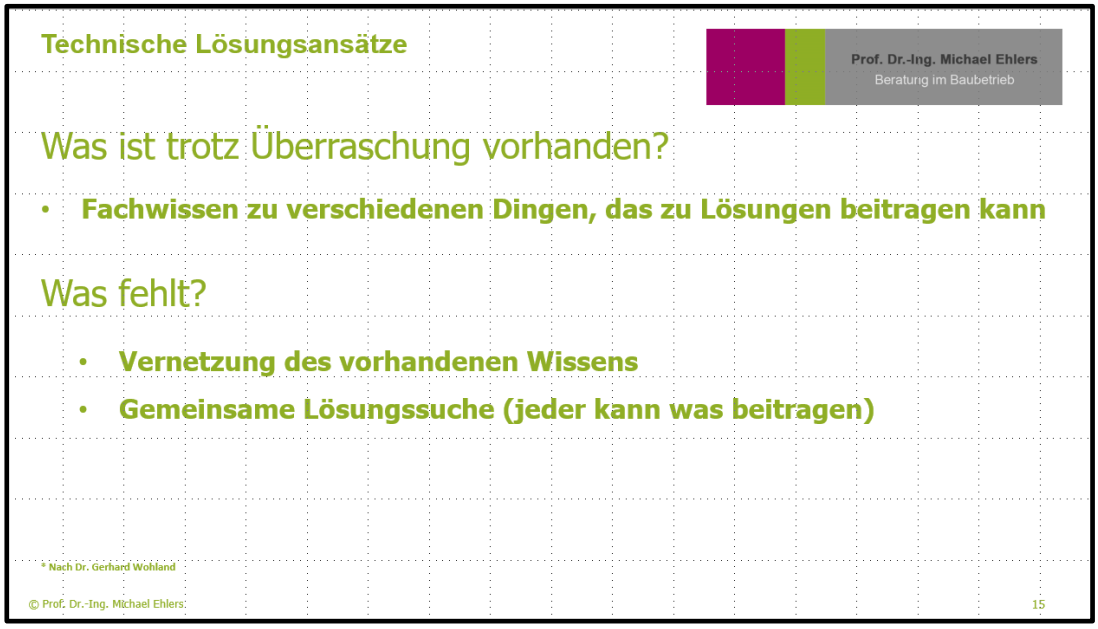


Abbildung 15: Umgang mit Überraschungen

Die Menschen

Die vernetzte Arbeitsweise setzt voraus, dass den Menschen, die damit umgehen vertraut wird. Allerdings setzt es ebenso voraus, dass die beteiligten Menschen aus eigenem Antrieb am Gelingen eines Projektes interessiert sind.

Da jeder Arbeitsfortschritt jederzeit für alle sichtbar ist, ist den Menschen auch die Angst vor Kontrollen zu nehmen. In dem System geht es eben nicht um das Kontrollieren, sondern um das gemeinsame, zielführende Arbeiten.

Die überkommenden Bilder der nötigen Kontrolle von Arbeiten muss einem neuen Menschbild weichen.

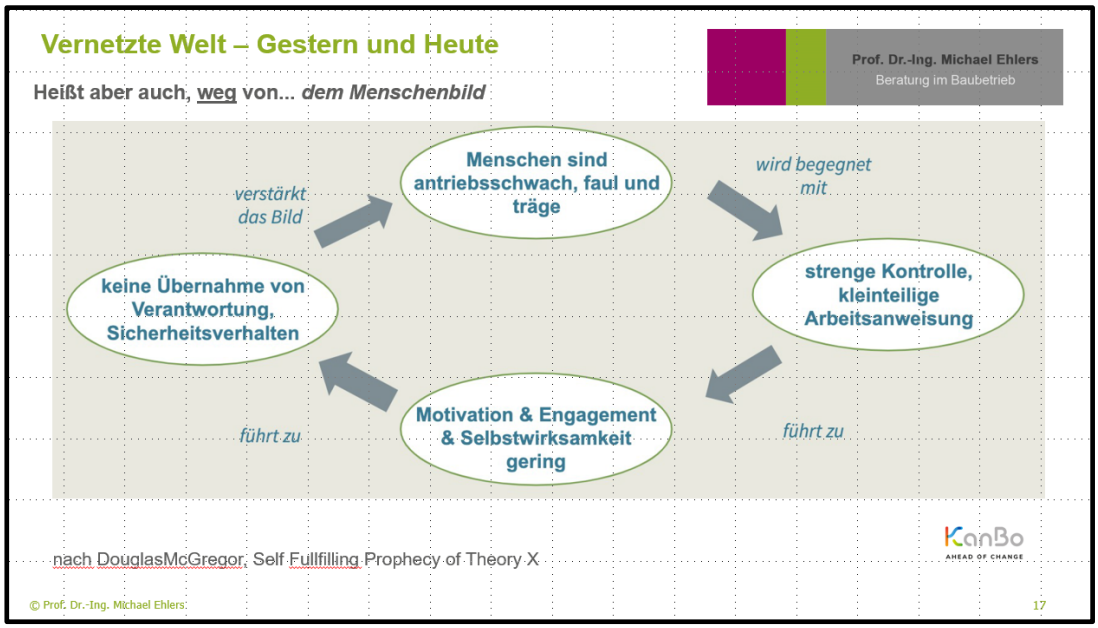


Abbildung 16: Menschenbild verändern

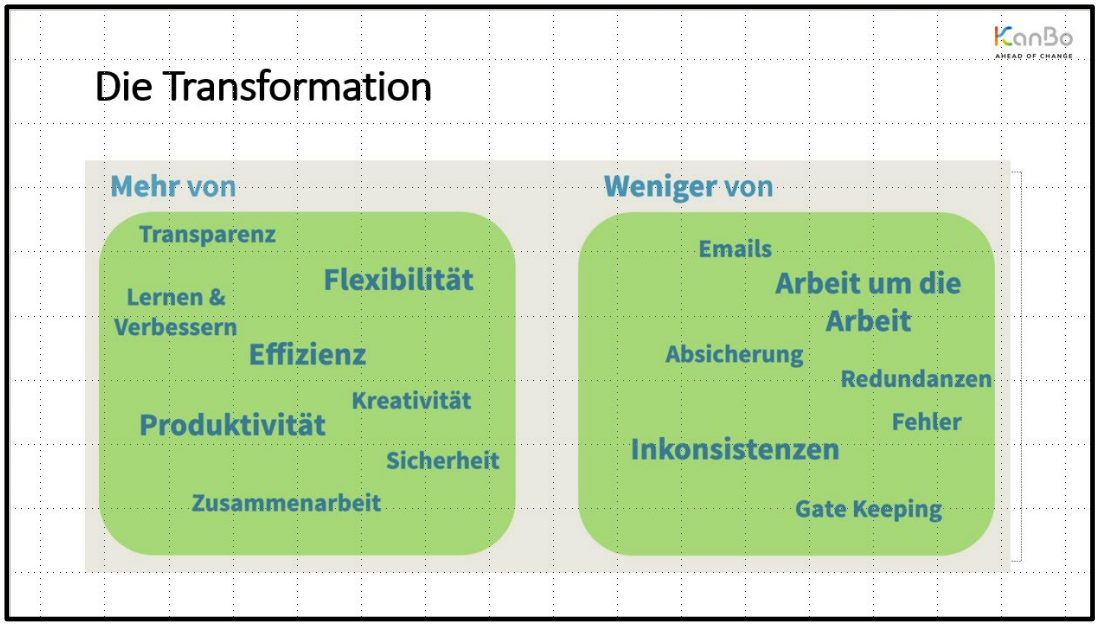


Abbildung 17: Arbeitswelt verändern

Nicht unerwähnt bleiben darf, dass jederzeit alle Informationen vorhanden sind, was auch ein asynchrones Arbeiten erlaubt. Da alle Informationen stets verfügbar sind, kann jeder Mitarbeiter dann arbeiten, wann er selbst am leistungsfähigsten ist.

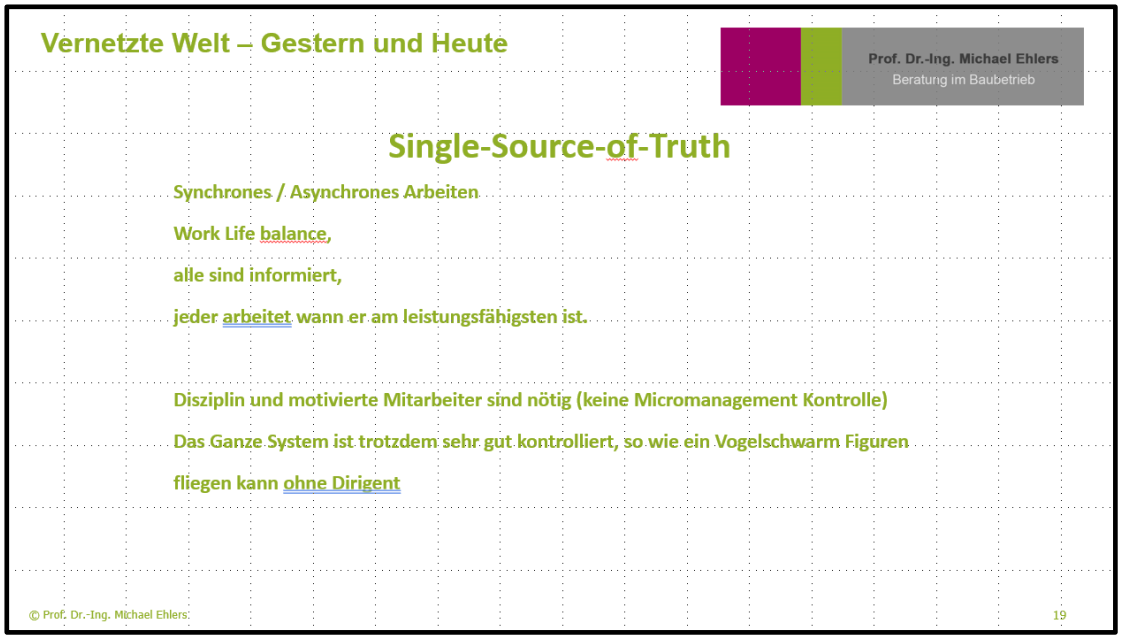


Abbildung 18: Asychrones Arbeiten

Es ist nicht mehr nötig gleichzeitig zu arbeiten, um evtl. nötige Informationen schnell zu bekommen. Auch die vielzitierte «Work-Life-Balance» wird gefördert.

Das ursprüngliche Ziel des Single Source of Truth kann auf diese Art und Weise elegant erreicht werden.

Einfach Bauen –
mit natürlichen Materialien

Einfach Massiv

Monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern

Andrea Kufner
B&O Bau Bayern GmbH
Regensburg, Deutschland



Thorsten Kopp
B&O Bau Bayern GmbH
Bad Aibling, Deutschland



Einfach Massiv

Monolithische Wandaufbauten in drei Forschungshäusern

1. Kurzportrait B&O Gruppe

B&O plant, baut und bewirtschaftet Wohnungen, seit 65 Jahren und an über 30 Standorten in Deutschland. B&O ist ein Generalunternehmen und bietet Lösungen für Wohnquartiere, vorrangig in vorgefertigter, systematisierter Holz- und Holz-Hybridbauweise, an. Zu den Kunden von B&O gehören ausschließlich institutionelle Wohnungsbestandhalter. Die B&O Gruppe baut jährlich ca. 500 Wohnungen und führt ca. 2.000 Modernisierungen durch.
Die Gebäudearten und Gebäudekonstruktionen, welche den Kunden angeboten werden, werden zuerst auf dem firmeneigenen Areal, dem «B&O Bau Forschungsquartier» in Bad Aibling (Bayern) aufgebaut. Hier werden die Konstruktionsweisen erforscht und erprobt, bevor die sich bewährten Lösungen deutschlandweit für die Kunden umgesetzt werden.

2. Klimawandel und nachhaltige Baukultur [1]

Wenn man den gesamten Lebenszyklus von Bau-, Nutzungs- und Rückbauphase betrachtet, emittiert die Bau- und Gebäudewirtschaft rund 40 Prozent des globalen CO_2-Ausstoßes. Aus diesem Grund ist ein Umdenken im Bauwesen einer der wichtigsten Faktoren im Kampf gegen den Klimawandel. Ein zentraler Bestandteil einer solchen Bauwende ist eine erhebliche Reduktion von mineralisch basierten Baumaterialien wie Zement und Stahl und ein Wechsel zu bio-basierten, vor allem zu Holz. Über Jahrhunderte wurde in Gebäuden Holz verbaut. Im Rahmen der Industrialisierung kamen dann jedoch zunehmend Zement, Stahl und andere mineralbasierte Materialien zum Einsatz. Die hohen fossilen Energieverbräuche und die damit einhergehenden großen CO_2-Emissionen bei deren Herstellung stellen heute eines der größten Probleme bei der Umstellung auf eine klimagerechte Volkswirtschaft dar.

Weitere wesentliche Elemente eines neuen, nachhaltigen Bauwesens für das 21. Jahrhundert sind:

- **Baukastenprinzip und Kreislaufwirtschaft**: Die Bauteile werden von vorneherein so produziert und dann zusammengefügt, dass sie so vollständig wie möglich direkt wiederverwendet werden können (Re-use).
- **Passive Bauweise**: Der Design des Gebäudes erfolgt so, dass der Bedarf an Strom, Wärme und Kühlung minimiert ist.
- **Dezentrale Bereitstellung von erneuerbaren Energien**: Die besten Optionen hierfür sind solare und geothermische Anlagen. Idealerweise sind die Gebäude als Netto-Energiequellen auf Quartiersebene vernetzt.
- **Nachhaltiges Wassermanagement**: Die umfasst neben lokale sinnvolle Rezyklierungsmaßnahmen auch die Energieextraktion aus dem Brauchwasser sowie die Regenwasserrückgewinnung.
- **Flächenausgleich**: Als Kompensation für den konstruktionsbedingten Flächenverbrauch.
- **Förderung der Biodiversität**: Diese müsste eine mit dem Brandschutz vergleichbare regulatorische Bedeutung erlangen.
- **Flexible Raum und Nutzungsgestaltung**: Dieser Ansatz sichert die optimale Verwendung bei verändertem Bedarf und minimiert den Leerstand.

3. Einfach Bauen [1]

Die Kirche aus der Gotik, das Wohnhaus aus dem Barock und das Gründerzeithaus sind robuste Bauwerke – sie haben hundert und mehr Jahre gut überstanden. Im Gegensatz dazu bauen wir heute viel komplizierter und fehleranfälliger. Die gestiegenen Anforderungen an Komfort und Energieeffizienz, die vielschichtigen Bauteilaufbauten und engen Verbindungen von Technik und Baukonstruktion führen zu hochkomplexen Gebäuden. Das macht eine Sanierung meist unmöglich oder zumindest oft teurer als einen Abriss und Neubau. Diese Bauten kennzeichnet statt Langlebigkeit ein hoher Ressourcenverbrauch zulasten der Umwelt. Es ist an der Zeit wieder zurück zu den Wurzeln zu finden und sich zu fragen: Wie können wir einfacher bauen?

3.1 Die Idee – Drillinge aus Beton, Holz und Ziegel [1], [2]

Auf dem südlichen Teil des «B&O Bau Forschungsquartiers» in Bad Aibling stehen drei identische Häuser mit Satteldach und einem niedrigen Anbau. Nur auf den ersten Blick sehen sie gleich aus, auf den zweiten erkennt man, dass die Häuser sich sehr wohl unterscheiden: in ihrer Materialität und ihrem Fassadenbild. Sie wurden in jeweils einschaliger, monomaterieller Bauweise aus den gängigen Baumaterialien Beton, Holz und Mauerwerk errichtet und dienen als Gegenentwurf zu den immer komplexer werdenden Bauweisen. Wichtiger Impulsgeber für das Forschungsteam um Architekt Florian Nagler sind die Erkenntnisse aus dem Bürogebäude 2226 in Lustenau in Österreich, welches von Baumschlager Eberle Architekten geplant wurde, welches ganz ohne Heizung. Lüftungsanlage oder Sonnenschutz die Wohlfühltemperatur im Gebäudeinneren von 22 bis 26°C besitzt.



Abbildung 1: Die drei Forschungshäuser nach Fertigstellung

Forschungsvorhaben «Einfach Bauen» [3]
Das von Zukunft Bau geförderte Forschungsvorhaben besteht aus drei Teilen:
Die beteiligten Architekten und Ingenieure, allen voran Architekt und TU-Professor Florian Nagler, erarbeiteten zunächst die Grundlagen zu den Prinzipien des einfachen Bauens («Einfach Bauen 1»). Ihre Hypothese lautete, dass Wohngebäude mit einer hochwertigen und zugleich suffizienten Architektur, einer robusten Baukonstruktion und einer reduzierten Gebäudetechnik über einen Lebenszeitraum von hundert Jahren hinsichtlich Ökobilanz und Lebenszykluskosten der Standardbauweise überlegen sind.
Auf Grundlage dieser Erkenntnisse, ermöglichte es die B&O Gruppe als Bauherrin auf dem B&O Parkgelände in Bad Aibling drei vergleichbare Gebäude zu errichten. Mit dem Bau der Forschungshäuser («Einfach Bauen 2») wurde der Leitfaden entwickelt, der anhand dieser exemplarischen Wohngebäude die sechs Prinzipien des einfachen Bauens veranschaulicht.

Mitte April 2023 erschien der Bericht «Einfach Bauen 3 – Messen, Validieren, Rückkoppeln». In diesem Forschungsteil wurden Langzeitmessungen über den Zeitraum von zwei Jahren hinsichtlich zwei zentraler Parameter durchgeführt. Zum einen testete man die eingesetzten neuartigen Materialien und Konstruktionslösungen der Außenwände auf ihre Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dämmwirkung, zum anderen sollte das Gebäudekonzept in Bezug auf Energieverbrauch und thermischen Komfort geprüft werden.

Robust und klimagerecht bauen [2]
Die Bauweise der drei Wohnhäuser ist monomateriell – beim ersten aus Dämmbeton, beim zweiten aus Massivholz mit Lufteinschlüssen und beim dritten aus Hohllochziegeln. Die einschaligen Wandaufbauten erzielen eine ähnliche Dämmleistung wie hochkomplexe Wandaufbauten durch ein einfaches, althergebrachtes Prinzip: die Einkapselung von Luft. Um die Umwelteinwirkungen der Häuser – über hundert Jahre betrachtet – so gering wie möglich zu halten, wurde das Augenmerk auf die Langlebigkeit der verwendeten Materialien und damit auf einen geringen Ressourcenverbrauch gelegt. Auf Hilfsstoffe und materialfremde Sonderbauteile konnte weitgehend verzichtet werden. Die Haustechnik wurde ebenfalls so einfach wie möglich gehalten. Auch für den Bauherrn soll der Betrieb der Häuser mit möglichst wenig Aufwand verbunden sein. Weggelassen wurde alles nicht unbedingt notwendige: auf Fußbodenheizung, Klimaanlage und elektrische Klingeln an den Wohnungstüren wurde verzichtet. Übrig bleiben Wasser, Elektro und Glasfaserleitungen.



Abbildung 2: Die drei Forschungshäuser im Bau

Die Anforderungen an die Häuser sind groß: Sie sollen robust und langlebig sein, wenig Energie verbrauchen und zugleich einen geringeren Wärmeintrag haben, um einer Überhitzung vorzubeugen. Nur die Gesamtheit der räumlichen, materiellen und konstruktiven Überlegungen führte zum Ziel. Dazu zählen die monomateriellen, einschichtigen Wand- und Deckenkonstruktionen, die konsequente Trennung von Baukonstruktion und Technik-systemen sowie die Fenstergröße und Raumhöhe. Um dieses komplexe Gefüge an Zusammenhängen und Konsequenzen beurteilen zu können, wurden an der TU München im Vorfeld zahlreiche Berechnungen und Simulationen durchgeführt.

3.2 Leitfaden [2] [3]

Es ist möglich, Gebäude einfach zu bauen und einfach zu nutzen und gleichzeitig die Umwelt über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes hinweg zu schonen. Die entwickelten Maßnahmen hat das Büro Florian Nagler Architekten gemeinsam mit B&O in den drei Forschungshäusern umgesetzt: Anhand dieser exemplarischen Wohngebäude erklärt der Leitfaden die sechs Prinzipien des einfachen Bauens:

- «**Kompaktheit.** Hüllfläche reduzieren. Bauliche Dichte erhöhen.»
  Grund: Außenwände und Dächer sind die teuersten Flächenbauteile an einem Gebäude (wegen Dämmung entstehen Mehrkosten zu Innenwände und Decken von 50-300 €/m²). Die Hülle zu reduzieren spart also Geld.
- «Glasfläche der **Fenster** in einer Größe von 10-15% der zu belichtenden Raumfläche wählen. Auf Sonnenschutzverglasung verzichten.»
  Fenster ermöglichen den Blick nach draußen, die Innenräume zu lüften und die Innenräume mit Tageslicht zu versorgen. Letzteres ist dabei besonders abhängig von der Größe und der Glasart welche in direktem Zusammenhang stehen: bei Sonnenschutzglas muss das Fenster etwa doppelt so groß sein, um den Innenraum mit der gleichen Tageslichtmenge zu versorgen. Dadurch steigen die Wärmeverluste, wobei durch die Sonnenschutzbeschichtung die solaren Gewinne reduziert werden. Sonnenschutzgläser haben deshalb eine schlechte Gesamtperformance, während die Isoliergläser eine deutlich bessere Energiebilanz aufweisen.
- «Die **thermische Trägheit** der Bauteile für das Raumklima nutzen. Eine schwere Bauweise speichert die Temperatur. Über Nachtlüftung kühlt die thermische Masse ab.»
  Gebäude mit einer hohen Masse verhalten sich thermisch träge. Luft hingegen ist das genaue Gegenteil eines trägen Bauteils. Gäbe es die thermische Trägheit nicht, so würde es in den Innenräumen schnell sehr warm (Sommer) bzw. kühl (Winter) werden. Im bewohnten Zustand hat die thermische Trägheit der Decken den größten Einfluss auf das Raumklima, da durch Einrichtung und Möbel die Effekte der thermischen Trägheit zwischen Wänden und Boden mit der Raumluft reduziert werden. Eine effektive Querlüftung der Räume in kühlen Sommernächten kann durch Schwingfenster bei mittigem Drehpunkt erreicht werden: Schon bei minimaler Kippstellung findet ein guter Luftaustausch statt. Die warme Luft kann oben entweichen und die kühle Nachtluft unten nachströmen.
- «**Robuste und reduzierte Techniksysteme** einsetzen, die das Verhalten der Nutzenden berücksichtigen.»
  Etwa 20% der gesamten Lebenszykluskosten eines Gebäudes fallen während der Planungs- und Bauphase an. Die restlichen 80% der Kosten gehören zur Nutzungsphase (großteils Energieverbrauch). Der Ansatz mit mehr Dämmung und dem Einsatz von Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung den Energieverbrauch des Gebäudes zu reduzieren ist meist ein Trugschluss: Der Mehraufwand bei Technik, Betriebsenergie, Unterhalt und Wartung übersteigt die erzielten Einsparungen der Heizenergie i.d.R. bei Weitem.
  Der Performance Gap (Abweichungen von theoretisch berechneten Ergebnissen zur Praxis) zwischen Planung und Betrieb entsteht hauptsächlich auf den Ebenen der Gebäudetechnik (Systeme funktionieren nicht richtig) und des Nutzerverhaltens (dieses wurde falsch eingeschätzt). Ansätze den Performance Gap zu schließen sind: Nutzerinnen und Nutzer regeln selbst (Interaktion und Bewusstsein schärfen), so einfache Technik wie möglich verbauen (einfache Wartung und Veränderung auch nach vielen Jahren möglich), Technik richtig bewerten (zusätzliche Techniksysteme nur dann, wenn diese auch bei abweichendem Nutzerverhalten noch erfolgreich funktioniert)
- «**Systemtrennung**. Zukünftige Veränderungen vorbereiten. Die technischen Systeme von der Konstruktion trennen.»
  Bei einer Lebensdauer eines Gebäudes von ca. 100 Jahren wird schnell deutlich, dass viele Teile des Gebäudes mehrere Lebenszyklen durchlaufen. Neben den materialbezogenen Einflussfaktoren wie die Qualität der Herstellung, der Konstruktion oder der

Ausführung, haben auch die nutzerspezifischen Ansprüche wie räumliche Anpassungen oder individuelle Umgestaltungen Einfluss auf die Lebensdauer von Bauteilen. Durch eine konsequente und bereits in der frühen Planung angedachten Trennung technischer und baulicher Systeme wird eine spätere Erneuerung oder Veränderung bestimmter Teile erheblich erleichtert (z.B. ist der Austausch eines Heizkörpers einfacher als der Austausch einer Fußbodenheizung).

– «**Materialgerechte Konstruktion.** Wenige, sortenreine Bauteilschichten zu robusten und langlebigen Konstruktionen fügen.»
Neben statischen und gestalterischen Funktionen schützt die Außenwand auch vor Umwelteinflüssen, wie Lärm, Regen, Wind, Kälte oder Hitze. Dieses Ziel wird bei der heutigen Bauweise meist durch Materialschichtung bzw. Materialmischung erreicht um die Vorteile der einzelnen Baustoffe zu kombinieren. Macht man sich nun Gedanken über die weitere Zukunft des Gebäudes, stellen sich Fragen nach Instandhaltungsaufwand, unterschiedlicher Lebensdauer der Verbundstoffe, Trennung derer bzw. Verfügbarkeit von Ersatzstoffen. Ziel von «Einfach Bauen» sind wenig Bauteilschichten, sortenreine Verwendung mineralischer oder nachwachsender Rohstoffe und das Fügen von Bauteilen zu robusten und langlebigen Konstruktionen entsprechend Ihrer Eigenschaften.

Diese Strategien sind nicht neu, im Gegenteil, sie sind altbekannt. Jedoch nur die konsequente Kombination führt zu einem nachhaltigen Ergebnis.

Monolithisches Bauen
Das monolithische Bauen umfasst allgemein einstoffliche Bauweisen aus Materialien wie Beton, Ziegel oder Holz. Der Begriff, übersetzt «aus einem Stein», stammt aus dem Griechischen und bezeichnet die Vereinigung verschiedener Funktionen, beispielsweise der Statik oder des Wärmeschutzes, in einem einzigen Bauteil. Dass die elementaren Funktionen des Bauwerks mit nur einem Bauteil erfüllt werden, grenzt das monolithische Bauen von mehrschichtigen Konstruktionseisen ab.

Haus Leichtbeton
Hier kam dämmender Infraleichtebton zum Einsatz (Wandstärke 50cm, Rohdichte 750 kg/m³, Druckfestigkeit 12 N/mm²). Aufgrund der geringen Dichte, die vor allem durch besonders voluminöse und zugleich leichte Zuschläge wie Blähbeton, Blähglas oder Schaumglas sowie den Einsatz von Zusatzmitteln wie Schaumbildner hervorrufen wird, besitzt der Infraleichtbeton eine geringe Wärmeleitfähigkeit und somit einen deutlich höheren Wärmeschutz als konventionelle Normalbetone. Die Konstruktion der Außenwand kommt ohne Bewehrung aus, ist dafür jedoch einen halben Meter dick.

Haus Massivholz
Beim Holzhaus kam Vollholz zum Einsatz, welches in drei Schichten aufgebaut ist und im Inneren Luftkammern enthält. (Wandstärke 30cm, Rohdichte 410 kg/m³, Druckfestigkeit 17 N/mm²). Es besteht nur aus gesägten Hölzern und verzichtet, anders als andere Massivholzwände, vollständig auf meist durch Folien gewährleistete Dampfsperren sowie zusätzliche (Außen-) Dämmung. Die einzelnen Schichten sind nur an notwendigen Bereichen verleimt, um auf Kleber so weit wie möglich zu verzichten.

Haus Mauerwerk
Hier wurde ein Hochlochziegel (Wandstärke 42,5 cm, Rohdichte 850 kg/m3, Druckfestigkeit 3,4 N/mm2) verwendet. Der Hochlochziegel kommt nurmehr selten zum Einsatz, üblicher sind Ziegel mit EPS-Füllung, die zwar als sortenrein rezyklierbar gelten, allein wegen dem hohen Mehraufwand (der Ziegel muss im Wasserbad von der Füllung gelöst werden) ist hier aber eher der Wunsch der Vater der Gedanken».

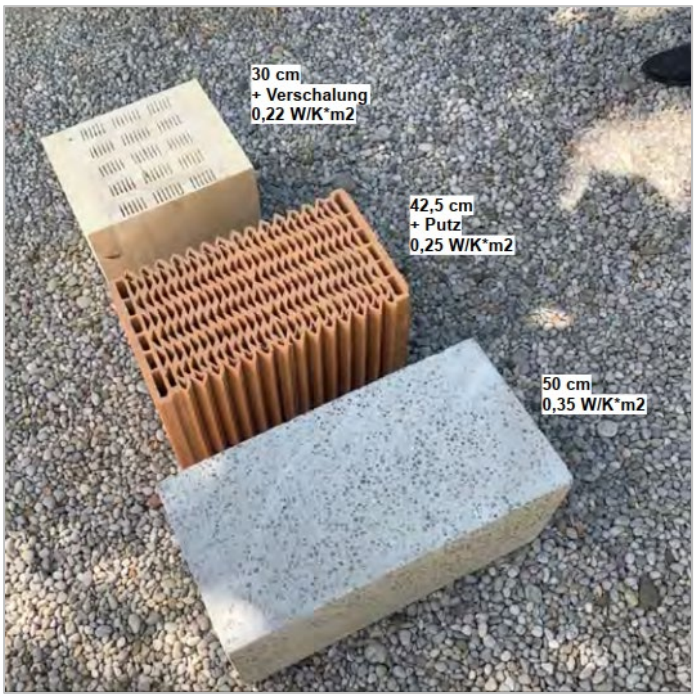


Abbildung 3: Drei verwendete Außenmaterialien: Massivholz und Ziegel – jeweils mit Luftkammern – sowie Infraleichtbeton



Abbildung 4: Unterschiedliche Ausbildung der Fensteröffnung in der Wand aus Mauerwerk, Holz und Beton

Die verschiedenen Fensterformen in Abbildung 4 ergeben sich aus den jeweiligen spezifischen Möglichkeiten, die Fensteröffnungen ohne Verbundstoffe zu überspannen: Bei Fassaden aus Massivholz ist es ohne Weiteres möglich eine rechteckige Fensteröffnung herzustellen, da die Holzfasern als Träger wirken. Beton ist sehr gut auf Druck belastbar, aber ohne Stahl nicht sehr zugfest. Ein gerader Sturz bekäme ohne Stahlbetonbewehrung schnell Risse. Die Öffnung wird deswegen mit einem Rundbogen überspannt. Auch bei dem Mauerwerk auf stahlverstärkte Sonderbauteile verzichtet. Durch einen gemauerten Segmentbogen kann auch hier die Fensteröffnung überbrückt werden.
In Abbildung 5 sind die Fügungen der Bauteile Außenwand, Fenstersturz und Decke dargestellt. Links heute übliche Konstruktionen platziert. Rechts daneben sind die einfachen Konstruktionen gegenübergestellt, welche für die Forschungshäuser in Bad Aibling entwickelt und angewendet wurden.

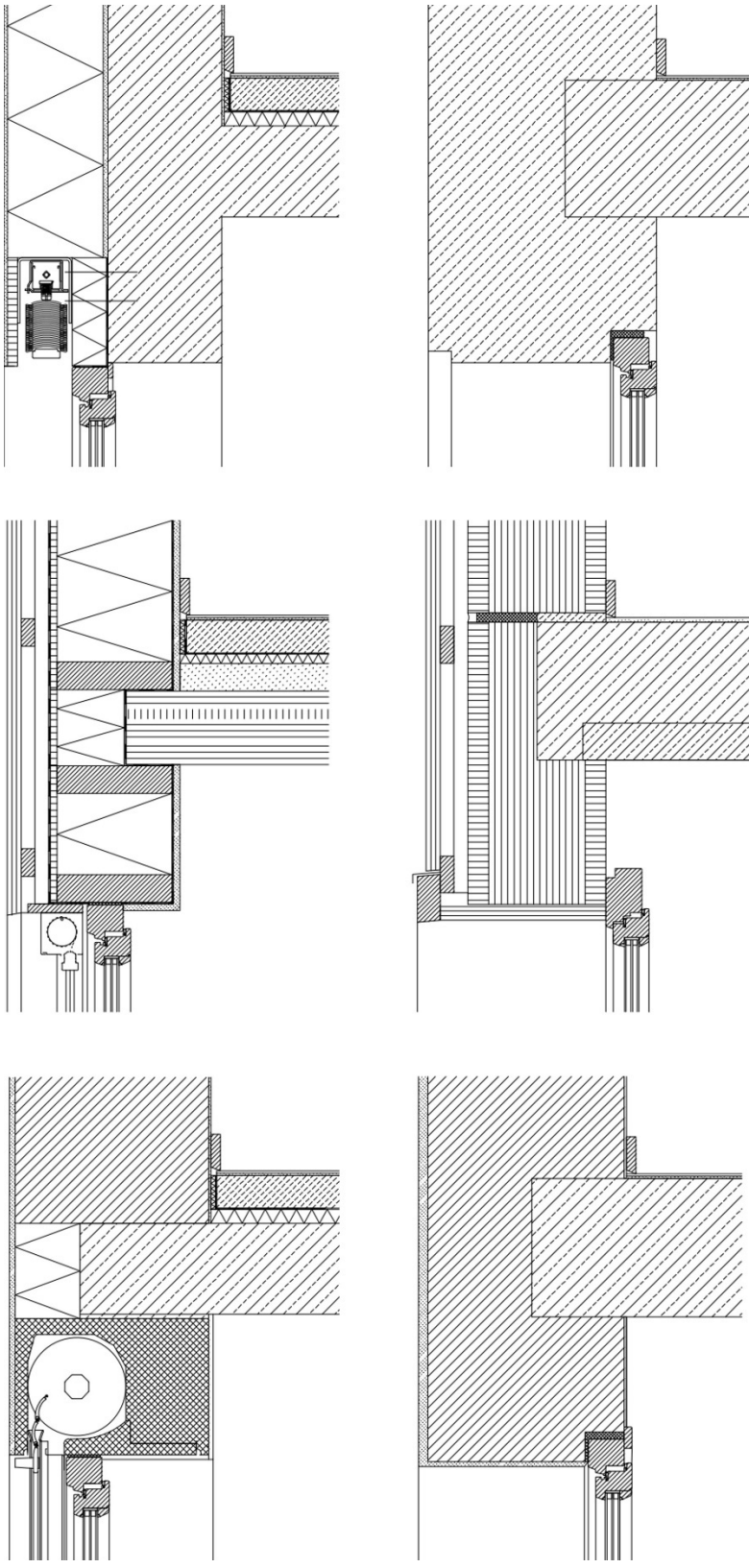


Abbildung 5: Vergleich Standard-Wandaufbau mit monolithischer Bauweise der Forschungshäuser

3.3 Ergebnisse des Monitorings [3]

Material-Check
Welche Außenwandkonstruktion wurde verwendet und wie schneiden sie bei den Langzeitmessungen ab? Beim Holzbau kam Vollholz zum Einsatz, das in drei Schichten aufgebaut ist und im Inneren Luftkammern enthält. Beim Feuchteverlauf spielte hier die Gefahr der Schimmelpilzbildung eine Rolle. Das Monitoring zeigte jedoch, dass es dazu nicht kam.

Neue Erkenntnisse gewann man auch beim Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert), wobei das Forschungsteam alle Angaben unter Vorbehalt ausgibt, da bei den langen Messungen nicht zu jeder Zeit alle Standardumgebungsparameter eingehalten werden konnte. Das Vollholz erreichte hier die besten, also niedrigsten Werte, und hielt die angegebenen Laborwerte genau ein: U-Wert 0,22 W/m²K.
Das trifft auf das Haus mit Hochlochziegel nicht zu, das beim U-Wert mit 0,4 W/m²K deutlich schlechter abschneidet als die offiziell angegebenen 0,25 W/m²K. Was hier die genaue Ursache ist, bedarf noch weiterer Untersuchungen.
Beim Betonhaus kamen die über den Zeitraum des Monitoring stärker schwankenden Messdaten im Mittel auf einen U-Wert von 0,32 W/m²K anstatt auf den angegebenen Wert von 0,36 W/m²K. Kontrolliert wurde auch, wie stark bei Regen der Feuchtetransport der Wand zunimmt. Fazit: Bei allen drei Gebäudevarianten wurde das gewünschte abnehmende Feuchteverhalten und somit eine Austrocknung der Wände festgestellt.

Thermo-Check
Wie schneiden die Forschungshäuser hinsichtlich des thermischen Komforts ab? Beim Leichtbeton-Haus hielt die Heizkörpertemperatur im Winter konstant zwischen 30 und 40°C und regulierte durch gezieltes Stoßlüften den teils sehr hohen CO_2-Gehalt. Das Holzgebäude erreicht im Sommer mit über 28° C die höchsten Innenraumtemperaturwerte, die damit oberhalb des Komfortbandes liegen. Das Holzhaus benötigt somit als einziges einen außenliegenden Sonnenschutz an den Fenstern der Westfassade, wenn man Überhitzung im Sommer ausschließen möchte.
Weitere Erkenntnisse der Betrachtung der operativen Temperatur waren, dass das Holzhaus viel stärker auf passive Solarenergie sowie Geräte und Personen reagiert. Insgesamt bestätigte sich die Annahme, dass die thermische Trägheit der Bauteile die Überhitzung im Sommer reduziert, während die Feuchte der Raumluft durch die raumumschließenden Bauteile passiv reguliert wird. Beim Leichtbetonhaus fällt der positive Effekt der thermischen Masse auf den Raumkomfort am größten aus, zudem zeigte sich, dass die Baumverschattung an der Ostfassade einen großen Einfluss auf das Raumklima und die Beleuchtungsstärke im Sommer und in den Übergangsjahreszeiten hat.

Energie-Check
Wie steht es um den Heizenergieverbrauch? Alle gemessenen Energieverbräuche lagen unterhalb der nach EnEV vorher berechneten Verbrauchswerte. Am besten schnitten die Massivholzwohnungen mit einem Verbrauch von gerundet 50 kWh/m²a ab.
Wesentliche Erkenntnis: Das Nutzerverhalten hat einen spürbaren Einfluss auf den Energiebedarf. Das Ergebnis der Bewohnerbefragung war ein «eher positiv», auch wenn die Untersuchung einiger weniger Wohnungen keine signifikante Statistik zulässt. Als allgemein positiv wird die hohe Raumhöhe wahrgenommen. Negativ fiel sowohl der fehlende Sonnenschutz als auch der fehlende Keller auf. Letzteres ist dem Versuchsanspruch von einfach Bauen mit Minimalmitteln geschuldet und sollte durch breitere Flure, eine Speisekammer und gemeinschaftliche Abstellkammern aufgefangen werden.

4. Neue Freiheiten [4], [5]

Lange Zeit galt in der Bauindustrie das Motto: Mehr ist mehr. Wände wurden dicker, Standards höher, die Technik immer komplexer. Das Ergebnis: Wer in Deutschland nach den gängigen Regeln der Technik bauen will, hat Tausende von Baunormen zu beachten. Zwischen all diesen Vorschriften wird einfaches Bauen unmöglich, die Kosten wachsen und wachsen. Wenn dann noch, wie gerade, höhere Zinsen und gestiegene Material- und Handwerkerkosten dazukommen, werden Wohnungen und Häuser an vielen Orten des Landes fast unbezahlbar. Das Ergebnis: Viele Neubauprojekte liegen brach, Aufträge werden verschoben oder storniert.
Die Forschungshäuser in Bad Aibling und deren Ergebnisse zeigen radikal was alles möglich ist. Die verbaute Technik ist auf ein Minimum reduziert, Lichtschalter funktionieren kabellos. Boden, Treppen und Wände sind aus Holz. Durch den ressourcenschonenden Materialeinsatz und die modulare Bauweise sind sie fast klimaneutral in der Herstellung Die Energieeffizienz entspricht etwa dem KfW-70 Standard. Auch in puncto Wohnqualität stehen die Häuser herkömmlichen Objekten nichts nach. Der Lärm- und Schallschutz ist vergleichbar

mit dem eines Altbaus. Größter Pluspunkt für Käufer dürfte jedoch der Preis sein: durch clevere Grundrisse, vorgefertigte Module und Skaleneffekte können die Baukosten um etwa 20 Prozent gesenkt werden. Durch die serielle Vorfertigung von Außenwänden und den Einsatz von Badmodulen ist es möglich die Bauzeit erheblich zu senken. Durch «einfaches Bauen» kann ein neuer Trend im Wohnungsbau gesetzt werden.

Möglich werden solche Pläne, weil die Bunderegierung anlässlich des letzten Wohnungsgipfels Ende September 2023 einen 14-Punkte-Plan veröffentliche, der verschiedene Maßnahmen für zusätzliche Investitionen für den Bau von bezahlbarem und klimagerechtem Wohnraum und zur wirtschaftlichen Stabilisierung der Bau- und Immobilienwirtschaft enthält. In diesem Dokument macht sich die Politik auch den Begriff «Gebäudetyp E» zu eigen, dessen Konzept vor ca. zwei Jahren von der Bayerischen Architektenkammer ins Spiel gebracht wurde.
Diese will mit ihrer Initiative erreichen, dass in die Bayerische Bauordnung ein zusätzlicher «Gebäudetyp E» aufgenommen wird, wobei das E für «Einfaches», aber auch «Experimentelles Bauen» steht. Gebäudetyp E heißt, sich auf das Wesentliche zu reduzieren, suffizient, nachhaltig und qualitätsorientiert zu handeln, ohne dabei den eigentlichen Kern der Schutzziele der Bauordnung (Standsicherheit, Brandschutz, Gesundheit und Umweltschutz) außer Acht zu lassen. Verzichtet werden kann dagegen auf «darüberhinausgehende Normen und Standards». Bauen muss zukünftig einfacher, schneller und günstiger werden. Dazu soll das Bauen im Sinne des Gebäudetyps E befördert werden, indem die Vertragspartner Spielräume für innovative Planung vereinbaren, auch durch Abweichen von kostenintensiven Standards. Die Länder beabsichtigen, dazu Änderungen der Musterbauordnung und der Landesbauordnungen vorzunehmen. In Bayern wurde im Sommer 2023 mit einer Änderung der Bayrischen Bauordnung der «Gebäudetyp-e» im öffentlichen Recht umgesetzt.



Abbildung 6: Logo für den Gebäudetyp E

Es sind aber nicht nur die rechtlichen Rahmenbedingungen, die darüber entscheiden werden, ob sich die Idee des einfachen Bauens durchsetzen kann. Ihr Erfolg hängt vor allem von den Ansprüchen der privaten Bauherren und Immobilienkäufern ab. Denn zum einen haben sie sich in den vergangenen Jahren an viele Standards gewöhnt; zum anderen wissen sie im Zweifel nicht, auf welche Anforderungen sie guten Gewissens verzichten können. Was auf keinen Fall passieren darf: das Baustandards abgesenkt werden, ohne dass die niedrigeren Baukosten an die Kunden weitergegeben werden.

5. Literatur

[1] B&O Gruppe, Wie wir heute für die Welt von morgen bauen, Oktober 2020

[2] Florian Nagler, Einfach Bauen Ein Leitfaden, 2022 Birkhäuser Verlag GmbH, Basel, ISBN 978-3-0356-2463-2

[3] Bauwelt 9.2023, Einfach Bauen 3, Ergebnisse des Monitorings der Forschungshäuser in Bad Aibling, Sonderdruck, Alexander Stumm

[4] https://www.baustoffwissen.de/was-ist-der-gebaeudetyp-e-01032024, 01.02.2024, Autor: Roland Grimm ist seit Februar 2013 freier Journalist, Essen

[5] https://www.wiwo.de/my/finanzen/immobilien/immobilien-so-bauen-sie-schneller-und-guenstiger/29653976.html, Autoren: Philipp Frohn, Felix Petruschke

Mikro-modularer Massivholzbau – Einfachheit durch Standardisierung

Lewin Fricke
TRIQBRIQ AG
Stuttgart, Deutschland



Mikro-modularer Massivholzbau – Einfachheit durch Standardisierung

1. Ausgangssituation

Das Bauwesen ist laut Bundesumweltamt der ressourcen- und müllintensivste Wirtschaftssektor in Deutschland. Die Branche ist verantwortlich für 60 Prozent des globalen Abfalls und 40 Prozent des globalen CO_2-Ausstoßes. Grund sind neben der schlechten Energieeffizienz der Gebäude auch die darin verbauten Materialien.

Nichtsdestotrotz steigt der Bedarf an Wohnraum bundesweit. Dementsprechend sieht der Koalitionsvertrag vor, dass jedes Jahr 400.000 neue Wohnungen entstehen sollen. Aktuell sind diese Ziele nicht realistisch. Die Baubranche muss eine ökologische und bezahlbare Bauwende vollziehen. Hier sind vor allem nachwachsende und kreislauffähige Materialien wie Holz oder Stroh entscheidend. Diese ermöglichen nicht nur ein nachhaltigeres Bauen, sondern sind auf Grund ihrer natürlichen Synergien auch einfacher einzusetzen.

In diesem Kontext wird grundlegend diskutiert, ob überhaupt genug Holz vorhanden ist, um die Wohnbauziele der Bundesregierung nachhaltig zu realisieren. In der Waldzustandserhebung 2020 kommt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zu dem Schluss, dass Stürme, Dürren und Borkenkäferbefall den Wäldern in den letzten Jahren enorm geschadet haben. Fachleute gehen allein für die Jahre 2018 bis 2020 von einem Schadholzbefall von 171 Millionen Kubikmeter aus.

Diese klimatischen Bedingungen scheinen sich laut Waldzustandserhebung deutschlandweit konsequent fortzusetzen. Aufgrund dessen besteht ein deutliches Überangebot an Schad-, Schwach- und Sturmholz (sogenanntem Kalamitätsholz). Diese Hölzer sind in der Baubranche allerdings oft nicht zielführend einsetzbar. Gleichzeitig gibt es auch im herkömmlichen Holzeinschlag Millionen von Festmetern, die bis dato auf Grund ihrer niedrigen Güteklassen und damit auch niedrigeren Festigkeit kaum zielführend im tragenden Rohbau eingesetzt werden können. Hier setzt die TRIQBRIQ AG mit ihrem innovativen System an.

2. Das TRIQBRIQ System

Das junge Unternehmen mit Hauptsitz in Stuttgart und Stammwerk in Tübingen, produziert und vertreibt das Holzbau-System TRIQBRIQ. Das System besteht aus mikro-modularen Holzbausteinen – den sogenannten BRIQs. Diese werden mit Robotertechnik präzise aus günstigem Industrie- und Kalamitätsholz sowie rückgebautem Altholz hergestellt.

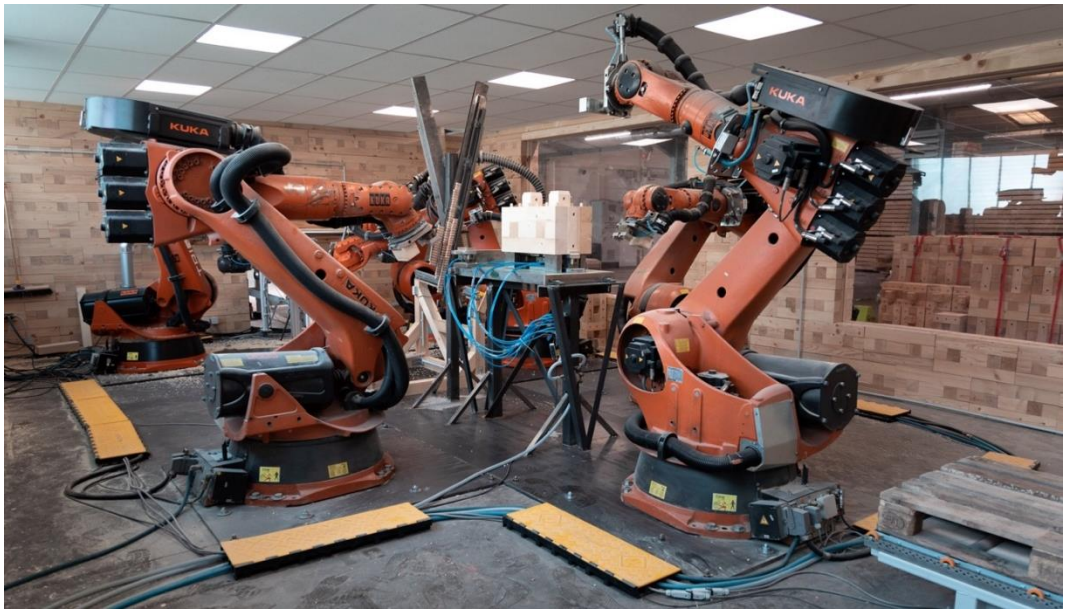


Abbildung 1: TRIQBRIQ «Micro-Factory» in Tübingen

Die einzelnen BRIQs werden auf der Baustelle einfach aufeinander gesteckt und über Dübel miteinander verriegelt. Auf diese Weise lassen sich tragende Wände kosteneffizient, flexibel und in kurzer Zeit errichten. Auf Grund des zirkulären Produktdesigns können die BRIQs am Ende der Nutzungsphase eines Gebäudes sortenrein entnommen und vollständig wiederverwendet werden. Die Kleinteiligkeit der einzelnen BRIQs macht es dem Unternehmen dabei möglich, Kanthölzer einer Festigkeit von C16 einzusetzen.

3. Einfaches Bauen in der Praxis

Mit Vorgängerversionen des TRIQBRIQ-Systems wurden bereits europaweit Gebäude errichtet. Auch ein Proof of Concept mit dem aktuellen TRIQBRIQ System wurde kürzlich in Stuttgart bezogen. Dass TRIQBRIQ aber auch bei größeren Bauvorhaben einwandfrei funktioniert, hat das Start-up bereits unter Bewies gestellt. Ende Juni 2023 wurde in Frankfurt der erste mehrgeschossige TRIQBRIQ Rohbau errichtet. Auf Grund der Materialinnovation des baden-württemberger Unternehmens wurden bei dem über 430 Quadratmeter großen Bauprojekt ca. 50.000 kg CO_2 in den tragenden Außenwänden eingelagert.



Abbildung 2: TRIQBRIQ Rohbau in Frankfurt

In lediglich sechs Tagen wurde der gesamte Rohbau inklusive Dachstuhl fertiggestellt. Der Geschäftsführer des ausführenden Generalunternehmens B.E. Bau GmbH, Edis Dzanovic betont dabei: «Wir hatten bisher keine Erfahrung mit diesem Bausystem, es ist aber wirklich unglaublich einfach. Mit herkömmlichen Lösungen wie Kalksandstein dauert ein vergleichbares Projekt ca. dreimal so lange.»

4. Neue Zulassung ermöglicht noch größere Gebäude

Seit Anfang November 2023 ist nun auch das weiterentwickelte TRIQBRIQ System WS25 bauaufsichtlich zugelassen. Die Zulassung sieht dabei keine Reglementierung der Geschossanzahl vor, sondern gibt Tragwerksplanern lediglich eine Berechnungsgrundlage an die Hand.



Abbildung 3: EDEKA gebaut mit dem TRIQBRIQ System WS25 (Quelle: EDEKA Minden Hannover)

Auf Basis dieser Grundlage konnte das junge Unternehmen gemeinsam mit Statikern nachweisen, dass Gebäude mit fünf Geschossen (reine Holzbauweise) beziehungsweise acht Geschossen (Holz-Beton-Hybridbauweise) möglich sind. Nun steht als erstes Großprojekt für Mitte 2024 der Rohbau eines Supermarktes an. Über 15.000 Holzbausteine sollen dabei zum Einsatz kommen – das entspricht einer Menge von ca. 235 Tonnen CO_2.

5. Ausblick

Die TRIQBRIQ-Produktionsanlage ist als Micro-Factory ausgelegt und flexibel replizierbar. Die Roboteranlage ist daher ideal geeignet, um nahtlos an den Produktionsprozess von Sägewerken und Abbundzentren anzuschließen. Vor diesem Hintergrund ist eine Skalierung der Produktionskapazitäten problemlos umsetzbar. Ziel der TRIQBRIQ AG ist es, bis 2027 über 30 dieser Anlagen in Betrieb zu nehmen. Geplant sind dabei unternehmenseigene Werke, sowie partnerschaftlich betriebene Produktionsstätten. Diese Perspektive unterstützt auch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Ende März 2024 besuchte Bundesminister Cem Özdemir das Start-up in Tübingen und überreichte eine Förderung in Höhe von 800.000 €, um die Skalierung der TRIQBRIQ Produktion weiter voranzutreiben.



Abbildung 4: Bundesminister Cem Özdemir zu Gast bei der TRIQBRIQ AG

Das ist dem wachstumsorientierten Unternehmen aber nicht genug. «Mit Blick in die Zukunft, freuen wir uns sehr über Kontakte zu weiteren Investoren und Partnerunternehmen, um unsere Skalierung und damit auch die Bauwende noch schneller voranzutreiben», so Maximilian Wörner, Vorstand der TRIQBRIQ AG.

HORTUS – Ein Bürobau im Standard von morgen

House of Research and Sustainability

Richard Jussel
Blumer-Lehmann
Gossau, Schweiz



HORTUS – Ein Bürobau im Standard von morgen

1. Summary

Wenn es um den Baustandard der Zukunft geht, ist nicht nur die Planung und Erstellung eines Gebäudes massgebend, sondern es wird eine neue Denkhaltung gefordert, die die verschiedenen gesellschaftlichen Fragestellungen rund um Themen wie die Ressourcen- und Bodenknappheit, die Mobilität oder den Klimawandel mit Hitze und Starkregen als Folgeerscheinungen, einbezieht. Das Ziel für den Bau eines Gebäudes sollte also lauten, die Emissionen über die gesamte Wertschöpfungskette so schnell wie möglich zu reduzieren.

In der Schweiz ist man in der Reduktion der Betriebsemissionen einen Schritt weiter und auf einem guten Weg. Allerdings werden beim Erstellen von Neubauten noch kaum Emissionen eingespart und in der Planung wird die CO_2-Thematik noch zu wenig oder überhaupt nicht berücksichtigt. Der Ruf nach Vorzeige- und Leuchtturmprojekten wird daher immer lauter.

Mit einer sozial-ökologischen Denkhaltung und einer nachhaltigen Bauweise ist die gesamte Baubranche gefordert, die Netto-Null-Ziele zu erreichen. Die Wirkung eines einzelnen Akteurs ersetzt nie das, was wir gemeinsam erreichen können. Daher muss die gesamte Holzkette zusammenstehen, Stärke beweisen und noch mehr Wissen aufbauen rund ums nachhaltige Bauen. Dabei zu berücksichtigen sind diverse Themen wie: Gesellschaft, Umwelt, Politik, Klimawandel, Ökobilanzierung, Gebäudekonzepte, Nachhaltigkeit, Kreislaufwirtschaft, Beschaffungssicherheit, Nutzungspotenziale des Waldes, Kaskadennutzung, Negativemissionstechnik und andere mehr.

Um in der Baubranche die Netto-Null-Ziele zu erreichen, heisst es also, dass wir uns den Fragestellungen rund um das nachhaltige Bauen bewusst werden und umgekehrt auch, dass den starken Befürwortern des Klimaschutzes das Vertrauen in die Bauwirtschaft gelingt.



Abbildung 1: Die Grünflächen um den HORTUS begünstigen viele Faktoren rund um die Nachhaltigkeit.

2. HORTUS – Das Baukonzept

Als Pionierprojekt für nachhaltiges Bauen erforscht HORTUS, wie sich ursprüngliche, regionale Materialien in modernen Anwendungen bewähren. Die Renaissance der Baumaterialien Lehm und Massivholz. Zu Beginn stand die Frage im Raum, welche Massnahmen nötig sind, um in der Erstellung eines Gebäudes einen möglichst kleinen ökologischen Fussabdruck zu hinterlassen. Das Ziel war ein CO_2-Ausstoss von ca. 5–7 kg/CO_2 pro m^2 und Jahr und die Abdeckung des energetischen Gewinns mit PV-Anlage muss den Verbrauch abdecken und die Erstellungsenergie / Emission auf ein Minimum reduzieren. Beim Projekt Hortus hat der Bauherr vieles in der eigenen Hand: Vom Bauherrn als Ideenträger bis hin zum Verwalter der Büromietfläche.

Lange bevor auf der Baustelle auf dem BaseLink-Areal in Allschwil gebaut wird, wusste unser Projektleiter Martin Eggenberger bereits, dass über 4000 Kranzüge nötig sein werden, um den Rohbau des künftigen Bürogebäudes zu errichten. Denn zur umfassenden Projektentwicklung gehört ein verlässliches Montagekonzept ebenso dazu wie ein Mock-up, das die Materialwahl unterstützt, die Architektur präzisiert oder Produktionsprozesse definiert. «Die Grösse und die Masse des Gebäudes sind beachtlich. Alle Faktoren und Schritte müssen aufeinander abgestimmt sein: das Bauprogramm, die Produktionsgeschwindigkeit, die Logistik, das Montagekonzept mit Wetterschutz und eben auch die Organisation der Montageabläufe, deren Takt grösstenteils der Kran vorgibt. Denn letztlich stellt die sorgfältige Planung dieser Abläufe bis hin zur kleinsten Schraube sicher, dass wir zuverlässig und termingerecht die geforderte Qualität liefern können.»



Abbildung 2: Mock-up des Hortus Baus auf der Baustelle in Allschwil, BL

2.1. Konsequent transparent

Beim Projekt auf dem BaseLink-Areal in Allschwil bekommt dieser Grundsatz noch mehr Gewicht als sonst. Denn HORTUS beschreitet neue Wege und geht beispielhaft voran. Das Pilotprojekt setzt mit seiner nachhaltigen Bauweise mit natürlichen Materialien aus der Region neue Massstäbe. Bauherr SENN hat zusammen mit Herzog & de Meuron Architekten und den Ingenieuren von ZPF den Grundstein für das klimaschonende Bürohaus mit rund 10 000 m² Fläche gelegt. Wir von Blumer Lehmann konnten mit unserem Holzbau-Know-how schon früh beratend zur Seite stehen und nach der Planung in einem ersten Schritt mit dem 3 × 6 m grossen, geschosshohen Mockup Antworten auf Fragen zu

Konstruktion und Materialisierung liefern. Die Bauherrschaft legt beim verwendeten Holz grossen Wert darauf, dass die Herkunft genau nachvollziehbar ist. Projektleiter Martin Eggenberger: «Gesamthaft verbauen wir rund 3000 m³ regionales Schweizer Holz. Die Beschaffung stellten wir in Zusammenarbeit mit 5 Sägewerken und 30 Forstrevieren bereits seit Herbst 2022 sicher, damit das Holz rechtzeitig geschlagen und auf kurzen Transportwegen angeliefert werden konnte.»



Abbildung 3: HORTUS setzt neue Massstäbe für nachhaltiges Bauen. Die Eröffnung ist im Jahr 2025 geplant.

2.2. Nachhaltigkeit auf höchstem Niveau

Die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, von Cradle-to-Cradle und Second Life spielten bei der Projektentwicklung eine grosse Rolle für die verwendeten Baumaterialien. So soll jedes Bauteil demontierbar sein und am Ende der Lebensdauer des Gebäudes dem Wald zurückgegeben oder in einem zweiten Leben wiederverwendet werden. Doch Nachhaltigkeit geht beim Projekt HORTUS mindestens noch einen Schritt weiter. So wird mit möglichst ursprünglich belassenen Materialien gebaut, die wenig bearbeitet wurden. Es kommt daher viel Massivholz und nur minim verleimtes Brettschichtholz zum Einsatz. Regional verfügbares Buchenholz wird anstelle des sonst üblichen Fichtenholzes für statisch stark beanspruchte Konstruktionen verwendet. Für die Decken wurden spezielle Holz-Lehm-Verbundelemente entwickelt, die zu drei Viertel aus dem Aushubmaterial der Baustelle bestehen. Und die Energieversorgung wird über die Fotovoltaikanlage auf dem Dach und an der Fassade so maximiert, dass das Gebäude innerhalb einer Generation die aufgewendete graue Bauenergie kompensiert hat und dann energiepositiv ist.



Abbildung 4: Im Gebäude wird viel Massiv- und Laubholz zum Einsatz kommen.

2.3. Bedarfsgerechte Vermietung

Die Eröffnung des HORTUS ist im Jahr 2025 geplant. Insbesondere Digital- und Technologieunternehmen werden hier ein komfortables und gesundes Arbeitsumfeld vorfinden und vom Austausch untereinander und mit der benachbarten Life-Science-Branche profitieren. Ein entsprechendes Vermietungskonzept sieht vor, dass die Mietflächen Raw & Ready ausgebaut werden. Das heisst, die Mieter kümmern sich selbst um die Raumunterteilungen und Inneneinrichtung. In Ergänzung bietet HORTUS voll ausgestattete Gemeinschaftsflächen wie eine Lounge, Sitzungszimmer und sanitäre Anlagen an.



Abbildung 5: Das Vermietungskonzept sieht vor, dass die Metflächen Raw & Ready vermietet werden.

2.4. Lehm – traditioneller Baustoff zeitgenössisch eingesetzt

Gemeinsam mit der Firma «Lehm Ton Erde» entwickelte Blumer Lehmann eine Feldfabrik, in der in Zelten vor Ort, die Holz-Lehm-Verbundelemente für die Bodenelemente hergestellt werden. Die Arbeitsgemeinschaft nahm den Betrieb im Spätsommer auf einem freien Baufeld neben der Baustelle auf.

2.5. Wie funktioniert das konkret?

Die Rezeptur für die Stampflehmmischung wurde von «Lehm Ton Erde» erstellt. Sie besteht zu 76% aus dem lokalen Aushub der Baustelle und zu 24% aus regionalem Mergel. Zur Erstellung der finalen Mischung wurden die einzelnen Bestandteile der Mischung gesiebt und gebrochen und liegen mit Planen vor der Witterung geschützt bereit neben der Feldfabrik.



Abbildung 6: Die Holz-Lehm-Verbundelemente wurden speziell für den HORTUS-Bau entwickelt.

Mit dem Radlader wird im Zwei-Wochentakt der Aushub mit dem Mergel vermischt und final aufbereitet. Die fertige Lehmmischung wird anschliessend in die vorgefertigten Holzelemente über zwei eigens entwickelte Mini-Beschicker eingefüllt und mit Rüttelplatten zu Stampflehm verdichtet. Insgesamt werden für die 12 000 m2 grosse Deckenfläche rund 3000 t Lehmmischung zu Stampflehm verarbeitet. Der Stampflehm schützt die darüberliegende Dreischichtplatte vor Abbrand. Die Elemente wurden einem Brandversuch unterzogen und sind REI60-zertifiziert, das heisst, sie garantieren einen 60-minütigen Feuer- und Rauchwiderstand. Die Masse des Stampflehms wirkt schalldämmend sowie thermisch ausgleichend. Die porösen Oberflächen gleichen Feuchtigkeitsspitzen aus und regulieren das Raumklima: Holz und Lehm ergänzen sich in diesem Deckensystem perfekt.

2.6. Buchenholz und Fichtenholz

Ziel des Projekts ist es, den Werkstoff Holz nicht nur regional zu beschaffen, sondern auch möglichst ohne Leim zu verarbeiten. Keine leichte Aufgabe, wenn es um die statischen Aufgaben der Holzkonstruktion geht. Dafür wird neben dem traditionellen Fichtenholz zusätzlich Buchenholz verwendet, wo nötig. Dieses ist regional gut verfügbar und zudem sehr belastbar. Die Herausforderung besteht darin, dass Buchenholz aufgrund der Härte schwieriger zu bearbeiten ist und stärker auf Feuchtigkeit reagiert als Fichtenholz.



Abbildung 7: Die bearbeiteten Buchenholz-Bauteile warten auf ihren Transport nach Allschwill.

3. Das Nachhaltigkeitskonzept

Die Grundpfeiler des Konzepts enthalten soziale, ökologische und ökonomische Aspekte, die in jeder Phase des Projektes präzisiert und im Sinne der Nachhaltigkeit geplant, gebaut und betrieben werden.

3.1. Nachhaltigkeits-Kennzahlen

Es werden die Nachhaltigkeits-Zielwerte der folgenden Labels angestrebt:
- SNBS, Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz
- SNBS und Agenda 2030
- SIA-Rahmenbedingungen für Nachhaltigkeit

Das Gebäude soll mehr Energie produzieren, als es verbraucht. Ausserdem soll es die notwendige Energie für die Raumwärme und -kühlung, die Warmwasseraufbereitung sowie für Licht und Betrieb der technischen Anlagen, inklusive einer Ladestationen für E-Bikes und E-Autos, selbständig erzeugen.

Mit einer Überproduktion der elektrischen Energie und mit NET (Negativemissionen-Technologie) sollen ausserdem die Erstellungsemissionen und die Betriebsenergie (CO_2 + Graue Energie) innerhalb von maximal 30 Jahren kompensiert werden, so dass der Bau die Umwelt nach dieser Zeit nicht mehr belastet.
Ausserdem wird eine CO_2-Bilanz mit Entwurfsvorgaben der Aufbauten (z.B. Aussenwände, Böden, Dach) und der technischen Anlagen erstellt. Vor der definitiven Auswahl werden entsprechende Berechnungen erstellt. Die Bilanzierung erfolgt in der ersten Phase durch UBP, Umweltbelastungspunkte. Die Werte stellt die KBOB, die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren, zur Verfügung. Während dem weiteren Bauverlauf wird eine weitergehende differenzierte ökologische Betrachtung vorgenommen.

3.2. Nachhaltigkeits-Zielwerte

Amortisationszeit für graue Energie/CO_2: max. < 30 Jahre

Baumaterialien
Es kommen vorwiegend natürliche Baustoffe zum Einsatz sowie rezyklierte Baumaterialien, bei denen der Energie- und CO_2-Ausstoss schon erfolgt ist. Der Baustoff Holz wird als CO_2-Senke berücksichtigt.

Konstruktion
Folgende Konstruktionsprinzipien tragen dem nachhaltigen Baukonzept ausserdem Rechnung:
- Direkte Lastabtragungen
- Einfache Raster und Struktur
- Trennsysteme
- Kein zu hoher Glasanteil
- Energieeffiziente Gebäudehülle
- Mittlere Speichermasse bei beheizten Räumen
- Nachtauskühlung

Betriebsenergie
Die Betriebsenergie wird wie folgt erzeugt und optimiert:
- Nutzung von Sonnenenergie und Speicherkapazitäten
- Gutes Installationskonzept mit geringem Energieaufwand für Raumwärme und Raumkühlung
- Setzen von Prioritäten in der Steuerung
- Energiemanagement mit Einbezug der Klimadaten
- Datenmanagement – Aufbau für den Anschluss zum Stromnetz der Zukunft Schweiz

Aushub
- Schichtabtrag des Aushubs
- Prüfen und Einsetzen der Materialien zum Bauen
- Stampflehm, Beschwerung, Dachaufbau



Abbildung 8: Gemeinsam mit der Firma «Lehm Ton Erde» entwickelt Blumer Lehmann eine Feldfabrik vor Ort.

Dach
- Sicherung des Wasserkreislaufs mit Nutzung des Wassers des Daches für die Bewässerung
- Höhere Effizienz der PV durch kühleres Dach

PV-Anlage
- Optimierte Anlage auf dem Dach
- Südfassade mit PV-Anlage
- Ost- und Westfassade mit Anlage an der Fassade für den Winterstrom
- Ersatzanlage bei einem Blackout
- Strom für Mobilität: Ausrüstung für E-Bikes und E-Autos.

Wasserkreislauf / Retention
Mit der Retention im Gelände und einem zusätzlichem Wasserspeicher wird der Wasserkreislauf auch für längere Trockenzeiten verbessert. Mit dem Eintrag von nährstoffgeladener Kohle wird nicht nur eine Kohlenstoffsenke erstellt, sondern der Boden kann mehr Wasser speichern und unterstützt die Photosynthese der Pflanzen und Bäume.

Begrünung
Mit dem Setzen der Bäume und Pflanzen können sehr viele Faktoren für das Klima und für die Gesundheit abgedeckt werden. Dazu gehören die natürliche Kühlung durch Schatten, die Produktion von Sauerstoff, sowie die Funktion der Pflanzen als Feinstaubfilter. Nicht zu vergessen; der erholsame Blick auf das Grün.

Kreislaufwirtschaft
Für die Umsetzung wird das Konzept der Kreislaufwirtschaft Schweiz angewendet:



Abbildung 9: Der Nachhaltigkeitskreislauf

1. Geringe Mengen an Baustoffen, die aus nicht erneuerbaren Ressourcen bestehen.
2. Nutzen von Baustoffen, die aus erneuerbaren Ressourcen bestehen.
3. Einsatz von möglichst artreinen Baustoffen.
4. Einfache Reparatur und Ersatz von einzelnen Bauteilen.
5. Einsatz von Bauteilen, die am Ende der Lebensdauer des Gebäudes nochmals genutzt werden können.
6. Beim Rückbau des Gebäudes sollte die überwiegenden Masse der Baustoffe der Natur zurückgeführt werden können.
7. Aus einem kleinen Teil des Gebäudes wird Energie aus der Verbrennung zurückgewonnen.
8. Zuteilung der Masse in der Kreislaufwirtschaft:
   - Anteil Baumaterialien, die aus nicht erneuerbaren Ressourcen bestehen
   - Anteil erneuerbare Ressourcen
   - Anteil der wieder verwendet werden kann
   - Anteil reine Baumaterialien
   - Anteil Rückbau auf Deponie
   - Anteil Verbrennung und Entsorgung

Nachvollziehbarkeit / BIM
Alle verwendeten Baumaterialien werden genau erfasst und die Mengen in digitalem Modell hinterlegt (Madaster). So können die Zielwerte in jeder Planungsphase gut überwacht werden. Der Nutzen soll auch im späteren Facility Management gross sein.

4. Beteiligte Parteien am Bau

Bauherr:	Senn AG, St. Gallen
Architekt:	Herzog & de Meuron
Bauingenieur:	ZPF, Basel
Holzbau, Planung und Ausführung:	Blumer-Lehmann AG, Gossau
Stampflehm:	LTE, Schlins AT
Buchenstabholz:	Fagus Schweiz
Fensterbau:	Blumer Techno Fenster, Waldstatt

5. Impressionen vom Bau

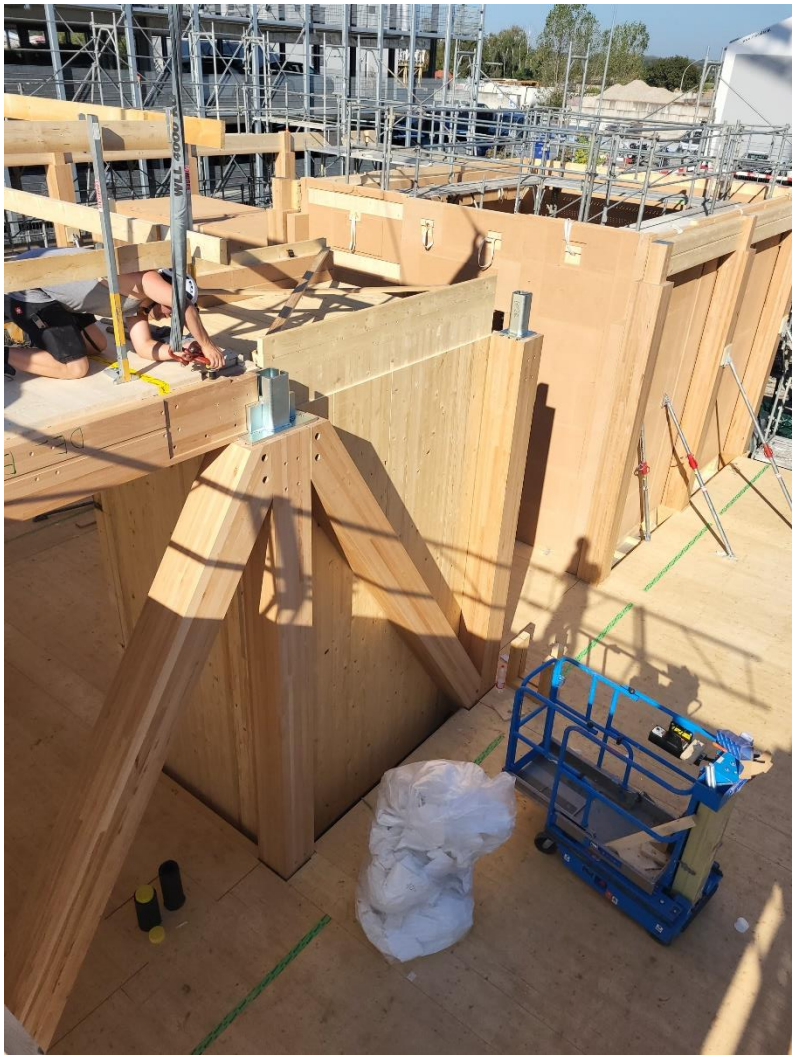
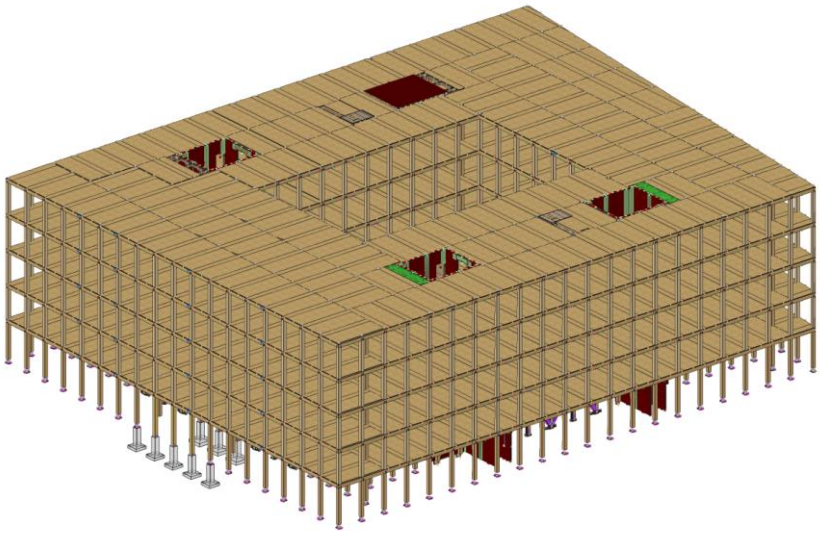
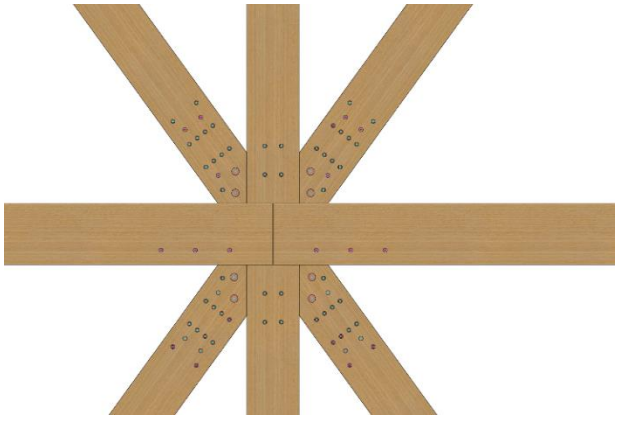
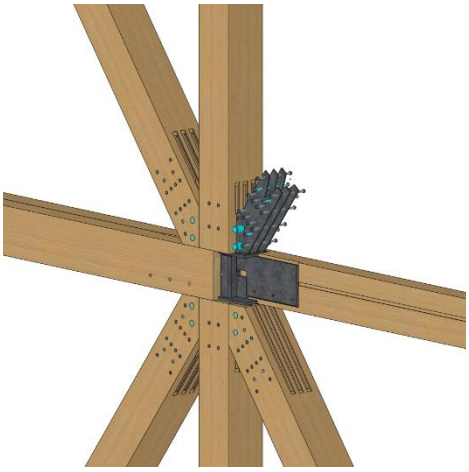


Abbildung 10: Treppenhaus mit Brettstapel-Elementen.











Abbildungen 11: Technische Details des Holzbaus: 3D Modell (Gebäudeabmessung: 50 x 65 m), Anschlussdetails der Streben und Verbindung der Knotenpunkte, Bearbeitung der Stabbuche-Pfosten, 320 x 320 mm







Abbildungen 12: Massivholz-Doppelträger C24, 2 x 120 / 260 mm, BSP-40mm, Elemente ca. 2.8 x 5.4 m





Abbildungen 13: Montage des ersten, der fünf Geschosse und der Bodenelemente des HORTUS-Baus. Montagestart: Oktober 2023

Hinweis: Das Copyright für sämtliche Bilder und Grafiken liegt bei der Blumer-Lehmann AG.
Die Wiederverwendung ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung erlaubt.

Sponsoren und Aussteller

binderholz



110 & 111 Ann Street, Savannah | USA



Fyrtornet, Malmö | SWE



The Bond, Norwest | AUS



Flesberg Schule, Flesberg | NOR

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**



Maßhaltig und nachhaltig

EGGER EcoBox

Die EGGER EcoBox – Zukunftsweisendes Bauen mit Holz.

Die Holzrahmenbaustütze zeichnet sich durch einen effizienten und ressourcenschonenden Materialeinsatz aus. Unsere Lösung bietet nicht nur eine hohe Formstabilität und Maßhaltigkeit, sondern ermöglicht auch eine Reduzierung des Holzeinsatzes um bis zu 38 % im Vergleich zu Vollholzstützen.

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

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 862820.



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

NEU: Die erste 3-in-1-Dachbahn

+

SOLITEX® QUANTHO

Mittelschwere, verklebte Unterdeck- / Unterspannbahn, nach ETA 23/0532 kein Nageldichtband erforderlich

Höchste Hagelwiderstandsklasse HW5

Schnell wasserdicht mit Dichtlippe

HAGELWIDERSTANDSKLASSE
EN 13583
HW5

ETA
CE
European Technical Assessment
ETA-23/0532

SOLITEX QUANTHO Muster und aktuelles Planungshandbuch kostenfrei anfordern unter **proclima.de**



pro clima®

Fokus

HASSLACHER NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders.**



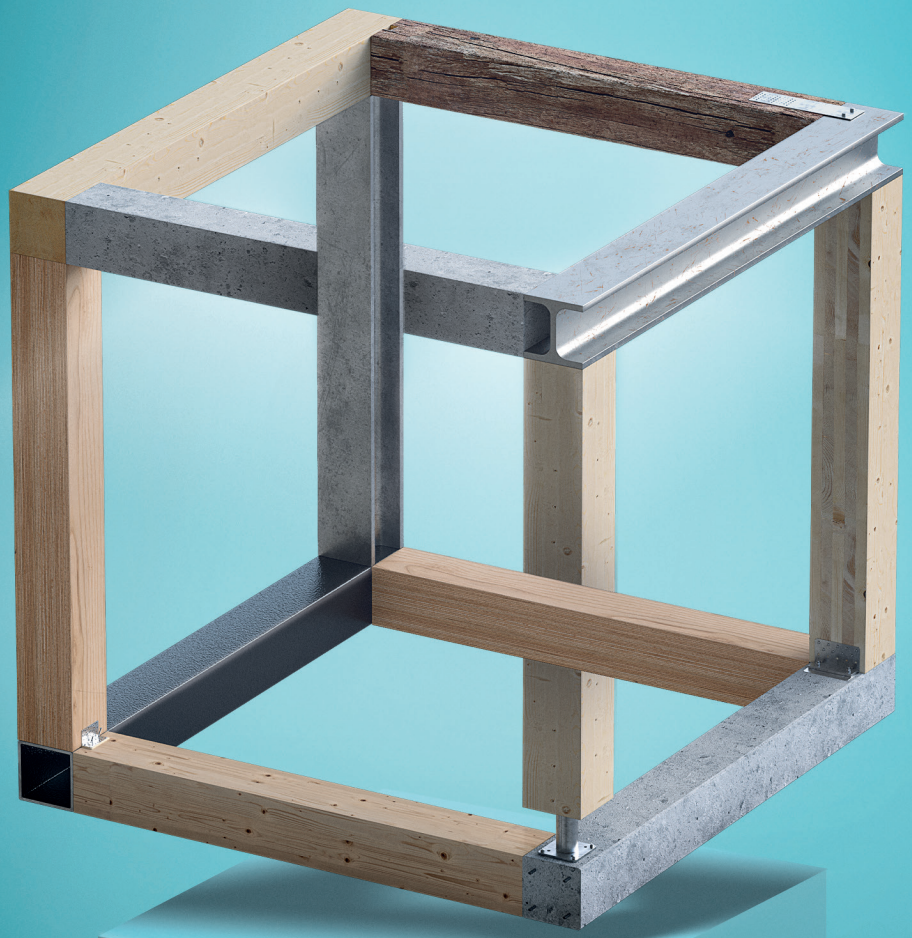
Qualität & Innovation

Kontakt
HASSLACHER Gruppe
T +43 4769 22 49-0
info@hasslacher.com

BESUCHT UNS
Stand 32
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

rothoblaas

Solutions for Building Technology

rothoblaas.de

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

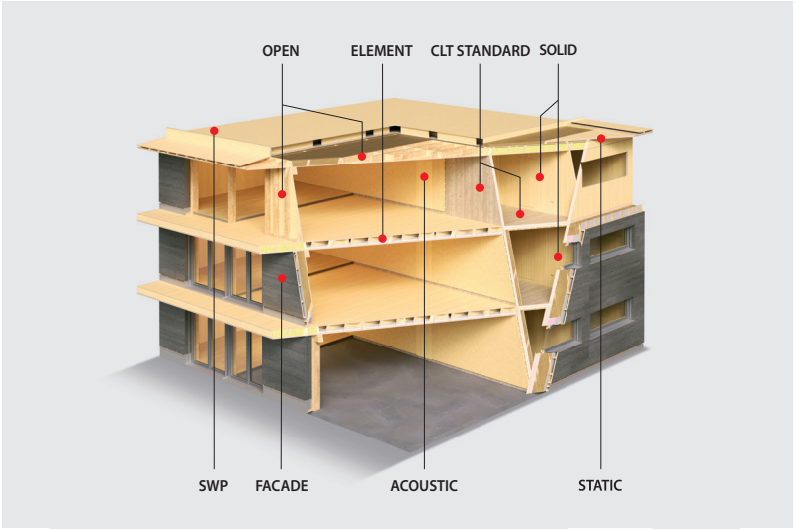
Spart CO_2
Speichert CO_2
STEICO HOLZFASER



Stabil hohe Qualität ohne Kompromisse seit 32 Jahren

Geprüfte komplexe Lösung von einem Hersteller

Wir verbinden die Kraft der Natur, Innovation und Handwerk







novatop-system.de

NOVATOP



best wood **CLT BOX – DECKE FS**

DAS DECKENSYSTEM FÜR DEN MEHRGESCHOSSIGEN HOLZBAU

» **erhöhter Schallschutz auch im tieffrequenten Bereich**
» **Brandschutz bis F 90 / REI 90**
» **große Spannweiten** möglich
» **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

HOLZ AUF BETON BEFESTIGEN

Befestigungslösungen für den Holzbau



FORUM HOLZBAU DEUTSCHLAND KŒLN

16./17. Oktober 2024

Hilti Befestigungsexpertise für Ihre Holzbau-Projekte

Mit einer leistungsstarken Systemkette aus Software, Verbindungsmitteln, Setzwerkzeugen und Nuron-Geräten können sich Planende im Holzbau und Fachkräfte im Zimmererhandwerk auf Hilti verlassen. Einfache und intuitiv zu bedienende Softwarelösungen, wie Profis Engineering oder ingtools, unterstützen die schnelle Erstellung wirtschaftlicher Konstruktionen – egal ob direkte Befestigung, Befestigungen von metallischen Verbindern oder mit dem innovativen Hilti Coupler Wood.

ETA-zertifizierte Befestigungsmittel mit hoher Qualität, sehr guten Lastwerten und geringsten Randabständen helfen dem Anwender, schnelle und sichere Verbindungen zu erstellen. Setzwerkzeuge und Nuron-Geräte ermöglichen ein produktives und sicheres Arbeiten.



WIR FREUEN UNS AUF IHREN BESUCH

STAND 26

Unser Ansprechpartner für Deutschland:

ABA HOLZ van Kempen GmbH

ABA HOLZ VAN KEMPEN GMBH
Streitheimer Straße 22 | 86477 Adelsried
info@aba-holz.de | www.aba-holz.de | www.klh.at

- PIONIER IN DER HERSTELLUNG VON BRETTSPERRHOLZ
- MEHR ALS ZWEI JAHRZEHNTE ERFAHRUNG
- DAS ORIGINAL MIT MEHR ALS 40 000 PROJEKTEN WELTWEIT
- INTERNATIONALES PROJEKTMANAGEMENT
- LÖSUNGSORIENTIERTER PROJEKTPARTNER
- VON STATISCHER VORBEMESSUNG BIS ZUR WERKPLANUNG

KLH MASSIVHOLZ GMBH | 8842 Teufenbach-Katsch | Gewerbestraße 4
Tel +43 (0)3588 8835 | office@klh.at | www.klh.at

ORIGINAL 100% KLH® ORIGINAL

LIGNATUR®



Alles in einem Element:

- Statik - tragend
- Feuerwiderstand 90 min
- Ästhetik
- Ökologie
- Schallschutz
- Raumakustik
- Wärmeschutz
- Top-Beratung

Interessiert?

Kontaktieren Sie unser Beratungsteam:

+41 71 353 04 10
beratung@lignatur.ch








Erfahren Sie mehr unter:

www.lignatur.ch

(c) Knoflach, Pierer.net



Steigtalstrasse (AT)
Wohnbau

WHERE
IDEAS
CAN
GROW.

Unsere Lösungen für Ihre Herausforderungen!

MM crosslam
Brettsperrholz (BSP)

MM masterline
Brettschichtholz (BSH)

XC LAM CONCRETE
Holz-Beton-Verbundelement
by MMK

MM HBE
Holzmassivbauelement

Montagefertig!

Zukunft ist jetzt!

Für Ihre Projektideen und deren Umsetzung haben wir die Lösungen.

Nachhaltig, flexibel, standardisiert, kombinierbar, montagefertig.

Immer MASSIV – und das mit Leidenschaft. Weil für uns Partnerschaften zu einem Bauprojekt einfach dazu gehören!





MMK
Hybrid
Solutions

MMK
Holz und Beton verbinden.

WHERE
IDEAS
CAN
GROW.

MAYR MELNHOF HOLZ



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

isover
SAINT-GOBAIN

rigips
SAINT-GOBAIN



Dein starker Partner im Holzbau
SAINT-GOBAIN
kompetent
verlässlich
nachhaltig

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





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.



Zuverlässige und effiziente Verbindungslösungen für Ihre Bauideen

Simpson Strong-Tie® ist Ihr weltweit führender Anbieter für Verbindungssysteme aller Art. Ob Neubau, Sanierung oder Erweiterung, unsere Produkte sind unverzichtbar für die nachhaltige Nutzung Ihrer Ressourcen – und die höchstmögliche Lebensdauer Ihrer Projekte.

Entdecken Sie unsere Lösungen unter **strongtie.de** oder rufen Sie uns an: +49 6032 8680-0.

SIMPSON
Strong-Tie

© 2024 Simpson Strong-Tie GmbH

NEU – als Print und Download!

Eine Serie klimapositiver Informationen



Besuchen Sie uns am Stand 41

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

AGEPAN® SYSTEM



Made in Germany

AGEPAN® DWD black

Für hinterlüftete Vorhangfassaden mit horizontalen Rhombusleisten

- \+ Diffusionsoffene Konstruktionen ohne zusätzliche Fassadenbahn – umweltfreundlich und recycelbar
- \+ Stabiles Nut- und Federprofil – schnell zu verlegen
- \+ Abriebfest, gute Haftung von Klebebändern – Primer- und Zeitersparnis

FUNKTIONSHOLZ® CE ECOBOARD THIRD-PARTY VERIFIED EPD ISO 14025 and EN 15804 Institut Bauen und Umwelt e.V.

www.sonaearauco.com/agepan

SONAE ARAUCO
Taking wood further

HERZLICHE EINLADUNG ZU UNSEREM
INFOTAG

tectofix
VOM HOLZBAUER. FÜR HOLZBAUER.

Impressionen
Infotag 2023

Zukunftsmarkt – Objektbau und die dafür rationelle technische Lösung – tectofix

Liebe Freunde des Holzbaus,

der Objekt- und Fassadenbau sind der Zukunftsmarkt. Es ist eine Herausforderung für den Holzbau diese Produkte wirtschaftlich und rationell zu fertigen. Dafür ist die Vorfertigungsanlage **tectofix** der ideale Partner.

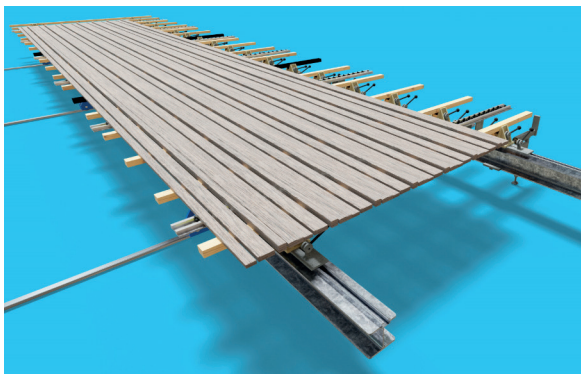
Am 16. November ist es wieder soweit:
Wir laden Sie und Ihre Mitarbeiter herzlich zu unserem mittlerweile traditionellen Infotag **tectofix** – Holzbau- und Kollegentreff ein. Kommen Sie und überzeugen Sie sich selbst bei einer persönlichen Vorführung. Sprechen Sie auch mit den Anwendern, die das neue Fassaden-Tool für offene Holzfassadenelemente im Einsatz getestet haben, über ihre Ergebnisse.

Anmeldungen unter info@tectofix.de sind erwünscht, Sie sind aber auch als Spontanbesucher herzlich willkommen!

WANN:	**Samstag, 16.11.2024, ab 09:00 Uhr**
WO:	**Bauer Holzbau GmbH** Rötstraße 11, 74589 Satteldorf-Gröningen
WAS:	Vorträge, Produktpräsentation **tectofix**, Verpflegung

Wir freuen uns auf Ihr Kommen!

Herzliche Grüße,
Ihr **tectofix**-Team







tectofix.de => Fassaden-Tool

Artikel vom Holz-Zentralblatt zum Einsatz Fassaden-Tool

Bauer Holzbau GmbH • Rötstraße 11 • D-74589 Satteldorf-Gröningen • +49 (0) 7955 385-0 • www.tectofix.de

COMPONO®

INNOVATION IM HOLZVERBUND

Erhöhung der Tragfähigkeit mit Polymerverguss

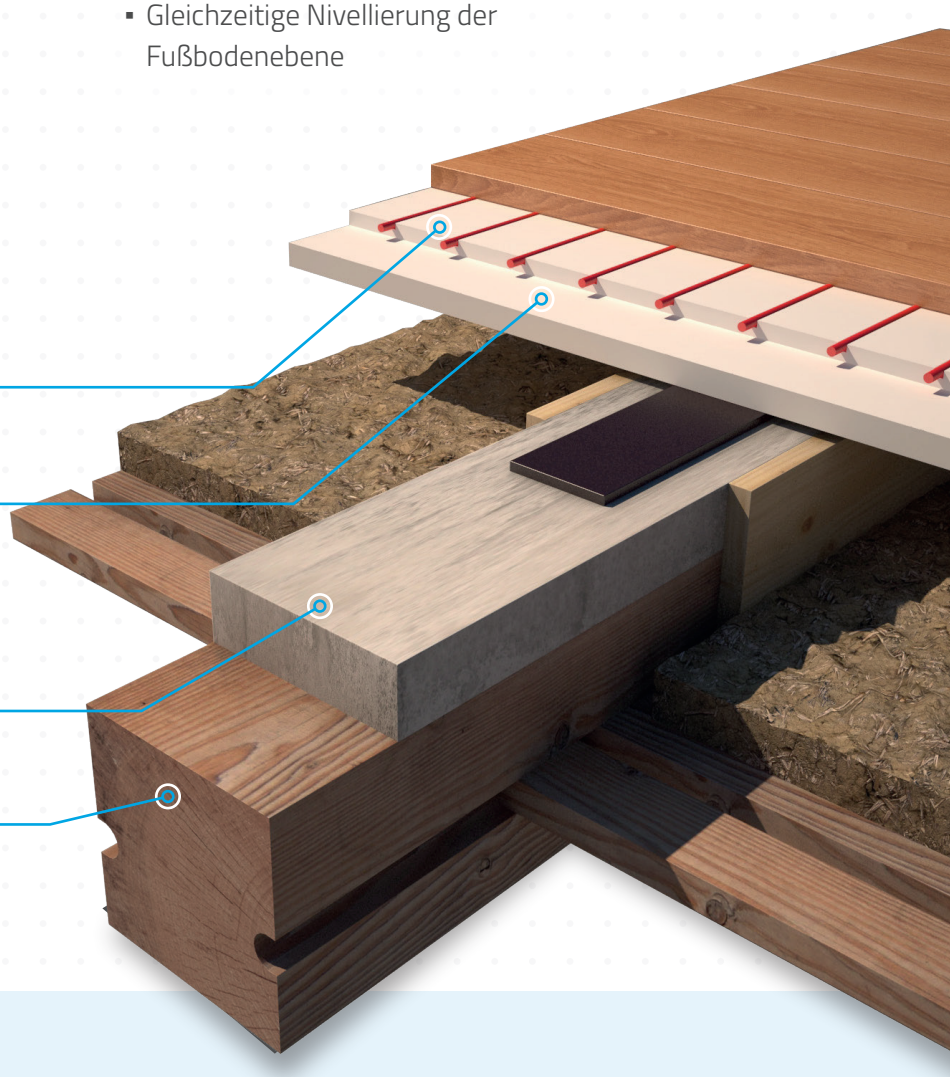
Alte und geschädigte Holzbalkendecken unter fast vollständigem Erhalt der Originalsubstanz sanieren mit **modifiziertem Polymerverguss**

ZIELE

- Statische Ertüchtigung mit dem Polymervergusssystem „Compono®“
- Signifikante Verbesserung der Schwingungsanfälligkeit
- Schallschutz und Brandschutz mit den Gipsfaserdeckenplatten „GIFAfloor PRESTO“

VORTEILE

- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Gleichzeitige Nivellierung der Fußbodenebene





© Annika Feuss | Blumer Lehmann AG

Blumer Lehmann

Wir gestalten die Zukunft mit Holz.

Holzmodulbau | Grundschule Köln-Flittard

↳ blumer-lehmann.com

BRÜNINGHOFF GROUP

50 JAHRE 1974 BIS 2024

HOLZHYBRID KANN JEDER?

Verlassen Sie sich lieber auf die echten Experten.







Qualität & Effizienz · Holz-Beton-Verbund · ressourcenschonende Herstellung · HBV

DER NEUE STANDARD.

Vorfertigung, Rückbau- und Kreislauffähigkeit.

Feste Termine, fixe Kosten, schnelle Bauzeiten, hohe Qualität: Brüninghoff gehört seit 50 Jahren zu den Spezialisten im Holz- und Holzhybridbau.

Wir verbauen vorelementierte, rückbau- und kreislauffähige Holz-Beton-Verbunddecken aus unserer eigenen Produktion – nachhaltige Zertifizierungen inklusive.

Kontaktieren Sie uns: www.brueninghoff.de



Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser e.V.

Das RAL Gütezeichen. Eine sichere Sache!

RAL GÜTEZEICHEN HOLZHAUSBAU

RAL GÜTEZEICHEN HOLZROHELEMENT HERSTELLUNG

RAL GÜTEZEICHEN Stahlsystembauweise

RAL GÜTEZEICHEN MOBILE RAUMSYSTEME

Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser (BMF) e.V.

Die BMF wurde 1961 mit dem Ziel gegründet, die Qualität der Produkte und Prozesse ihrer Mitgliedsunternehmen sicherzustellen und neue Standards im Bereich des Fertigbaus zu setzen. Sie ist eine von RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. anerkannte Gütegemeinschaft und vereint rund 130 Mitglieder aus dem In- und Ausland.

Die RAL Gütezeichen der BMF-Mitglieder stehen für Produkte und Dienstleistungen, die klar definierte Qualitätskriterien erfüllen. In den RAL Güte- und Prüfbestimmungen sind diese Kriterien fest verankert und für alle Interessenten öffentlich zugänglich. Die Anforderungen der RAL Gütezeichen werden regelmäßig durch eine unabhängige Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, die BMFcert GmbH, geprüft und bieten ein hohes Maß an Sicherheit für den Endverbraucher. Bauherren können die RAL Gütesicherung des Herstellers als Grundlage für ihre Hausfinanzierung nutzen. Auch bei öffentlichen Ausschreibungen wird dieser Standard als Vergabekriterium herangezogen.

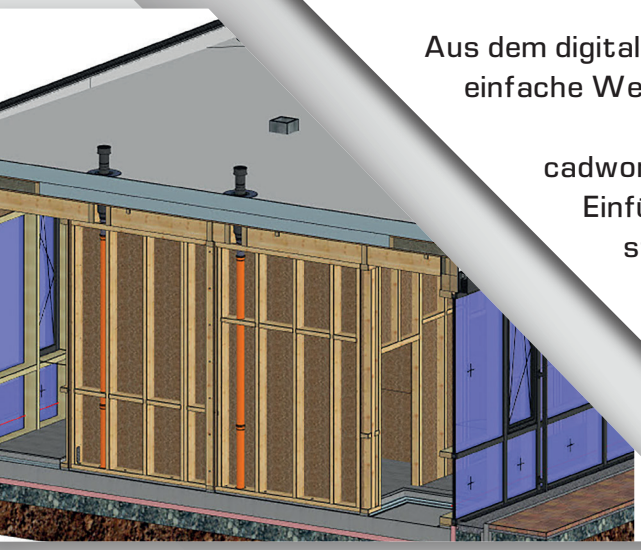
Nutzen Sie gerne das Kontaktformular auf **www.guetesicherung-bau.de** oder informieren Sie sich per E-Mail oder Telefon über die RAL Gütezeichen und eine Mitgliedschaft in der BMF.

Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser e.V.

Rhöndorfer Straße 85, 53604 Bad Honnef
info@guetesicherung-bau.de / +49 (0) 2224 969152-0

cadwork®
3D CAD/CAM

Die 3D-CAD/CAM Referenz im Holzbau



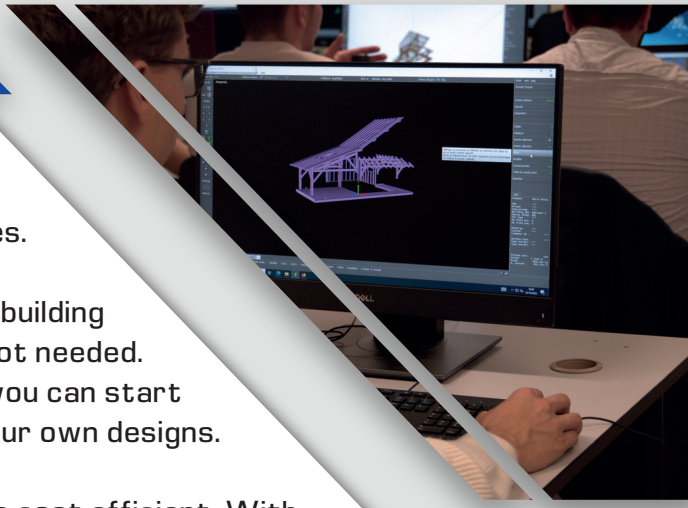
Unter den Konstruktionsprogrammen ist cadwork die treibende Kraft, wenn es um die Entwicklung und Unterstützung neuester Maschinentechnologien geht.

Aus dem digitalen Gebäudemodell werden Produktionsdaten auf einzigartig einfache Weise abgeleitet. Aufwändige Stammdaten sind unnötig.

cadwork ist leicht zu erlernen - schon nach zwei Tagen Einführungsschulung können Sie mit ihren eigenen Projekten starten.

cadwork hat eine konkurrenzlos einfache Modulstruktur und ist kostengünstig - selbst mit dem Holzbaupaket können Sie jede Konstruktion und jedes Projekt schnell und ohne Einschränkungen erstellen, Listen und Pläne ausgeben.

3D CAD/CAM Technology Leader



cadwork is a driving force among design software when it comes to developing and supporting the latest machine technologies.

Part data is uniquely and easily derived from the digital building model. Complex master data is not needed.
cadwork is easy to learn. After two days of initial training, you can start working on your own designs.

cadwork has an unrivalled simple modular structure and is cost efficient. With the ProBuild package you can quickly design any project, and output lists and shop drawings, without limits.

Folgen Sie uns in den sozialen Netzwerken!
Follow us on social networks !

www.cadwork.com

COMBiLiFT 25 Years
LiFTING INNOVATION

LAGERPLATZ, SICHERHEIT, EFFIZIENZ



MEHR LAGERPLATZ, SICHERHEIT UND EFFIZIENZ MIT COMBILIFT

Combilift ist die perfekte Lösung für die Modul- und Holzbauindustrie.

Unsere Mehrwege- und Seitenstapler, Mobile Portalhubwagen und Portalkräne eignen sich perfekt für den Transport großer oder sperriger Produkte und ermöglichen es Ihnen, Ihre Lagerhaltung, Effizienz und Sicherheit zu maximieren.

KONTAKTIEREN SIE UNS NOCH HEUTE

Um mehr darüber zu erfahren wie Combilift Ihnen helfen kann, jeden Zentimeter Ihres Lagers zu nutzen.

+353 (0) 800 000 5764 **combilift.com**

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.

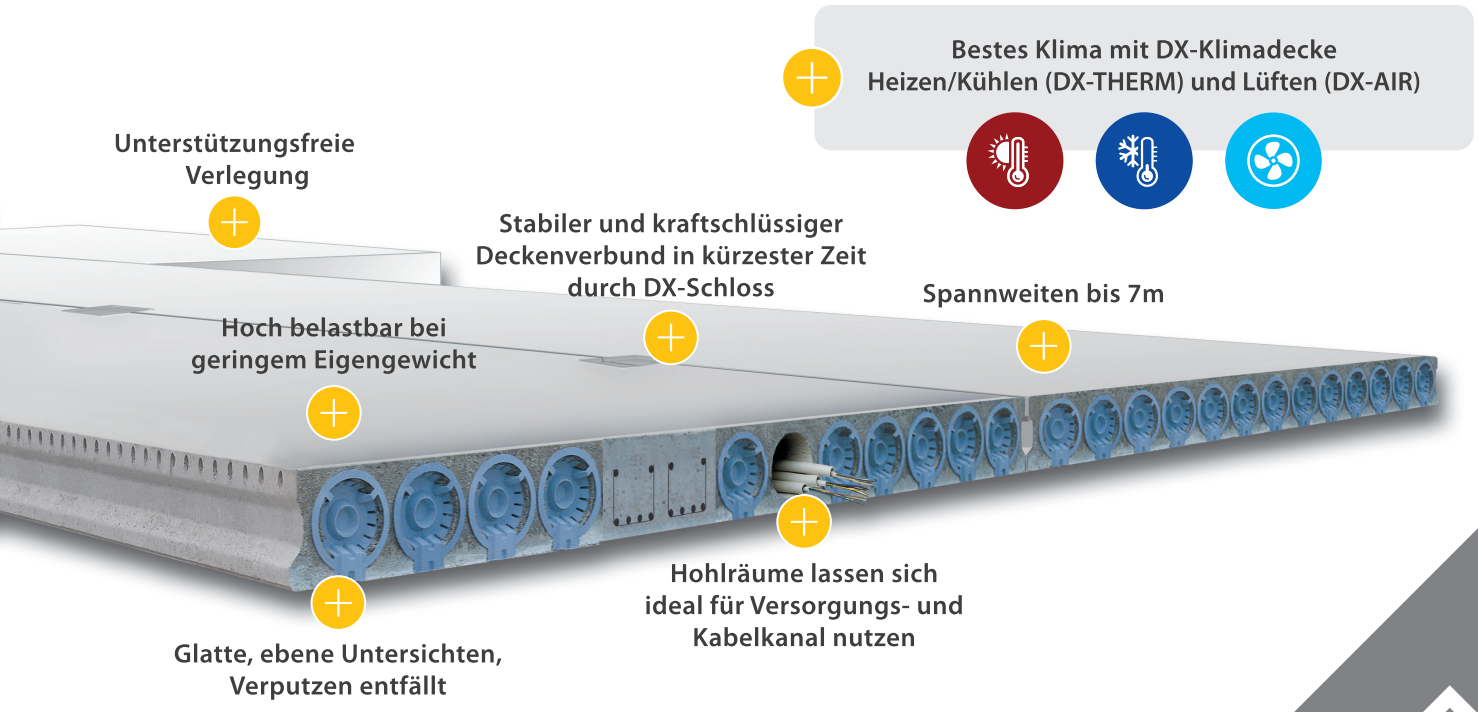
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begehbar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

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

ROCKWOOL®

NEU

INSPIRED BY NATURE.



Rundumschutz mit Woodrock® Protect



Die perfekte Steinwolle-Dämmplatte für hinterlüftete Außenwandkonstruktionen im Holzbau

Woodrock Protect, die neue Fassadendämmplatte aus dem Hause ROCKWOOL, ist speziell auf die Anforderungen im Holzbau zugeschnitten. Besonders ihre brandschutztechnischen Eigenschaften, nichtbrennbar A1 mit einem Schmelzpunkt > 1000 °C, sind für den Holzbau von immenser Bedeutung. So kann eine sichere aber zugleich auch einfache, wirtschaftliche Konstruktion realisiert werden. Woodrock Protect ist aufgrund ihrer hervorragenden Brandschutzeigenschaften prädestiniert für die Anforderungen in den Gebäudeklassen 4 und 5 im Holzbau.

Steinwolle – so viele Vorteile:

- formstabil
- nichtbrennbar, Euroklasse A1
- glimmt nicht
- nicht entzündbar
- keine Rauchentwicklung
- keine Flammschutzmittel notwendig

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

FINALIST
Deutscher Nachhaltigkeitspreis 2025

Schnittholz & Holzwerkstoffe
in Perfektion
– seit 1906





HOLZ RETTET KLIMA
Mission Holz 2030


Dachausbau


Möbel- und Innenausbau


Konstruktiver Holzbau


Dachbodensanierung

elka® Holzwerke GmbH · Hochwaldstraße 44 · D-54497 Morbach · www.elka-holzwerke.eu

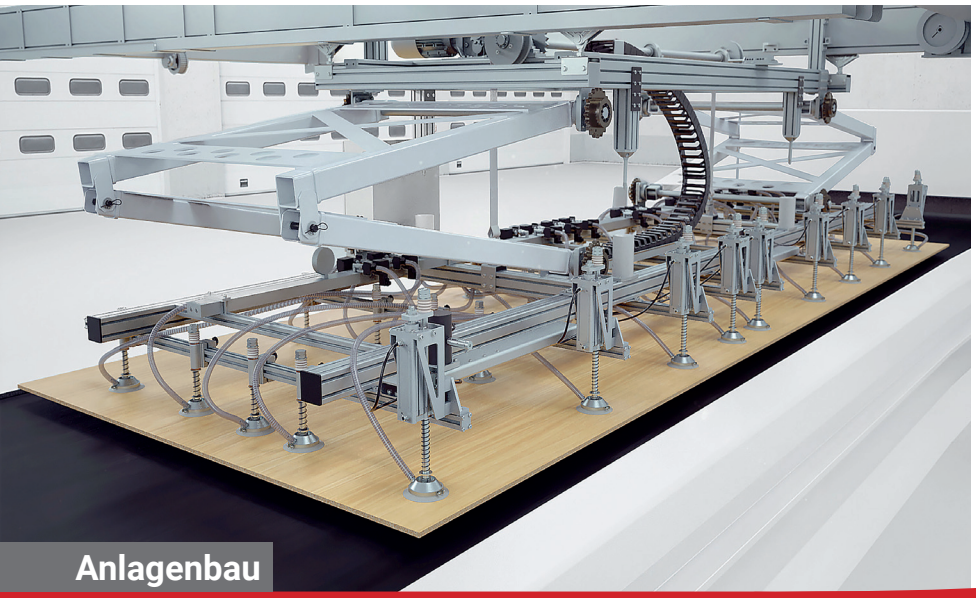
euroTECH HANDLING



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.



Quelle: Markus Guhl Architekturfotografie

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.

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

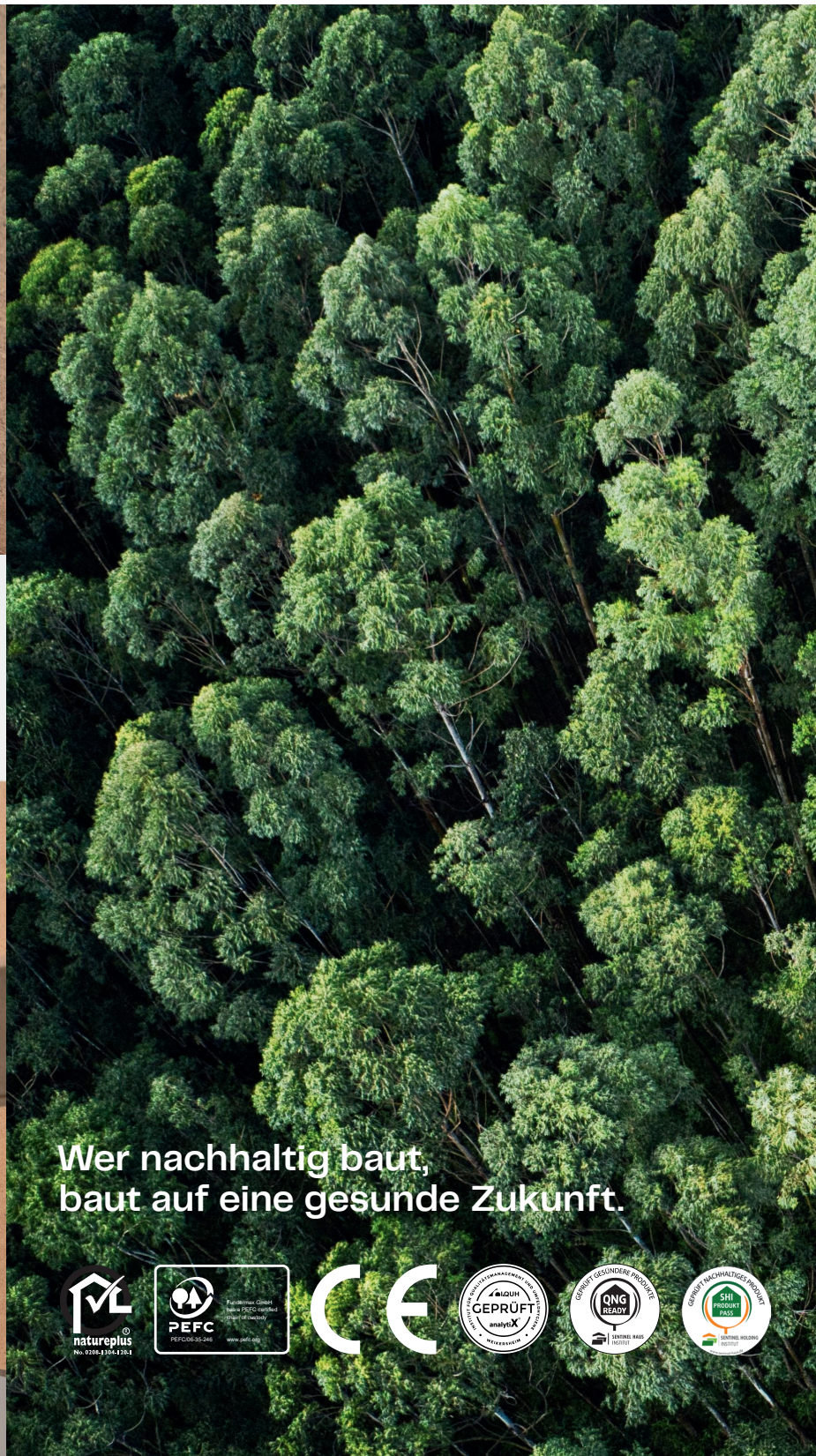
For you to create

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.

www.gaulhofer.com

QUALITÄTS FENSTER
MADE IN AUSTRIA

GERMAN DESIGN AWARD WINNER 2023



GHAD

Gütegemeinschaft
Holzbau-Ausbau-Dachbau e.V.

Qualität durch Gütesicherung ein Plus für Ihr Bauvorhaben

Die RAL-Gütesicherung im Holzbau unterstützt Sie dabei, für Ihr geplantes Bauvorhaben ein Unternehmen zu finden, welches die betrieblichen Abläufe von der Warenannahme bis zur Bauabnahme ständig im Auge hat und fortlaufend optimiert.


© HAF


© Augsburger Holzhaus GmbH

Gütesicherung im Holzbau

Nutzen Sie die Vorteile für Ihr Bauvorhaben

RAL GÜTEZEICHEN HOLZHAUSBAU

RAL GÜTEZEICHEN DACHBAU BAUEN IM BESTAND

RAL GÜTEZEICHEN INGENIEURHOLZBAU

RAL GÜTEZEICHEN HOLZROHELEMENT HERSTELLUNG

www.ghad.de

Dämmen mit Holzfaser: Das ist die Zukunft. Gutex macht Ihnen das Dämmen mit Holzfaser so einfach wie möglich. Mit ökologischen Holzfaserdämmstoffen und Systemen für Dach, Fassade und Ausbau, auf dem modernsten Stand der Technik und klimafreundlich gefertigt – und zukunftsfähigen Lösungen für alle Anforderungen. www.gutex.de

GUTEX

Gutex macht den Drunterschied



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



Effiziente Fachwerkknoten mit HECO®-WS.

Der selbstbohrende Stabdübel ermöglicht eine einfache und wirtschaftliche Montage, hohe Zeitersparnis und 100% Planungssicherheit.

www.heco-schrauben.de/fachwerkknoten

90 JAHRE

BECKER 360



Besuchen Sie uns! Stand 45

Wir bauen für Sie

Holzbau
Fensterbau







BECKER 360
Kolpingstr. 4
59964 Medebach
T +49 2982 9214-0

info@becker360.de
www.becker360.de

FENSTER UND HÄUSER AUS HOLZ. SEIT 1926

natur verbunden



holzius

VOLLHOLZHAUS

Urbaner Holzbau
ökologisch – naturverbunden – Cradle to Cradle™ Certified (Gold)

---

www.holzius.com **Architekten:** VIDA HolzProjekt GmbH **Fotos:** ©VIDA HolzProjekt GmbH







MASSIV BAUEN MIT XWORKS HOLZBAUELEMENTEN

- Nachhaltig, schnell & effizient
- Individuell & maßgenau
- Hohe Formstabilität & Tragfähigkeit
- Elegante Sichtqualitäten bieten modernes & warmes Wohnambiente

XWORKS van Roje BRETTSPERRHOLZ

van Roje

Wir bringen Holz in Form

Holzwerke van Roje SAS GmbH
Ignatz-van-Roje-Platz 1
56587 Oberhonnefeld-Gierend
Tel.: 0 26 34 / 95 59 - 0
crossworks@vanroje.de
www.vanroje.de/brettsperrholz

HOLZUNION SYSTEM Q

SERIELLER HOLZBAU NACHHALTIG DURCHDACHT.



- + Kostensicherheit mit Festpreis
- + Geschwindigkeit durch hohen Vorfertigungsgrad
- + Nachhaltig & Einhaltung von QNG möglich
- + Flexible Grundrisskombinationen inkl. Badmodule

Besuchen Sie unsere Website!
www.holzunion-systemq.com
Oder direkt kontaktieren per Mail:



HOLZUNION
Timber Construction Group

SERIELLE SANIERUNG ALLES AUS EINER HAND.

- + Kostensicherheit durch Bau-Team-Phase
- + Deutschlandweit verfügbar durch Firmenverbund
- + Vom Einfamilienhaus bis zu Großprojekten
- + Alles von höchster Qualität

Besuchen Sie unsere Website!
www.holzunion.com
Oder kontaktieren Sie uns unter:
e-mail **info@holzunion.com**
tel. **+49 4268 933 66**



KEIM LIGNOSIL®

EIN MEILENSTEIN FÜR HOLZOBERFLÄCHEN

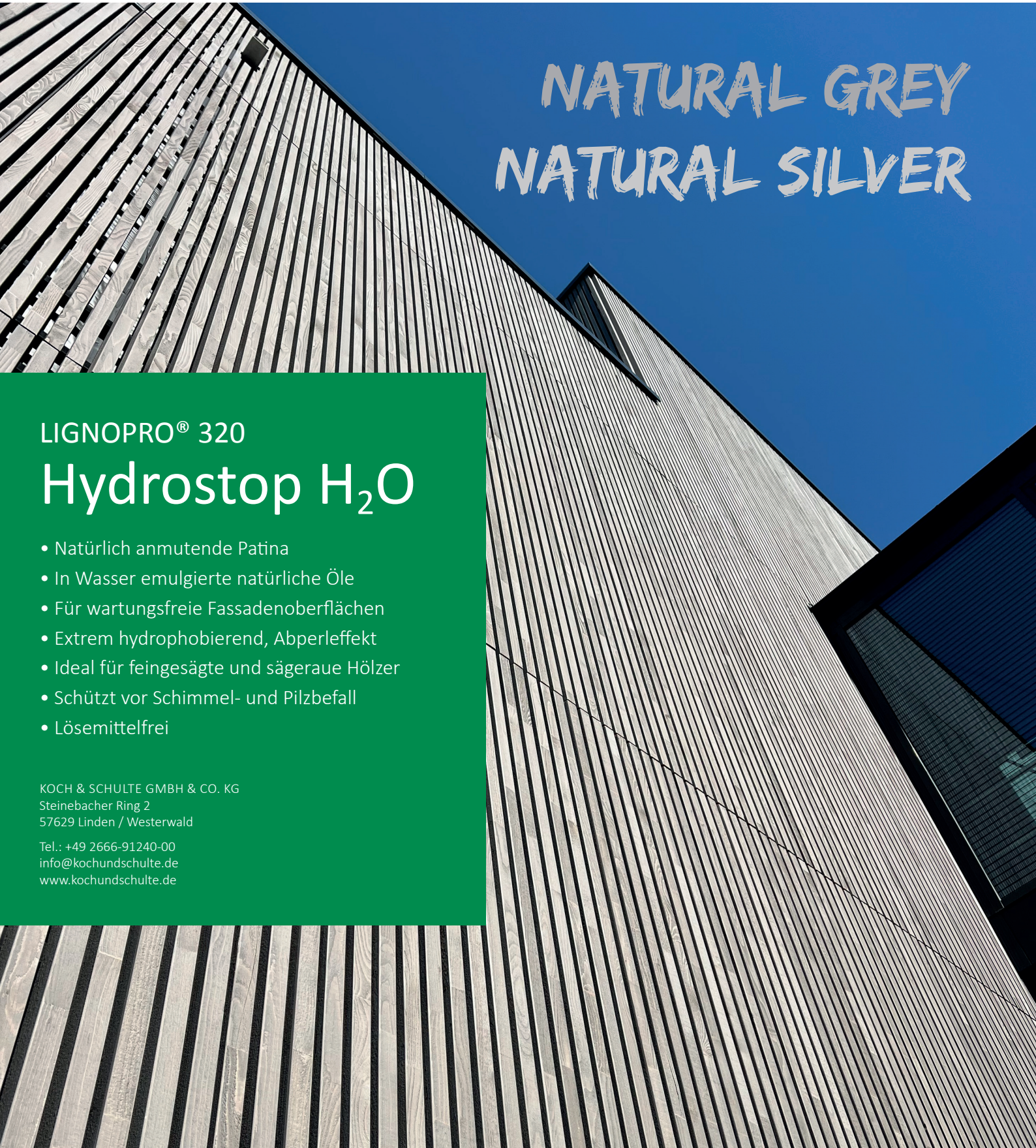
Das KEIM Lignosil-System umfasst Silikatfarben und Lasuren für außen und innen, von deckend bis lasierend. Das samtmatte Erscheinungsbild von KEIM Lignosil setzt neue Maßstäbe in Punkto Holzästhetik und Holzschutz.

CERTIFIED cradle to cradle SILVER

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

www.keim.com

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

KOCH & SCHULTE GMBH & CO. KG
Steinebacher Ring 2
57629 Linden / Westerwald

Tel.: +49 2666-91240-00
info@kochundschulte.de
www.kochundschulte.de



EFFIZIENTES BAUEN MIT HOLZ IM URBANEN RAUM

Genau unser Thema! Und Ihres?

Das Bauen mit Holz erfordert gut abgestimmte Planungen und Prozesse. MiTek ermöglicht allen am Bau Beteiligten eine effektive Zusammenarbeit, ob Architekt, Fachplaner, Holzbauunternehmen und Zimmereien. Informieren Sie sich jetzt über Pamir, die Softwarelösung für den Holzbau:

- → Jetzt mit ifc-Schnittstelle und Bimplus Cloud.
- → Erleichtert Planern und Bauträgern den Zugang zum modernen Holzbau.
- → Ermöglicht einen durchgängigen Prozess vom 3D-Architekturmodell über Planung und Statik bis zur Arbeitsvorbereitung.

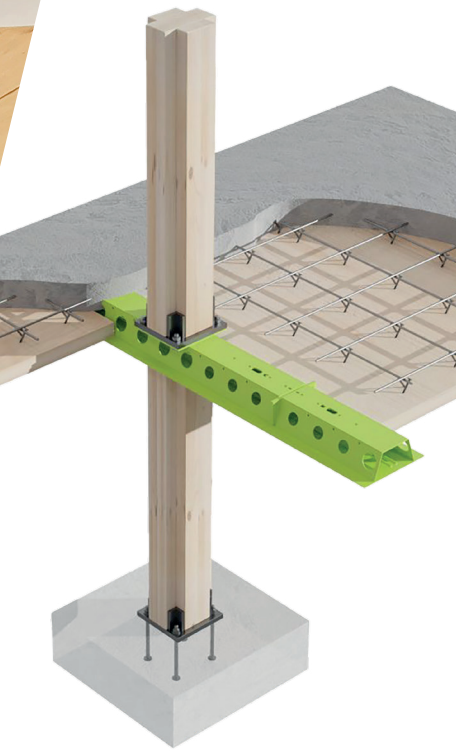
MITEK.DE

MiTek Industries GmbH | Schanzenstr. 23 | D-51063 Köln
+49 (0)221 / 80285-0 | info.de@mii.com

MiTek®

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

PFEIFER





CLT Brettsperrholz
Cross laminated timber CLT





Brettschichtholz
Glulam



Massivholzplatten
Solid wood panels





Projektfoto:
Régis Kamerzin / Sequoia sa

We connect people, nature and technology. For better wood solutions.

pfeifergroup.com



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

BauBuche besitzt eine außergewöhnlich hohe Tragfähigkeit und ermöglicht schlankere Bauteile sowie größere Spannweiten im konstruktiven Holzbau.

Der Hochleistungsbaustoff **BauBuche** eignet sich hervorragend für die Anwendung als stabförmiges Bauteil sowie für Belastungen in Faserrichtung. Das macht **BauBuche** als Stütze und Zug-/Druckstrebe besonders geeignet.



BauBuche GL75 Stütze 32/56
Druckfestigkeit in NK1: 59,4–70 N/mm²

Plangrafik: HK Architekten, AT

Pollmeier +49 (0)36 926 945 560 | baubuche@pollmeier.com | www.pollmeier.com









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

DAS DACH ALS ERLEBNISRAUM

DARUNTER RUHE.



REGUPOL sound and drain 22

Trittschalldämmung Außenfläche

Messergebnis:
$L_{n,w}$ ($C_{I,50\text{-}2500}$) = 41 (+3) dB

Cradle to Cradle Certified® ist eine eingetragene Marke des Cradle to Cradle Product Innovation Institute (C2CPII). **REGUPOL sound and drain 22** ist gemäß Cradle to Cradle Certified® in Bronze-Level zertifiziert.

akustik@regupol.de | www.regupol.de

REGUPOL

remmers

Beschichtungs-systeme für die Holzindustrie/ modulares Bauen? Machen wir!

Innenbeschichtung mit Remmers
HoHo Holz-Hybrid-Hochhaus, Wien



Überzeugen Sie sich selbst und besuchen Sie uns vom 16.-17. Oktober 2024 auf dem
17. Europäischer Kongress (EBH)
Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum in Gürzenich Köln (DE)

Sie können sich bei Ihrem Projekt ganz auf uns verlassen!

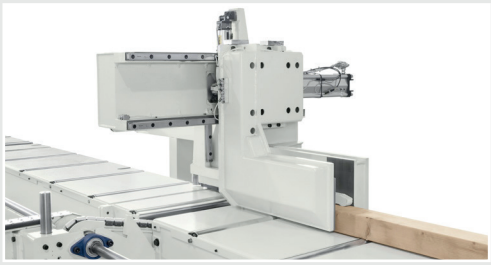
Ökologisch und Nachhaltig.
Remmers – Ihr Partner für die Holzindustrie und modulares Bauen.

www.remmers.com

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 240x450 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 Querschnittsträger 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
URBAN KŒLN
16-17 Oktober 2024
Gürzenich Köln I Germany

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

SOLARLUX

Glasfassaden als Beitrag zum konstruktiven Holzschutz

Nachhaltige Konzepte für Neubau und Sanierung

Ob zum Schutz der Holzfassade vor Witterungseinflüssen, zusätzlicher Wärmeschutz für eine energieeffiziente Gebäudehülle oder zum Schallschutz in städtischen Neubauten – die Proline T ist der neue Allrounder für eine flexible Fassadenverglasung.



Fassadenkonzepte · Schiebefenster · Glas-Faltwände · Terrassendächer · Wintergärten

solarlux.com

Holz in Bestform

SWISS KRONO

OFFEN ...

... für alle Anforderungen



Neu und so, wie Sie es für Ihr Projekt benötigen! **MAGNUM**BOARD® OSB erhalten Sie jetzt in drei Veredelungsstufen:

// Basic
Rohplatten für den Zuschnitt und/oder Abbund

// Evolution
Wandelemente mit Nut, Fremdfeder und Montageschwelle

// Premium
Komplett und individuell vorgefertigte Elemente

SWISS KRONO
MAGNUMBOARD® OSB

Das massive Holzbausystem

Made in Germany

swisskrono.com/magnumboard

THERMORY®



Zeitlose Echtholzlösungen mit unübertroffener Stabilität

Fassade: Thermo-Esche
Projekt: Privathaus in Amerika
Architekturbüro: OPAL Architecture
Fotografie: Trent Bell Photography

→ Thermory ist einer der weltweit größten Hersteller von Thermoholz

→ Wir veredeln Holz mit modernster Technologie – ausschließlich mit Wasserdampf und Hitze

→ Thermoholz überzeugt durch Nachhaltigkeit, Beständigkeit und exzellente Formstabilität

- **Fassade**
- **Interior**
- **Terrasse**
- **Sauna**

LEAVE A LASTING IMPACT → thermory.de



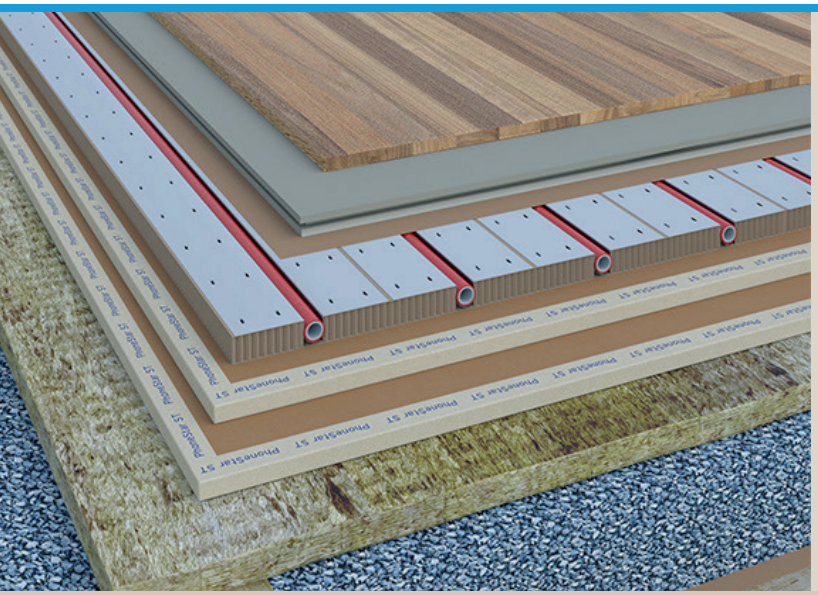
IN BETON DENKEN - MIT HOLZ BAUEN

TS3 kann alles,
was Beton auch kann –
ohne Einschränkungen.

www.ts3.biz

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

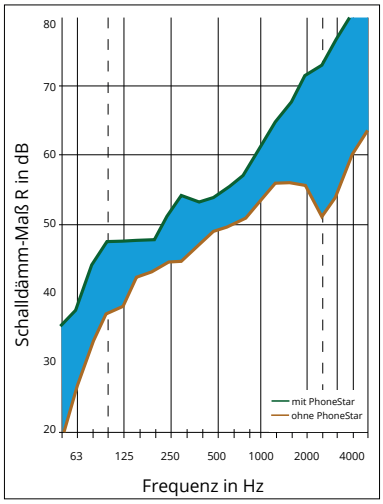


bis zu R_w = 62 dB

✓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

ZÜBLIN Timber
Industriestr. 2, 86551 Aichach
Tel. +49 8251 908-0, timber@zueblin.de



Platinum Wiesbaden,
© Hempel Fotografie

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 Kund:innen gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

www.zueblin-timber.com

Ihr Spezialist im Holzbau



Wohnbau Spinelli Mannheim
© Dirk Altenkirch

Vertrieb FORUM **HOLZBAU**, Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz
T +41 32 372 20 00, info@forum-holzbau.com, www.forum-holzbau.com

ISBN 978-3-906226-66-8