

FORUM HOLZBAU

DEUTSCHLAND
BERLIN

4. Deutscher Holzbau Kongress (DHK)

Mercure Hotel MOA, Deutschland

4./5. Juli 2023

Bauen mit Holz im urbanen Raum

BFH BIEL
TH ROSENHEIM
NI AALTO HELSINKI
TU MUNCHEN
BC PRINCE GEORGE
TU WIEN
TU BERLIN

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

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

© 2023 by FORUM **HOLZBAU**, Biel/Bienne, Schweiz
ISBN 978-3-906226-54-5

www.forum-holzbau.com | www.forum-holzkariere.com | www.forum-holzbranche.com | www.forum-holzwissen.com

Inhalt

Bau | Wirtschaft | Markt

Bau- und Immobilienwirtschaft: Die aktuelle Lage und zukünftige Entwicklung	11
<i>Pekka Sagner, Institut der deutschen Wirtschaft, Köln, Deutschland</i>	

Block A1

Marktgerecht Bauen – Wie reagiert die Holzbaubranche

Serielle Sanierung auf dem Weg zum Massenmarkt?	21
<i>Emanuel Heisenberg, ecoworks, Berlin, Deutschland</i>	

b_solution Wohnbau aus Holz für alle	25
<i>Helmut Spiëhs, Binderholz Bausysteme, Hallein, Österreich</i>	

Digitalisierung und serielle Fertigung im mehrgeschossigen Wohnungsbau	33
<i>Max Renggli, Renggli, Schötz, Schweiz</i>	

Block B1

Aktuelle Zertifizierungs- und Finanzierungsprozesse im Blickwinkel eines klimaneutralen Gebäudesektors

Materialaspekte aus dem Blickwinkel der Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)	41
<i>Karl-Heinz Weinisch, IQUH, Weikersheim, Deutschland</i>	

QNG – Paradigmenwechsel in der Bauförderung	53
<i>Holger König, Ascona, Gröbenzell, Deutschland</i>	

Immobilienwirtschaft | Green Deal | Holzbau

Holzwohnbau-Studie: Großvolumiger Wohnungsbau in Holzbauweise – Kosten / Kostenvergleich D-A-CH	63
<i>Ludger Dederich, Hochschule Rottenburg, Rottenburg/Neckar, Deutschland</i>	

roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus	75
<i>Tobias Hertwig, Garbe Immobilien-Projekte, Hamburg, Deutschland</i>	

Potenziale für den Holzbau aus Sicht eines Immobilienentwicklers	81
<i>Bernhard Egert, UBM Development, Wien, Österreich</i>	

Die Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau – förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen	95
<i>Alexander Rychter, VdW Rheinland Westfalen, Düsseldorf, Deutschland</i>	

Block A2

Zirkulär Bauen – Wie konstruieren für die Zukunft

Material. Daten. Bank.	107
<i>Julius Schäufele, Concular, Stuttgart, Deutschland</i>	

Wiederverwendung tragender Bauteile	113
<i>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Graf, Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, Deutschland</i>	

Two projects in wood: circular but still for eternity	125
<i>Erik Roerdink, De Zwarte Hond, Groningen, Niederlande</i>	

Block B2

Die Neuen Bemessungsrichtlinien im Eurocode

- Die Evolution des Eurocode 5 – ein Überblick mit Schwerpunkt DIN EN 1995-1-1** 139
Prof. Dr. Stefan Winter, Technische Universität München, München, Deutschland
- Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS19103** 149
Prof. Dr. Jörg Schänzlin, Institut für Holzbau, Hochschule Biberach, Biberach, Deutschland
- Zukünftige Möglichkeiten zur Brandschutzbemessung nach prEN 1995-1-2** 171
Prof. Dr. Björn Kampmeier, Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, Deutschland
Prof. Dr. Dirk Hollmann, Technische Hochschule OWL, Detmold, Deutschland

Block A3

Technische Gebäudeausstattung im Holzbau – Einfach und Effizient

- Passivhaus und regenerative Energiequellen als Lösungsansatz für den klimaneutralen Gebäudebestand** 191
Prof. Dr. Harald Krause, Technische Hochschule Rosenheim, Rosenheim, Deutschland
- Einfacher Holzbau dank smarterer Energietechnik** 203
Michael Schär, schaerholzbau, Altbüron, Schweiz

Block B3

Konzepte/Konstruktionen für den mehrgeschossigen Wohnbau als Holz- und Hybridbau

- Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki** 211
Bernd Troppmann, Stora Enso Wood Products, Ybbs, Österreich
- Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen** 217
Univ.-Prof. Stephan Birk, Technische Universität München, Birk Heilmeyer und Frenzel Architekten, Stuttgart, Deutschland
- Planen und Bauen mit Modulen** 225
Johannes Kaufmann, Johannes Kaufmann und Partner, Vorarlberg/Wien, Österreich

Bauen | Klima | Wandel

- HORTUS – Ein Leuchtturmprojekt der Nachhaltigkeit** 243
Tobias Huber, ZPF Ingenieure, Basel, Schweiz
- Der Neubau der Kreisverwaltung Mainz-Bingen in Ingelheim** 253
Dr. Jochen Stahl, Fast + Epp, Darmstadt/Stuttgart, Deutschland, Vancouver, Kanada
- CRCLR-Haus – zirkulär gebaut?** 261
Christian Schöningh, Die Zusammenarbeit – Gesellschaft von Architekten, Berlin, Deutschland

Moderatoren

Prof. Flaßnöcker Silke

Hochschule Wismar
Philipp-Müller-Strasse 14
23966 Wismar, Deutschland

+49 3841 753 73 72
silke.flassnoecker@hs-wismar.de

Dr. Gabriel Torsten

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen, Deutschland

+49 3843 693 01 17
t.gabriel@fnr.de

Prof. Germerott Uwe

Berner Fachhochschule,
Architektur, Holz und Bau
Solothurnstrasse 102
2500 Biel/Bienne, Schweiz

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

Glanzmann Gut Jutta

Lignum Holzwirtschaft Schweiz
Mühlebachstrasse 8
8008 Zürich, Schweiz

+41 44 267 47 89
jutta.glanzmann@lignum.ch

Hüls Ansgar

Landesbeirat Holz Berlin-Brandenburg e.V.
Dorotheenstrasse 35
10117 Berlin, Deutschland

+49 3379 3105 744
a.huels@huels-ingenieure.de

Prof. Dr. h.c. Köster Heinrich

Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

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

Dr. Lippert Jörg

BBU Verband Berlin-Brandenburgischer
Wohnungsunternehmen
Lentzeallee 107
14195 Berlin, Deutschland

+49 3089 781 154
joerg.lippert@bbu.de

Dr. Ohnesorge Denny

Hauptverband der Deutschen Holzindustrie
und Kunststoffe e. V.
Flutgraben 2
53604 Bad Honnef, Deutschland

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

Prof. Dr. Schmid Volker

Technische Universität Berlin
Strasse des 17. Juni 135
10623 Berlin, Deutschland

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

Prof. Dr. Schwarz Ulrich

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde
Schicklerstrasse 5
16225 Eberswalde, Deutschland

+49 3334 657 374
ulrich.schwarz@hnee.de

Prof. Dr. Simon Antje

Fachhochschule Erfurt
Altonaer Strasse 25
99085 Erfurt, Deutschland

+49 3616 700 906
antje.simon@fh-erfurt.de

Prof. Winter Wolfgang

Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
1040 Wien, Österreich

+43 699 103 350 49
winter@iti.tuwien.ac.at

Referenten

Apperlo Sander

Powerhouse Company
Bavariaring 26
80336 München, Deutschland

+31 6 241 820 57
sander@powerhouse-company.com

Prof. Birk Stephan

Technische Universität München TUM
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland

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

Dr. Bürger Veit

Öko-Institut e.V.
Merzhauser Strasse 173
79100 Freiburg, Deutschland

+49 7614 529 52 59
v.buerger@oeko.de

Prof. Dederich Ludger

Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
Schadenweilerhof
72108 Rottenburg a.N., Deutschland

+49 7472 951 147
dederich@hs-rottenburg.de

Egert Bernhard

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

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

Prof. Dr. Graf Jürgen

Technische Universität Kaiserslautern
Gottlieb-Daimler-Strasse
67663 Kaiserslautern, Deutschland

+49 6312 052 296
tragwerk@architektur.uni-kl.de

Prof. Dr. Hausladen Gerhard

Ingenieurbüro Hausladen GmbH
Feldkirchener Strasse 7a
85551 Kirchheim, Deutschland

+49 8999 152 523
gerhard.hausladen@ibhausladen.de

Heisenberg Emanuel

ecoworks GmbH
Lübecker Strasse 1
10559 Berlin, Deutschland

+49 173 719 57 34
contact@ecoworks.tech

Hertwig Tobias

Garbe Immobilien-Projekte GmbH
Versmannstrasse 2
20457 Hamburg, Deutschland

+49 40 356 13 0
t.hertwig@garbe.de

Prof. Dr. Hollmann Dirk

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Campusallee 12
32657 Lemgo, Deutschland

+49 5231 769 69 63
dirk.hollmann@th-owl.de

Huber Tobias

ZPF Ingenieure AG
Kohlenberggasse 1
4051 Basel, Schweiz

+41 61 386 99 67
t.huber@zpfing.ch

Prof. Dr. Kampmeier Björn

Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstrasse 2
39114 Magdeburg, Deutschland

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

Kaufmann Johannes

Johannes Kaufmann und Partner GmbH
Sägerstrasse 6
6850 Dornbirn, Österreich

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

König Holger

Ascona Gesellschaft für ökologische Projekte
Wacholderweg 1
82194 Gröbenzell, Deutschland

+49 814 265 186 96
mail@ascona-koenig.de

Prof. Dr. Krause Harald

Technische Hochschule Rosenheim
Hochschulstrasse 1
83024 Rosenheim, Deutschland

+49 8031 805 24 15
harald.krause@th-rosenheim.de

Dr. Lemaitre Christine

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
Tübinger Strasse 43
70178 Stuttgart, Deutschland

+49 7117 223 220
c.lemaitre@dgnb.de

Mindrup Klaus

bauart TGA GmbH & Co. KG
Münsterstrasse 111
48155 Münster, Deutschland

+49 2506 300 284 500
mindrup@bauart-ingenieure.de

Renggli Max

Renggli AG
St. Georgstrasse 2
6210 Sursee, Schweiz

+41 41 925 25 02
max.renggli@renggli.swiss

Roerdink Erik

De Zwarte Hond
Hoge der A 11
9712 AC Groningen, Niederlande
+31 503 134 005
roerdink@dezwarethond.nl

Rychter Alexander

Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft
Rheinland Westfalen e.V.
Goltsteinstrasse 29
40211 Düsseldorf, Deutschland
+49 2111 699 821
a.rychter@vdw-rw.de

Sagner Pekka

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.
Konrad-Adenauer-Ufer 21
50668 Köln, Deutschland
+49 2214 981 881
sagner@iwkoeln.de

Prof. Dr. Schänzlin Jörg

Hochschule Biberach
Karlstrasse 6
88400 Biberach, Deutschland
+49 7351 582 520
schaenzlin@hochschule-bc.de

Schär Michael

schaerholzbau ag
Kreuzmatte 1
6147 Altbüron, Schweiz
+41 62 917 70 84
michael.schaer@schaerholzbau.ch

Schäufele Julius

Concular GmbH
Sattelstrasse 38b
70327 Stuttgart, Deutschland
+49 7114 009 90 98
julius@concular.com

Schöningh Christian

die Zusammenarbeiter -
Gesellschaft von Architekten mbH
Wilhelmine-Gemberg-Weg 12
10179 Berlin, Deutschland
+49 3068 082 199
schoeningh@zusammenarbeiter.de

Spiehs Helmut

Binderholz Bausysteme GmbH
Solvay-Halvic-Strasse 46
5400 Hallein, Österreich
+43 6245 705 00
helmut.spiehs@binderholz.com

Dr. Stahl Jochen

Fast + Epp GmbH
Bismarckstrasse 23
64293 Darmstadt, Deutschland
+49 6151 660 860
jstahl@fastepp.com

Troppmann Bernd

Stora Enso Wood Products GmbH
Bahnhofstrasse 31
3370 Ybbs an der Donau, Österreich
+43 664 618 39 20
bernd.troppmann@storaenso.com

Weinisch Karl-Heinz

IQUH GmbH
Deutschordenstrasse 4/3
97990 Weikersheim, Deutschland
+49 7934 912 111
weinisch@iquh.de

Prof. Dr. Winter Stefan

Technische Universität München
Arcisstrasse 21
80333 München, Deutschland
+49 8928 922 416
winter@tum.de

Dienstag, 4. Juli 2023
Bau | Wirtschaft | Markt

Bau- und Immobilienwirtschaft: Die aktuelle Lage und zukünftige Entwicklung

Pekka Sagner
Institut der deutschen Wirtschaft
Köln, Deutschland



Bau- und Immobilienwirtschaft: Die aktuelle Lage und zukünftige Entwicklung

1. Zeitenwende in der Bau- und Immobilienwirtschaft

1.1. Rückblick und aktuelle Lage

Die Bau- und Immobilienwirtschaft steht in den Jahren 2022 und 2023 vor großen Herausforderungen. Das Nachwirken der Coronapandemie und der russische Angriffskrieg haben enorme Auswirkungen auf die Nachfrage nach Wohnraum im Allgemeinen und das Potenzial zum Erwerb von Wohneigentum im Speziellen.

Die vergangenen drei Jahre können im Wesentlichen in drei Phasen unterteilt werden. Die erste Phase, die mit dem Jahreswechsel 2019/2020 begann, war geprägt von enormen wirtschaftlichen Unwägbarkeiten, die die Coronapandemie mit sich brachte. In dieser Phase des pandemischen Stimmungseinbruchs waren alle Teilbereiche der Immobilienwirtschaft betroffen, symptomatisch zeigte sich dies durch einen deutlichen Einbruch bei der Lageeinschätzung durch die Unternehmen: viele Baustellen kamen abrupt zum Erliegen und die Auswirkungen auf die Nachfrage nach Immobilien war unklar. Insbesondere der Teilbereich Büro war von großer Unsicherheit getroffen. Die Projektentwickler im Bereich Wohnen erholten sich jedoch schnell, die Auftragslage war weiterhin hoch, die Baubedarfe und die Nachfrage nach Wohnraum ohnehin.

In der darauffolgenden Phase wurde die Stimmung in der Bauwirtschaft von einer Art post-pandemischer Euphorie überkommen. Es zeigte sich schnell, dass die Bauwirtschaft in dieser gesamtwirtschaftlich angespannten Lage ein großer Stabilitätsanker für die wirtschaftliche Entwicklung bleiben würde. Während viele Teilbereiche der Wirtschaft, insbesondere das Gast- und Gaststättengewerbe, deutliche Umsatzeinbußen verzeichneten, zeigte sich Gegenteiliges in der Bauwirtschaft und insbesondere in der Nachfrage nach Wohneigentum. Das Jahr 2021 war das historisch umsatzstärkste Jahr, was das Transaktionsvolumen mit Wohnimmobilien in Deutschland angeht. Die Kombination aus hohen Kaufpreisen und Nachholeffekten bei den Transaktionen, die im Corona-Lockdown-Jahr 2020 zurückgestellt wurden, machten das Jahr 2021 zu einem Rekordjahr. Die Nachfrage nach selbstgenutzten Eigentumsimmobilien war nie so hoch wie in dieser Phase und gleichzeitig das Angebot nie so gering. Die Kombination aus historisch niedrigen Zinsen für Immobilienkredite und der Quantensprung bei der Möglichkeit zur vermehrten Nutzung von Homeoffice für Bürobeschäftigte ließ die Nachfrage auch im weiteren Umland der urbanen Ballungsräume ansteigen. Jedoch sorgten zusammengebrochene Lieferketten bei gleichzeitig international hoher Nachfrage nach Baumaterialien bereits im Jahr 2021 für deutliche Kostenanstiege bei Neubau- und Sanierungsleistungen.

Der Angriffskrieg Russlands in der Ukraine, der im Februar 2022 begann, hat diese Lieferkettenprobleme für die Bauwirtschaft noch einmal deutlich verstärkt. Die Bauwirtschaft, wie auch private, potenzielle Käuferinnen sehen sich aktuell einer schwierigen Gemengelage gegenüber. Im Jahr 2022 haben sich die Baupreise um knapp ein Fünftel im Vergleich zum Vorjahr erhöht. In dieser dritten Phase der jüngeren Vergangenheit steckt der Immobilienmarkt noch immer. Wie kein anderer Wirtschaftsbereich ist die Immobilienwirtschaft von der allgemein hohen Inflation und der damit verbundenen Reaktion der Europäischen Zentralbank (EZB), die die Leitzinsen in kurzer Zeit massiv erhöht hat, getroffen. Die Kosten für Fremdkapital haben sich in nicht mal einem Jahr vervierfacht – zugleich sind die Baukosten und Kaufpreise hoch.

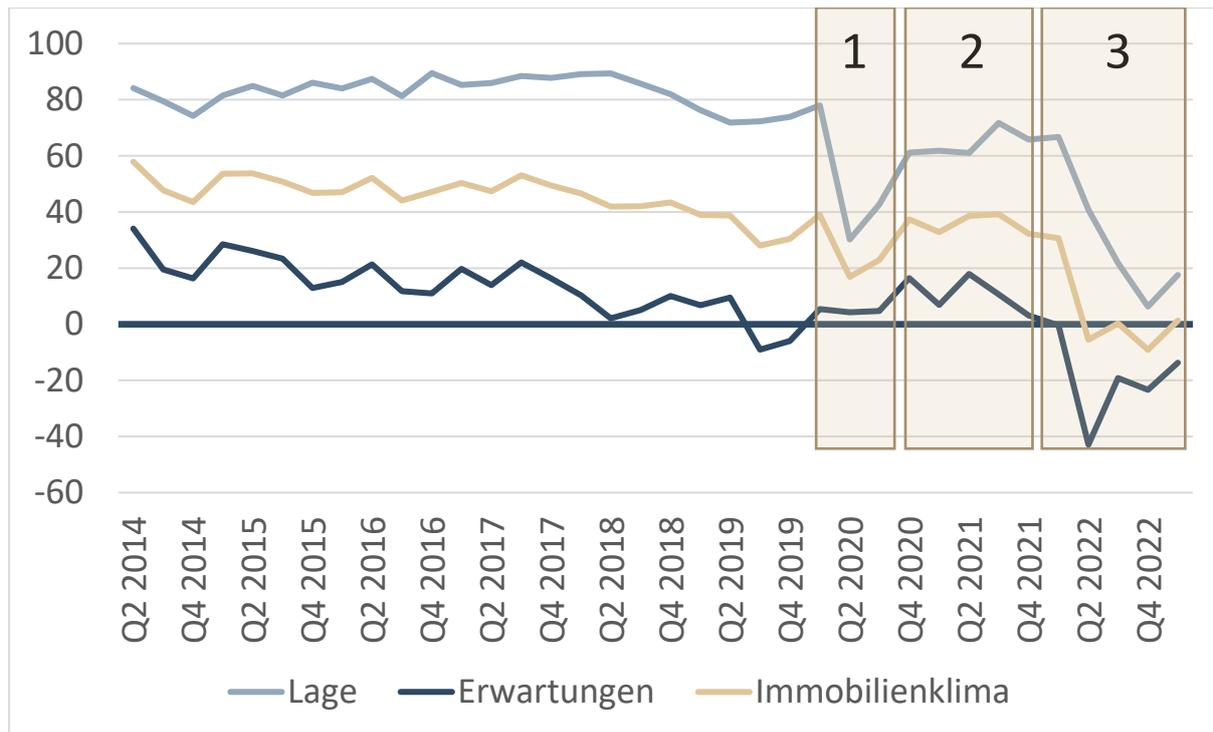


Abbildung 1: Geschäftslage und -erwartungen in der Immobilienwirtschaft
Quelle: ZIA-IW-Stimmungsindex; Institut der deutschen Wirtschaft

1.2. Folgen für die Wohneigentumsbildung

Die Gemengelage aus hohem Preisniveau und wieder höheren Zinsen für Immobiliendarlehen wirkt sich negativ auf die Möglichkeit zur Wohneigentumsbildung aus. Die Wohneigentumsbildung ist wohnungspolitisch typischerweise vermögensbildend motiviert. Die Wohneigentumspolitik bildet eine der drei Säulen der praktischen Wohnungspolitik, neben der sozialen Absicherung des Wohnens durch die Instrumente des Wohngelds und der sozialen Wohnraumförderung aber auch durch die Übernahme der Kosten der Unterkunft im Rahmen des Bürgergelds. Die dritte Säule ist die Sicherung günstiger Angebots- und Nutzungsbedingungen.

Die Erschwinglichkeit von Wohneigentum hat sich im Jahr 2022 deutlich reduziert. Der Anteil des erschwinglichen Angebots war auch bereits vor der Zinswende rückläufig. Die Preisanstiege der vergangenen Jahre in Kombination mit den fallenden Zinsen haben die Erschwinglichkeit allerdings weniger schnell reduziert als ein Blick auf die reine Preisentwicklung suggerieren würde. Im Jahr 2022 war jedoch insbesondere die Geschwindigkeit, mit der sich die Erschwinglichkeit aufgrund der Zinsanstiege reduziert hat, enorm. Beispielsweise war die Geschwindigkeit des Rückgangs der Erschwinglichkeit für die einkommensstärksten Haushalte, die Interesse an einem Einfamilienhaus hatten, in diesem Jahr rund 6-mal schneller als in den vorangegangenen vier Jahren. Die Erschwinglichkeit wird dabei anhand der leistbaren Wohnungsangebote geprüft, die ein Haushalt mit einem Volltilgerdarlehen finanzieren kann, wenn er maximal 30 Prozent des Nettoeinkommens aufwenden möchte.

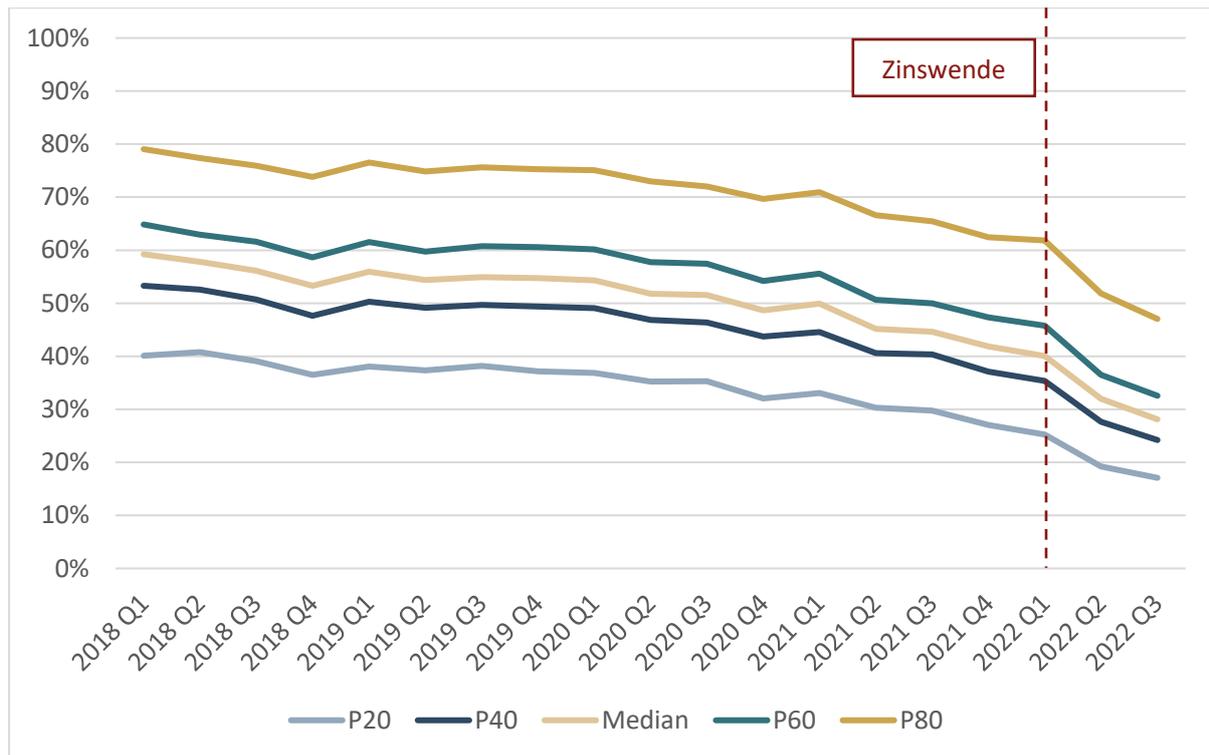


Abbildung 2: Entwicklung des erschwinglichen Wohnungsangebots

Annahmen: Volltilgendarlehen mit 25 Jahren Laufzeit; Erschwinglich: Annuitäts-Einkommensverhältnis $\leq 30\%$; Ein- und Zweifamilienhäuser. P20 bezeichnet die Grenze zu den einkommensschwächsten Haushalten, P80 die Grenze zu den einkommensstärksten.

Quelle: Value AG; Bundesagentur für Arbeit; Deutsche Bundesbank; Institut der deutschen Wirtschaft

Der Rückgang in der Erschwinglichkeit von Wohneigentum zeigt sich aktuell in deutlicher Kaufzurückhaltung. Das Transaktionsvolumen am Markt für Wohneigentum ist in kurzer Zeit eingebrochen und viele private Haushalte können unter den jetzigen Marktbedingungen den Schritt in die eigenen vier Wände nicht mehr bewältigen. In der Niedrigzinsphase war die große Hürde für private Haushalte häufig das Eigenkapital, denn die schnell steigenden Kaufpreise ließen die Erwerbsnebenkosten proportional ansteigen. In der jetzigen Marktphase ist zudem die laufende Belastung aus Zins- und Tilgung für viele Haushalte nicht mehr zu stemmen. Das ausgegebene Kreditvolumen an private Haushalte zur Finanzierung von Wohneigentum hat sich zum Ende des Jahres 2022 im Vergleich zum Vorjahr halbiert. Spiegelbildlich finden sich in den Onlineplattformen wieder deutlich mehr Angebote von Eigentumsimmobilien, die zum Verkauf stehen. Bis zum Beginn der Zinswende waren die Angebotszahlen stetig und stark rückläufig, was für viele Offline-Verkäufe, zum Beispiel über interne Kanäle der Makler oder private Verkäufe ohne Makler, spricht. Seit Beginn des Jahres 2022 sind die Inseratszahlen deutlich angestiegen. Zum Beginn des Jahres 2023 sind rund 50 Prozent mehr Eigentumswohnungen und fast drei Viertel mehr Ein- und Zweifamilienhäuser in den Plattformen inseriert. Die Preise für Wohneigentum geben indes bisher kaum nach und Käufer und Verkäufer finden weniger schnell zusammen.

1.3. Auswirkungen auf die Investitions- und Neubautätigkeit

Die Auswirkungen der Zinswende aber auch der hohen Materialkosten zeigen sich unter anderem auch in deutlich rückläufigen Baugenehmigungszahlen. Im März 2023 wurden 29,6 Prozent weniger Wohnungen genehmigt als im gleichen Monat des Vorjahres. Bereits seit Mai des Jahres 2022 sind die Baugenehmigungszahlen stetig rückläufig. Wie das statistische Bundesamt berichtet, war das der stärkste Rückgang bei den Baugenehmigungszahlen seit 2007. Im Neubau waren die Rückgänge bei Ein- (-31 Prozent) und Zweifamilienhäusern (-52 Prozent) anteilig am höchsten. In absoluten Zahlen sind jedoch die Einbrüche bei Mehrfamilienhäusern am stärksten ausgeprägt, hier wurden 12.500 weniger Wohnungen genehmigt, was einem Rückgang von 25 Prozent entspricht.

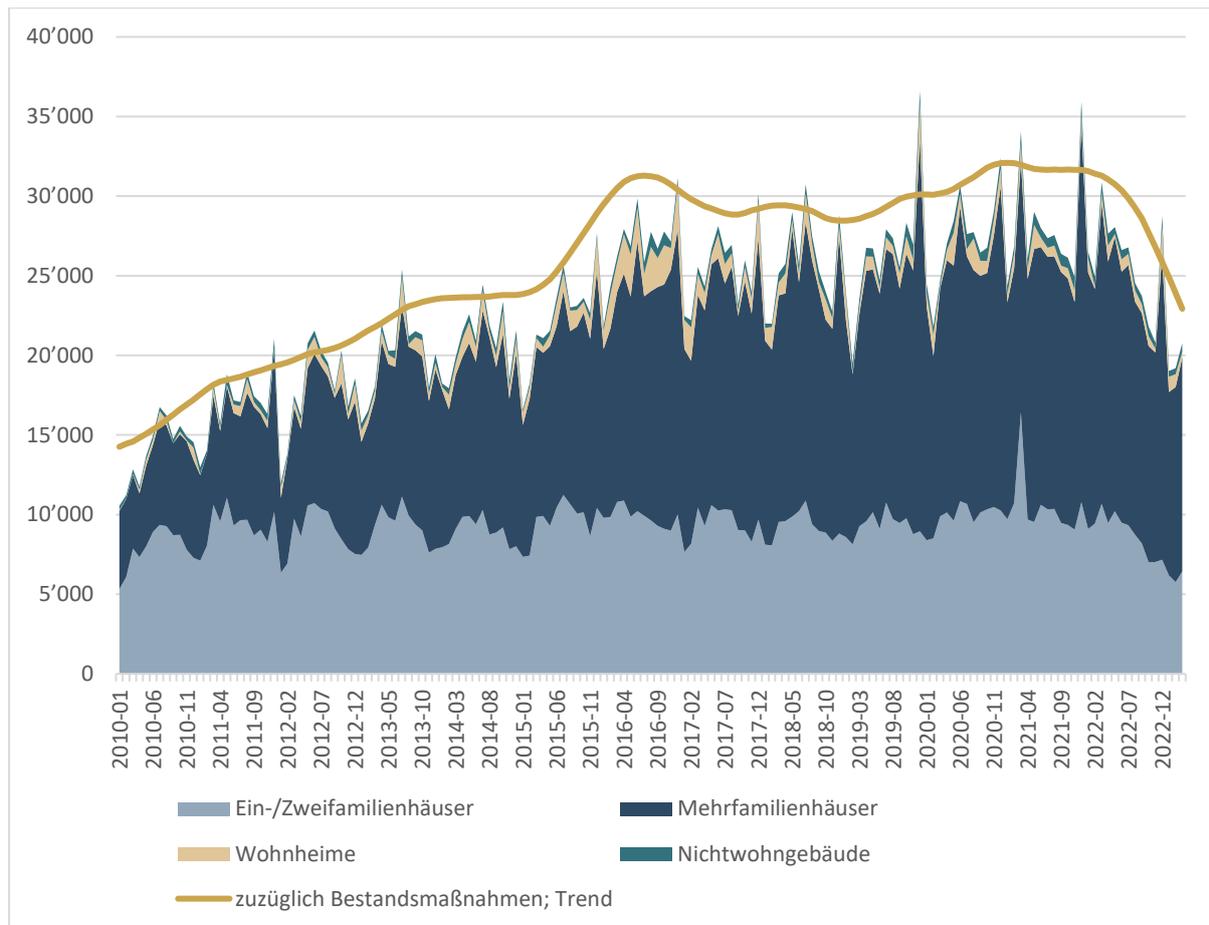


Abbildung 3: Einbruch bei den Baugenehmigungen

Quelle: Statistisches Bundesamt; Institut der deutschen Wirtschaft

Der Rückgang in den Baugenehmigungszahlen wird auch in der Entwicklung des Auftrags-eingangs im Bauhauptgewerbe gespiegelt. Zu Beginn des Jahres 2023 war der reale, kalenderbereinigte Auftragseingang 21 Prozent geringer als im Vorjahr. Damit zeichnet sich aktuell eine deutlich geringere Bautätigkeit in den kommenden Monaten ab. Insbesondere für den Wohnungsbau wird auch im laufenden Jahr 2023 mit einer geringeren Bautätigkeit gerechnet. Verschiedene Prognosen gehen von einem Rückgang zwischen 2,0 und 2,5 Prozent im Vergleich zum Jahr 2022 aus.

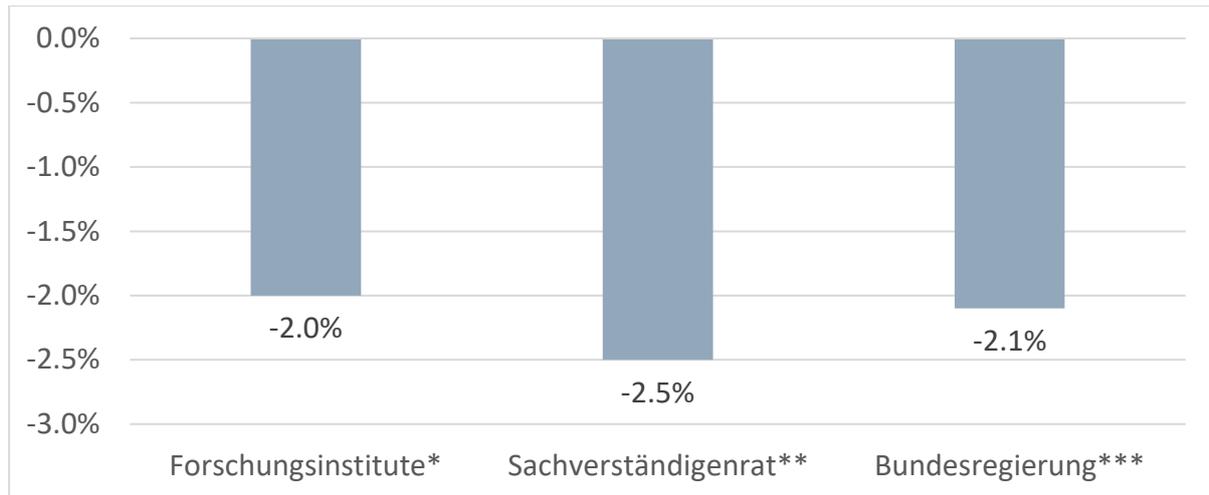


Abbildung 4: Prognose der Bauinvestitionen für das Jahr 2023

Hinweis: Veränderung der realen Bauinvestitionen (auf Vorjahrespreisbasis) gegenüber Vorjahr. * Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose der Wirtschaftsforschungsinstitute, September 2022; ** Jahresgutachten 2022/23 vom November 2022; Herbstprojektion der Bundesregierung 2022, Oktober 2022

Quelle: Bundesinstitut für Bau-, Stadt-, und Raumforschung; Institut der deutschen Wirtschaft

2. Wohneigentumspolitik als Neubauförderung

Die aktuell schwierige Situation für die Bauwirtschaft hat direkte Auswirkungen auf private Haushalte und weitreichende wohnungspolitische Implikationen. In diesem Kontext kann die Wohneigentumspolitik nicht losgelöst von sozialer Wohnungspolitik oder Regionalpolitik betrachtet werden. Laut Erhebungen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-, und Raumforschung werden in Deutschland jährlich rund 250.000 Haushalte vom Mieter zum Eigentümer und weitere rund 125.000 Haushalte wechseln von einer Eigentumsimmobilie in eine neue Eigentumsimmobilie. Diese Umzüge sind essenziell für einen funktionierenden Wohnungsmarkt. Jeder Umzug in eine neue Wohnung ist in der Regel Teil einer Umzugskette: neue Wohneigentümer machen ihre alte Mietwohnung frei, alte Eigentümer in einer neuen Wohnung machen ihre alte Eigentumswohnung frei. Die freiwerdenden Wohnungen wiederum können von einem neuen Haushalt bezogen werden. Stockt die Wohneigentumsbildung wie aktuell, brechen also wichtige Umzugsketten ab.

Sozialpolitisch hat dies mindestens zwei Implikationen. Zum einen wird die effiziente Allokation von Wohnraum behindert und zum anderen entstehen Verwerfungen auf dem Mietwohnungsmarkt. Die Wohneigentumsbildung ist in Deutschland überwiegend mit der Haushaltszusammenführung und Familiengründung verbunden. Familien bedienen mit dem Wohneigentumserwerb häufig ihre bedarfsentsprechende Wohnungsnachfrage, da ähnliches Angebot auf dem Mietwohnungsmarkt nicht oder nur sehr eingeschränkt zur Verfügung steht. Ist es diesen Haushalten nicht mehr möglich, Wohneigentum zu bilden und entsprechend ihrer Bedarfe Wohnraum zu konsumieren, so entsteht sozialpolitisches Konfliktpotenzial in Form von Unzufriedenheit mit der Wohnsituation.

Ein weiterer wichtiger sozialpolitischer Aspekt ist die direkte Verbindung des Wohneigentumsmarkts mit dem Mietwohnungsmarkt. Die Nachfrage nach Wohnraum ist in Deutschland groß und auch zur jüngeren Hochzeit des Wohnungsneubaus zum Ende der 2020er Jahre konnte nicht die gesamte Nachfrage durch Baufertigstellungen befriedigt werden. Insbesondere in urbanen Räumen ist Mietwohnraum knapp. Der Abbruch der Umzugsketten aus Miet- in Eigentumswohnungen sorgt nun dafür, dass sich der Druck auf dem Mietwohnungsmarkt noch weiter erhöht. Dies zeigt sich bereits symptomatisch in deutlich steigenden Neuvertragsmieten.

Regionalpolitisch spielt die Wohneigentumsbildung eine zentrale Rolle für den suburbanen Raum. Je ländlicher die Region, desto höher ist in der Regel der Anteil der Haushalte, die im selbstgenutzten Wohneigentum wohnen. Wohnungspolitisch bietet die Wohneigentumsförderung einen großen Hebel zur Entlastung urbaner Ballungsräume und zur Stärkung des ländlichen Raums. Ein Ausbau der ländlichen Infrastruktur, insbesondere durch das Angebot schnellen Internets und eines effizienten ÖPNVs, erlaubt es mehr Menschen ländlich zu wohnen, ihrer Arbeit in den Städten nachzugehen, ohne klimapolitisch konträre Entwicklungen anzustoßen.

3. Politische Ableitungen und Fazit

Die besondere Bedeutung der Wohneigentumsbildung für die Bauwirtschaft, Vermögensbildung, die Regionalpolitik sowie die Sozialpolitik impliziert, dass die Wohneigentumsbildung unterstützt werden sollte. Allerdings ist dies nicht mit einer üppigen Förderung wie etwa dem Baukindergeld oder der früheren Eigenheimzulage verbunden. Vielmehr geht es darum, die Voraussetzungen für den Erwerb von Wohneigentum zu verbessern und damit die Bautätigkeit nachhaltig zu stützen. Schützenswert sind in der aktuellen Lage insbesondere die Selbstnutzer, schließlich sind Selbstnutzer gegenüber Kapitalanlegern oft steuerlich benachteiligt. Gerade die Kombination aus Investitionsgutmodell, das heißt versteuert werden die Mieterträge abzüglich der Abschreibungen, Zinsen und anderer Kosten, und steuerfreier Veräußerung nach zehn Jahren ist oft vorteilhafter als die bei Selbstnutzern angewendete Konsumgutlösung. Zudem können Kapitalanleger, im Gegensatz zu Selbstnutzern, auch die Erwerbsnebenkosten steuerlich geltend machen. Vor diesem Hintergrund wird Selbstnutzern in anderen Ländern ein Vorteil, so zum Beispiel bei der Grunderwerbsteuer, eingeräumt. Selbstnutzer zahlen in den Niederlanden nur 2 Prozent Grunderwerbsteuer, Anleger hingegen 8 Prozent. In Belgien, genauer in der Region Brüssel, erhalten Selbstnutzer einen Freibetrag von 150.000 Euro. Solche Regelungen wurden auch in Deutschland bereits versprochen, doch Bund und Länder konnten sich bis heute auf keine Reform verständigen.

Darüber hinaus haben Haushalte aufgrund des niedrigeren verfügbaren Eigenkapitals oft Nachteile. Dieser Nachteil ließe sich etwa durch Nachrangdarlehen vermindern, die etwa die KfW zur Verfügung stellen könnte. Solche Nachrangdarlehen können als Eigenkapitalersatz eingesetzt werden und kosten die Förderbanken aufgrund der günstigen Refinanzierungsmöglichkeiten nur wenig. Bislang gewährt in Deutschland nur die Investitionsbank Schleswig-Holstein eine solche Lösung.

In der aktuellen Situation wäre allerdings eine zusätzliche Förderung für den Kauf von Neubauten sinnvoll. Angesichts der stark gestiegenen Bau- und Zinskosten ist der Neubau deutlich eingebrochen, viele Baugenehmigungen drohen zu verfallen. Durch eine zusätzliche Förderung, beispielsweise in Form einer Sonderabschreibung oder einer einmaligen Prämie, könnten potenzielle Ersterwerber motiviert werden, trotz der schwierigen Lage zu kaufen. Tatsächlich zeigen die langfristigen Erfahrungen, dass die Zahl der Ersterwerber vor allem dann hoch war, wenn andere Gruppen weniger gekauft haben. Schließlich kaufen Selbstnutzer nicht nur eine Kapitalanlage, sondern auch ein hochwertiges Konsumgut, rein ökonomische Rahmenbedingungen spielen eine untergeordnete Rolle. Insofern lohnt es sich insbesondere, Ersterwerber in spezieller Weise in den Fokus zu nehmen, um den Wohnungsbau zu stabilisieren und den Wohnungsmarkt ins Gleichgewicht zu bringen.

Block A1
Marktgerecht Bauen –
Wie reagiert die Holzbaubranche

Serielle Sanierung auf dem Weg zum Massenmarkt?

Emanuel Heisenberg
ecoworks GmbH
Berlin, Deutschland



Serielle Sanierung auf dem Weg zum Massenmarkt?

ecoworks entwickelt Produkte und Prozesse, die eine schnelle und kostengünstige serielle Sanierung des Gebäudebestands ermöglichen. Ziel ist für uns die Reduzierung der CO₂-Emissionen im Gebäudesektor. Dieser ist zu einem großen Teil für die gesamten CO₂-Emissionen weltweit verantwortlich. Das Kernprodukt bilden vorgefertigte Elemente für Fassade und Dach, die als Holzrahmenkonstruktion mit nachhaltigen Dämmstoffen und integrierter Gebäudetechnik sowie neuen Fenstern industriell hergestellt werden. Was heutzutage in der Regel auf der Baustelle händisch gefertigt und installiert wird, kann in teilautomatisierten Fabriken von Robotern produziert und direkt als fertige Gebäudehülle auf die Baustelle gebracht und dort einfach und schnell installiert werden. Einst hochgradig ineffiziente Gebäude werden so binnen weniger Wochen zu Plusenergiehäusern (NetZero), die mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen.

1. Serielle Sanierung auf einen Blick

Mit der seriellen Sanierung stellen wir die Technologie, die Finanzierbarkeit und die Kapazitäten für die Transformation der Energieeffizienzklassen E-H zur Verfügung. ecoworks übernimmt die Projektentwicklung, die Projektplanung, die Fertigung, die Ausführung als GU und den Betrieb, bis hin zu Wartung und Instandsetzung der Gebäude. Die serielle Sanierung hat gegenüber der konventionellen Sanierung zahlreiche Vorteile. Durch Vorfertigung werden Sanierungen verfügbar, schnell und effizient. 32% der Mehrfamilienhäuser in Deutschland haben eine schlechte Energieeffizienz und sind zunehmend von Regulierung bedroht. ecoworks bietet eine All-In-One Systemlösung, um genau diese 6,9 Millionen Wohneinheiten in einer Maßnahme auf einen optimalen Energieeffizienzhaus-Standard zu sanieren.

2. Standardisierter digitaler Projektprozess

ecoworks hat einen standardisierten digitalen Projektprozess entwickelt, der es uns ermöglicht, Bestandsgebäude sehr viel schneller zu sanieren als mit konventionellen Methoden. Zunächst wird das Bestandsgebäude von innen und außen gescannt und eine sogenannte Punktwolke generiert. Mit diesen Daten kann dann am Computer ein digitaler Zwilling erstellt und jedes Element passgenau geplant werden. Unsere vorgefertigten Elemente können dann sehr schnell an die Bestandsfassade angebracht werden. Automatisierte Planung ermöglicht es uns, bis zu 80% der Fertigung von der Baustelle in die Fabrik zu verlagern.

3. Ausführung

Wir entwickeln baufertige Komponenten für weit verbreitete Typologien im Bestand. Zunächst werden geeignete Gebäude aus postalischen Adressen über KI-Bilderkennung identifiziert. Die vorgefertigten Fassadenelemente werden mit integrierter Gebäudetechnik sowie neuen Fenstern und Lüftungen geliefert.

4. Gebäudehüllensystem

Die modulare Hardwarelösung ermöglicht eine Montage in kürzester Zeit und eine einfache Wohnraumerweiterung. Wir bieten fassadenintegrierte Lösungen für einen minimalinvasiven Eingriff in den Bestand.



Abbildung 1: Serielle Sanierung mit ecoworks: Fassadenmontage in Greiz (2023) – Das Bestandsgebäude erhält innerhalb weniger Wochen eine neue Gebäudehülle aus passgenau produzierten Fassadenelementen mit integrierten Fenstern & Gebäudetechnik, mit Hilfe eines Hubwagens, ganz ohne Baugerüst.

b_solution | Wohnbau aus Holz für alle

Helmut Spiehs
Binderholz Bausysteme GmbH
Hallein, Österreich



b_solution | Wohnbau aus Holz für alle

1. Leistbarer Wohnraum zum Wohlfühlen

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

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

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

2. Was ist b_solution?

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

- b_solution macht Wohnbau aus Holz für alle zugänglich, für Investoren, Projektentwickler, Planer und Architekten, Baufirmen und Bewohner.
- b_solution löst durchdacht, technisch ausgereift, zertifiziert und voll integriert alle holzbauspezifischen Themen. Keinerlei Fachwissen rund um den Holzbau ist notwendig, um mit b_solution zu konzipieren, planen und bauen, denn wir haben mit unseren Experten alle Details gelöst.
- b_solution steht aufgrund der durchgängigen Digitalisierung aller Prozesse für Verbindlichkeit in Qualität, Zeit und Preis.
- b_solution ist rückbaubar. Die Massivholzkomponenten sind wiederverwendbar. Am Ende des Lebenszyklus lässt sich das verwendete Holz ökologisch recyceln und so dem natürlichen CO₂-Kreislauf zurückführen.
- b_solution ist ein Unternehmen der binderholz Gruppe.
«Vom Baum bis zur Baulösung aus Holz, dem Zero-Waste Prinzip folgend», das ist das Credo des Familienunternehmens binderholz.
- b_solution ist mit dem Ü- bzw. ÜA-Zeichen zertifiziert und Mitglied der DGNB.

3. Standardkomponenten statt Standardgebäude

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

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

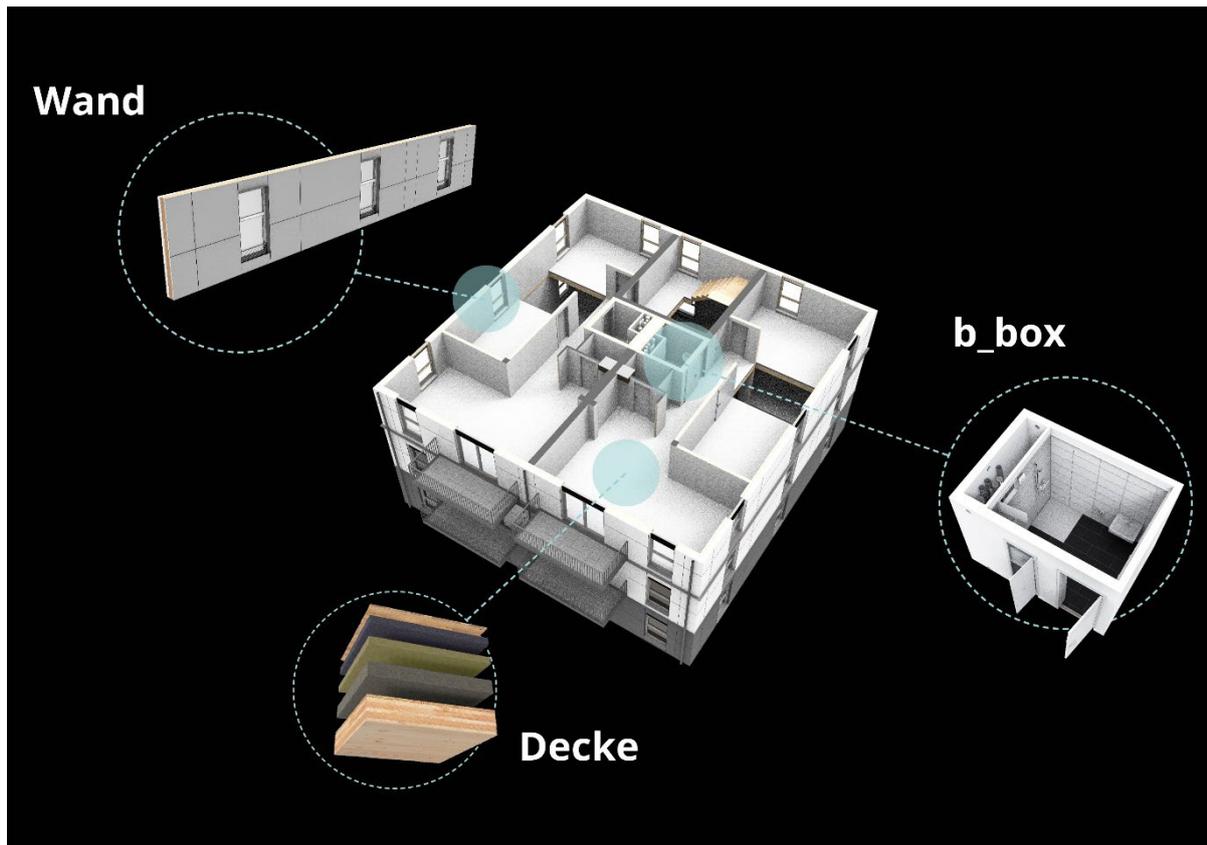


Abbildung 1: Standardkomponenten statt Standardgebäude

4. Freiheit in der Grundrissplanung

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

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



Abbildung 2: Freiheit in der Grundrissplanung

5. Einzelne Puzzleteile ergeben die fertige Lösung

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

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

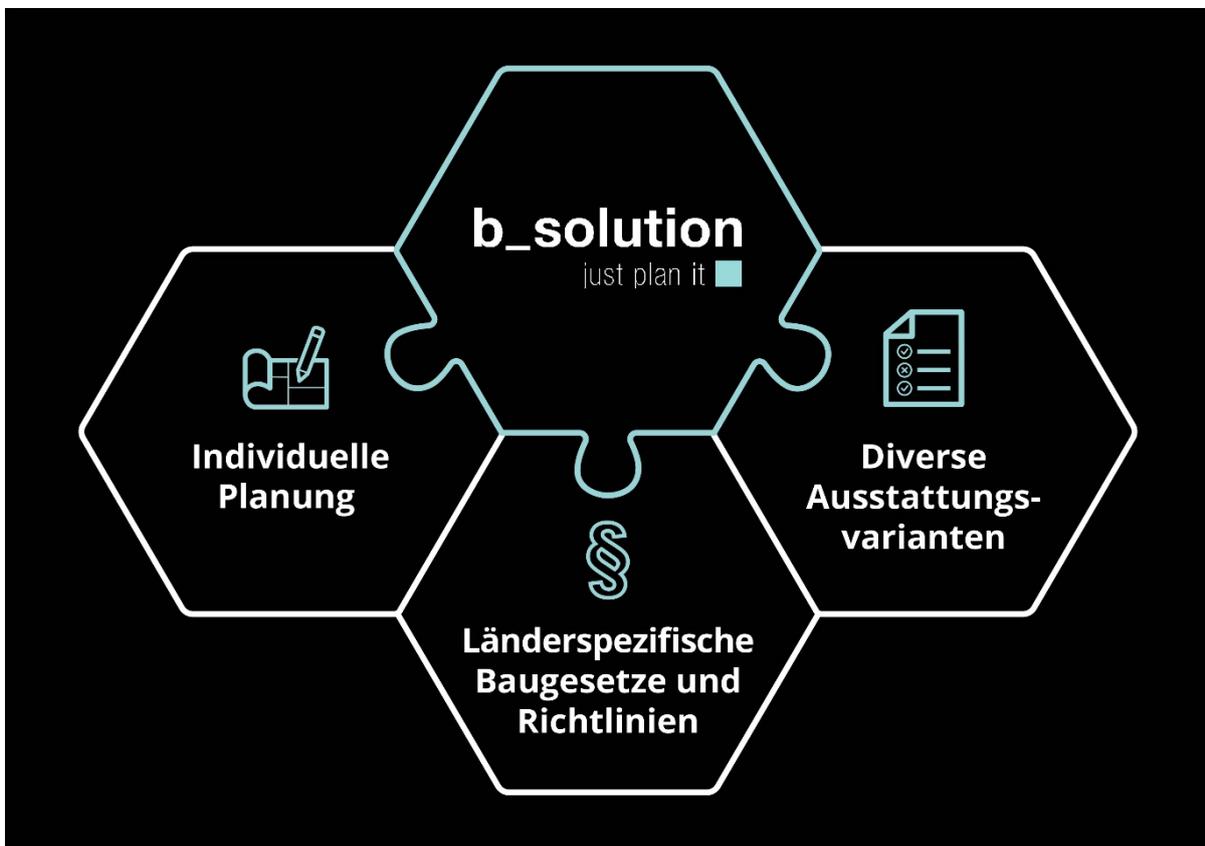


Abbildung 3: Einzelne Puzzleteile ergeben die fertige Lösung

6. Komponente Wand

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

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



Abbildung 4: Wandproduktion im b_solution Werk

7. Komponente Decke

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



Abbildung 5: Deckenmontage

8. Komponente b_box

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

Kombi-Hybrid-Verteiler

Sämtliche Wohnungsverteiler und Anschlüsse befinden sich leicht zugänglich im sogenannten Kombi-Hybrid-Verteiler direkt neben der b_box Eingangstür.

Elektro, Kalt- und Warmwasser, Heizung, Pumpen, Schächte, Brandabschottungen, Lüftung, Feuchtesensorik und viele weitere technische Gebäudeausrüstungen (TGA) sind systemhaft, zertifiziert und vorinstalliert in der b_box gelöst. In 4 bis 8 Stunden ist eine b_box fix fertig produziert und auf der Baustelle in nur 20 Minuten montiert. Die gesamte TGA-Planung des b_solution Baukörpers kommt von uns. TGA – aufgeräumt, kompakt und sorgenfrei.

Ausstattungsvarianten

Egal ob mit Dusche oder Badewanne, ob mit Einfach- oder Doppelwaschbecken, barrierefrei und mit Waschmaschinenanschluss, die b_box ist zusätzlich auch ein fertig verfliesenes und ausgestattetes Badezimmer mit WC. Wahlweise stehen die Ausstattungsvarianten «pure» oder «high» zur Verfügung. Die Badezimmerdecke ist modern in weiß lasiertem Holz gestaltet, einfach zum Wohlfühlen.

Komplett aus Massivholzelementen (Brettsperholz BBS) gefertigt, fügt sich die b_box als lastabtragende und stabile Moduleinheit in die gesamte b_solution Konstruktion systemhaft ein.



Abbildung 6: b_box

Digitalisierung und serielle Fertigung im mehrgeschossigen Wohnungsbau

Max Renggli
CEO und Verwaltungsratspräsident
Renggli AG
Schötz, Schweiz



Digitalisierung und serielle Fertigung im mehrgeschossigen Wohnungsbau

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

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

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

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

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

2. Die digitale Transformation nutzen

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

Die Herkulesaufgabe besteht darin, alle am Bau beteiligten Gewerke und Unternehmen gemeinsam auf diesen Weg zu bringen. Denn erfolgreiche Vernetzung funktioniert nur zwischen gleichberechtigten Partnern, die dieser Vernetzung offen gegenüberstehen und bereit sind, ihren Beitrag zu leisten. Grundvoraussetzung dafür sind gemeinsame Datenmodelle für den Datenaustausch. BIM wird zu völlig neuen Ansätzen in der Produktions- und Ressourcenplanung führen, die heute noch niemand vollständig absehen kann.

3. Holzbau beginnt im Kopf

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

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

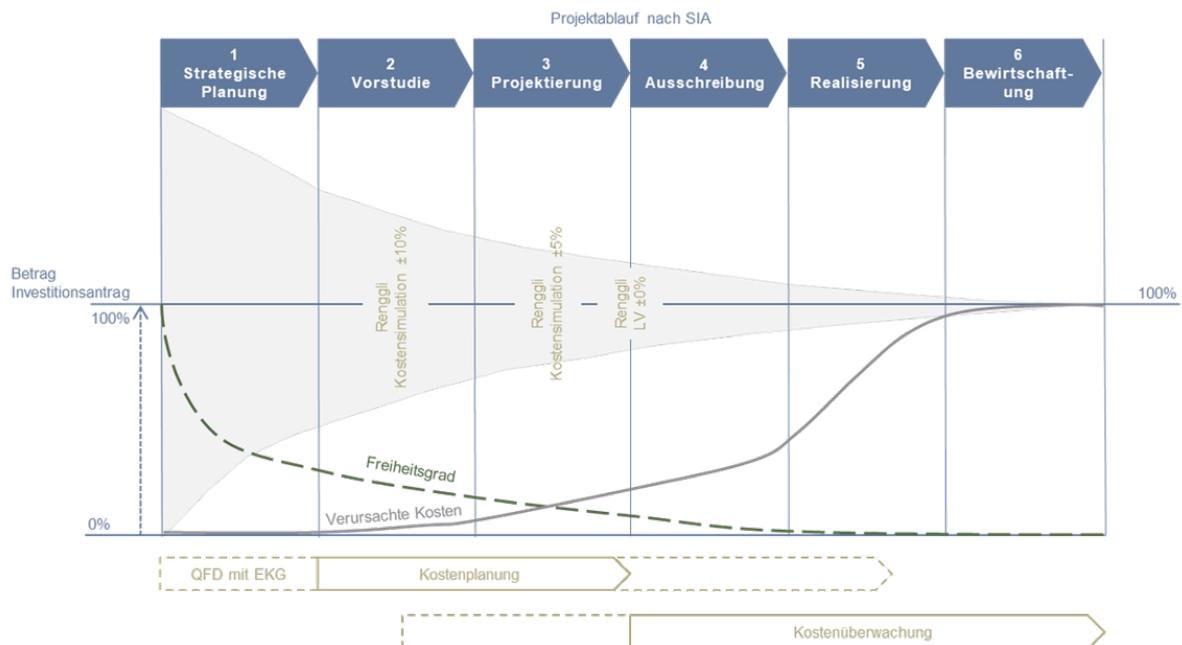


Abbildung 1: Eigene Darstellung nach «planerwissen2go»

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

4. Vom BIM-Modell in die Produktion

Die digitale Planung mit BIM ermöglicht auch die direkte Weitergabe der Daten an die Produktion. Die 3D-Modelle können automatisch in CNC-Maschinen eingelesen werden, die dann die Bauteile mit hoher Präzision herstellen. Durch die direkte Weitergabe der Daten können Fehler minimiert und Produktionsprozesse effizienter gestaltet werden. Die Verknüpfung von BIM mit der Produktion ist ein wichtiger Schritt in der digitalen Transformation der Bauindustrie. Durch die 3D-Modellierung aller Bauteile inklusive aller relevanten Daten kann die Produktion effizienter gestaltet und die Fehlerquote minimiert werden.

Die Produktionsdaten werden dabei automatisch aus dem BIM-Modell generiert. Die Informationen aus dem BIM-Modell werden an eine CNC-Software übergeben, die die Daten in die Produktion überträgt. Mit dieser Methode können Produktionsprozesse effizienter und kostengünstiger gestaltet werden, da Fehler minimiert und die Produktion optimiert wird.

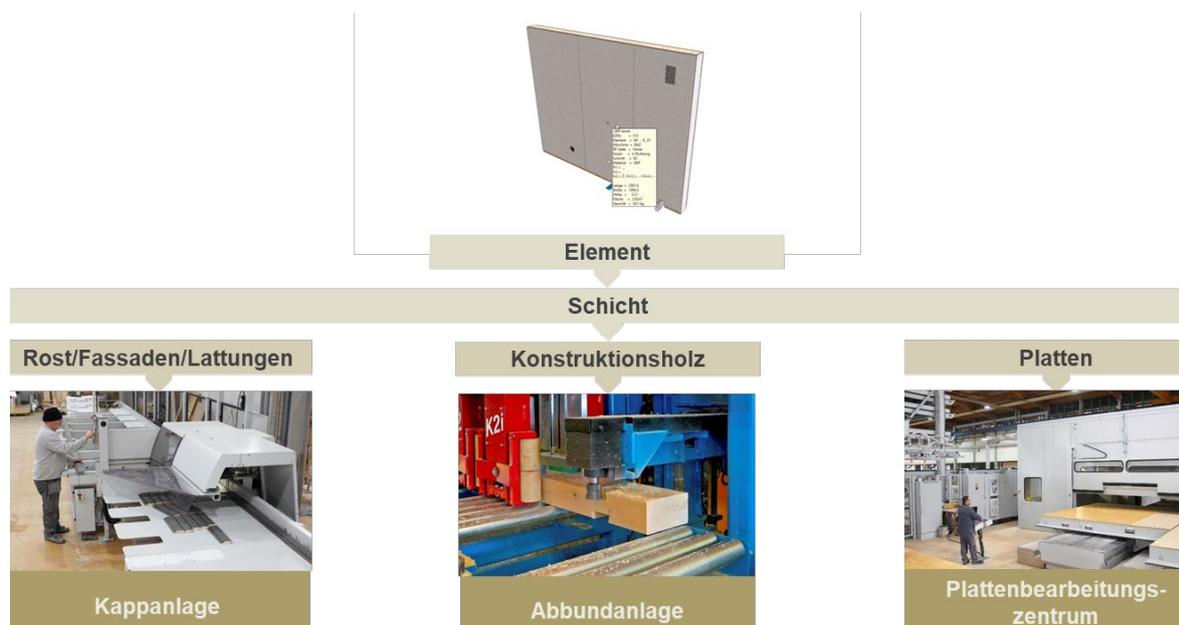


Abbildung 2: Eigene Darstellung: Vom BIM-Modell in die Produktion

5. Serieller Wohnungsbau – unzählige Vorteile

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

Die weiteren Vorteile sind hinlänglich bekannt:

- Kürzere Bauzeiten: Durch die Vorfertigung von Bauelementen in einer Produktionshalle kann der Bau auf der Baustelle erheblich beschleunigt werden. Die Bauteile müssen nur noch montiert werden, was die Bauzeit erheblich verkürzen kann.
- Höhere Präzision: In der Produktionshalle können Bauteile mit hoher Präzision hergestellt werden. Dadurch verbessert sich die Passgenauigkeit der einzelnen Elemente, was zu einem höheren Qualitätsstandard führt. Fehler werden vermieden und die Bauzeit verkürzt.
- Weniger Abfall: Im Werk wird das Holz präzise zugeschnitten und verarbeitet. Dadurch entsteht weniger Abfall und Ressourcen werden effizienter genutzt.
- Bessere Kontrolle: Die Werkshalle bietet bessere Kontrollmöglichkeiten über den Herstellungsprozess. So können Fehler frühzeitig erkannt und korrigiert werden.
- Geringere Kosten: Durch die kürzere Bauzeit und die höhere Präzision können auch die Kosten gesenkt werden. Es fallen weniger Lohnkosten an und es wird weniger Material verschwendet. Dadurch können auch die Preise für die Kunden wettbewerbsfähiger gestaltet werden.
- Nachhaltigkeit: Holz ist ein nachhaltiger Baustoff, der durch die serielle Vorfertigung noch nachhaltiger genutzt werden kann. Durch die optimale Nutzung der Ressourcen entstehen weniger Abfälle und es werden weniger Transportkilometer benötigt.

6. Digitalisierung als Wendepunkt

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

BIM hat das Potential, den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes von der Planung und Errichtung bis hin zur Instandhaltung und zum Rückbau zu verändern. Statische Belastungssimulationen können unter Berücksichtigung relevanter Lasten wie Schwerkraft, Wind- und Schneelasten durchgeführt und potentielle Schwachstellen von Gebäuden frühzeitig erkannt werden. Energieanalyse-Software und Simulationswerkzeuge können zur energetischen Optimierung eingesetzt werden. Weitere Verbesserungen können durch die Analyse von Energieflüssen und die Optimierung von Systemen wie Heizung, Lüftung und Klimatisierung erreicht werden.

Das BIM-Modell enthält sämtliche Informationen über die verwendeten Materialien und Komponenten, was erlaubt den CO₂-Fußabdruck eines Gebäudes zu messen und gegebenenfalls zu reduzieren. Der Materialverbrauch kann analysiert werden und als Alternative können nachhaltigere oder recycelte Baustoffe verwendet werden.

Wenn das Gebäude in Betrieb ist, kann die zentrale Datenbank, in der alle Informationen über das Gebäude gespeichert sind, genutzt werden, um Daten über den tatsächlichen Energieverbrauch und die Betriebskosten zu analysieren. Dadurch können der Betrieb und die Wartung des Gebäudes weiter optimiert und die Kosten gesenkt werden.

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



Abbildung 3: Visualisierung Renggli AG

7. Über Renggli AG

Die Renggli AG entwickelt und realisiert industriell gefertigte, hochwertige und klimagerechte Gebäude in Element- und Modulbauweise in Schweizer Qualität. Immer mit dem Ziel vor Augen, höchstmöglichen Wohnkomfort mit geringstmöglichem Energieaufwand zu erreichen. In ökologischer Holzbauweise entstehen architektonisch anspruchsvolle Bauvorhaben – vom Einfamilienhaus bis hin zum mehrstöckigen Wohn- oder Geschäftsgebäude – stets qualitätssicher und kosteneffizient. Immer getreu unserer Vision: «Wir bauen für eine lebenswerte Zukunft.»

Block B1
Aktuelle Zertifizierungs- und
Finanzierungsprozesse im Blickwinkel
eines klimaneutralen Gebäudesektors

Materialaspekte aus dem Blickwinkel der Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)

Karl-Heinz Weinisch
Geschäftsführer, Bausachverständiger
IQUH GmbH
Institut für Qualitätsmanagement und Umfeldhygiene
Weikersheim, Deutschland



Materialaspekte aus dem Blickwinkel der Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)

Vortrag am Dienstag, 04. Juli 2023, 12:40 – 13:10 Uhr

1. Entwicklung der nachhaltigen Bauweise

Anders als noch vor 50 Jahren wird heute vermehrt auf die Gesundheits- und Umweltauswirkungen von Baustoffen geachtet – von der Planung über den Bau bis zum Renovieren oder Rückbau eines Gebäudes bis hin zur Nutzungsphase. Gleichzeitig hat sich die Luftdichtheit von Gebäuden verbessert, um Wärmeverluste zu reduzieren und die Energieeffizienz zu erhöhen. Dies hat jedoch auch Auswirkungen auf die Raumklima- und Raumluftqualität, da durch die erhöhte Dichtheit weniger Frischluft von außen ins Gebäude gelangt und Schadstoffe und Feuchtigkeit eingeschlossen werden können. Ein Mangel an ausreichender Belüftung kann zu einer Vielzahl von Gesundheitsproblemen führen wie Atemwegsbeschwerden und Schimmelbildung. Um diese Probleme zu vermeiden, sollten Gebäude ausreichend quergelüftet werden oder über technische Be- und Entlüftungssysteme verfügen und die zu verwendenden Materialien sollten sorgfältig hinsichtlich möglicher Schadstoffabgaben geprüft werden. Dazu ist ein grundlegendes Baustoffwissen nötig und ein Informationssystem über Risikostoffe fördert eine sichere Anwendung im Baualltag.



Abbildung 1: Stoffkreislauf – Übersicht über mögliche Umwelteinflüsse von Baustoffen (Arch. R. Sonn, IQUH)

Wenn sich Baustoffe oder Bauteile ohne Gefährdung für Mensch und Umwelt herstellen, verwenden und wieder in den Stoffkreislauf zurückführen lassen werden sie mit einem neuen System für Qualitätsprüfungen bewertet und gefördert.

2. QNG-Materialanforderungen

Deutschland hat sich ein ambitioniertes Ziel gesetzt: Bis 2045 soll der Gebäudebestand klimaneutral sein.

Der Bund fördert daher seit 1. Juli 2021 im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) Nachhaltigkeitsaspekte durch eine eigene «NH-Klasse». Der erforderliche Nachweis für die Förderung erfolgt über die Vergabe des Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)¹.

Zertifizierungssysteme: Stand Mai 2023							
Systemname	Kurz	Verfasser/ Systemhalter	Seit	Nutzungs- Typologie	Status	Nachhaltigkeits- Aspekte	Zielgruppe
Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (QM-Steckbriefe)	BNB	Ministerium Berlin +KfW/QNG förderfähig	2009	Büro, Bildung, Labor, Freiraum	Gold, Silber, Bronze	Umwelt, Ökonomie, Soziales, Technik, Prozess	Gebäude des Bundes
Dt. Ges. für Nachhaltiges Bauen (QM-Steckbriefe)	DGNB	DGNB e.V. +KfW/QNG förderfähig	2009	Büro, Bildung, Hotel, Wohnbau, Handelsbau, Labor, Freiraum	Platin, Gold, Silber, Gestaltung, Diamant	Umwelt, Ökonomie, Soziales, Technik, Prozess	Freier Markt
Nachhaltiger Wohnungsbau (QM-Steckbriefe)	NaWoh	Ministerium Berlin, Siegel von NaWoh e.V., + KfW/QNG förderfähig	2012	Neue Wohngebäude	Eingehalten, übererfüllt	Umwelt, Ökonomie, Soziales, Technik, Prozess, Qualität (alle reduziert)	Wohnungswirtschaft, Mehrfamilien Häuser
Bewertungssystem Kleinwohnhausbau (QM-Steckbriefe)	BNK	BIRN e.V., +KfW/QNG förderfähig	2016	Ein- bis Fünffamilienhäuser	Gold, Silber, Bronze	Umwelt, Ökonomie, Soziales, Technik, Prozess (alle reduziert)	Freier Markt
Diverse Ländersysteme in Bayern, Baden Württemberg, NRW usw. basierend auf dem BNB System, aber reduziert							Gebäude d. Länder
Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QM-Steckbriefe)	QNG	Ministerium Berlin KfW förderfähig	2020	Wohn- und Nichtwohngebäude, Neubau u. Modernisierung	QNG Plus, QNG Premium	Eigene Anforderungen zu Ökologie, Risikostoffe	Fördersystem nach KfW Vorgaben, freier Markt

Abbildung 2: Zertifizierungssysteme zum Nachhaltigen Bauen je nach geplanter Gebäudeart

Das «Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude» (QNG) ist ein staatliches Qualitätssiegel für Gebäude und Baumaterialien. Voraussetzung für die Vergabe des Qualitätssiegels ist ein Nachweis der Erfüllung allgemeiner und besonderer Anforderungen an die ökologische, soziokulturelle und ökonomische Qualität von Gebäuden. Recycelte Stoffe oder nachwachsende Rohstoffe wie Holz oder pflanzliche Dämmstoffe erfüllen diese Zielvorgaben zumeist vorbildlich. Bei Materialprüfungen werden die Auswirkungen auf die Arbeits-, Umwelt- und Bewohnerverträglichkeit betrachtet. Die Berücksichtigung von ökologischen Vorteilen sorgt für eine weltweite Klimaverbesserung und ein behagliches Wohnumfeld. Dabei sind Auswirkungen in der Herstellungs-, Liefer-, Verarbeitungs- und während der Nutzungsphase insbesondere bei der Gebäudepflege, den Instandhaltungen und Renovierungen oder beim Rückbau zu betrachten, um Umwelt- und Gesundheitsrisiken durch Bauprozesse und Schadstoffemissionen vermeiden zu können.

Umweltschonende und energieeinsparende QNG-Anforderungen werden laufend angepasst und sind zwingend einzuhalten, wenn mit KfW-Fördermitteln gebaut wird. QNG-Grundlage ist die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG/QNG Broschüre). Die Bewertungsregeln entstammen dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB-Leitfaden) des Bundesbauministeriums.

¹ Zertifizierungsstellen sind als Prüf- und Vergabestellen des «Qualitätssiegels Nachhaltiges Gebäude» zuständig für die technisch-operative Abwicklung der Prüfung der Voraussetzungen für die Vergabe des Qualitätssiegels und dessen Zuerkennung. Sie werden von den Bauherinnen und Bauherren beauftragt. Grundsätzlich dürfen nur Zertifizierungsstellen im Bereich der Vergabe des Qualitätssiegels tätig werden, die eine Akkreditierung im Sinne der VO (EG) 765/2008 gemäß ISO/IEC 17065 nachweisen und aufrechterhalten. Die Geschäftsstelle QNG führt eine öffentlich zugängliche Liste der akkreditierten Zertifizierungsstellen auf www.qng.info.

Für die Erlangung des QNG wurden konkrete Anforderungen an einzelne Bauprodukte formuliert. Um in den Genuss von Fördermitteln zu kommen, ist für das **QNG-PLUS** die Einhaltung dieser Anforderungen von den ausführenden Firmen zu bestätigen. **QNG-PREMIUM** erfordert eine genaue Dokumentation der verwendeten Baustoffe und bietet somit zusätzlich eine höhere Transparenz und Vorteile für Sanierung und Rückbau.

Für die Schadstoffvermeidung gibt es den **QNG-Anforderungskatalog (3.1.3) für Baumaterialien** mit Anwendungsregeln, deren Prüfung für ein ganzes Gebäude umfangreich sein kann.

Anwendungsregeln (QNG-Anhangdokument 3.1.3 v. März 2023):

1. Grundsätzlich sind alle verwendeten Bauprodukte / Erzeugnisse der im Kriterium genannten Kategorien hinsichtlich Produktname, Hersteller, Menge und Einsatzort zu dokumentieren. Darüber hinaus gelten die Dokumentationsregeln des in Bezug genommenen registrierten Zertifizierungssystems.
2. Im Rahmen der Einführungsphase des QNG² sind nur die Produkte / Erzeugnisse / Stoffe zu bewerten, die Vor-Ort verarbeitet oder eingebaut werden.
3. Gebäude können nur bewertet werden, wenn der Ausbau auch vollständig erfolgt ist. Selbstausbauklauseln reichen für die Nachweisführung nicht aus.
4. Ab einer Verarbeitungsmengen von >10 m², 1 Stück oder ab einer Länge von 1 Meter ist im Regelfall eine Bewertung aller in der Anforderungsliste aufgeführten Bauprodukte durchzuführen.
5. Die Gesamtmenge aller bewerteten Bauprodukte / Erzeugnisse muss mindestens 90 % der in den jeweiligen Kategorien 2 bis 13 erfassten Mengen entsprechen. Die erreichte Abbildungstiefe ist je Kategorie zu ermitteln und darzustellen.
6. Ausnahmeregelungen: Ist aus technischen oder funktionalen Gründen (d. h. in Ermangelung eines funktional gleichwertigen Produktes oder einer Konstruktionsalternative, welche die Anforderungen erfüllt), eine der genannten Produkthanforderungen nicht umsetzbar, werden Ausnahmen von den Anforderungen zugelassen. Die Abweichung von den Anforderungen muss unter Angabe des Produktes, der technischen Anwendung und der eingesetzten Menge dokumentiert, mit der Zertifizierungsstelle abgestimmt und begründet werden. Produktausnahmen aus rein ästhetischen Gründen fallen nicht unter die Ausnahmeregelung.

Informationsquelle:

Das Kriterium «Risiken für die lokale Umwelt» basiert im Wesentlichen auf dem mittleren Qualitätsniveau des Systemsteckbriefs 1.1.6 des BNB (www.bnb-nachhaltigesbauen.de). Für die Anwendungsstufe QNG PLUS wurden Anpassungen an einzelne Anforderungen vorgenommen.

Stoffbegrenzungen:

Die Anforderungen enthalten je nach Produktbereich konkrete Stoffbeschränkungen (z. B. Chlorparaffine ≤ 1%), Einhaltung von Emissionsanforderungen (Prüfsiegel z. B. AgBB-Schema), Giscode-Klassifizierungen, Zertifizierungen (z. B. Emicode) oder die Deklaration von Stoffen (z. B. biozide Wirkstoffe).

Viele Informationen sind in den bereits verwendeten Technischen Merkblättern, Sicherheitsdatenblättern, EPDs³ zu finden. Es gibt Überschneidungen mit anderen Zertifizierungssystemen wie BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen).

² Für werkseitig verarbeitete Oberflächenbeschichtungen und Klebstoffe (außer Bodenbelagsklebstoffen), z. B. für Türen, Fenster und Heizkörper sind Nachweise zur Einhaltung der 31. BIMSchV bzw. TA-Luft in schriftlicher Form beim Hersteller oder Verarbeiter einzufordern. Für Verarbeitungen in kleinen Betrieben oder außerhalb Deutschlands kann alternativ das Vorhandensein einer Abgasreinigungseinrichtung oder die Einhaltung entsprechender Anforderungen europaweit geltender Regelungen nachgewiesen werden.

Liegen all diese Nachweise nicht vor, sind die entsprechenden Bauprodukte gemäß den Anforderungen für Vor-Ort verarbeitete Bauprodukte einzustufen und zu bewerten.

³ EPD: (engl.: Environmental Product Declaration) Umweltproduktdeklaration der Hersteller

Im Rahmen der Einführungsphase des QNG sind nur die Produkte / Erzeugnisse / Stoffe zu bewerten, die Vor-Ort verarbeitet oder eingebaut werden.⁴ Folglich müssen Hersteller, deren Hauselemente (z. B. Container- und Elementebau) im Werk produziert werden, den Anforderungskatalog nicht erfüllen, aber es kann vom Auditor eine Umwelt- und Arbeitsschutz-Bestätigung für die Produktionsanlagen eingefordert werden.

Es wird empfohlen, dass Baustoffhersteller zukünftig ihre Produkte hinsichtlich der Einhaltung der QNG-Anforderungen prüfen lassen und diese Informationen für die Lieferkette vorhalten.

Ablaufschema für die KfW-Kreditfreigabe QNG Plus oder Premium:

1. Bauwillige planen Gebäudeerstellung mit Unterstützung eines KfW Kredits
2. Holzbauer soll ein Angebot abgeben unter Berücksichtigung und Einhaltung der KfW/BNB/DGNB/BNK-BNG Förderkriterien und benötigt eine Bestätigung durch einen zugelassenen Auditor
3. Angebot und geplante Bauausführung unter Berücksichtigung der QNG Nachhaltigkeitsklasse (NH) Plus oder Premium und Prüfung der Vorgaben wie Barrierefreiheit, Nachhaltigkeit/Bauökologie und Risikostoffprüfung anhand QNG-Anforderungskatalog im Anhangdokument 3.1.3
4. Material Pre-Check durch QNG-Auditor (zzgl. BNB/DGNB/BNK-BNG/NaWoh Systeme für Wohn- und Nichtwohngebäude). Grundlage ist die aktuelle Version 1.3 vom März 2023, laufende Änderungen auf der QNG-Homepage www.qng.info/service sind zu beachten
5. Pre-Check der Verfügbarkeit der Baumaterialien beim Lieferanten/Hersteller
6. Einreichung aller erforderlichen Unterlagen durch QNG-Auditor bei der KfW-Bank
7. Förderfreigabe durch KfW-Bank als Nachhaltigkeitsklasse (NH) Plus oder Premium

2.1. Produktdatenabfrage

Schon bei der Vorplanung von Gebäuden können neben der Ökobilanzierung auch risikostoff- und emissionsbezogene Baustoffbewertungen mit einem QNG Pre-Check vorgenommen werden.

Haben die zum Einsatz kommenden Produkte z.B. ein Emissionsprüfzeugnis gemäß AgBB bzw. DIN EN 16516 oder EN 717-1/DIBt Regelung? Emissionsprüfzeichen im Baubereich sind beispielsweise natureplus oder der Blaue Engel⁵. Schadstoffgeprüfte Baustoffe werden heute gemäß den Anforderungen in den Leistungsverzeichnissen für öffentliche und verwaltungstechnische Gebäude und auch für private Bauvorhaben immer öfter gefordert und werden gemäß den Vorgaben in der DIN EN 16516 durchgeführt. Die Kenntnis der Inhaltsstoffe im Technischen Merkblatt oder Sicherheitsdatenblatt des gelieferten und eingebauten Produkts ist hilfreich. Schon bei der Anfrage der Verfügbarkeit sollte man sich beim Baustofflieferanten oder Hersteller die Erfüllung der QNG-Anforderungen bestätigen lassen.

2.2. Risikostoffprüfung

Durch REACH⁶ wird versucht die problematische Informationslage über Rohstoffe im Bauwesen aufzulösen. Diese Vorprüfung der Risikostoffe müssen Rohstofflieferanten erfüllen, um in Europa marktfähig zu bleiben.

⁴ QNG-Anforderungskatalog Anhangdokument 313, 0.2 Anwendungsregeln

⁵ Prüfverfahren: AgBB, Eurofins; natureplus; eco Institut; IBR; EU Eco Label (Möbel); französische VOC Verordnung; Blauer Engel; Afsset; Goldenes M; RIS Österreich

⁶ REACH = Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals bedeutet die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien



Abbildung 3: Quelle-REACH Informationsplattform

Bei der QNG Risikostoffprüfung sind aber weitergehende Informationen zu etwaigen SVHC (substances of very high concern, besonders besorgniserregende Stoffe) im Baustoff einzuholen. Umweltprüfungen wie EPDs aber auch Sicherheitsdatenblätter können Hinweise zur Gesundheits- und Umweltgefährdung für Boden/Wasser/Luft/Mensch geben sowie Auskunft über die Rohstoffherkunft, Fertigungsverfahren, physikalische Kennwerte.

Die Datenermittlung umfasst die Nachweisführung für die Risikopotenziale bestimmter Inhaltsstoffe und die methodische Vorgehensweise im Bauprozess. Standen bisher Schad- und Risikostoffe vor allem unter dem Aspekt der Belastung der Innenraumluft zur Diskussion, so muss diese Betrachtung heute erweitert werden. Die Kenntnis über Risikostoffabgaben, beginnend bei der Herstellung und endend bei der Entsorgung, wird zunehmend bedeutender.

2.3. QNG-Risikostoffprüfung 1.3.1 und BNB-Bewertungssystem 1.1.6

Die Planungsabläufe in Holzbaubetrieben oder Architekturbüros sollten es ermöglichen, belastbare Auswahlkriterien für Baustoffe zu entwickeln, um zielorientiert nachhaltige Bauprodukte auszuwählen für den Einsatz in regelkonformen Konstruktionen. Dadurch sollten zudem die vorgegebenen Raumluftzielwerte für eine behagliche Raum(klima)luftqualität sicher eingehalten werden. Ferner können natürliche Baustoffe wie Holz durch ihre vorteilhaften Kapillareigenschaften effektiv den Feuchteausgleich in der Raumluft verbessern. Eine holzbaubezogene Materialvorprüfung (Pre-Check) macht schon bei der Angebotsabgabe Sinn und bildet die Grundlage für die Zertifizierungsverfahren wie QNG/BNB/DGNB/BNK/BNG/Nawoh.



Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) Büro- und Verwaltungsgebäude

BNB_BN
1.1.6

Hauptkriteriengruppe	Ökologische Qualität
Kriteriengruppe	Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt
Kriterium	Risiken für die lokale Umwelt

Erforderliche Unterlagen

Tabellarische Auflistung aller relevanten, eingebauten Bauprodukte und technischen Anlagen mit folgenden Angaben zu jedem Produkt:

- Kostengruppe und Bauteilname (KG 3. Ebene)
- Einbauort / Bauteilgruppe (KG 2. Ebene)
- Leistungsbereich mit LV-/Pos.-Nr.
- Menge
- Prozentualer Anteil des gesamten Bauteils
- Produktart und -name
- Hersteller
- Datenblätter (siehe hierzu Übersicht der grundsätzlich relevanten Nachweisdokumente in Tabelle 2)
- Begründung der Bewertung
- Erreichte Qualitätsstufe

Übersicht aller Nachweisdokumente
Nachweisdokumente mit entsprechender Kennzeichnung – siehe Abschnitt „Handhabung der Nachweisdokumente“ (nur digital einzureichen)
Leistungsverzeichnisse aller Gewerke (nur digital einzureichen)

Abbildung 4: Erforderliche Unterlagen gemäß BNB 1.1.6, S. 18

Die WECOBIS Plattform bietet zusätzliche produktneutrale Informationen zu Umwelt- und Gesundheitsaspekten wichtiger Bauproduktgruppen. Man muss jedoch beachten, dass Produkte, die zur gleichen Bauproduktgruppe gehören, im Detail unterschiedliche ökologische Kennwerte aufweisen können (z. B. VOC-Anteile, Risikostoffe, Rohstoffbasis). Neben der Generierung von Datensätzen für das Handlungsinstrument besteht zudem die Möglichkeit, Fachbegriffe aus dem Umfeld des Kriteriums 1.1.6 (BNB-System) im WECOBIS-Lexikon zu erklären und aus dem Handlungsinstrument direkt darauf zu verlinken. Auch für die WECOBIS-Nutzer, die keine Gebäudebewertung vornehmen möchten, könnte die Information über das «Abschneiden» einer Produktgruppe im Kriterium 1.1.6 eine interessante Information darstellen.



WECOBIS
Ökologisches Baustoffinformationssystem

baubook-Produktinformationen zu BNB und QNG

baubook ermöglicht seit Herbst 2022 auch das Abrufen von Informationen zu Produkten gemäß Anforderungen für das neue Qualitätssiegel Nachhaltiges Bauen (QNG). Dafür wurde die Produktdatenbank für BNB_1.1.6-Anforderungen entsprechend um die QNG-313-Anforderungen an Baustoffe erweitert.

Die Datenbank erleichtert die Suche nach passenden Produkten für die jeweiligen Qualitätsniveaus bzw. Anforderungen und bietet gleichzeitig Unterstützung bei der Nachweisführung. Denn man findet dort auch die zugehörigen Nachweisdokumente zum Download.

Die neue Plattform ist das Ergebnis des Forschungsprojektes "Qualitätsgesicherte Produktinformation zum BNB 1.1.6 Kriteriensteckbrief in der Ausformulierung der materialökologischen Anforderungen von WECOBIS" und wurde gefördert durch Zukunft Bau – eine Forschungsinitiative des deutschen Bundesbauministeriums und des BBSR (Aktenzeichen: 10.08.18.7-16.19)

Abbildung 5: WECOBIS und baubook als Hilfestellung

Nachweisdokumente (Quelle: Auszug BNB 1.1.6, S. 22)

Tabelle 3: Freiwillige aggregierte Produktkennzeichnungen, die i. d. R. in Produktdatenblättern/Technischen Merkblättern angegeben sind

Nachweis	Schadstoffgruppe	Bauproduktgruppe
Blauer Engel (RAL)	Gefährliche Stoffe/SVHC VOC-Emissionen / VOC-Gehalte	Oberflächenbeschichtungen
		Verlegewerkstoffe
		Bodenbeläge
GuT-Teppichsiegel	Gefährliche Stoffe/SVHC VOC-Emissionen / VOC-Gehalte	Textile Bodenbeläge
Emicode	VOC-Emissionen	Verlegewerkstoffe
		Oberflächenbeschichtungen
		Dichtstoffe, Klebstoffe
GISCODE	Gefährliche Stoffe VOC-Gehalte	Oberflächenbeschichtungen Dichtstoffe, Klebstoffe Verlegewerkstoffe
Gütezeichen Holzschutzmittel	Biozide	Holzschutzmittel

Zusammenstellung des Dateinamens:

Es empfiehlt sich, dem Dateinamen die Bauproduktart hinzuzufügen, wie exemplarisch in folgender Tabelle 4 dargestellt:

Tabelle 4: Beispiel Dateiname: 01.07.01.002_Bitumenemulsion_SDB.pdf

Nr. des LVs	Nr. der LV-Pos.	Produktart	Nachweisdokument
01.07.	01.002	Bitumenemulsion	SDB

Beispiele für Kurzzeichen der entsprechenden Nachweisdokumente:

PDB / TM	Produktdatenblatt / Technisches Merkblatt
SDB	Sicherheitsdatenblatt
abZ	allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
RAL-UZxy	RAL Kennung des Umweltzeichen „Blauer Engel“
EPD	Umweltdeklaration des IBU Institut Bauen und Umwelt e. V.
TRGSxyz	Nachweis über Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
WECOBIS	WECOBIS Informationsdatenbank (im Ausnahmefall)

ggf. nach Bedarf zu erweitern

2.4. QNG-Anforderungen an Holzwerkstoffe

Hinweise zur nachhaltigen Forstwirtschaft sind ebenfalls anzugeben.

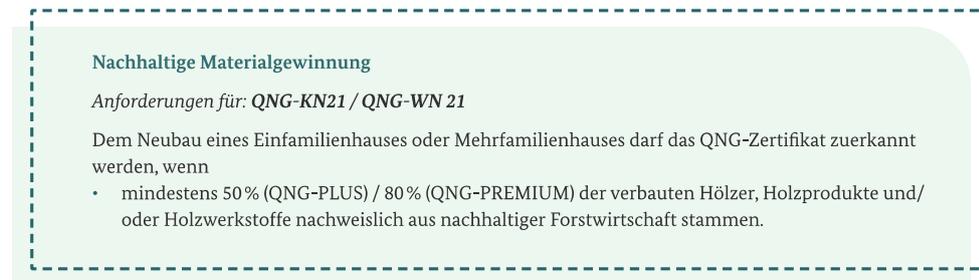


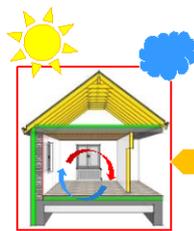
Abbildung 6: QNG-Broschüre – Hinweise zur nachhaltigen Forstwirtschaft

3. Raum(klima)luftmessung

Messungen der Raum(klima)luftqualität sind beim QNG-Verfahren nicht vorgeschrieben, werden aber zunehmend vom Auftraggeber oder gemäß dem anhängenden Prüfverfahren (DGNB/NaWoh/BNK-BNG/BNB)⁷ bei der Bauabnahme als Erfolgskontrolle gefordert, um sicher zu gehen, dass die vorgegeben Raumluf-Zielwerte eingehalten werden und ob tatsächlich auch die vorgegebenen emissionsreduzierten Baustoffe im Gebäude eingebaut wurden. Vor allem im Schulbau wird erfahrungsgemäß vor Möblierung und Einzug die Prüfung und Einhaltung der Richtwerte gemäß UBA/AIR Richtwertkatalog iVm den BNB/DGNB Richtwerten (Norm für Raumlufanalysen gem. Normenreihe DIN EN ISO 16000) als qualitätssichernde Maßnahme verlangt. Eine Empfehlungsliste für Messraumvorbereitungen gibt es auf der Seite vom Informationsdienst Holz (holz-und-raumluf.de). Darin wird beschrieben, wie Bauleiter vorsorglich mögliche messwertverfälschende Gebäude-, Klima- und Messbedingungen vermeiden können. So können Rechtsprobleme wegen nicht erreichten VOC-Zielwerten auf Grund nicht normgerechter und emissionsfördernder Prüfraumvorbereitungen vermieden werden.

Sowohl chemisch produzierte Baustoffe als auch solche aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz, Holzwerkstoffe, Hanf, Flachs, Zellulose oder Stroh geben natürlicherweise Gerüche, d. h. Ausdünstungen ab, für die es hygienebezogene behördliche Leit- und Richtwerte gibt. Bei Raumlufanalysen, die mit normgerechten Messraumvorbereitungen und unter sensorüberwachten Raumklimabedingungen durchgeführt werden, sind erfahrungsgemäß keine Zielwertüberschreitungen zu erwarten. Anders sieht es aus, wenn Raumlufmessungen beispielsweise bei fehlender Beschattung oder während aber auch kurz nach der Durchführung von emissionsträchtigen Restarbeiten wie Malern, Verkleben, Reinigen oder Abdichten stattfinden.

Vermeiden Sie vor VOC Messungen



- Klimaextreme (T, rel. LF, CO₂)
 - Sonneneinstrahlung -Photolyse
 - Erhöhte Keller- oder Estrichfeuchtwerte
 - Messung bei Sturm (Fugenentlüftung)
 - Immissionen durch die Umwelt (Lüftung)
 - Lösungs- u. Reinigungsmitelesatz
 - Geruchsauffällige Messtechniker
 - Unzureichende Feinstaubreinigung
 - Geringes Ablüften/Sauerstoffmangel
 - Möbel, Baustoffreste, Bodenfolien in Messräumen
- > Messplanung: Koordination mit der Bauleitung vor VOC Messungen!

Abbildung 7: Messraumvorbereitung und Messplanung

Vor jeder VOC-Raumlufmessung ist eine Überprüfung von messwertverfälschenden Klimafaktoren, Gasen und Partikeln im Gebäude mithilfe von Sensor Handmessgeräten anzuraten.

⁷ Die Auswahl emissionsarmer Bauprodukte ist maßgeblich für eine gute Innenraumlufqualität. Als Kontrolle über den Erfolg der Umsetzung wird nach Baufertigstellung eine Beprobung der Innenraumluf durchgeführt (siehe Kriteriensteckbrief 3.1.3 «Innenraumlufthygiene»).

4. Zusammenfassung und Aussichten

Die Prüfung der umwelt- und gesundheitsbezogenen Qualitätsanforderungen an die Bauprodukte und die Raum(klima)luftqualität seitens der Auftraggeber und der Behörden steigen kontinuierlich, es herrscht jedoch selbst unter Sachkundigen noch große Verwirrung über den Prüf- und Arbeitsumfang, die Vertrags- und Haftungsproblematik oder die Datensicherheit bei der Risikostoffprüfung.

Bei Schul- und Wohnbauprojekten werden zukünftig die Qualitätsnachweise auf Basis der Vergaberichtlinien bezüglich der im KfW- und Zertifizierungsverfahren verankerten Anforderungen und Zielwerten immer wichtiger und daher sollte dieser innerbetriebliche Aufwand zukünftig schon bei einer Angebotsabgabe als Kostenfaktor berücksichtigt werden. Auf die Vorhaltung der im QNG-Bauvorhaben relevanten Material- und Risikostoffdaten oder den Planungsaufwand für eine Raumluft-Kontrollmessungen bei der Bauabnahme sollten sich Planer und Holzbauunternehmen zukünftig einstellen. Bauunternehmen sind gut beraten, wenn sie zukünftig die umweltbezogenen Produktinformationen schon bei der Baustoffbestellung vom Lieferanten anfordern und archivieren.

Die durch QNG und andere Prüfverfahren vorgegebene Abgabe- und Aufbewahrungspflicht für umweltbezogene Produktinformationen obliegt dem Bauunternehmen. Die rechtzeitige Archivierung der erhobenen Baustoffdaten verhindert Bau- und Zeitstress bei der Werkplanung oder bei der Bauabnahme durch den QNG/BNB-Auditor. Die QNG-Zertifizierung ist grundsätzlich ein Vorteil für Gebäude aus Holz und ein wichtiges Marketinginstrument bezogen auf den Umwelt- und Klimaschutz. Materialtransparenz, eine gute Ökobilanz und ein optimaler Gesundheitsschutz sind für Auftraggeber immer wichtiger. Qualitätsüberwachte Holzgebäude mit optimalen Klima- und (VOC)Raumluftwerten gewinnen zunehmend das Vertrauen der Raumnutzer, was in vielen Studien⁸ bestätigt werden konnte.

5. Anlagen

5.1. Grundlagen zur VOC Ergebnisbewertung

1. Kommission Innenraumlufthygiene + Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden, VOC Richtwerte für die Innenraumluft. Herausgeber: Umweltbundesamt, Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes.
2. Holzbau Deutschland/Informationsdienst Holz, Berlin: www.holz-und-raumluft.de

5.2. Rechtliche Grundlagen:

Unter anderen gelten folgende staatlichen umweltbezogene Regulierungen in der EU und in Deutschland für Stoffe, Gemische und Erzeugnisse:

1. Europäische Chemikalienverordnung REACH für Rohstoffe,
2. Europäische POP-Verordnung für Gefahrstoffe,
3. Deutsche Chemikalien-Verbotsverordnung,
4. Europäische Biozid-Richtlinie und Biozid-Verordnung,
5. Decopaint-Richtlinie für Farben, Lacke,
6. Baurecht / Bauproduktrecht für Materialverwendungen,
7. Musterbauordnung für Verwendungsgrundlagen,
8. DIBt Grundsätze und AgBB-Emissionsprüfschema f. Bauprodukte
9. Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (BNB) für Materialauswahl und Raumluftqualität,
10. Abfallrecht und Kreislaufwirtschaftsgesetz.

⁸ HOMERA Studienübersicht – Gesundheitliche Interaktion von Holz – Mensch – Raum, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Lehrstuhl für Holzwissenschaft, Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt, Prof. Dr. Klaus Richter, 2017

5.3. Normen

DIN 1946	DIN 1946-1-6 befasst sich mit dem Anwendungsbereich und jenen Neuerungen der Norm, die ventilatorgestützte Systeme betreffen. DIN 1946-6 «Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/ Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung».
DIN EN 16798 Teil 1	Lüftungs- und Behaglichkeitsnorm (Früher: DIN EN 15251, EN 13779)
EN 16516	Bauprodukteprüfung
EN ISO 7730	Thermische Behaglichkeit
VOB/C ATV DIN 18379-3	Grundlage für die Planung und Auslegung von Lüftungs- und Klimaanlage in Nichtwohngebäuden, die für den Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.
DIN EN ISO 16000-1 (2006)	Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie
DIN EN ISO 16000-2 (2006)	Innenraumluftverunreinigungen – Teil 2: Probenahmestrategie für Formaldehyd
DIN ISO 16000-3 (2013)	Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen – Probenahme mit einer Pumpe – Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie
DIN EN ISO 16000-5 (2007)	Innenraumluftverunreinigungen – Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige Verbindungen (VOC)
DIN ISO 16000-6 (2012)	Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID
DIN ISO 16000-8 (2008)	Innenraumluftverunreinigungen – Teil 8: Bestimmung des lokalen Alters der Luft in Gebäuden zur Charakterisierung der Lüftungsbedingungen

QNG – Paradigmenwechsel in der Bauförderung

Holger König
Ascona GbR
Gröbenzell, Deutschland



QNG-Beispiel eines Gebäudes

1. Anwendung der Ökobilanz in Deutschland

Die Anwendung der Ökobilanz im Gebäudesektor in Deutschland ist eng verknüpft mit der Normenentwicklung der europ. Union (TC 350) und mit der Einführung von Zertifizierungssystemen (BNB, DGNB, NaWoh).

Entwicklung der Nachhaltigkeitsnormen



Abbildung 1-1: Normenentwicklung für Ökobilanzen

Die Normenentwicklung ausgehend von ISO über CEN bis zu DIN dauerte 20 Jahre. Die verschiedenen Zertifizierungssysteme wurden in Deutschland von 2009 bis 2015 eingeführt.

Zertifizierungssysteme in Deutschland– 2006-2009-2015



Abbildung 1-2: Zertifizierungssysteme in Deutschland

Die Anwendung eines Zertifizierungssystems auf ein Gebäude ist freiwillig. Es besteht kein Zwang zu einem öffentlich rechtlichen Nachweis. Ein wesentlicher Bestandteil der Zertifizierung ist die Lebenszyklusbetrachtung, die bei den Lebenszykluskosten und bei der Ökobilanz angewendet wird.

Im Zusammenhang mit der Ökobilanz werden drei Zielkonzepte für das Gebäude angesprochen:

- Der Primärenergiebedarf
- Die Wirkung auf die Umwelt
- Die Ressourcenschonung

Der Primärenergiebedarf wird unterteilt in «erneuerbar» und «nicht erneuerbar» die Wirkungsbilanz auf die Umwelt wird mit fünf oder mehr Indikatoren nachgewiesen, der bekannteste Indikator ist das Klimagaspotenzial in kg CO₂-Äquivalenten.

Die Ressourcenschonung wird zurzeit noch durch den Nachweis für Holz aus gesicherter Waldnutzung erbracht. In Zukunft wird es auch hier einen Indikator z.B. kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) geben.

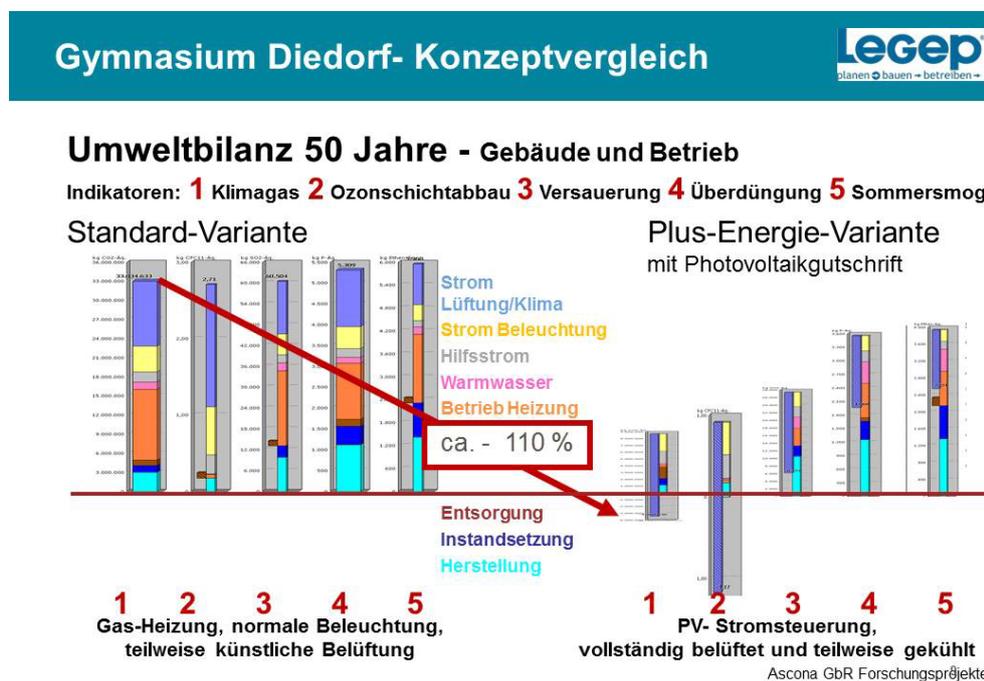


Abbildung 1-3: Beispiel Ökobilanz eines Schulgebäudes

2. Der pflanzliche Kohlenstoffkreislauf

Pflanzen verwandeln durch Photosynthese das Kohlendioxid aus der Luft mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts in Saccharide. Diese Grundsubstanz wird unter anderem in Zellulose umgebaut, eine Aufbaustoffsubstanz für die Faser- beziehungsweise Holzbildung. Dabei wird der für den Menschen lebensnotwendige Sauerstoff freigesetzt. Da der Kohlenstoff im Holz beziehungsweise in den daraus hergestellten Bauprodukten gebunden ist, wird ein Gebäude aus Holzprodukten auch Kohlenstoffspeicher genannt. Nach Ende der Nutzungsphase kann das Bauprodukt weiter- oder wiederverwendet werden. Bei Nichtverwendung kann das Material problemlos verbrannt (thermisches Recycling) und die dabei entstehende Wärme genutzt werden.

Deshalb weisen nachwachsende Rohstoffe in der Ökobilanz günstige Werte auf. In einer umfassenden Forschungsstudie für das Landesamt für Umwelt wurde dieser Sachverhalt überzeugend dargestellt.

Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden

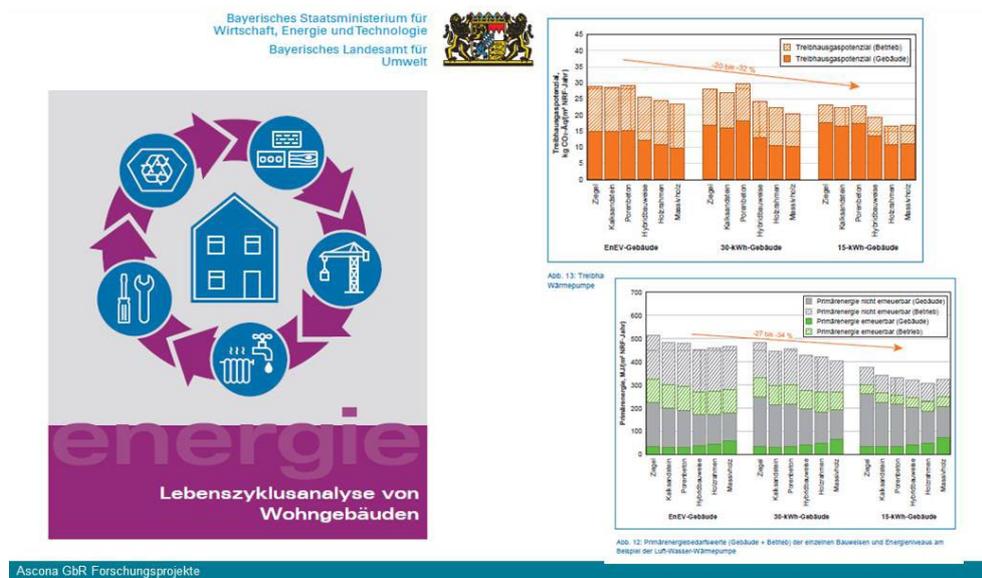


Abbildung 2-1: Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden

3. Das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude QNG

Nach 12 Jahren Zertifizierung und Prüfung der Ökobilanz als Steuerungsinstrument für Umweltbelastungen wurde deren Anwendung im Juni 2021 in die Bauförderung übernommen. Mit diesem Schritt werden die staatlichen Bemühungen von dem Fokus der energetischen Qualität eines Gebäudes erweitert auf die graue Energie bzw. die grauen Emissionen bei der Errichtung, Instandsetzung und Beseitigung des Gebäudes.

3.1. Die QNG-Regeln

Zur Teilnahme an dem Förderpaket hat der Gesetzgeber einige Anforderungen formuliert, wobei zwischen der Nutzungskategorie «Wohnungsbau» und «Nichtwohnungsbau» Unterschiede bestehen.

Wohnungsbau:

Das Gebäude muss durch ein vom Siegelgeber **registriertes Bewertungssystem zertifiziert sein**. Dies bedeutet, dass das Gebäude die Mindestanforderungen dieser Systeme erfüllen muss. Anerkannt sind im Moment folgende Systeme:

- **DGNB Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen**
- **NaWoh Nachhaltiger Wohnungsbau**
- **BNK Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnbau**

Nichtwohnungsbau:

Das Gebäude muss durch ein vom Siegelgeber **registriertes Bewertungssystem zertifiziert sein**. Dies bedeutet, dass das Gebäude die Mindestanforderungen dieser Systeme erfüllen muss. Anerkannt sind im Moment folgende Systeme:

- **DGNB Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen**
- **BNB Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BUND)**

Nach dem Durchlauf durch das gewählte Zertifizierungssystem müssen weitere Anforderungen erfüllt werden.

Wohnungsbau:

Das Qualitätssiegel hat bei vier Kriterien eigene Anforderungen, die erfüllt werden müssen:

- **Ökobilanz**
- **Barrierefreiheit**
- **Schadstoffvermeidung in Baumaterialien**
- **Nachhaltige Materialgewinnung**

Folgende **Regeln** sind zu berücksichtigen:

- Es wird ein **Nutzerstrom mit 20 kWh/m²*a** pro m² behandelte Fläche angesetzt.
- Es wird ein **Sockelbetrag** für die Grundinstallation der Haustechnik angesetzt.
- Die **Effizienz der PV-Anlage** wird standortgerecht berücksichtigt. Der Eigenverbrauch des erzeugten Stroms wird berücksichtigt.

Es gilt die Erfüllung der Anforderungen für zwei Bewertungsniveaus nachzuweisen:

- **QNG-Plus**
- **QNG-Premium**

Nichtwohnungsbau:

Das Qualitätssiegel hat bei vier Kriterien eigene Anforderungen, die erfüllt werden müssen:

- **Ökobilanz**
- **Barrierefreiheit**
- **Schadstoffvermeidung in Baumaterialien**
- **Nachhaltige Materialgewinnung**

Folgende **Regeln** sind zu berücksichtigen:

Es gilt das **Referenzmodell des GEG**, aber modifiziert:

- Es wird ein **Nutzerstrom** differenziert nach Nutzungskategorie und der Aufzugsstrom ermittelt
- Es wird ein **Sockelbetrag für die Grundinstallation der Haustechnik** angesetzt.
- Die **Effizienz der PV-Anlage** wird standortgerecht berücksichtigt. Der Eigenverbrauch des erzeugten Stroms wird berücksichtigt.

Es gilt die Erfüllung der Anforderungen für zwei Bewertungsniveaus nachzuweisen:

- **QNG-Plus**
- **QNG-Premium**

Benchmark QNG - Wohnungsbau			Legep [®] <small>bauen • berechnen • betreiben</small>	
Module		Bezugs- fläche	Niveau I PLUS	Niveau II PREMIUM
			Normal EH 55	Gehoben EH 40 PLUS mit Speicher
Gesamter Lebenszyklus	Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m²*a	NRF	96	64
	Treibhausgaspoten- zial in kg CO₂/m²*a	NRF	28 reduziert auf 24 ab 1.1.2023	20

Abbildung 3-1: Benchmark QNG für Wohngebäude

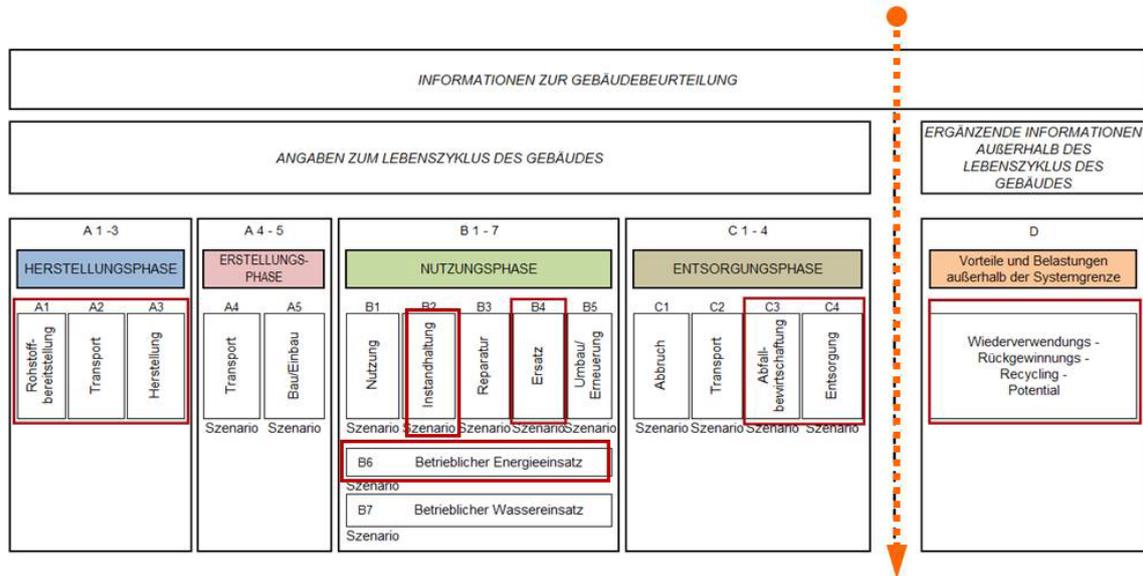
3.2. Vorgehensweise bei der Berechnung

Zur Erstellung der Ökobilanz werden verschiedene Datenbanken und Informationsmittel benötigt:

- Die Datenbank ÖKOBAUDAT
- Die Informationsdatenbank WECOBIS
- Die Tabelle Nutzungsdauern von Bauteilen
- Umweltproduktdeklarationen EPDs vom Institut Bauen und Umwelt

Bisher noch nicht bei den üblichen Baudaten berücksichtigt ist die Lebenszyklusbetrachtung. Diese beinhaltet folgende Module:

Ökobilanz: Lebenszyklusphasen



Ascona GbR Forschungsprojekte

Abbildung 3-2: Module des Lebenszyklus von Gebäuden

3.3. Ergebnis der Berechnung

Die nachfolgende Abbildung zeigt das Ergebnis einer Berechnung für ein Wohngebäude mit zwei Geschosswohnungen. Das Gebäude wurde in der Primärkonstruktion als Massivholzgebäude errichtet, Beheizung über Wärmepumpe. Zusätzlich ist eine mittlere PV-Anlage mit Speicher installiert.

Einfamilienhaus, gehobene Bauweise, KfW 40, nicht gekühlt, WP, mittlere PV-Anlage mit Speicher

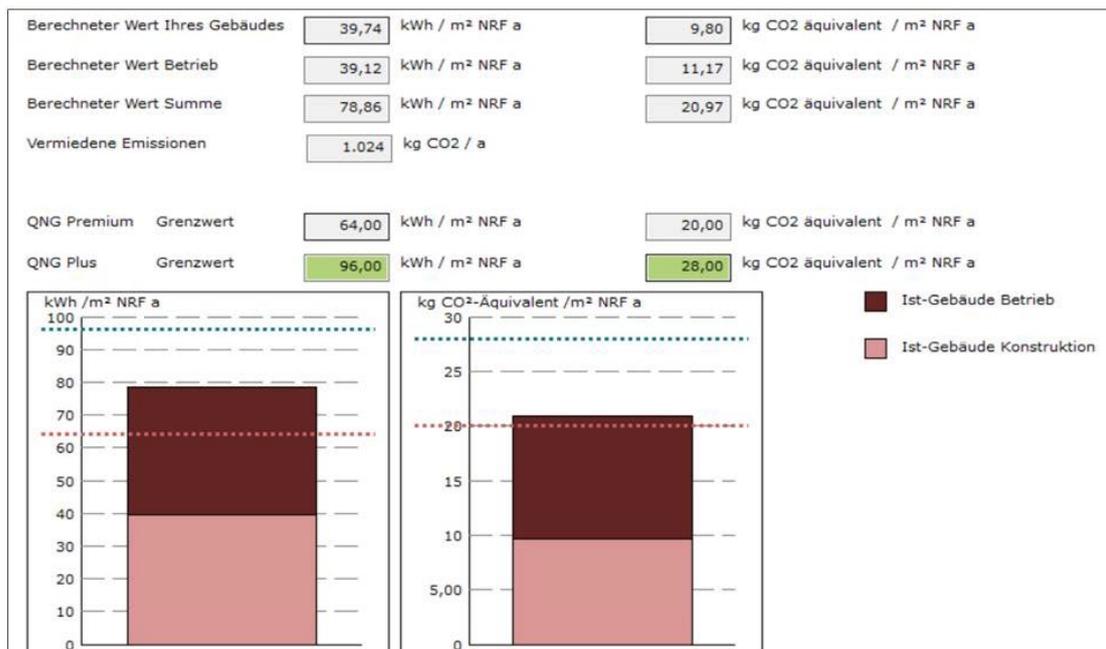


Abbildung 3-3: Ergebnis QNG-Berechnung

Immobilienwirtschaft | Green Deal | Holzbau

Holzwohnbau-Studie: Großvolumiger Wohnungsbau in Holzbauweise – Kosten / Kostenvergleich D-A-CH

Ludger Dederich
Hochschule Rottenburg
Rottenburg/Neckar, Deutschland
zusammen mit
Holger Wolpensinger, HS Rottenburg
Stephan Klein, HS Rottenburg



Holzwohnbau-Studie: Großvolumiger Wohnungsbau in Holzbauweise – Kosten / Kostenvergleich D-A-CH

1. Einleitung

In den europäischen Ballungszentren mangelt es an Wohnraum, allein deutschlandweit fehlen etwa 1,5 Millionen Wohneinheiten (WE). Aus diesem Grund hat die Bundesregierung als Ziel formuliert, landesweit jährlich 400.000 WE zu errichten. Gleichzeitig sieht der Klimaschutzplan der Ampelregierung einen deutlichen Rückgang der Gebäudeemissionen von 209 auf 67 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten bis 2030 vor, was einer Emissionsminderung von 68 % seit 1990 entsprechen würde. Auch andere europäische Länder haben sich verpflichtet, weitreichende Klimaschutzziele umzusetzen. Vor diesem Hintergrund setzen viele der am Bau Beteiligten neben dem energieeffizienten Bauen und dem Einsatz erneuerbarer Energien zunehmend auf den nachwachsenden Baustoff Holz.

Weltweit existieren mittlerweile zahlreiche Hochhäuser in Holzbauweise, die mit zum Teil deutlich mehr als 10 Geschossen das technische Potenzial dieses Baustoffs aufzeigen. Als Beispiel sei auf den 18-geschossigen «Mjøstårnet» im norwegischen Brumunddal verwiesen, der in Holz-Skelettbauweise als Multifunktionsgebäude mit Hotelbetrieb und Büros realisiert wurde und mit Blick auf den Brandschutz den geltenden Sicherheitsanforderungen entspricht.

Doch wie ist es mit Blick auf die Ambition der Politik jenseits der Leuchtturmprojekte um die Erstellung und Verdichtung ganzer Wohnsiedlungen mit mindestens 100 WE bestellt? Neben rechtlichen und technischen Fragestellungen zur Tragwerksplanung, zum Brand- und Schallschutz stellt sich bei diesen großvolumigen Projekten zudem die Frage nach Erfahrungen hinsichtlich der Erstellungskosten.

Ist die Entwicklung eines Wohnquartiers in Holzbauweise oder die Nachverdichtung bestehender Strukturen tatsächlich teurer als eine konventionelle Ausführung in mineralischer Bauweise? Und welche weiteren, nicht unbedingt auf den ersten Blick identifizierbaren Argumente gibt es zudem für kommunale oder private Akteure der Wohnungswirtschaft, Wohnraum in Holzbauweise zu realisieren und bereitzustellen? Diesen Fragen geht seit Anfang 2021 die *Baukosten-Studie zu großen Holzbausiedlungen und -quartieren in Europa* (kurz *Holzwohnbau-Studie*) nach, die im Zuge des Förderprogramms *Zukunft Bau* aus Mitteln des Bundesbauministeriums finanziert wird. Im Rahmen der Studie wird vor allem untersucht, wie Holzbauweisen im Segment der Wohnsiedlungen und Stadtquartiere weiter etabliert werden können, um das Angebot von großvolumigen Wohnungsbauprojekten um eine umwelt- und klimafreundliche Variante im Sinne der notwendigen Bauwende zu erweitern. Deshalb werden zusätzlich zur Erfassung der Erstellungskosten bereits realisierter Siedlungs- und Quartiersprojekte in Holz- und Holzhybridbauweise systematisch die Beweggründe der Bauherren bzw. Investoren erfasst und ausgewertet. Umfangreiche Recherchen zum Stand der Forschung haben gezeigt, dass bis dato keine wissenschaftlichen Studien über die zu Siedlungen und Stadtquartieren in Holzbauweise aufgeworfenen Fragestellungen existieren. Die Klärung dieser Fragen hat definitiv an Relevanz gewonnen, da die Rechercharbeit deutlich zeigt, dass insbesondere die Verantwortlichen kommunaler Wohnungsbauunternehmen verstärkt auf Holzbauweisen zur Bewältigung der Wohnraumnachfrage setzen und entsprechende Vorhaben umsetzen wollen – und zuweilen auf Grund politischer Entscheidungen in den Städten und Gemeinden auch umsetzen müssen.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse sind insofern vorläufig, als dass die Studie erst Ende 2022 fertiggestellt wird.

2. Projektrecherche und Dokumentation großvolumiger Projekte in Deutschland und Europa

Die Untersuchung war ursprünglich auf die Evaluierung von etwas mehr als 30 Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holz- und Holzhybridbauweise mit mindestens 100 Wohneinheiten ausgelegt, die zusammen 7.144 WE umfassen (davon 16 Vorhaben in Deutschland mit 3.862 WE). Aufgrund systematischer und weitergehender Recherchen im europäischen Raum, die im Vorfeld der Studie in dieser Intensität nicht möglich waren, konnten bislang etwas mehr als 80 weitere Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holz- und Holzhybridbauweise in Europa identifiziert werden, davon 31 weitere Projekte in Deutschland. Zu Beginn der Forschungsarbeit war dieses Volumen nicht absehbar, weil davon ausgegangen wurde, im Zuge der Vorrecherchen bereits den überwiegenden Teil der wesentlichen realisierten bzw. in Planung befindlichen Projekte erfasst zu haben.

Aktuell sind 118 Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holzbauweise mit mehr als 100 Wohneinheiten in Europa erfasst, von denen 83 Projekte bis 2022 fertiggestellt sind. 76 Projekte befinden sich in der D-A-CH-Region (D = Deutschland; A = Österreich; CH = Schweiz), 19 Projekte im skandinavischen Raum sowie 23 Projekte in anderen europäischen Ländern (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Regionale Verteilung der recherchierten Wohnsiedlungen und Stadtquartiere in Holz- und Holzhybridbauweise mit mehr als 100 Wohneinheiten

	Projektanzahl	Wohn- bzw. Nutzungseinheiten
D A CH	76	25.141
Skandinavien (DK, FI, S, N)	19	7.242
Sonstige (I, F, GB, NL, LV,)	23	6.822
Summe	118	39.205

Abbildung 1 zeigt die identifizierten Projekte und Quartiere, differenziert nach ihrer Größe (Anzahl WE) und dem Jahr der Fertigstellung. Im Rahmen von Projektrecherche und Dokumentation wurde für die bislang realisierten Projekte in Deutschland jeweils ein Steckbrief angelegt, der im Rahmen eines Abschlussberichts Ende 2022 veröffentlicht wird.

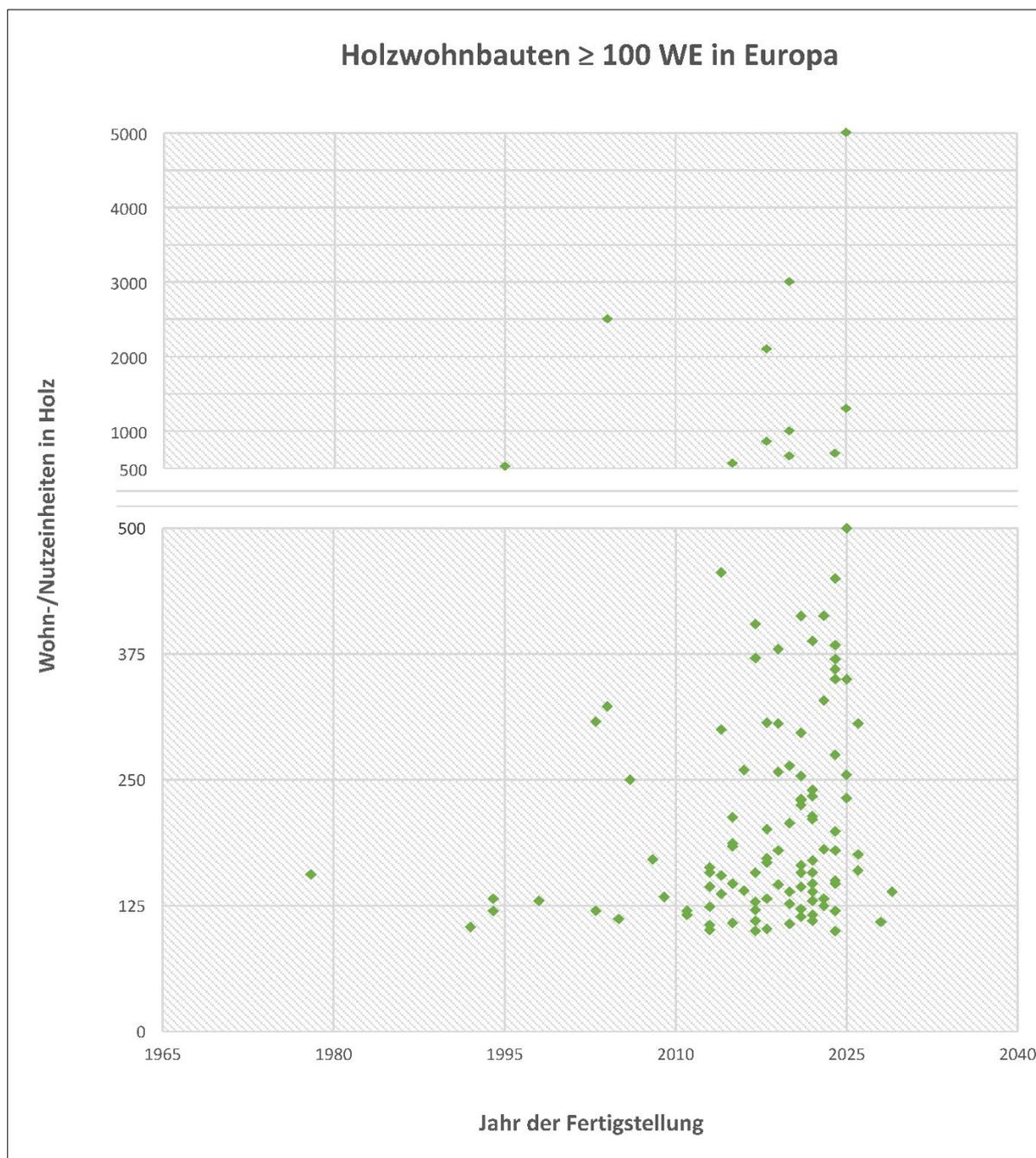


Abbildung 1: Datenwolke der untersuchten Projekte und Quartiere, differenziert nach Größe (Anzahl WE) und Jahr der Fertigstellung

Veröffentlicht sind die recherchierten und systematisch untersuchten Holzbauprojekte zudem auf einer eigenen Webseite des Forschungsvorhabens unter www.holzwohnbau.eu. Darüber hinaus ist für Ende 2022 eine Publikation in der Schriftenreihe des Informationsdienstes Holz geplant, in der die Studienergebnisse für die Fachöffentlichkeit aufbereitet werden.



Abbildung 2: Beispiel für großvolumigen Holzwohnbau: Holzbausiedlung im Prinz-Eugen-Park, München (Foto: Johann Hartl)

2.1. Methodischer Ansatz

Im Fokus der Untersuchung standen Projekte mit überwiegender Wohnnutzung, also solche, bei denen die Nutzfläche zu mindestens 60% für Wohnzwecke genutzt wird. Als Sonderformen des Wohnungsbaus wurden Beispiele für studentisches Wohnen und Hotels berücksichtigt. Dabei handelt es sich um Nutzungen, die der Wohnnutzung ähnlich sind, unabhängig davon, dass für diese abweichende ordnungsrechtliche Voraussetzungen gelten (hier für Beherbergungsstätten). Reine Büro-, Gewerbe- oder Industriebauten wurden in der Arbeit grundsätzlich nicht betrachtet.

Unterscheidung Quartiere, Siedlungen, Gebäude

Die ursprüngliche typologische Klassifizierung der Quartiere und Siedlungen wurde zusätzlich um (Einzel-)Gebäude erweitert. Entsprechend dieser Klassifizierung entfallen 61 der bislang 118 zu untersuchenden Projekte auf Wohnsiedlungen (47 realisierte), zu denen 22 urbane, i.d.R. nutzungsgemischte Quartiere (10 realisierte) kommen sowie 35 große Einzelgebäude (24 realisierte), die jeweils mehr als 100 WE umfassen.

Große Wohnungsbauprojekte / Vorhaben mit mehreren Bauabschnitten

Eine besondere Herausforderung stellte die Handhabung großer Quartiere oder Siedlungen dar, da diese häufig mehrere Teilvorhaben umfassen. Dies ist bspw. bei den Vorhaben *Mühlweg* in Wien oder *Prinz Eugen-Park* in München der Fall.

Großprojekte dieser Art zeichnen sich dadurch aus, dass für diese städtebaulich jeweils nur ein Plangebiet ausgewiesen wurde, welches in baulich und gestalterisch unterschiedliche Teilflächen aufteilt ist. Um diese Großprojekte adäquat zu erfassen, wurden sie entsprechend ihrer einzelnen Bauabschnitte in einem gemeinsamen Steckbrief zusammengefasst dargestellt und teilweise mit Fotogalerien dokumentiert.

Die Erfassung der Baukosten der großen Quartiere bzw. Siedlungen mit mehreren Bauabschnitten erfolgte in zwei Schritten: Zuerst wurden die Baukosten der einzelnen Bauabschnitte ermittelt, um dann einen Durchschnittswert für das Gesamtvorhaben ermitteln zu können.

2.2. Zeitliche Zuordnung der Projekte

Insgesamt wurden die Siedlungen und Stadtquartiere für die Bearbeitung drei Kategorien in Bezug auf die Umsetzungszeiträume zugeordnet:

- die Kernprojekte, die zwischen 2010 und 2022 fertiggestellt wurden oder werden,
- die Pionierprojekte, die vor bzw. bis 2009 realisiert wurden, und
- die Projekte in Planung und Umsetzung, die erst nach 2022 fertiggestellt werden.

Für alle Projekte wurden Umfang, Geschoszahl, Holzbauweise sowie weitere Daten erfasst. Auf diese Weise wurde über den gesamten betrachteten Zeitraum hinweg die holzbauspezifische technische Entwicklung dokumentiert und die Projekte entsprechend klassifiziert. Eine umfassende Recherche der Baukosten mit Verifizierung und Jahres- und Regionalfaktoren erfolgte jedoch ausschließlich für die Kernprojekte. Für die Projekte in Planung und Umsetzung liegen naturgemäß die notwendigen Daten noch nicht verlässlich vor, für die Pionierprojekte vor 2010 konnten die Angaben für die aktuelle Fragestellung nicht mehr hinzugezogen werden, da sich seitdem einerseits der Wohnungsmarkt deutlich verändert hat, andererseits die Holzbautechnologie intensiv weiterentwickelt wurde.

Aufgrund der Kategorisierung lassen sich weitere forschungsleitende Fragen ableiten. So geht der EU-Ländervergleich der Frage nach, wo sich die Projekte befinden. Gibt es nennenswerte Unterschiede? Gibt es eine Häufung der Projekte in einzelnen Ländern oder Länderregionen (D-A-CH? Skandinavien)? Welche unterschiedlichen Voraussetzungen sind in diesem Zusammenhang relevant (Baukultur? Bauordnungsrecht)?

Eine Größenanalyse geht der Frage nach, wie sich die Projekte hinsichtlich ihrer Volumina im Dekadenvergleich entwickelt haben, und welche Projekte welcher Größe und in welchen Phasen entstanden sind.

Eine Akteursanalyse widmet sich der Frage, ob es unter den etwa 100 Kontakten zu Projektbeteiligten (Investition, Projektentwicklung, Architektur, Holzbauplanung usw.) solche gibt, die mehrfach an Projekten beteiligt sind. Eine weitere Frage widmet sich der Gestaltung von Finanzierung und / oder Förderung der einzelnen Bauvorhaben.

3. Kosten der Herstellung

In den Vorrecherchen zu dieser Studie zeigte sich, dass die Baukosten in (Fach-) Veröffentlichungen häufig wenig präzise benannt werden. Selten sind Angaben dahingehend, welche Baukosten genau gemeint sind. Ob es sich also um die Netto- oder Bruttoangaben handelt, welche Kostengruppen berücksichtigt wurden, oder ob es die Bruttowohn-, Nettowohn- oder Nutzflächen sind, auf die sich die Kostenangaben beziehen, wurde und wird oft nur unzureichend dargestellt.

Bei Recherchen zum Stand der Forschung konnten aktuelle Studien hinzugezogen werden, die die Baukosten vergleichbarer Gebäudetypen unterschiedlicher Materialität (Holzbauweise im Vergleich zu mineralischen Bauweisen) miteinander vergleichen. So stellt eine Studie der Firma Rhomberg Bau einen Unterschied der Erstellungskosten von 0,6 % zwischen Holz- und mineralischer Bauweise fest. Ein weiteres Vorhaben, das diesem Vergleich dienen könnte, ist die das Vorhaben *Johannisgärten* in Berlin, deren Ergebnisse bisher nicht öffentlich zugänglich sind. Dort wurden baugleiche Gebäude in verschiedenen Bauweisen errichtet. Von insgesamt 314 WE wurden 114 WE in Holzhybridbauweise realisiert, die übrigen in mineralischer Bauweise.



Abbildung 3: Beispiel für großvolumigen Holzhybridbau: Studierendenwohnanlage «Siepenfeld», Bochum (Foto: Sigurd Steinprinz)

Im Vordergrund der Kostenanalyse standen die Erstellungskosten der Vorhaben in D, die zwischen 2010 und 2022 realisiert wurden. Dabei wurden – sofern diese Angaben ermittelt werden konnten – jene zu den Kostengruppen (KG) 300 und 400 erfasst, bezogen auf die Brutto- und Nettogeschossfläche (in Euro/m²).

Untersucht wurde weiterhin, ob Fördergelder eine Rolle gespielt haben, ob Unterschiede aufgrund der verschiedenen angewandten Holzbauweisen festzustellen waren, oder ob es bestimmte Bauweisen gibt, die sich als besonders kostengünstig bzw. preiswert eignen. In Anknüpfung an bestehende Studien (z.B. der Firma Rhomberg Bau) wurden zudem die Baukosten von Siedlungen und Quartieren in Holzbauweise mit mineralischen Projekten eines vergleichbaren Baustandards verglichen.

Die bislang durchgeführte Datenerhebung erbrachte keinen Hinweis darauf, dass für Bauvorhaben in Holzbauweise generell Mehrkosten von 10 bis 15 % gegenüber mineralisch errichteten Gebäuden anzusetzen sind. Da die Analyse der Projektkosten (KG 300 und 400) zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Beitrags noch nicht abgeschlossen war, sei an dieser Stelle auf den Abschlussbericht verwiesen, der Ende 2022 auf der Homepage des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) unter der Rubrik «Veröffentlichungen» erscheinen wird (siehe www.zukunftbau.de).

4. Motive für die Nutzung von Holz als wesentlichen Baustoff

Neben der Ermittlung der Baukosten wurden im Rahmen der Studie jene Optimierungspotentiale im Bereich von Planung, Genehmigung und Realisierung untersucht, die künftig zu einem vermehrten Einsatz von Holz in der Wohnungswirtschaft führen können. Die entsprechenden Motive der Projektbeteiligten bzw. -verantwortlichen in Hinblick auf die Frage, warum der Baustoff Holz als wesentlicher Baustoff gewählt wurde, wurden in einem zweistufigen Verfahren Befragungen durchgeführt.

Zum einen wurde Mitte 2021 eine Umfrage in Form einer Multiple Choice-Abfrage mit 11 Fragestellungen durchgeführt, die sich in erster Linie an die Hauptbeteiligten der untersuchten Holzwohnbau-Projekte im deutschsprachigen Raum richtete. Bei den Fragen standen die Argumente und Vorbehalte im Vordergrund, die üblicherweise für oder gegen das Bauen mit Holz sprechen. Die Fragen zielten zudem auf erste Anhaltspunkte zu den Erstellungskosten der Holzwohnbauten sowie auf mögliche Vorteile der Holzbauweise gegenüber mineralischen Bauweisen aus Sicht der an den Projekten Beteiligten ab. Von 102 angefragten Projektbeteiligten lagen letztendlich 26 Rückmeldungen vor.

Ergänzend zu der Multiple Choice-Umfrage wurden von den recherchierten Vorhaben Beteiligten drei ausgewiesene Akteure aus Wohnungswirtschaft und Tragwerksplanung im Zuge qualitativer Interviews zu ihren Motiven bzw. Erfahrungen befragt. Durchgeführt wurden die Interviews in der ersten Jahreshälfte 2022 statt und vertieften bzw. ergänzten die Ergebnisse der Multiple Choice-Umfrage.

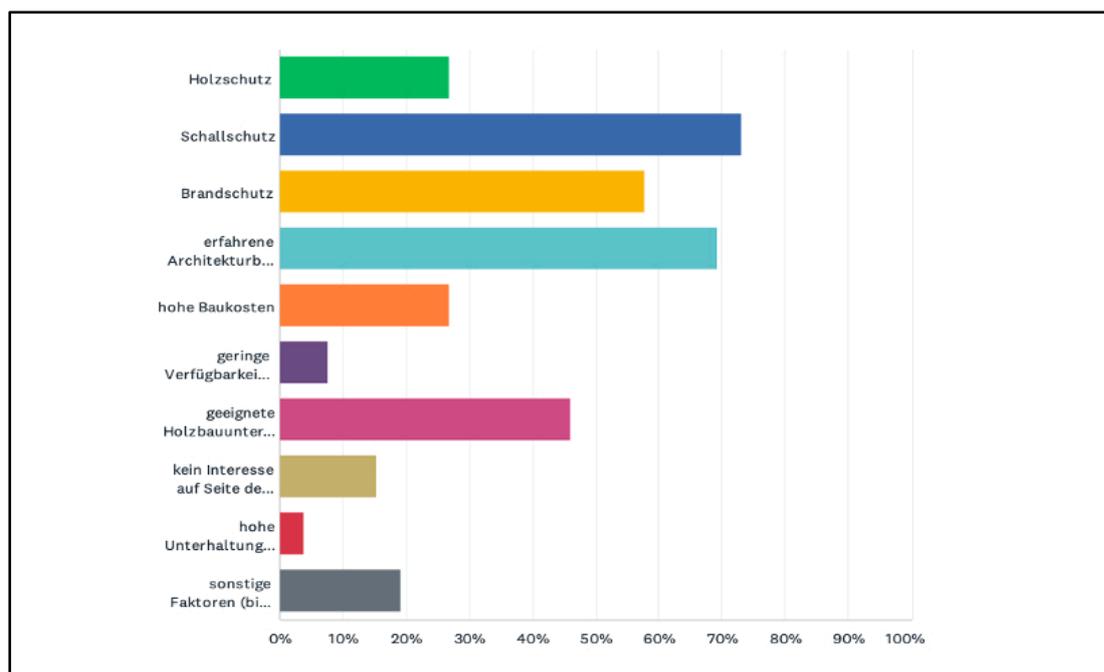


Abbildung 4: Beispiel aus der Auswertung der Multiple Choice-Umfrage; hier zu der Fragestellung: Welche der folgenden Faktoren sind Ihrer Meinung nach bei der Planung und Ausführung von Bauvorhaben in Holzbauweise besonders kritisch?

4.1. Schlussfolgerungen aus der Multiple Choice-Umfrage

Die Multiple Choice-Umfrage zu den Motivationen und Hindernisse für den Holzbau sowie zu den Erstellungskosten großvolumiger Wohnungsbauvorhaben in Holzbauweise lassen drei Schlussfolgerungen zu:

- Expertenwissen:
Die 102 befragten Akteure wurden ausschließlich aus jenen Unternehmen generiert, die an der Realisation der Wohnbauten und -quartieren beteiligt waren, die Gegenstand dieser Studie waren. Insofern ist davon auszugehen, dass ein überwiegender Teil der Befragten zumindest über grundsätzliche Kompetenzen bezüglich des Bauens mit Holz verfügt, welches vor allem bei den Fachplanern technisch ausgerichtet ist.
- Zustimmung für den Holzbau:
Obwohl die befragten Akteure mehrheitlich die Holzbauweise als teurer im Vergleich zu einem entsprechenden Vorhaben in mineralischer Bauweise einschätzten, würde die überwiegende Anzahl der befragten Akteure in Zukunft wieder Vorhaben in Holzbauweise realisieren.
- Optimierungspotential:
Die an der Multiple Choice-Umfrage Beteiligten attestierten den verschiedenen zur Anwendung gekommenen Holzbauweisen erhebliches Optimierungspotential. Dieses Potential wird sowohl bezogen auf die Erstellungskosten als auch auf die Möglichkeiten der Rationalisierung von Planung und Umsetzung gesehen. Dazu kommt ein erhebliches ökologisches Potenzial, welches den Holzbauweisen seitens der befragten Akteure bescheinigt wurde.

4.2. Schlussfolgerungen aus den qualitativen Interviews

Die Umsetzungsempfehlungen deuten an, wie dieses Rationalisierungspotential gehoben werden könnte. Die Analyse der quantitativen Interviews zeigt vor allem vier Faktoren, die seitens der interviewten Experten hervorgehoben wurden: *Standardisierung und Serialität, Baupartnering, BIM und Vorfertigung* sowie *Holzbaukompetenz*. Diese Hinweise können als grundsätzliche Schlüsselfaktoren einer weiter optimierten Planung und Herstellung großvolumiger Wohnungsbauvorhaben in Holzbauweise interpretiert werden:

- **Standardisierung und Serialität:**
Hinsichtlich Raumprogramm bzw. Bautechnik standardisierte Bauvorhaben könnten den Planungsprozess vereinfachen und verkürzen sowie die Erstellungskosten deutlich senken. Die in diesem Zusammenhang genannten Aspekte sind die Serialität und der Rückgriff auf bereits realisierte bautechnische Lösungen sowie Wohnungsgrundrisse. Rationalisierung lasse sich zudem durch so genannte Typengenehmigung von Holz- und Holzhybridgebäuden seitens der Bauaufsicht erreichen, was eine zügigere und planungssichere Bauabwicklung zur Folge hätte.
- **Baupartnering / Bauteam:**
Beim Baupartnering finden projektbezogene Teams der am Bau Beteiligten einschließlich der Ausführenden bereits in einer frühen Planungsphase zusammen. Auf diese Weise könnten die Kompetenzen der Planenden und die Besonderheiten der Fertigungs- und Montageprozesse der ausführenden Holzbauunternehmen frühzeitig berücksichtigt und zusammengeführt werden. Dieses Vorgehen könne zu einer Kostensenkung von 10 % bis 25 % führen. Seitens der Befragten wurde betont, dass das Prinzip des Baupartnerings bzw. des Bauteams für die Realisierung von großvolumigen Holzbauten zwingend erforderlich sei, um bezüglich der Qualität und der Kosten zielgerichtet zu erfolgreichen, d.h. wettbewerbsfähigen Ergebnissen zu gelangen.
- **BIM und Vorfertigung:**
Ein weiterer Aspekt mit einem Rationalisierungspotenzial sei die konsequente Nutzung des Building Information Modeling (BIM). Die in diesem Zusammenhang erzeugten Planungsdaten stehen in direkter Verbindung mit der Produktion der Holzbauelemente und werden für einen optimierten Abbund bzw. eine optimale CNC-Bearbeitung im Zuge der Vorfertigung als geradezu zwingend notwendig angesehen. BIM ermögliche und vereinfache zudem die CO₂-Betrachtung bzw. Bilanzierung innerhalb der Herstellphase des Gebäudes. Bezüglich der Vorteile der Vorfertigung nannten die Experten die Schnelligkeit und Sauberkeit, mit der die Holzbauelemente auf der Baustelle montiert würden (mit entsprechenden Zeit- und Qualitätsvorteilen gegenüber mineralischen Bauweisen).
- **Holzbaukompetenz:**
Betont wurde mehrfach, hinsichtlich Architektur und Tragwerks- bzw. sonstiger Fachplanung auf Akteure mit ausreichender Holzbaukompetenz zurückgreifen zu können. Entsprechenden Kenntnissen und Erfahrungen seien in Österreich, der Schweiz und im süddeutschen Raum gegeben. In den übrigen Regionen Deutschlands sei es im Unterschied dazu nicht einfach, entsprechende Kompetenzen und Qualifikationen zu identifizieren.

Weitere Hinweise und Empfehlungen:

- Verbesserung der Koordination zwischen den Gewerken von Holz- und Betonbau;
- Beachtung der neuen Anforderungen des GebäudeEnergiegesetzes (GEG 2020) sowie der Energieeffizienz über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes;
- Berücksichtigung robuster und langlebiger Holzbauteile;
- Verwendung holzsparender Bauweisen (z.B. Holztafelbauelemente) in Hinblick auf eine mögliche künftige Holzverknappung in Europa und weltweit.

Abschließend sei angemerkt, dass das Wissen um die Relevanz der oben genannten Schlüsselfaktoren für ein optimiertes und rationelles Bauens mit Holz noch nicht flächendeckend bei den Akteuren und Verantwortlichen bekannt ist. Die vorliegende Forschungsarbeit möchte u.a. einen Beitrag dahingehend leisten, die bereits vorhandenen Holzbaukenntnisse und -erfahrungen unter den Architekten, Fachplanern und (Holz-) Bauunternehmen innerhalb der gesamten Bau- und Wohnungswirtschaft zu vermitteln.

5. Literatur (Auszug)

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Das neue Klimaschutzgesetz – Jahresemissionsmengen nach Bereichen bis 2030; https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Bilder_Sharepics/mehrklimaschutz/sectorziel_e_emissionen.pdf; abgerufen am 13.09.2022
- [2] Bundesregierung (2021): Koalitionsvertrag. Berlin
- [3] Cheret, Peter et al. (2013): Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe. Berlin
- [4] Dangel, Ulrich (2010): Nachhaltige Architektur in Vorarlberg. Basel/DETAIL Atlas (2017): Mehrgeschossiger Holzbau. München
- [5] DETAIL (2014): Holz. Traditioneller Baustoff für die Architektur der Zukunft. München
- [6] Djahanschah, Sabine, u. Hafner, Annette, u. Seidel; Arnim (2020): Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park. Düsseldorf
- [7] Gauzin-Müller, Dominique (2011): Ökologische Architektur in Vorarlberg. Basel
- [8] Jacob-Freitag, Susanne, u. Lennartz, M. Wilhelm (2016): Neues Bauen mit Holz. Basel
- [9] Karjalainen, Markku, u. Patakoski, Riku (2007): Kotina puinen kaupunkikylä – esimerkkejä Moderneista puukaupungeista (Wooden urban villages – examples of Modern Wooden Towns). Helsinki
- [10] Kaufmann, Hermann (2011): Bauen mit Holz: Wege in die Zukunft. München
- [11] Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (o.J.): Nachuntersuchung der Modellvorhaben des Experimentellen Wohnungsbaus «Wohnungen in Holzbauweise». München
- [12] Oyarzun Fuentes, Paulina (1992): Holzbausiedlungen: Entwurfsgrundlagen für den Wohnungsbau. Stuttgart
- [13] Rhomberg Bau (2020): Im Holzbau auf dem richtigen Weg – erste Ergebnisse des Innovationsprojekts in der Wolfurter Lerchenstraße. Bregenz, Wolfurt
- [14] Winter, Wolfgang et al. (2005): Holzbauweisen im verdichteten Wohnungsbau. Stuttgart

roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus

Tobias Hertwig
Garbe Immobilien-Projekte GmbH
Hamburg, Deutschland



Roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus

1. Einleitung

Bei dem Projekt «Roots» handelt es sich um einen 19-geschossigen Holzturm, der derzeit in Hamburg gebaut wird. Mit einer Höhe von 65 Metern wird es den bisher höchsten Holzbau Deutschlands um mehr als 30 Meter übertreffen. Das Projekt umfasst 181 Wohneinheiten, Ausstellungsräume und die Verwaltung der Deutschen Wildtier Stiftung. Es wird durchgehend mit Massivholzdecken und tragenden Wänden aus Holz gebaut. Diese Bauweise trägt erheblich zur Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks bei der Errichtung bei, begrenzt die Lärmemissionen beim Bauen und schafft ein gesundes Raumklima.

2. Innovationen

Als höchstes im Bau befindliches Holzhochhaus Deutschlands verfolgt der 65 Meter hohe Wohnturm unter Berücksichtigung ökonomischer und soziokultureller Faktoren einen umfassend nachhaltigen Ansatz mit ökologischen Baustoffen.

128 hochwertige Eigentumswohnungen und 53 geförderte Wohnungen sorgen für eine sozial gesunde Durchmischung der Bewohner. Die Grundrisse sind vielfältig und erfüllen unterschiedliche Nutzerbedürfnisse. Alle Wohnungen bieten von den umlaufenden Galerien und Loggien einen einzigartigen Blick auf den Hafen, die HafenCity oder die Innenstadt. Glasschiebeelemente schützen vor Wind und Wetter.

Treffpunkte, wie ein großer Yogaraum oder ein begrünter Innenhof, schaffen ein besonderes Gemeinschaftsgefühl und sind Orte der Begegnung, des Spielens und der Entspannung. Ein Concierge-Service kümmert sich um die Wünsche der Bewohner und hilft bei täglichen Besorgungen.

2.000 m² Ausstellungsfläche der Deutschen Wildtierstiftung zum Thema Naturschutz und Tierwelt sollen die Menschen für Natur, Artenvielfalt und deren Schutz begeistern und ein spielerisches und lehrreiches Erlebnis für alle Altersgruppen bieten. Die Nutzung dieser Flächen steht im logischen Kontext mit der ökologischen Aussage des Hauses.

Unter der Leitung und Federführung des Projektentwicklers Garbe Immobilien-Projekte GmbH zeichnete das Hamburger Büro Störmer, Murphy & Partners für die Architektur verantwortlich. Die Tragwerksplanung erstellte das Ingenieurbüro Assmann Beraten und Planen. Ausführendes Holzbauunternehmen ist die Firma Rubner aus Augsburg.

3. Umweltqualitäten und Nachhaltigkeit

Das «Roots» ist als Holzkonstruktion konzipiert. In den Obergeschossen sind alle tragenden Bauteile in Holzbauweise ausgeführt – lediglich Untergeschoss, Erdgeschoss und Erschließungskern sind als Stahlbetonkonstruktionen ausgeführt. Die Decken sind aus Brettsperrholz gebaut. Die tragenden Wände werden in Holzrahmenbauweise realisiert. Die werkseitige Vorfertigung der Wand- und Deckenelemente reduziert sowohl die Bau- und Montagezeit als auch die Lärmemission vor Ort und trägt so zu einer umweltschonenderen Bauphase bei. Im konventionellen Bau übliche Maßgenauigkeit wird durch die millimetergenaue Ausführung der Elemente bei Weitem übertroffen.

Beim Bau des «Roots» werden ca. 5.500m³ PEFC-zertifiziertes Konstruktionsholz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern verbaut – in deutschen Wäldern wächst so viel Holz alle 23 Minuten nach. Im Vergleich zu einem konventionell massiv errichteten Gebäude werden ca. 31% CO₂ (ca. 3.520 Tonnen) eingespart. Betrachtet man ausschließlich die Wohngeschosse beträgt die Einsparung sogar 56%.

Eine zweite Fassade aus Glas gewährleistet einen verbesserten UV-, Lärm- und Witterungsschutz. Diese Glashaut ist oberhalb der festverglasten Brüstungen der umlaufenden Galeriegänge und Loggien vollständig öffnbar und bietet den Bewohnern ein hohes Maß an Flexibilität.

Das Gebäude wird nach dem HafenCity Umweltzeichen im Platinstandard zertifiziert und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

Die herausragende Lage am Baakenhafen erlaubt fast allen Wohnungen einen direkten Bezug zur Elbe und dem gegenüberliegenden Baakenpark. Neben 181 Fahrradstellplätzen sind alle PKW-Stellplätze in der Tiefgarage (etwa 25% Carsharing) für E-Mobilität vorge-rüstet. Der ÖPNV ist in fußläufiger Entfernung zu erreichen. Dachflächen werden wo immer möglich begrünt.

4. Zusammenfassung

Mit seiner gut sichtbaren und exponierten Lage direkt am Hafenrand wird das ROOTS-Projekt als Leuchtturm für den Wandel in der HafenCity und darüber hinaus dienen. Das Haus leistet einen wichtigen Beitrag zur dringend benötigten Reduzierung der Kohlendioxidemissionen von Gebäuden und der Bauindustrie, die 36 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs ausmachen. Unsere Anstrengungen während des mühsamen Genehmigungsverfahrens – von der ersten Skizze bis zur Baugenehmigung dauerte es aufgrund der strengen deutschen Bauvorschriften fast 4 Jahre – werden hoffentlich den Weg für viele weitere Holzprojekte ebnen. Mit ihrem markanten Design und einem Drittel der Wohnungen als geförderte Mietwohnungen ist sie zudem ein gutes Beispiel für hochwertigen, bezahlbaren Wohnraum in zentraler urbaner Umgebung. Die Ausstellungsfläche der Deutschen Wildtier Stiftung im Erdgeschoss soll dazu beitragen, Menschen für den Schutz der Natur zu begeistern und das Umweltbewusstsein zu schärfen.



Abbildung 1: Roots – Panoramablick aus der 16. Etage



Abbildung 2: Roots – Bauphase Mai 2023



Abbildung 3: Roots – Deutschlands höchstes Holzhochhaus

Potenziale für den Holzbau aus Sicht eines Immobilienentwicklers

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

Dipl.-Ing. Bernhard Egert, MBA
Head of Timber Construction
UBM Development AG
Wien, Österreich



Potenziale für den Holzbau aus Sicht eines Immobilienentwicklers

1. Über UBM Development

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

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

Die UBM hat sich 2020 das Ziel gesetzt, zum führenden Projektentwickler im Holzbau zu werden. Seit 2021 arbeiten wir daran, einen wesentlichen Teil unserer zukünftigen Projekte in Holz- und Holzhybridbauweise zu projektieren und errichten.

Heute – per Q2 2023 – stehen wir bei einer Holz-Projektpipeline von über 250.000 m² Geschossfläche in über 10 Projekten. Damit entstehen bis 2026 zukunftsweisende Wohnungen und Büros aus Holz in Wien, München, Frankfurt, Mainz, Düsseldorf und Prag.

Mit dem «Timber Pioneer» errichtet die UBM das erste Bürogebäude in Holz-Hybrid-Bauweise mitten in Frankfurts neuem Europaviertel.

Im zweiten Wiener Gemeindebezirk wird das Stadtentwicklungsgebiet «LeopoldQuartier» auf einem Areal von 23.000 m² zur Gänze in Holz-Hybridbauweise errichtet. Geplant sind Wohnungen, City Apartments, gewerblich genutzte Flächen und ein Kindergarten mit einem gesamten Ausmaß von rund 75.000 m² Bruttogeschossfläche.

Neue Wohnbauprojekte in Wien, München und Prag sind in Vorbereitung und werden ebenso in Holzbauweise errichtet.

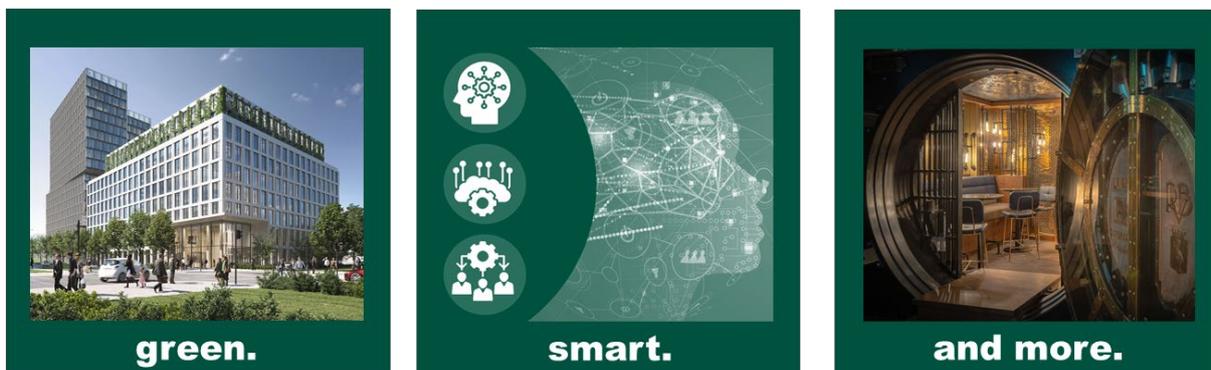


Abbildung 1: UBM Strategie *green.smart.and more.* [1]

2. Die 2020er Jahre – das grüne Jahrzehnt?

Aktuelle Krisen – Zukunftsfragen

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

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

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

Haben wir Antworten auf die Fragen von ...



- unseren Kindern:
Was machst Du persönlich dafür?
- unseren Aktionären:
Wie sind Gewinne, steigende Unternehmenswerte und nachhaltiges Wachstum erreichbar?
- unseren Stakeholdern:
Welche Rolle spielt euer Unternehmen dabei, die Pariser Klimaziele zu erreichen und wann ist es «Net Carbon Zero»?

Abbildung 2: Kinder für Klimaschutz

Die Immobilienwirtschaft trägt eine große Verantwortung

Die Bau- und Immobilienbranche ist für einen maßgeblichen Teil der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich. Rund 38% des weltweiten CO₂-Ausstoßes ist der Branche zuzuordnen. Davon entfallen rund 74% auf den Betrieb und rund 26% auf die Errichtung bzw. den Rückbau. Die Größenordnung, welche auf die klassischen Baumaterialien zuzuordnen ist, beläuft sich auf rund 2 Milliarden Tonnen CO₂ jährlich.

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

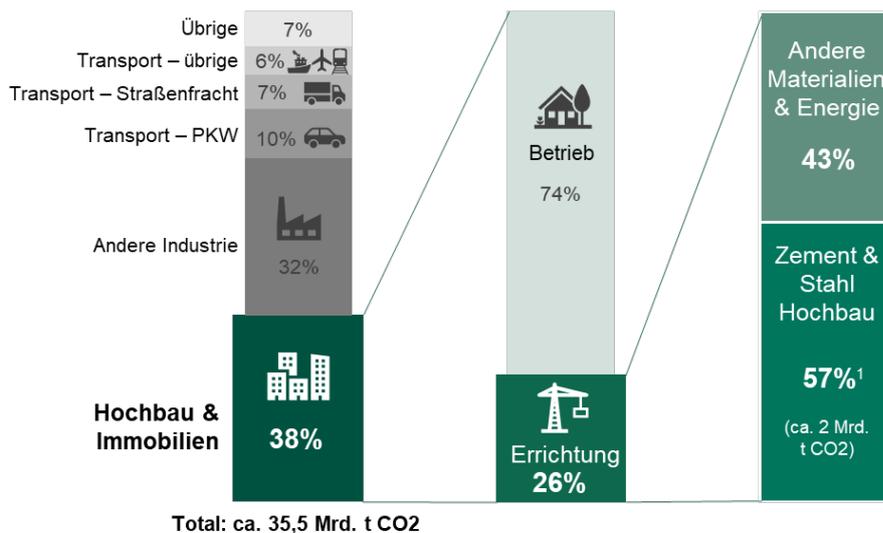


Abbildung 3: Globale CO₂-Emissionen [2]

Die Spielregeln verändern sich

Doch nicht nur das Wissen um die Problematik ist heute klarer als je zuvor, die Rahmen und Vorgaben für die Veränderungen nehmen konkrete Form an. Dies in einer Geschwindigkeit, die für viele in der Wirtschaft noch überraschend ist.

Rahmen- und Regelwerke sind bereits installiert und bekannt. Die Wichtigsten sind:

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Holz – der Baustoff für das 21. Jahrhundert

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

Von den eingangs erwähnten CO₂-Emissionen einer Immobilie werden rund 26% auf die Errichtungsphase bzw. den Bau und rund 74% dem Betrieb eines Gebäudes zugerechnet. Dies entspricht auch den Ergebnissen der Berechnungen der Ökobilanzen von Neubauprojekten im Portfolio der UBM.

Somit stellt sich die Frage, wo liegt der größte CO₂-Hebel im Bau und wo im Betrieb? Analysen zeigen, dass der größte Hebel bei der Wahl des Baumaterials liegt – und hier wiederum der Baustoff Holz eindeutig punktet:

- Holz ist ein nachwachsender Baustoff
- Holz speichert CO₂
- Holz erfordert geringere Transportwege

Durch den Einsatz von Holz als Baustoff im Hochbau kann der CO₂-Ausstoß in der Errichtungsphase in einer Größenordnung von 30-50% reduziert werden. Dies ist nach aktuellem Stand der Technik mit keinem anderen Baustoff möglich.

Die Vorteile des Baustoffes aus CO₂-Sicht liegen auf der Hand. Die technischen Eigenschaften von Holz sind hinlänglich wettbewerbsfähig gegenüber konventionellen Materialien. Sowohl die mechanischen Eigenschaften und die Brandbeständigkeit als auch die Langlebigkeit von Holz sind hinreichend nachgewiesen, sodass der Einsatz von Holz sowohl im Geschosswohnungsbau als auch im Gewerbebau als technisch gleichwertig konkurrenzfähig angesehen werden kann.

Holzbau trägt durch die CO₂-Speicherung im Holz nicht nur unmittelbar zur CO₂-Reduktion im Bau bei, sondern bewirkt auch eine Reihe von positiven Veränderungen in der gesamten Prozesskette:

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

Holzbau punktet hier zusätzlich ökologisch, sozial und monetär.

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

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



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

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

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



Abbildung 5: Holzquerschnitt

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

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

Wir sehen im Baustoff Holz den wesentlichsten Hebel zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes in der Errichtungsphase einer Immobilie und somit ganz klar Holz als Baustoff für das 21. Jahrhundert.

Holz das neue Betongold?

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

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

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

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

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

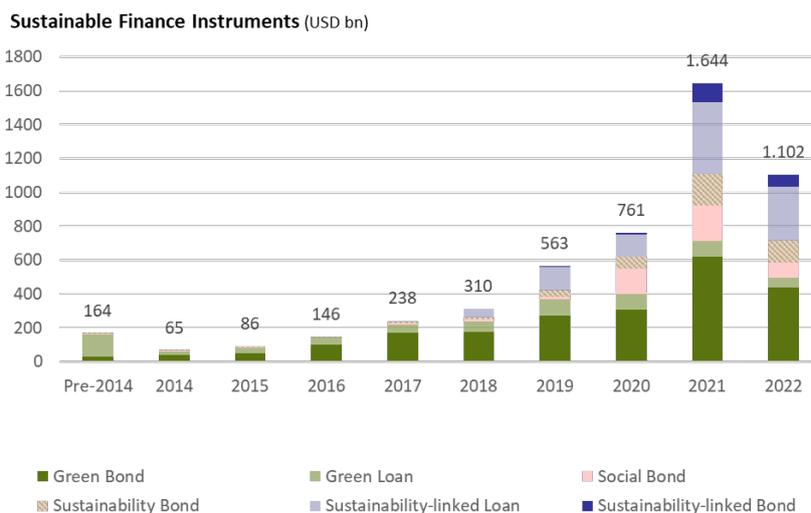


Abbildung 6: Sustainable Finance Instruments [5]

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

Immobilien in Holzbauweise können klare Antworten auf die nachhaltigen Investitionskriterien geben. Sowohl hinsichtlich ihrer Klimarelevanz – der CO₂ Einsparungen –, als auch der Erfordernisse hinsichtlich Kreislaufwirtschaft und Biodiversität.

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

4. Nachhaltigkeit und Transparenz

Der Einsatz von Holz als nachhaltiger Baustoff erscheint selbsterklärend. Seine Eigenschaften als nachwachsender Rohstoff, als CO₂-Speicher und als regional vorhandene Ressource liegen auf der Hand.

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

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

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



Abbildung 7: die sechs Umweltziele der Taxonomie [6]

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

Neben den «direkten» Klimazielen (erstes und zweites Umweltziel der Taxonomie) sehen wir den positiven Effekt von Holz auch im Bereich «Kreislaufwirtschaft»: Holz ist nicht nur langlebig, sondern auch gut wiederverwertbar. Eine direkte Wiederverwendung der Bauteile ist ebenso möglich, wie eine Weiterverarbeitung zu einem Holzwerkstoff-Produkt sowie letztlich eine CO₂ neutrale thermische Verwertung am Ende des Lebenszyklus.

Zudem kann der Einsatz von Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zum Schutz der Biodiversität und der Ökosysteme leisten. Aus Sicht des Projektentwicklers spielen hier Transparenz und Nachweisführung eine wesentliche Rolle. Ähnlich wie beim Bauen das Green-Building-Zertifikat die Fakten eines Gebäudes objektiviert, sehen wir auch die Zertifizierung des Baustoffes als zwingend an. Die derzeit am Markt bekanntesten Zertifikate dazu sind FSC und PEFC.

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



Das Zeichen für verantwortungsvolle Waldwirtschaft



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

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

5. Unser Weg zum Holzbau-Developer

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

Nur 2 Jahre nach unserer Entscheidung zum Holzbau-Entwickler zu werden, haben wir eine Projektpipeline von mehr als 250.000 m² in Holz errichtet.

Mit unseren «Timber Family Projekten» sind wir aktuell in Frankfurt, München, Wien, Prag, Mainz und Düsseldorf in 6 Städten aktiv und leisten an manchen Orten Pionierarbeit.

Holzbau Pipeline

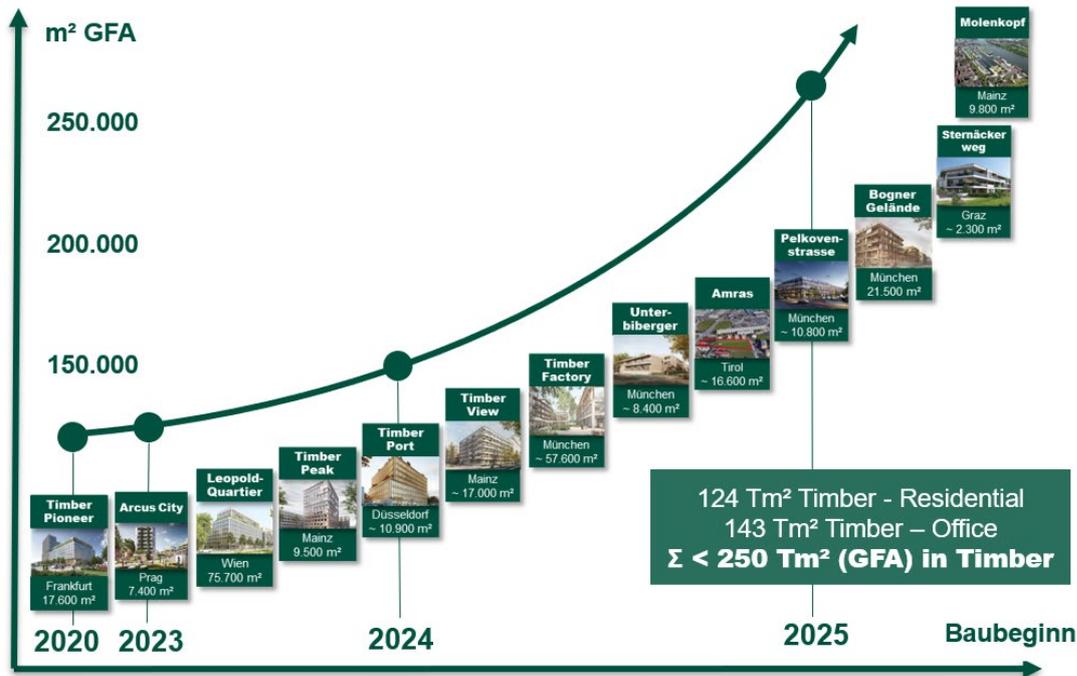


Abbildung 9: Holzbau-Pipeline

Timber Pioneer (DE, Frankfurt)

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



Abbildung 10: Timber Pioneer Holzbürohaus – Erdgeschoß [8]

Rd. 1.800 m³ FSC-zertifiziertes Fichtenholz werden hier verbaut. Das speichert langfristig etwa 1.800 Tonnen CO₂ im Gebäude.

Allein bei der Herstellung desselben Volumens an Zement würden 1.000 Tonnen CO₂ anfallen. Der hochmoderne Holz-Hybrid-Bau punktet mit enormen Einsparungen im Vergleich zur konventionellen Bauweise. Konkret sind das fast 1/3 beim Transport wegen des bis zu 70% leichteren Materials, 40% beim Gewicht der Gesamtkonstruktion, ca. 50% bei der Bauzeit durch vorgefertigte Bauteile sowie beeindruckende 80% bei der CO₂-Bilanz des Rohbaus.

Arcus City (CZ, Prag)

Auch in Tschechien leisten wir Pionierarbeit. Mit dem ersten Geschosswohnungsbau in Holzbau in Prag gibt es eine Reihe an genehmigungs- und brandschutztechnische Hürden zu nehmen.

Bei diesem Pionierprojekt entstehen auf rund 5.000 m² Geschossfläche insgesamt 62 Eigentumswohnungen. Die Vorfertigung und Montage läuft seit Juni.



Abbildung 11: Arcus City in Prag – Geschosswohnungsbauten in Holzbauweise

Timber Peak (DE, Mainz)

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



Abbildung 12: Timber Peak in Mainz [9]

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

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

Quartiersentwicklung in Holzbauweise

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

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

5.1. Know How als Schlüssel

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

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

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

5.2. Herausforderungen gibt es!

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

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

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

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

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

Neue Abwicklungsmodelle in Richtung Partnerschaftsmodelle mit Allianzverträgen ermög-lichen effizientere Planungsabläufe und eine Verzahnung der Leistungsphasen, was wiede-rum eine Verkürzung der Vorlaufzeiten und somit eine wirtschaftlichere Abwicklung zufolge Reduktion der Durchlaufzeiten ermöglicht.

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

6. «Act» – Potenziale von Holzbau nützen

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

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

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

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

Wir als UBM haben damit begonnen.



Abbildung 13: Baum mit Lichtblick

7. Quellenverzeichnis

- [1] UBM Development; Michael Nagl; Roland Berger; bloomimages
- [2] United Nations Environment Programme: Global Status Report for Buildings and Construction; IEA: Transport sector CO₂ emissions, 2020
- [3] Rat der Europäische Union: Neue Vorschriften für die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen: vorläufige politische Einigung zwischen Rat und Europäischem Parlament, 21. Juni 2022
- [4] UBM Development; Eike Becker Architekten
- [5] Bloomberg, BloombergNEF: volume data as of September 30, 2022
- [6] BMWI: Sustainable Finance-Taxonomie, 2020
- [7] FSC Deutschland 2020 & PEFC Austria 2021
- [8] UBM Development; bloomimages; Eike Becker Architekten
- [9] UBM Development; Sacker Architekten

Die Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau – förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen

Alexander Rychter
VdW Rheinland Westfalen
Düsseldorf, Deutschland
© Roland Baege / VdW



Die Veränderungen, Vorstellungen und Anforderungen der Wohnungswirtschaft an den Holzbau – förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen in Nordrhein-Westfalen

1. Herausforderungen der Wohnungswirtschaft

Die sozial orientierte Wohnungswirtschaft, das sind bundesweit rund 3.000 kommunale, genossenschaftliche, kirchliche, privatwirtschaftliche, landes- und bundeseigene Wohnungsunternehmen. Die Unternehmen haben verschiedene Rechtsformen, folgen einer langen Tradition und haben eine große wirtschaftliche Bedeutung: Sie bewirtschaften rund sechs Millionen Wohnungen, in denen über 13 Millionen Menschen wohnen. 2021 bewirtschafteten sie knapp 30 Prozent und bauten über 32 Prozent aller Mietwohnungen in Deutschland. Wohnungsunternehmen und -genossenschaften sind mit ihren Investitionen wichtige Partner der lokalen Wirtschaft und sichern Arbeitsplätze vor Ort. Aufgabenfelder für diese Bauleistungen sind der bezahlbare und klimagerechte Wohnungsneubau sowie die generationengerechte und vor allem energetische Modernisierung. Bundesweit wurden 2021 durch Mitglieder der Wohnungswirtschaft 20,4 Milliarden Euro pro Jahr in bezahlbaren Neubau und einen zukunftsfähigen Gebäudebestand investiert. Die gesamtwirtschaftliche Lage hat Auswirkungen auf die Wohnungswirtschaft: Die Wohnungsunternehmen und -genossenschaften sind mit einem beispiellosen Anstieg von Bau- und Baustoffpreisen konfrontiert. Hinzu kommen langanhaltende Lieferkettenprobleme, Fachkräftemangel und die ebenfalls stark steigenden Bauzinsen. Angesichts der unverändert hohen Inflation, die viele Haushalte jeden Tag spüren, ist bezahlbares Wohnen umso wichtiger. Die gegenwärtigen Preisentwicklungen sowie die Zinswende machen es der sozial orientierten Wohnungswirtschaft immer schwerer, bezahlbare Mietwohnungen neu zu bauen.

Entwicklung der Investitionsleistungen 2010 – 2022

bei den vom GdW repräsentierten Unternehmen

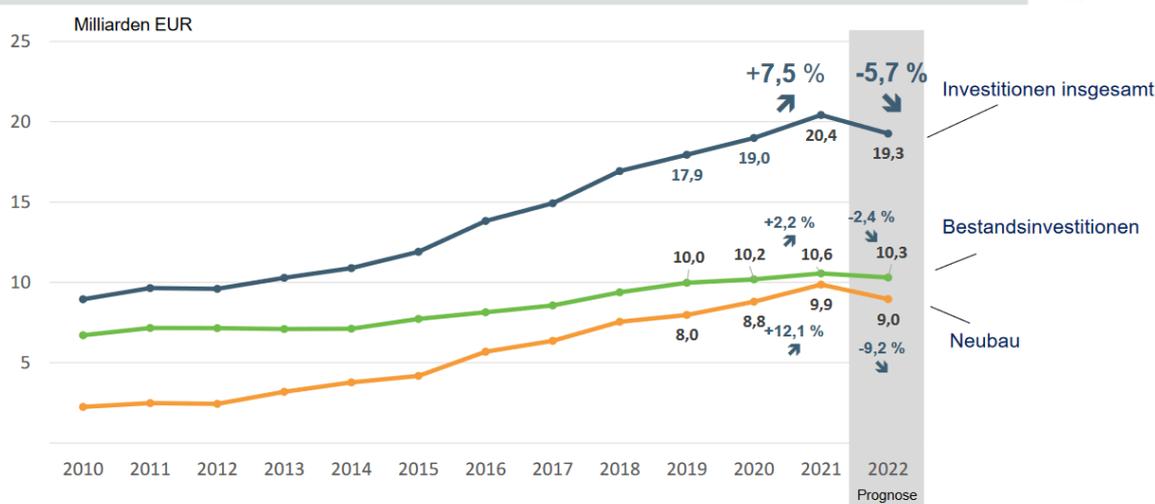


Abbildung 1: Entwicklung der Investitionsleistungen 2010-2022 bei den vom GdW repräsentierten Unternehmen

Bezahlbares und energetisch zukunftsfähiges Wohnen für die Menschen zu ermöglichen, ist die zentrale Aufgabe für die Wohnungswirtschaft. Dabei begegnet sie gegenwärtig einer Vielzahl an Herausforderungen, die sich aus dem Klimaschutz, dem gesellschaftlichen und demografischen Wandel sowie der Digitalisierung ergeben. Der Holzbau kann zur Lösung dieser Probleme der Gegenwart beitragen – dem Klimawandel und fehlendem Wohnraum in den Städten. Denn die Nachfrage nach bezahlbarem Wohnraum, vor allem im urbanen Raum, steigt seit Jahren.

Diese drängenden Themen unserer Zeit stellen neben der Wohnungswirtschaft auch die Bauwirtschaft im Allgemeinen vor erhebliche Herausforderungen. Wenn es um schädliche Klimafolgen geht, rückt der Bau- und Gebäudesektor immer stärker in den Fokus.

Bestehende und neu errichtete Gebäude sind für über 30 Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich: Im laufenden Betrieb benötigen Gebäude Energie für Heizung, Kühlung, Beleuchtung, Haushalts- und Endgeräte. Für ihren Bau sind zudem in den meisten Fällen Materialien wie Stahl, Beton und Zement erforderlich, deren Gewinnung und Herstellung ebenfalls sehr energieintensiv ist.

Neben dem Verkehrs- ist der Gebäudesektor der größte CO₂-Emittent: Er liegt mit 112 Millionen Tonnen CO₂ nur knapp über der Grenze von 108 Millionen Tonnen CO₂. Immerhin sind die Emissionen im Vergleich zu 2021 gesunken (Emissionsbilanz für 2022).

1.1. Hoher Wohnraumbedarf im urbanen Raum

Die steigende wirtschaftliche Attraktivität in Verbindung mit der allgemeinen Lebensqualität macht Deutschlands Ballungsgebiete zu beliebten Wohnorten. Das Resultat dieser Entwicklung und des gesteigerten Wohnraumbedarfs pro Kopf ist ein erhöhter Bedarf an bezahlbaren Wohnungen innerhalb der Städte, der aufgrund des nicht ausreichenden Wohnungsbaus auch in den kommenden Jahren vorerst nicht gedeckt werden kann. Die enorme Nachfrage nach neuen Gebäuden führt außerdem zu einer gesteigerten Nachfrage bei Rohstoffen für den Bau ebendieser.

Das entsprechende Defizit ist unter anderem auf einen massiven Flächenmangel in urbanen Räumen zurückzuführen, der die Baulandpreise in die Höhe treibt. Städte und Kommunen stehen vor der Herausforderung, trotz Ressourcenmangels bzw. Begrenzung weiterer Flächenversiegelung, im Stadtgebiet kosten- und zeiteffizient Wohnraum zu schaffen. Die freien nicht versiegelten Flächen dienen als Erholungszonen und wichtige Grünflächen in der Stadt; sie wirken dabei insbesondere der Aufheizung der Innenstädte im Sommer entgegen.

In diesem Spannungsfeld hat sich die urbane Nachverdichtung in Städten als probates Mittel erwiesen. Vor allem der Gebäudebestand aus den 1950er- bis 1990er-Jahren bietet somit großes Potenzial, weiteren Wohnraum zu erschließen, der in urbanen Lagen dringend benötigt wird.

Zur Reduzierung der Flächenversiegelung hilft neben dem Bauen in die Höhe auch der Blick auf die Lage und benötigte Infrastruktur. Im Fokus sollte auch hier das Quartier mit funktionaler Mischung stehen anstelle der weiteren Betrachtung von Einzelhäusern – ein Passivhaus am Waldrand ist nicht die zielführende Lösung. Ganzheitliche Quartiersansätze beziehen die einzelne Wohnung, das Wohngebäude, das Wohnumfeld und übergeordnete Rahmenbedingungen und Herausforderungen wie den Klimawandel oder die Energie- und Mobilitätswende mit ein.

Der moderne Holzbau bietet in dem Zusammenhang hohe Flexibilität in der Planung und Grundrissgestaltung sowie variable Nutzungskonzepte für eine langjährige Nutzung der Objekte. Holzbau ist elementarer Bestandteil für eine zukunftsfähige, klimaresiliente Quartiersgestaltung, die Biodiversität erhält, Dächer und Fassaden begrünt, erneuerbare Energien einsetzt und Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität realisiert.

Gemeinsam mit der Politik müssen deshalb bedarfsgerechte Rahmenbedingungen und Fördermechaniken geschaffen und umgesetzt werden, sodass das Schließen von Baulücken, Aufstockungen und Anbauten bei bestehenden Gebäuden sowie Überbauung von ineffizient genutzten Flächen keine Einzellösungen bleiben. Der Baustoff Holz überzeugt hier nicht allein aufgrund ökologischer Aspekte.

1.2. Nachhaltigkeit und Klimaschutz rücken stärker in den Fokus

Klimaschutz ist für die Wohnungswirtschaft eines der vordringlichsten Themen. Schon seit Jahren leisten Wohnungsunternehmen kontinuierlich und auf vielen Ebenen hierzu ihren Beitrag und vieles wurde erreicht.

Um das im Pariser Abkommen fixierte Kleiner-Zwei-Grad-Ziel und einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 zu erreichen, muss der Einsatz noch einmal erhöht und ein Großteil des Gebäudebestands saniert werden. Die aktuelle Sanierungsrate stagniert jedoch bei etwa einem Prozent, notwendig ist mindestens das Doppelte. Sowohl Anzahl als auch Geschwindigkeit der Sanierungen reichen folglich bei Weitem nicht aus. Bei den energetischen Sanierungen im Gebäudesektor müssen die Emissionen bis 2030 europaweit um 60 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 sinken. Die Sanierung aller bestehenden Gebäude innerhalb der nächsten 25 Jahre würde eine schrittweise Erhöhung der Sanierungsrate auf vier Prozent pro Jahr erfordern. In Mitgliedstaaten mit einem hohen Anteil an gut wärmegeprägten Bestandsgebäuden kann die Quote niedriger sein. Die Quote müsste wiederum höher sein, wenn Gas- und Energieeinsparungen Priorität haben oder Klimaneutralität vor 2050 erreicht werden soll.

Die Wohnungswirtschaft wird zum Spagat gezwungen: Zum einen sollen Wohnungsunternehmen und -genossenschaften dem sozialgesellschaftlichen Auftrag folgen, dem Wohnraummangel entgegenzutreten und möglichst schnell für langfristig bezahlbare Wohnungen samt benötigter Infrastrukturen zu sorgen. Parallel sind sie aufgefordert, in immer kürzeren Schritten unter ständig verschärften Vorgaben auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene den Klimaschutz voranzutreiben.

Infolge des gewachsenen Bewusstseins für die Notwendigkeit des Klimaschutzes in den letzten Jahren, wächst auch zunehmend das Interesse am Holzbau für Wohnimmobilien. Das Bauen mit Holz bietet erhebliche Potenziale für mehr Klimaschutz im Bauwesen, denn eine ganzheitliche Betrachtung des Lebenszyklus von Gebäuden und Baustoffen bzw. der damit verbundenen Umweltauswirkungen rückt weiter in den Fokus. Wie sich ein Gebäude auf die Umwelt auswirkt, lässt sich durch Energie- und Stoffströme beschreiben, die über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes und der darin verbauten Bauprodukte entstehen. Betrachtet werden hierbei verschiedene Wirkungsindikatoren, wie das globale Treibhausgaspotenzial (GWP – Global Warming Potential), die Energie- und Stoffströme sowie der Ressourcenverbrauch. Ökobilanzergebnisse sind somit wichtige Daten für die ökologische Bewertung von Gebäuden. Insbesondere die Verwendung von BIM bietet großes Potenzial, die Erstellung von Gebäudeökobilanzen deutlich effizienter zu gestalten. Indem die für die Berechnung notwendigen Informationen früher, strukturierter und einfacher zugänglich sind, könnte eine nahezu voll automatisierte Gebäudeökobilanz möglich werden.

Dabei nehmen Holzprodukte und Holzbauteile eine Sonderstellung ein, da für die Herstellung wenig fossile Energie benötigt wird und sie aus einem Rohstoff hergestellt werden, der selbst CO₂ in Form von Kohlenstoff bindet. Zudem werden durch das Bauen mit Holz energie- und emissionsintensive Baustoffe wie Zement, Eisen oder Stahl ersetzt bzw. reduziert.

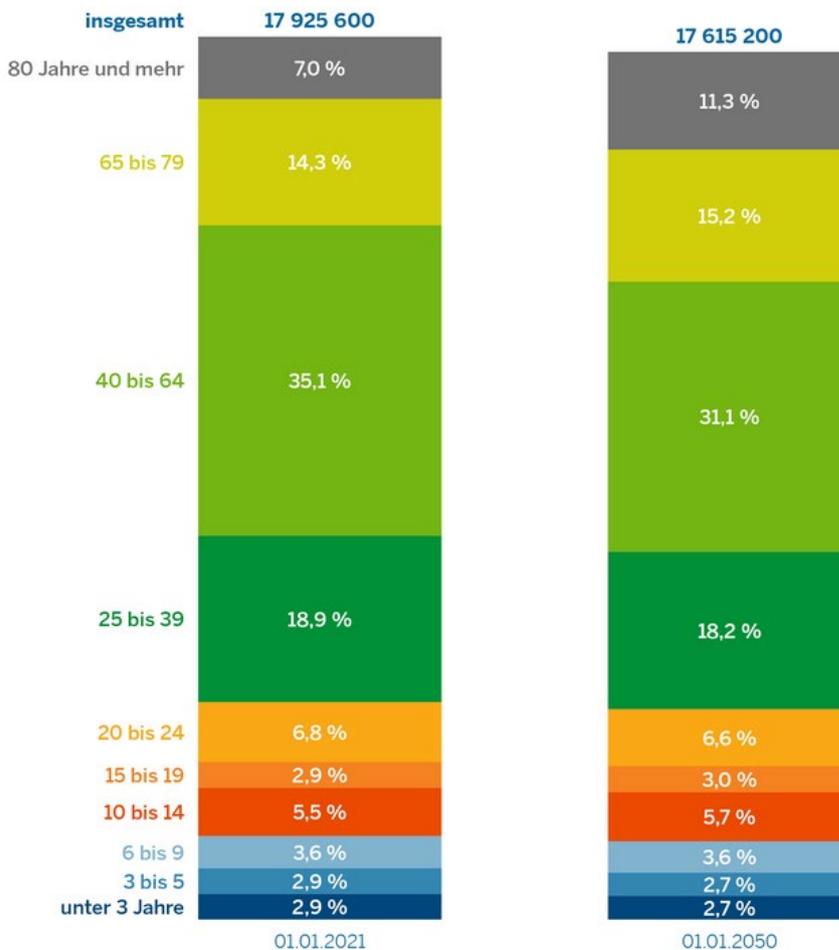
Seine Stärken zeigt der Werkstoff Holz insbesondere beim Bauen in den urbanen Räumen – sei es im Bereich des mehrgeschossigen Wohnungsbaus, bei der Nachverdichtung durch Aufstockungen oder beim Bauen im Bestand und der Modernisierung. Durch energetische Modernisierung und serielle Sanierung mit Holz werden Potentiale bei Bestandsbauwerken gehoben. Auch leistet Holz einen entscheidenden Beitrag beim seriellen und modularen Wohnungsbau und bei der innerstädtischen Nachverdichtung und Aufstockung.

Der moderne Holzbau setzt in Bezug auf Planungsprozesse, Vorfertigung und Qualitätssicherung sowie im Bereich der Energieeffizienz neue Standards beim nachhaltigen Bauen. Darüber hinaus überzeugt Holz als Baumaterial mit sehr guten Dämmeigenschaften. Auch wenn die nachhaltige Nutzung erneuerbarer Energien grundsätzlich eine energieeffiziente Gebäudehülle erfordert, ist hier jedoch Erfahrungswert der Branche, dass ein zu großer Fokus auf die Optimierung der Gebäudehülle nicht zielführend ist.

2. Die Ausgangslage in Nordrhein-Westfalen

Nordrhein-Westfalen, das bevölkerungsreichste Bundesland Deutschlands, zieht weiterhin Menschen an – besonders stark wachsen die Arbeitsplatzzentren und Universitätsstädte. Einer der Hauptgründe sind neben der demografischen Entwicklung und Binnenwanderung auch die hohe Zahl von Zuwanderern aus dem Ausland und Geflüchteten in Folge des Ukraine-Krieges. Die Folge ist, wie bereits beschrieben: Der Mangel an bezahlbarem Wohnraum verschärft sich.

Bevölkerungsentwicklung in Nordrhein-Westfalen 2021 bis 2050 nach Altersgruppen Ergebnisse der Bevölkerungsvorausberechnung 2021 bis 2050/2070



Grafik: IT.NRW

Abbildung 2: Bevölkerungsentwicklung in Nordrhein-Westfalen 2021 bis 2050 nach Altersgruppen nach Landesbetrieb IT.NRW

Mit der Wohnungsmarktprognose des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung (MHKBD) des Landes Nordrhein-Westfalen bis 2040 liegen verlässliche Angaben über die möglichen Entwicklungsszenarien im Wohnungsmarkt vor. In den Jahren 2018 bis 2025 werden im Durchschnitt rund 51.200 Wohnungen jährlich in Nordrhein-Westfalen benötigt. Im Zeitraum bis 2040 wird der Bedarf zwar abflachen, in Summe werden bis 2040 jährlich jedoch weiterhin rund 46.000 neue Wohneinheiten benötigt. Allerdings bleibt festzuhalten, dass man im Fall von Nordrhein-Westfalen nicht von dem einen Wohnungsmarkt sprechen kann, was langfristige Planungen erschwert.

2.1. Der Wohnungsbestand

Für Wohnungsunternehmen und -genossenschaften in Nordrhein-Westfalen besitzt der Bestand der 1950er- und 1960er-Jahre allein auf Grund seines Umfangs eine herausragende Bedeutung. Es handelt sich häufig um typische Siedlungen, drei- bis viergeschossig, mit

offener Zeilenbebauung und stark durchgrünten Außenanlagen, oftmals in innerstädtischer Lage. Mietwohnbestände dieser Zeit wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut. Die energetische Modernisierung – zum Beispiel eine umfassende Wärmedämmung der Fassaden, Fenster, Dachböden und Kellerdecken sowie die Erneuerung der haustechnischen Installationen – ist entscheidend.

Die Altbestände wurden oft zu Zeiten der Gemeinnützigkeit mit einem hohen Anteil von Fördermitteln im Zuge des sozialen Wohnungsbaus errichtet. Baujahrestypisch ist hier ein gewisser Modernisierungstau gegeben, der in den letzten zehn Jahren im Rahmen von Teil- oder Vollsanierungen jedoch bereits abgearbeitet wurde.

Vor der Umsetzung entsprechender Modernisierungsmaßnahmen sind diese Bestände durch einfache Bauweisen, Sparsamkeit und Materialknappheit geprägt. Trotz großer Modernisierungsanstrengungen der Wohnungsunternehmen und -genossenschaften sind weitere Maßnahmen nötig, um die Bestände bis 2045 klimaneutral zu bekommen.

Durchgeführt wurde in der Regel die Umstellung von Kohleöfen auf zentrale Heizungsanlagen, vielfach sind die bauphysikalischen Verhältnisse hingegen nicht mehr zeitgemäß. Neben der Wärmedämmung betrifft das insbesondere Raumklima und Schallschutz.



Abbildung 3: Nachhaltige Sanierung nach dem *Energiesprung*-Prinzip:
Erstes Pilotprojekt im Ruhrgebiet in neun Monaten fertiggestellt (VBW Bauen und Wohnen GmbH)

Wie mit dem Gebäudebestand der Nachkriegszeit umgegangen wird, hat neben einer energetischen auch eine soziale und baukulturelle Ebene. Die Gebäude mögen teilweise in ihrer Architektursprache für die vergangene Auffassung einer gebauten Moderne stehen, die heute nicht mehr funktional und nicht optisch ansprechend erscheint. Diese Bauten sind jedoch bewohnt und angesichts des angespannten Mietwohnungsmarkts unverzichtbar. Viele der Objekte sind daher in den nächsten Jahren zu sanieren.

In Studien und Forschungsprojekten wurden bereits potentielle Lösungen für Bestands-sanierungen mit Holzbau und Holzbau-elementen entwickelt (z.B. TES EnergyFacade), einzig die marktdurchschlagende Patentlösung lässt noch auf sich warten. Die Wohnungswirtschaft fordert daher die Holzbau-Branche auf, Verfahren für Großsanierungen im bewohnten Bestand anzubieten, nicht nur in Form experimentellen Bauens oder als Kleinserien zum Beleg, dass die Studien funktionieren.

Es gilt, die Potentiale von Bestandsbauwerken unter anderem durch den Rückbau von Steildächern und Aufstocken mit Holz-Vollgeschossen zu nutzen. Dabei sind Eingriffe in das Wohnumfeld und die Grünanlagen bei Sanierungsarbeiten zu minimieren.

Ein erster Ansatzpunkt bietet hierbei das Serielle Sanieren, das neue technische Möglichkeiten zur industriellen Vorfertigung nicht nur einzelner Produkte, sondern vollständig aufeinander abgestimmte Sanierungselemente sowie die Möglichkeiten der Digitalisierung in Sanierungsprozesse integriert.

Auch die weitere Entwicklung von Geschosswohnungsbauten in Holzbauweise, die ohne Abstriche beim Brand- und Schallschutz die nächste Generation von bezahlbaren Wohnungen bereitstellt und somit die Unternehmen der Wohnungswirtschaft zukunftsfähig machen, müssen stärker in den Fokus rücken. Denn die Wohnungswirtschaft hat viele Aufgaben und der Holzbau bietet Lösungsansätze, die es zu verknüpfen gilt.

2.2. Förder- und ordnungspolitische Rahmenbedingungen

Die Politik hat in den vergangenen Jahren versucht, durch Erleichterungen bei Bauvorschriften, Unterstützung für Städte und Gemeinden bei der Beschaffung von Grundstücken, attraktive Förderkonditionen in der öffentlichen Wohnraumförderung und die Ausrichtung auf nachhaltige Gebäude für mehr Wohnraum zu sorgen. Insgesamt haben sich die Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Nordrhein-Westfalen und bundesweit in den zurückliegenden Jahren somit spürbar verbessert. Damit diese klimafreundliche Bauweise jedoch noch mehr Schub bekommt, sollten die ordnungs- und förderrechtlichen Rahmenbedingungen weiter modifiziert werden.

Mit dem Gesetz zur Modernisierung des Bauordnungsrechts in Nordrhein-Westfalen (BauModG NRW) und dem Inkrafttreten der Landesbauordnung können in NRW seit Anfang 2019 auch mehrgeschossige Holzgebäude der GKL 4 und GKL 5 gebaut werden. Zudem bringt die im Juli 2021 in Kraft getretene novellierte BauO NRW Erleichterungen beim Dachausbau und bei Aufstockungen für neue Wohnungen. In ersten Gesetzesentwürfen sind zudem Privilegierungen beispielsweise hinsichtlich der einzuhaltenden Abstandsflächen beim Ausbau von Dachgeschossen geplant.

Auch die 2019 beschlossene Anpassung der Musterbauordnung scheint deutlich den politischen Willen auszudrücken, ungerechtfertigte Benachteiligungen für den Holzbau auszuräumen. Im Frühjahr 2023 gab es einen gemeinsamen Beschluss der Agrarministerinnen und -minister, die Holzbauquote im Wohnungsbau insgesamt auf 30 Prozent zu erhöhen. Es soll vor allem da Tempo gemacht werden, wo der Wohnraumbedarf am größten ist.

So wurden die baurechtlichen Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in den urbanen Räumen von Nordrhein-Westfalen geschaffen. Hierzu zählen unter anderem der Einsatz moderner Holzbautechnologien im Geschosswohnungsbau sowie die Aufstockung und Erweiterung von Bestandsgebäuden.

Darüber hinaus wird das Bauen mit Holz in Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Wohnraumförderungsbestimmungen 2023 in nicht unbeträchtlichem Maß gefördert. Der Einsatz von Holz kann auf Antrag mit einem Zusatzdarlehen in Höhe von 1,30 Euro je Kilogramm Holz gefördert werden (maximal 17.000 Euro je Wohneinheit). Voraussetzung für den Erhalt der Förderung ist, dass das eingesetzte Holz fest im Gebäude verbaut ist und aus nachhaltigen Quellen stammt.

Das Zusatzdarlehen richtet sich an Bauvorhaben mit einem deutlich nachgewiesenen Anteil an Holz (zum Beispiel bei Hybridbauten oder Massivholzgebäuden), der über den Anteil bei konventionell in Stein errichteten Gebäuden hinausgeht, bei denen lediglich der Dachstuhl aus Holz errichtet wird.

Insgesamt wird das Zusatzdarlehen für das Bauen mit Holz aus Sicht der Wohnungswirtschaft als ein wichtiges Signal zur Verwendung nachhaltiger und regenerativer Baustoffe verstanden. Das Interesse der Mitgliedsunternehmen des VdW Rheinland Westfalen ist groß, in der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass es noch kein flächendeckendes Angebot an herstellenden Betrieben gibt. Die Wohnraumförderung ist da auf einem richtigen Weg, könnte aber gerade in Bezug auf den Abbau baurechtlicher Hemmnisse, Kostenerleichterungen, der Verstärkung der Förderinstrumente noch mehr Unterstützung bieten.

3. Entwicklung des Holzbaus in Nordrhein-Westfalen

Holz ist ein gleichermaßen regionaltypischer wie auch nachhaltiger und klimafreundlicher Baustoff in Nordrhein-Westfalen, einer Region, die zu den waldreichsten Deutschlands gehört. Wald ist hier ein zentraler Wirtschaftsfaktor. Etwa 27 Prozent der Landesfläche sind bewaldet und nach den Ergebnissen der Landeswaldinventur nimmt die Waldfläche kontinuierlich zu.

Dennoch lag der Anteil der Holzbauten in Nordrhein-Westfalen lange weit unter dem Bundesdurchschnitt. Grund waren unter anderem baurechtliche Vorgaben hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeit von Holz im Bauwesen. Die Wohnungswirtschaft war hier einer der treibenden Faktoren für nötige Änderungen.

Vor dem Hintergrund des Zustroms von Schutzsuchenden nach Nordrhein-Westfalen hat das Umweltministerium NRW im Herbst 2015 die Einrichtung der Informationsplattform «Holzbauten für Flüchtlinge» beauftragt. Infolge der Dringlichkeit und des engen Zeitfensters bei der Unterbringung von Flüchtlingen bündelte die Plattform ganzheitliche Lösungen des modernen Holzbaus zur schnellen und effizienten Bereitstellung von Flüchtlingsunterkünften und Realisierung von Bauvorhaben im Bereich des sozialen Wohnungsbaus.

Ziel war es, den Bezirksregierungen, Kreisen und Kommunen in Nordrhein-Westfalen schnelle und fachlich fundierte Hilfestellungen bei der Umsetzung entsprechender Holzbauprojekte zu geben.

Mittlerweile konnte Nordrhein-Westfalen beim Holzbau etwas aufschließen. Dass hierfür, anders als in anderen Bundesländern, insbesondere der Wohnungsbau verantwortlich ist, zeigen Zahlen des statistischen Bundesamtes, die dem «Lagebericht Zimmerer / Holzbau 2022» entnommen wurden (siehe Abbildungen 4 und 5).

In Nordrhein-Westfalen lag 2021 der Durchschnitt der Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz im Wohnungsbau bei 13,8 Prozent, im Nichtwohnungsbau bei 10,8 Prozent. Im Vergleich zum Nachbarland Österreich hinkt Deutschland dennoch hinterher.



Abbildung 4: Wohnbau (Neubau) 2021, Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz, Deutschland Durchschnitt = 21,3 %



Abbildung 5: Nichtwohnungsbau (Neubau) 2021, Genehmigungen mit überwiegend verwendetem Baustoff Holz, Deutschland Durchschnitt = 21,7 %

Mit gewonnenen Erfahrungen könnten zukünftig neue und verbesserte Fertigungsmethoden und somit eine automatisierte Produktion für den Serienholzbau entwickelt werden.

Das Energiesprong-Prinzip wurde 2013 in den Niederlanden entwickelt und bietet die Möglichkeit mit einem digitalisierten Bauprozess, vorgefertigten Elementen und einem innovativen Finanzierungsmodell Gebäude innerhalb weniger Wochen auf einen NetZero-Standard zu bringen, sodass diese im Jahresmittel so viel erneuerbare Energie erzeugen, wie für Heizung, Warmwasser und Strom benötigt wird.

Das serielle Sanieren nach dem Energiesprong-Prinzip wird momentan an mehreren Pilotprojekten in Nordrhein-Westfalen – dazu zählen Städte wie Bochum, Köln, Herford und Mönchengladbach – erprobt und kontinuierlich weiterentwickelt. Die meisten Pilotprojekte kommen aus Nordrhein-Westfalen – mit einem besonderen Schwerpunkt im Ruhrgebiet.

Eine Vielzahl an Gebäuden, die nach 1945 entstanden sind, zeichnen sich durch eine einfache, geradlinige und in großen Teilen einheitliche Zeilenbauweise aus. Dadurch sind sie für serielle Modernisierungen sehr gut geeignet. Gleichzeitig sind das auch die Gebäude, die den größten Sanierungsbedarf aufweisen, da sie vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 errichtet wurden und daher häufig einen schlechten energetischen Standard aufweisen.

Ob aus der Perspektive der Wohnungswirtschaft, der Politik oder der Architektinnen und Architekten: Die ökologischen Aspekte, Vorfertigungsprozesse und technischen Möglichkeiten des Holzbaus machen den Rohstoff Holz zu einem hochwertigen Baustoff, der das Potenzial hat, eine tragende Rolle bei der Schaffung von klimafreundlichem, nachhaltigem und bezahlbarem Wohnraum zu spielen. Auch die Entwicklung in Nordrhein-Westfalen deuten darauf hin, dass Bauen mit Holz die Zukunft ist.

Mittwoch, 5. Juli 2023

**Block A2
Zirkulär Bauen –
Wie konstruieren für die Zukunft**

Material. Daten. Bank.

Julius Schäufele
Mitgründer und Geschäftsführer der Concular GmbH
Stuttgart, Deutschland



Was es für eine effiziente Kreislaufwirtschaft braucht – und wie Concular dazu beiträgt.

Der Gebäudesektor gehört zu den größten Verursachern von Abfall und Treibhausgas-Emissionen. Dabei spielt neben der Energiefrage inzwischen die Ressourcenfrage eine entscheidende Rolle im politischen und wirtschaftlichen Diskurs. Jedes produzierte Baumaterial hat erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt durch Abbau, Transport und Verarbeitung von natürlichen Ressourcen, deren Fußabdruck nur schwer kompensierbar ist – insbesondere, wenn wir in den nächsten knapp 25 Jahren Klimaneutralität erreichen wollen.

1. Daten und Digitalisierung

Diese Zielsetzung stellt uns vor ganz neue Herausforderungen und wirft Fragen auf. Wir müssen Gebäude effizienter machen, erneuerbare Energien ausbauen und auf E-Mobilität umstellen, aber bei aller Energieeffizienz dürfen wir nicht die Ressourcen und Grauen Emissionen aus dem Blick verlieren. Jede Maßnahme und der Einsatz von Primärrohstoffen hat einen enormen ökologischen Rucksack, der im Betrieb erst einmal kompensiert werden muss. Es gilt genau abzuwägen, was wir mit jeder Maßnahme gewinnen – da hilft ein Blick auf den Gesamtlebenszyklus von Produktion bis Abfall.

Alles Fragen, die uns in den nächsten Jahren begleiten und sich letztlich nur durch eine sehr gute Datenlage beantworten lassen. Diese Daten fehlen uns in vielen Fällen und sind, wenn verfügbar, oft noch zu ungenau, um unerwünschte Nebeneffekte zu vermeiden und sichere Richtungsentscheidungen zu fällen.

Bezogen auf den Gebäudesektor und Ressourceneffizienz sind das vorallem verlässliche, detaillierte und vollständige Datensätze zur Ökobilanzierung, zu in Bestandsgebäuden vorhandenen Rohstoffen und Bauteilen für die Kreislaufwirtschaft wie Gebäuderessourcenpässe oder digitale Produktdaten mit Indikatoren zur Kreislauffähigkeit, Lieferkette und vieles mehr.

Aber nicht nur die Daten allein sind das Problem – oft ist noch gar nicht klar, wie diese Daten überhaupt aussehen sollen. An vielen Stellen fehlen heute noch grundsätzliche Standards, die Vergleichbarkeit, Qualität und Format der Datensätze vereinheitlichen und sichern.

Ein Beispiel ist BIM (Building Information Modeling) und das Austauschformat IFC (industry foundation class): Viele Unternehmen interpretieren das Datenformat anders, nutzen Freitextfelder nach Belieben und erschweren damit die Idee eines integralen Digitalen Zwillings von Gebäuden, der auch für die Kreislaufwirtschaft enorme Vorteile hätte.

2. Kreislaufwirtschaft als Lösungsansatz

Eine konsequente Kreislaufwirtschaft ist der vielversprechendste Ansatz, um die grauen Emissionen und den anfallenden Abfall einzudämmen. Angefangen bei der Vermeidung von Abfall durch Bestandserhalt und Umnutzung existierender Gebäude, über die direkte Wiederverwendung von Bauteilen, über Aufbereitung und Reparatur von Produkten bis zu Recycling und Energierückgewinnung. So ist Kreislaufwirtschaft oder «Circular Economy» definiert, auch wenn sich Kreislaufwirtschaft in Deutschland lange nur um Recycling, Downcycling und Thermische Verwertung gedreht hat. Circular Economy ist ein essentieller Teil des EU Green Deals und spielt als Kriterium in Regulatorik, Reportings und Zertifizierungen wie EU Taxonomy of Sustainable Finance, ESG Reporting oder DGNB Zertifizierung eine zunehmend große Rolle. Gesetze wie das Lieferkettengesetz oder die erweiterte Herstellerverantwortung flankieren dies und nehmen Hersteller und Bauunternehmen mit in die Pflicht. Viele der Instrumente dienen insbesondere zur Erhebung und Auswertung von Daten sowie zunehmend auch der Einhaltung von Quoten.

Neben fördernder Regulatorik gibt es in vielen Ländern wie auch in Deutschland allerdings Normen und Vorgaben, die die Kreislaufwirtschaft, beispielsweise die werterhaltende Wiederverwendung von Bauteilen, behindern. Fragen wie Gewährleistungen und Haftung, Standards zur Energieeffizienz, die mit Ressourceneffizienz in Konflikt stehen oder das Abfallrecht sind nur beispielhafte Themen, an denen wir neu denken und gestalten müssen. Für die Erprobung neuer Techniken und Prozesse benötigt es Freiheiten zu experimentieren, Ausnahmeregelungen und letztlich auch Initiativen zur Umgestaltung von Vorgaben. Die DIN Roadmap Circular Economy ist eine dieser Initiativen. Hier werden existierende Normen hinsichtlich Kreislaufwirtschaft überprüft. Auch die Einführung des Gebäudetyp E wie «experimentell» in Bayern gibt Nährboden für Ideen und Versuche. Denn wir müssen Fehler machen dürfen, wir müssen sie jetzt machen und schnell, damit wir genauso schnell daraus lernen können. Es muss darum gehen, den Status Quo zu hinterfragen und im Zweifelsfall nicht zu akzeptieren. Ein «Wir haben das schon immer so gemacht» bringt uns nicht in Zukunft, auch wenn Veränderung schmerzvoll sein kann. Das gilt für unsere Art zu bauen und die Frage, ob eine Dämmung nur in Kombination mit noch mehr Technik zur Belüftung und Heizung wirklich der nachhaltigste Ansatz ist. Es gilt für die Frage, ob etwas, was eine Minute eingebaut und dann ausgebaut wird, schon Abfall ist – und für die grundsätzliche Frage, warum «neu immer besser» ist. Was macht ein neues Produkt «gut» und warum vertrauen wir auf die Qualität, so dass eine Gewährleistung kein Problem ist? Es sind erprobte Prozesse, Prüfungen und Zertifizierungen, die sich mit den gleichen, als vertrauenswürdig erwiesenen Unternehmen, Instituten, Laboren und Organisationen auch für rückgewonnene Bauteile abbilden lassen. Unternehmen wie Concular haben in vielen Projekten bereits gezeigt, dass es möglich ist – scheitern tut es wenn meist nur an der Vorstellungskraft.

3. Circular Economy mit Concular

Die Concular GmbH widmet sich aufbauend auf der Arbeit Vorgängerprojekts restado seit 2012 der Schließung von Materialkreisläufen im Gebäudesektor. Mit mehr als 250 Projekten im DACH Raum und einem Team von über 40 Expert:innen für Zirkuläres Bauen bietet Concular ein breites Spektrum an Leistungen rund um zirkuläres Bauen, Bestandserfassung, Bilanzierung und Gebäudebewertung, sowie eine digitales Gebäuderegister mit dem Gebäuderessourcenpässe nach DGNB Standard erzeugt werden können und über den Gesamtlebenszyklus digital begleiten.

Das Ziel ist Circular Economy für Gebäude von frühen Planungsphasen, über den Betrieb, Umbau bis zum Rückbau kreislaufgerecht zu planen, zu bauen (Circular Construction), zu warten (Repair) und ausgebaute Materialien wieder in den Kreislauf zu bringen (Re-Use, Refurbish, Recycle). Grundlage hierfür bilden Informationen, die entweder durch digitale Planung mit BIM für neue Gebäude oder Umbau entstehen, oder für Bestandsgebäude durch die Auswertung von Dokumenten oder vor Ort zusammengetragen werden müssen.

Was für den Neubau digital lösbar ist, ist für den Bestand oft anspruchsvoll. Hier kann Concular inzwischen auf langjährige Projekt-Erfahrung zurückgreifen und hat Prozesse und Tools entwickelt, die Bestandserfassung zum Zweck von Bilanzierungen, Reportings sowie für die Vermittlung der Bauteile und Produkte an Bauprojekte, Hersteller, Aufbereiter und Recyclingunternehmen kosteneffizient machen.

Ausgehend von der Datenlage und dem Zweck der Erfassung ergeben sich unterschiedliche Herangehensweisen und Abläufe. Idealerweise gibt es ausreichend Dokumentation wie ein vorhandenes CAD-Modell, Pläne und Schnitte, Leistungsverzeichnisse und weitere Unterlagen, die mittels Tools ausgewertet werden können und bereits gewünschte Bilanzierungen erzeugen. Oftmals liegen allerdings auch keine Informationen vor, wodurch je nach Zweck eine Vermessung vor Ort mittels 3D Scans kombiniert mit einer Aufnahme per Formular oder per App erfolgen muss.

Die Arbeit mit 3D Scans ist heute bereits gut ausgereift und lässt millimetergenau Vermessung zu. Die Umwandlung in BIM Modelle mit ausreichender Detailtiefe erfordert jedoch viel händische Nacharbeit, um die Bauteile richtig zu segmentieren, dahinterliegende Bauteile, die vom Scan nicht erfasst wurden, zu modellieren sowie Materialinformationen nachzutragen. In Zukunft soll das Künstliche Intelligenz erledigen, doch

vollautomatisiert wird es mit den heutigen Scantechniken kaum gehen, ein exaktes Abbild aller Gebäudeschichten zu erstellen. So sind 3D Scans heute insbesondere für ein Aufmaß und zur Vermessung eine sinnvolle Ergänzung zu einer weitgehend manuellen Inventarisierung.

Die Concular Audit App verfügt über eine über Jahre entwickelte Datenbank mit Spezifikationen für jedes Bauteil, sowie Offline-Funktionalitäten, um auch in Gebäuden ohne Internetverbindung reibungslos arbeiten zu können.

Bei der Bestandserfassung werden in unterschiedlichen Detailgraden Bauteile und Massen erfasst und in ein maschinenlesbares Format überführt, was dann – genauso wie IFC-Dateien aus der Planung – über die Concular Plattform eingelesen wird und mit einer umfangreichen Produktdatenbank abgeglichen und verknüpft. Hinter Conculars Produktdaten liegen Werte zur Kreislauffähigkeit, Ökobilanz (EPDs), Rohstoff- und Bauteilpreise und Prozesskosten zur Wertermittlung sowie generische Produkteigenschaften. Dadurch lassen sich umfassende Auswertungen über ein Dashboard erzeugen und exportieren. Das können Compliance-Dokumente für Reportings oder für Zertifizierungen wie die DGNB V23 sein, deren Gebäuderessourcenpass mit wenigen Klicks ausgefüllt als Excel oder PDF generiert und heruntergeladen werden kann. Kriterien wie DGNB TEC 1.6 werden damit leicht erfüllbar und haben den positiven Nebeneffekt, dass Informationen für Kreislaufwirtschaft einfach und digital verfügbar werden.

Für Planende bedeutet das in Bauprojekten auf eine Materialdatenbank zurückgreifen zu können, sowie planungsbegleitend Ökobilanzierungen und Zirkularitätsbewertungen für Szenarien und Varianten mit zirkulieren Bauteilen vornehmen zu können und so den Fußabdruck und die Kreislauffähigkeit der Gebäude von Anfang an zu optimieren.

Herstellende wiederum können Ihre Produkte digital auffinden und können über Reparaturservices und Rücknahmesysteme in die zirkuläre Wertschöpfungskette eingegliedert werden.

So schafft Concular ein Betriebssystem für Circular Economy im Gebäudesektor, das Materialkreisläufe effizient schließt.

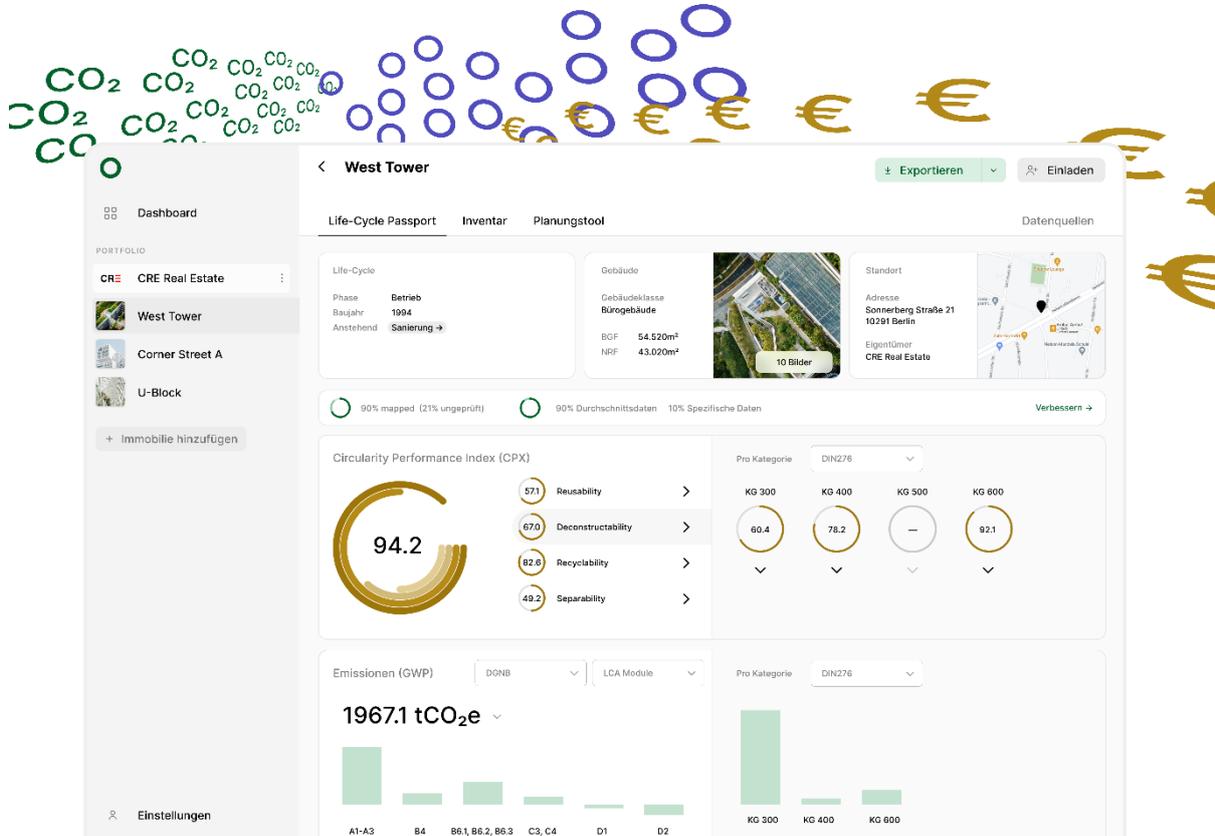
4. Materialrestwert als ökonomischer Treiber

Einer der wichtigsten ökonomischen Treiber ist die EU Taxonomy for Sustainable Finance. Finanzströme in nachhaltige Investments zu lenken gelingt zunehmend und ist entscheidend für die Beschleunigung der notwendigen Transformation unseres Wirtschaftssystems. Interessant ist die Entwicklung auch im Hinblick auf Immobilienwerte. Bei Berücksichtigung des Materialrestwerts verbauter Materialien steigt beispielsweise die Immobilienbewertung durch die Tatsache, dass das was bisher Abfall und Entsorgungskosten nach sich zog, nun einen Wert darstellt, der durch effiziente Kreislaufwirtschaft auch einlösbar und damit entscheidende Vorteile bei der Immobilienfinanzierung schafft.

Concular verfügt neben öffentlichen Rohstoffpreisen auch über einen Datenschatz aus 12 Jahren Vermittlung von Bauteilen, sowie Prozesskosten für Rückbau und Wiederverwendung. Dadurch lässt sich eine umfangreiche Berechnung von Bauteilrestwerten vornehmen – kombiniert mit dem Circularity Performance Index, der die Rückbaubarkeit, Trennbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit von Materialien und Bauteilen bewertet und so die Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Einlösens der Restwerte errechnet. Der Circularity Performance Index wurde gemeinsam mit anerkannten Partnern aus der Forschung und Praxis entwickelt und ist ein praktikabel anwendbares Verfahren, das die Zirkularität von Bauteilen und Gebäuden bewertbar macht. Gewichtet durch die grauen Emissionen des Gebäudes unterstützt er zudem bei der Planung, um Entscheidungen für eine kreislaufgerechte Umsetzung zu treffen, wodurch nicht nur die Kreislaufwirtschaft selbst, sondern auch die Immobilienbewertung profitieren.

So werden Gebäude zu Materialbanken – und ein Schatz, der nicht nur bei Neubauprojekten, sondern mit Concular und seinen zirkulären Wertschöpfungsketten auch im Bestand heute schon zu heben ist.

Zusammengefasst braucht es also mehrere Instrumente: Daten, neue Bewertungs- und Finanzierungsbewertungen und mehr Freiheiten, die notwendigen Schritte für eine nachhaltige Transformation im Gebäudesektor voranzutreiben. Es gibt kein Nischenthema mehr, sondern die relevanter denn je. Auch wenn noch viel Arbeit vor uns liegt und viele Dinge versucht werden müssen und Kreislaufwirtschaft nicht alle Probleme lösen wird – der Weg ist richtig und heute an vielen Stellen schon erfolgreich.



Wiederverwendung tragender Bauteile

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Graf
t-lab Holzarchitektur und Holzwerkstoffe,
RPTU Kaiserslautern-Landau
Kaiserslautern, Deutschland



Wiederverwendung tragender Bauteile

Die bisher gängige Praxis der linearen Bauwirtschaft (take – make – waste) des Rohstoffabbaus, der Baukomponenten- und Bauteilherstellung und deren Nutzung, des globalen Handels sowie des Abfallaufkommens durch den Gebäudeabriss bis hin zur thermischen Verwertung führt zur Ressourcenvernichtung und zur ungebremsten Anreicherung von CO₂-Emissionen in der Erdatmosphäre. Die lineare Bauwirtschaft muss durch eine Bauwende zu Gunsten einer klimaneutralen Kreislaufwirtschaft überwunden werden – eine Ressourcenrevolution ist dafür unumgänglich [1]. Für die wegweisenden Maßnahmen haben wir noch ca. 10 Jahre Zeit [2]. Führende Wissenschaftler, Politiker und Verbände fordern dafür eine Verzehnfachung der Forschungsförderung im Bauwesen [3]. Das muss unter Einbeziehung gesellschaftlicher Transformationsprozesse dann eine sozial-ökologische Bauwende sein, mit den Zielen einer umfassenden Ressourceneinsparung und Abfallvermeidung.

1. Kreislauffeffektives Bauen

Der Neubau von monofunktionalen Gebäuden ist aus Sicht der Langlebigkeit nicht mehr zeitgemäß und dringend zu vermeiden. Nutzungsflexibel werden ein- oder mehrgeschossige Bauwerke, wenn die statische Struktur für alle unterschiedlich geplanten Nutzungen für die gesamte Lebensdauer eines Bauwerks unveränderlich bleibt. Diese «statischen Gebäudegrundformen» kreislauffeffektiven Bauens bestehen dann grundsätzlich entweder aus Einraumssystemen oder aus Skelettbauten (Abb. 1 aus [4]).

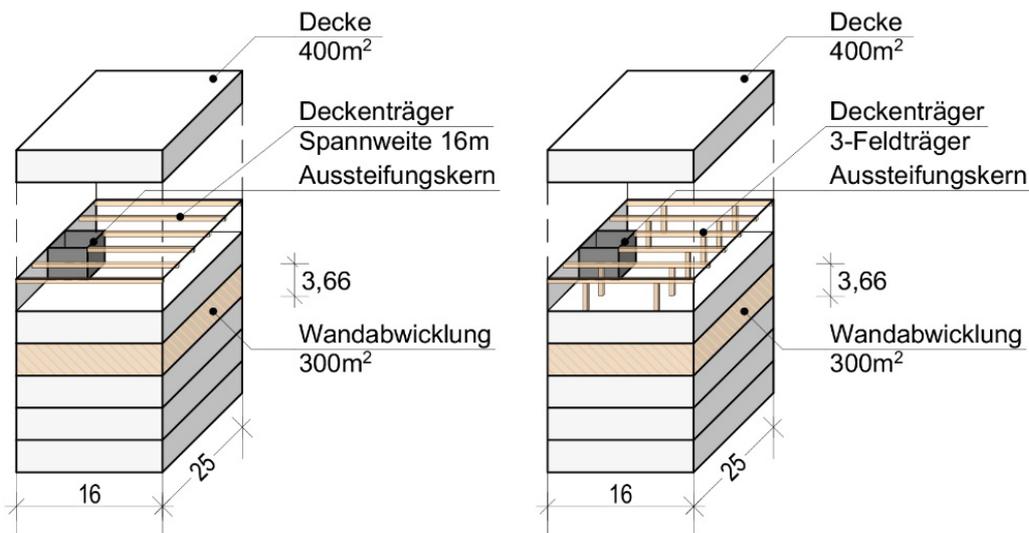


Abbildung 1: «Statische Gebäudegrundformen» kreislauffeffektiven Bauens (schematische Darstellung). Links: Freier Grundriss / Einraumsystem als z. B. Aufstockung eines Gebäudebestandes oder auch Hallenbauten; rechts: Skelettbau als z. B. mehrgeschossiger Neubau [4]

Nach einer Auswertung von 600 Tragwerken [5] verursachen Deckenkonstruktionen (43%) sowie aussteifende und lastabtragende Wandkonstruktionen (21%) ca. 64% der grauen Emissionen der Tragwerke. Betrachtet man zusätzlich den Anteil der Fundamentierung, werden bereits ca. 84% der durch das Tragwerk verursachten grauen Emissionen erzeugt. Um zukünftig die grauen Emissionen deutlich zu reduzieren, muss jeder Neubau/Umbau neben der Nutzungsflexibilität kreislauffeffektiv konstruierte Decken- und vor allem Außenwandkonstruktionen aufweisen, die wieder- und weiterverwendet werden können. Außerdem ist die Fundamentierung auf ein Minimum (z. B. durch Mikropfähle und Bohrpfähle) zu reduzieren.

Wie plant und entwickelt man kreislauffeffektive Bauwerke? Dazu ist die Kreislauffähigkeit von Bauwerken in fünf (baukonstruktive) Hierarchieebenen (Abb. 2 aus [4]) zu gliedern, die konsequent angewandt werden müssen: Gebäudeebene, Bauteilebene, Bauelementebene, Baukomponentenebene, Materialebene.

Die Gebäudeebene: Die Nutzungsneutralität ermöglicht Flexibilität sowie Anpassungsfähigkeit und Veränderbarkeit, sie bedeutet damit Langlebigkeit der Grundrissstruktur. Umnutzungs- und Aufstockungspotentiale im Bestand bedeuten Ressourcenerhalt sowie Einsparungen grauer Emissionen.

Die Bauteilebene (z. Bsp. Außenwand, Geschossdecke, Innenwand etc.): Die Bauteilebene besteht aus geschichteten Bauelementgruppen. Der zerstörungsfreie Rück-, bzw. Ausbau des gesamten (standardisierten) Bauteils garantiert die Wiederverwendung an anderer Stelle, in anderen Bauwerken.

Die Bauelementebene (z. Bsp. Tragelement / Konstruktionsschicht, Fenster, Türe, Sonnenschutzelement etc.): Die Bauelemente bestehen aus Baukomponenten. Die standardisierte Elementierung gliedert systematisch das Bauteil und steigert die Wiederverwendbarkeit. Die Ausbaufähigkeit aus der Bauteilebene erlaubt in Abhängigkeit der tektonisch lösbaren Elementgruppen (z. B. außen- und raumseitige Bekleidung) die Anpassung an Austauschzyklen.

Die Baukomponentenebene (z. Bsp. Rähm, Schwelle, Holzwerkstoffplatte, Verbindungsmittel, Elektrodose etc.): Standardisierung, Sortenreinheit und reversible Verbindungen garantieren die Rückbaubarkeit aus der Bauelementebene und die anschließende Wiederverwendung der Komponenten. Die zerstörungsfreie Rückbaubarkeit (Reversibilität) wird durch formschlüssige Verbindungen erreicht.

Die Materialebene (z. Bsp. Holz, Lehm, Beton, Stahl, Fasern etc.): Kreislauffähig sind Materialien wie Holz oder Lehm im biologischen Kreislauf bzw. wie Stahl und Kupfer im technischen Kreislauf. Die sortenreine Wiederverwertung (Recycling) verstärkt die Kreislaufwirkung.

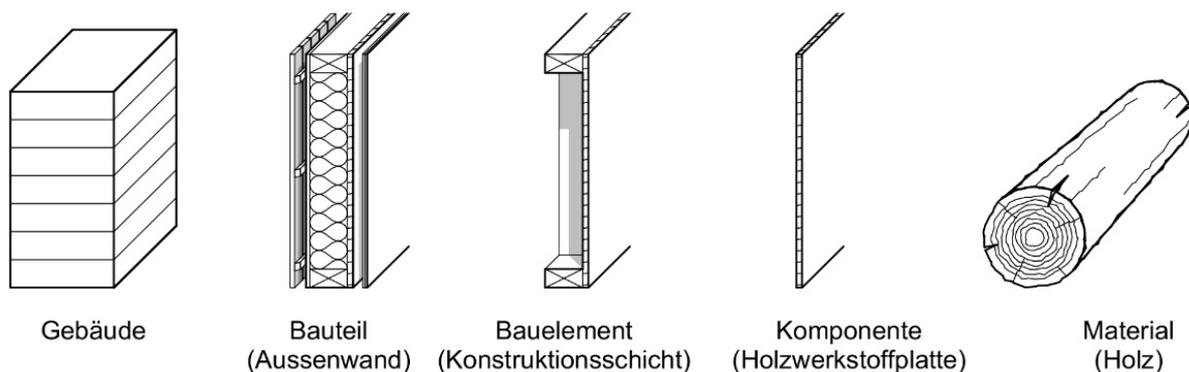


Abbildung 2: Die verschiedenen Ebenen der Kreislauffähigkeit von Bauwerken [4]

In [6], [7], [8], [9], [10] wird aufgezeigt, wie kreislauffähiges Bauen gelingen kann. Im «konstruktiven Holzbau» bedeutet kreislauffähiges Bauen neben der Langlebigkeit durch Nutzungsflexibilität im Wesentlichen:

- Ressourceneffiziente und ressourceneffektive Tragwerke, elementiert und standardisiert
- Reversible, form- und kraftschlüssige Verbindungen
- Materialhybride aus unterschiedlichen Holzwerkstoffen
- Einsatz neuartiger Baukomponenten

Zwei Beispiele sollen das «neue Bauen mit Holz» verdeutlichen. Ressourcenschonend ist z. B. die Wiederverwendung von Brettsperrholzplatten aus dem Rückbau von Gebäudedecken oder -wänden oder aus Produktionsresten von Fenster- und Türausschnitten zu neuen Deckenelementen (Abb. 3). Buchen-Furnierschichtholzlamellen beispielsweise bilden zusammen mit den Brettsperrholz-Produktionsresten tragfähige, elementierte und standardisierte Balkendecken, die reversibel werkseitig vorgefertigt und auf der Baustelle endmontiert werden. Zu beachten sind schubfeste Verbindungen zur zusätzlich notwendigen Ausbildung von Deckenscheiben.

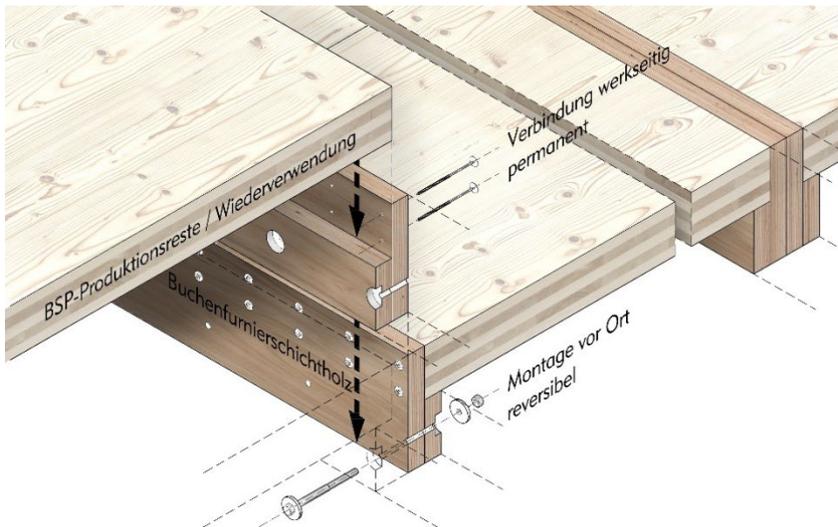


Abbildung 3: Standardisiertes, reversibles Deckenelement.
Quelle: **t-lab** Holzarchitektur und Holzwerkstoffe (**t-lab**) (aus [11]).

Beispiel 2: In einem von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) geförderten Projekt [12] wird die Verwendung von Buchenholz niedriger Qualität aus dem Stamminneren für I-förmige Dachträger großer Spannweite untersucht (Abb. 4).



Abbildung 4: I-förmige Dachträger aus Buchenholz niedriger Qualität aus dem Stamminneren [12].
Quelle: Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG

Der beanspruchungsoptimierte I-Träger ist durch die digitalen Fertigungsprozesse dann wirtschaftlich herstellbar, wenn er standardisiert in Serie hergestellt wird. Kreislauffeffektiv wird der I-Träger, wenn er zerstörungsfrei rückbaubar und damit zur Wiederverwendung geeignet in das Gesamttragwerk eingebunden ist (Abb. 5 bis Abb. 6). Ist die Architektur und die Konstruktion dafür entworfen, sind neuartige Baukomponenten sinnvoll und die aufwändige Erforschung der mechanischen Eigenschaften der Komponenten und reversiblen Verbindungen gerechtfertigt. Diese Trägerform ist bei Hallentragwerken von 10 m bis ca. 35 m Spannweite einsetzbar. Beispielhaft ist in Abb. 5 eine Werkhalle mit 16 m Spannweite dargestellt. Das einfache Bauen mit wenigen reversibel aufgebauten Konstruktionsschichten (Dach, Träger, Wand) erhöht die Kreislauffähigkeit von Hallentragwerken.



Abbildung 5: Beispielhafter, kreislauffeffektiver Werkhallenentwurf (16 m Spannweite, 4,50 m Trägerabstand und lichte Raumhöhe von 7 m) mit standardisierten I-profilierten Buchenholzhybridträgern auf Stützen [12]. (Visualisierung: **t-lab** / Nicolai Becker Images, Stuttgart)

Standardisierung von einfeldrigen Vollwandträger mit der Forderung nach Reversibilität und Wiederverwendbarkeit entsteht durch Elementierung der Trägerform, der angrenzenden Bauteile von Dach, Stütze und Wand sowie der Verbindungstechnik zwischen den Bauelementen. Ist der Vollwandträger aus verschiedenen Holzwerkstoffen, wie BSP, BSH oder Furnierschichtholz (FSH) zusammengesetzt, ist für den daraus entstehenden Holzhybridträger die «Sortenreinheit» auch als verklebter Verbundträger gegeben. Gleichzeitig sind breite Gurte der I-profilierten Träger sinnvoll, um über reversible Verbindungen zwischen Hauptträger und Dach bzw. Hauptträger und Stützen, die für sich getrennt elementiert und standardisiert herstellbar sind, eine zerstörungsfreie Rückbaubarkeit zur Wiederverwendung zu garantieren (Abb. 6 und Abb. 7).

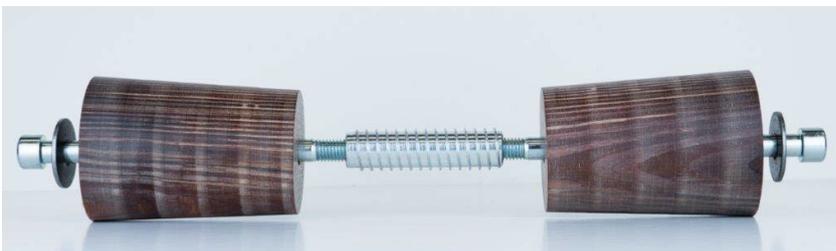
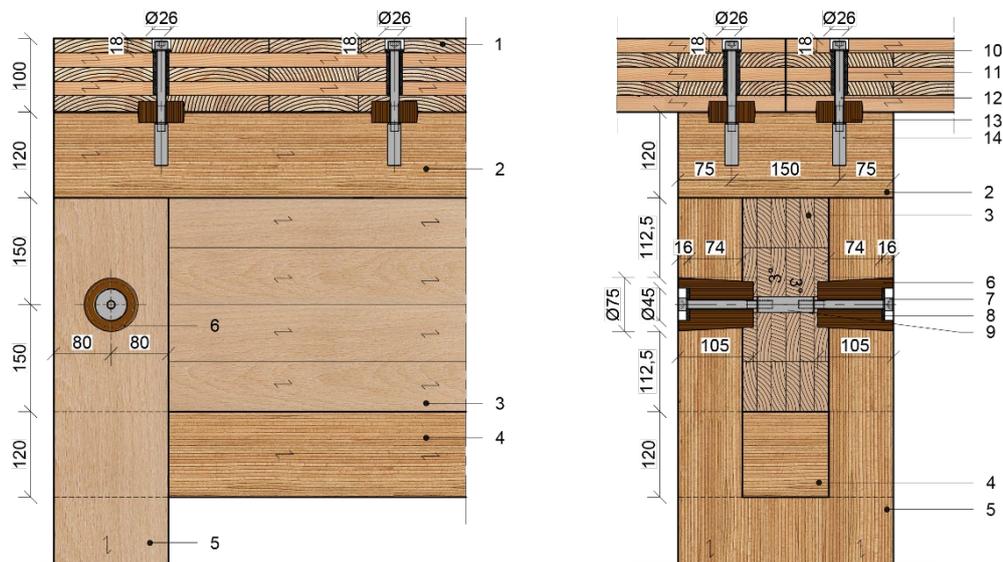


Abbildung 6: KP-Konusdübel, Einschraubmuffe, Zylinderkopfschrauben und Unterlegscheiben zur Auflagerfixierung des gabelgelagerten I-profilierten Trägers nach Abb. 7. (Foto: **t-lab**)

Konusdübel aus Kunstharzpressholz (KP) eignen sich als reversible Verbindungen zur Lagefixierung von Trägern auf Stützen (Abb. 6) und alternativ zu KP-Scheibendübel auch zur Montage der großformatigen Dachplatten aus BSP auf den Trägern großer Spannweite von Hallentragwerken (Abb. 5). KP ist ein unter hoher Temperatur stark verdichtetes Buchen-Furnierschichtholz, imprägniert und verfestigt mit Phenolharz. Die Festigkeiten sowie die Dehnsteifigkeit sind aufgrund der Faserverdichtung höher als bei unverdichtetem Buchen-Furnierschichtholz (BauBuche) und damit auch viel höher als bei Nadelholz.

KP ist dauerhaft, formstabil und hoch tragfähig (Querdruckfestigkeiten je nach Verdichtungsgrad wie Stahl) und damit als reversible Verbindung geeignet. Die Konusform erlaubt Bauteilgenauigkeiten auszugleichen. Zudem verhindert die Konusform das Ablösen der zu verbindenden Bauelemente.



Dachplatte:

1. BSP-Platte: 20/20/20/20/20

I-profiliertes Dachträger (L = 16 m) gabelgelagert:

2. Obergurt: flachkant Buchenurnierschichtholz: BauBuche GL 75
3. Steg: z.B. stehende Buchenbretter aus Buchenholz niedriger Qualität
4. Untergurt: flachkant Buchenurnierschichtholz: BauBuche GL 75

Stütze:

5. Buchenurnierschichtholz: BauBuche GL 75

Verbindungsmitel für Stützen mit I-Trägern:

6. Kunstharzpressholz(KP): KP-Konusdübel Durchgangsbohrung 14 mm
7. Zylinderkopfschraube M12x120
8. Unterlegscheibe 44/4 nach DIN EN ISO 7094
9. RAMPA-Muffe Sondermuffe 22x80 (beidseitig Innengewinde)

Verbindungsmitel für Dachplatten mit I-Trägern:

10. Scheibe 24/3 nach DIN EN 14 399-6
11. RAMPA-Muffe in Anlehnung an Typ SKL 22x60 Durchgangsbohrung 13 mm
12. Zylinderkopfschraube M10x120
13. KP-Scheibendübel Durchgangsbohrung 13 mm
14. RAMPA-Muffe Typ SKL 18,5x60

Abbildung 7: Deckentragwerk mit reversibler Dachkonstruktion und reversibler Gabelagerung I-profiliertes Träger auf Stützen. Oben: Ansicht links; Schnitt rechts [13].

Die Umsetzung dieser Innovationen in den Maßstab 1:1 sowie die Verifizierung reversibler Verbindungen und Konstruktionen gelingen nur in gut ausgestatteten Reallaboren. Wir, die wir die Bauwende im Blick haben, fordern daher von der Politik eine flächendeckende Einrichtung von Reallaboren an unseren Universitäten.

2. t-lab Campus Diemerstein

Der «**t-lab** Campus Diemerstein» der RPTU liegt mitten im Pfälzer Wald in der Nähe von Kaiserslautern. Er soll, auch weit über die Holzbauforschung des «**t-lab** Holzarchitektur und Holzwerkstoffe» hinaus, mittelfristig die Keimzelle für die kreislaueffektive Bauforschung in Rheinland-Pfalz sein mit nationaler und internationaler Strahlkraft und damit hoher Anziehungskraft für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Schwerpunkt ist das effiziente, konsistente und suffiziente Bauen. Forschungen zu reversiblen, standardisierten und elementierten Holzwerkstoffen spielen eine übergeordnete Rolle im Forschungsschwerpunkt **t-lab**. Die Ressourceneffektivität steht im Vordergrund. Die einzelnen Forschungs- und Research-Design-Build-Projekte sind unter «www.architektur.uni-kl.de/tlab» einzu-sehen. Das erste Bauwerk, die Werk- und Forschungshalle (Abb. 8) bildet den Auftakt des Campus.



Abbildung 8: Auftaktgebäude des **t-lab** Campus Diemerstein: Werk- und Forschungshalle.

3. Werk- und Forschungshalle Diemerstein

Die Werk- und Forschungshalle ist zu 100% rückbaubar und kreislaueffektiv geplant (Abb. 8 und Abb. 9). Die Umsetzung erfolgt unter anderem mit Studierenden als Research-Design-Build-Projekt. Das rund 360 qm große Gebäude bietet im Innenraum eine flexibel nutzbare Fläche, die auch für Workshops, Seminare und Veranstaltungen genutzt werden kann. Die Elemente des Tragwerks, der Hülle und des technischen Ausbaus bleiben ablesbar.



Abbildung 9: Innenansicht Auftaktgebäude des **t-lab** Campus Diemerstein: Werk- und Forschungshalle.

Die Werk- und Forschungshalle ist 12,5 m breit, 27,5 m lang, 7 m hoch bei ca. 4 m Traufhöhe. Das Tragwerk besteht aus zwei Giebelwänden und 10 Dreigelenkrahmen aus Buchen-Furnierschichtholz (BauBuche GL 75) und Kunstharzpressholz (KP) im Abstand von 2,50 m. Die 12,5 m weit spannenden Dreigelenkrahmen werden durch die vertikalen und horizontalen Lasten aus dem Dach- und Wandtragwerk beansprucht und übernehmen auch die Queraussteifung der Halle. Das Dach- und Wandtragwerk besteht nach dem Prinzip des einfachen Bauens aus einschichtigen Dach- und Wandplatten aus Brettspertholz (BSP), die 2,50 m zwischen den Dreigelenkrahmen von Fußkante bis Traufkante und von Traufkante bis Firstkante spannen. Die BSP-Platten dienen auch der Längsaussteifung.

Die Gebäudehülle als Ganzes besteht aus vorgefertigten dreischichtigen Bauelementen: Weichfaserplatte, Konterlattung, Douglasienfassade (sägerau – Abb. 10) – mit 2,50 m Breite zwischen den Dreigelenkrahmen. Diese vorgefertigten Elemente werden reversibel auf den BSP-Platten befestigt.



Abbildung 10: Werk- und Forschungshalle: Douglasienfassade, in 1,25 m Elementen vorgefertigt.

Im Bereich der aufgeständerten Bodenplatte und der Fundamente wird auf Stahlbeton verzichtet, indem historisch bekannte Kriechkellerkonstruktionen als Vorbild dienen (Abb. 11). Das Bauwerk schließt nach unten mit einer selbsttragenden 160 mm starken BSP-Bodenplatte ab, die im Rasterabstand von 2,50 m auf HEA-Trägern aufliegt. Bodenplatte und Rahmentragwerk werden auf Mikropfählen rückbaubar gegründet.



Abbildung 11: Detailmodell Werk- und Forschungshalle: Kriechkellerkonstruktion.
Quelle **t-lab**

Die konstruktiven Besonderheiten der reversiblen Bauteilanschlüsse fußt auf diversen Forschungsergebnissen des **t-lab**. Für das Primärtragwerk kommen erstmals hocheffiziente Ringknoten aus Kunstharzpressholz (KP) zum Einsatz (Abb. 12). Die bauliche Umsetzung wird mit ausgesuchten Firmen für das Haupttragwerk durchgeführt, da die Forderung der Reversibilität wesentlich höhere Anforderungen an die Bauteilgenauigkeiten der Verbindungen stellt als normativ gefordert.



Abbildung 12: Traufknoten aus Kunstharzpressholz (KP).
Quelle: DEUTSCHE HOLZVEREDELUNG Schmeing GmbH & Co. KG

Der Dreigelenkrahmen selbst besteht aus BauBuche-Stäben und KP-Knoten, die komplett in ihre Einzelteile sortenrein zerlegbar sind (Abb. 11 und Abb. 13). Die Rahmenecken am Trauf sind fachwerkartig aufgelöst – Druckstäbe innen zum Raum hin, Zugstäbe außen entlang von Wand und Dach. Der Diagonalstab ist druckbeansprucht. Alle Druckstäbe sind 160 mm breit und 200 mm hoch. Alle Zugstäbe, die durch die Schnee- und Windbeanspruchungen auch querkraft- und biegebeansprucht sind, sind 160 mm breit und 300 mm hoch. Die Verschneidung der Druck- mit den Zugstäben erfolgt über Treppenversätze [14]. Die Wand- und Dachelemente werden auch hier durch Konusdübel aus KP mit den Dreigelenkrahmen formschlüssig und damit ebenfalls reversibel verbunden (vergl. Abb. 6). Da die Konusdübel universell zwischen beliebigen Bauelementen einsetzbar sind, werden sie Konusadapter genannt. Zur Lagesicherung werden rein auf Zug beanspruchte Zylinderkopfschrauben verwendet, die in Gewindemuffen und nicht direkt ins Holz eingedreht werden, um sicherzustellen, dass die Rückbaubarkeit auch nach Jahrzehnten gewährleistet ist.



Abbildung 13: Werk- und Forschungshalle: Bauphase – Reversible Verbindungen aller Bauelemente mit formschlüssigen Verbindungen, z. B. mit Konusadaptern

Sämtliche Knoten: Fußpunkt, Traufknoten und Firstknoten sind kraft- und formschlüssig miteinander verbunden. Jeweils zwei Gewindestangen M16 GK 8.8 werden gegen die Innenwand der KP-Knoten und die in den BauBuche-Stäben eingelassenen Quadratbolzen (50 mm/50 mm) vorgespannt. Die Quadratbolzen liegen 300 mm von der Kontaktfläche der beiden Materialien entfernt. In den Kontaktflächen werden zur Übertragung der Querkräfte und zur Knotenversteifung formschlüssige Anschlüsse vorgesehen (Abb. 13).

Dass die Anforderung der Reversibilität nicht als Restriktion der Gestaltungsfreiheit verstanden werden darf, wurde im Konstruktionsentwurf zum Ausdruck gebracht. Ästhetik und Umweltschutz sind per se keine Widersprüche.

4. Ausblick

Klimapositive Bauweisen, Kreislaufwirtschaft mit geschlossenen Stoffkreisläufen, Effizienz, Konsistenz und Suffizienz sowie Robotik, Künstliche Intelligenz (KI) und digitale Transformation sind nur einige Begriffe, die aufzeigen, wie sich aktuell das Bauwesen in einem Wandel befindet. Der sechste Kondratjew-Zyklus [15] ist im vollen Gange. Wir brauchen jetzt eine Bauwende. Die Wissenschaft muss dafür ein Steuerungselement zu einer klimaneutralen Bauwirtschaft sein. Sinnvoll erscheint, die Effizienzrevolutionen von Ressourcen- und Energieverbrauch neben der Wirtschaft auch der Wissenschaft aufzutragen. Überlassen wir der Bauwirtschaft allein die Entwicklung der Bauwende, wird durch den Einsatz von Digitalisierung und KI ein vorrangig wirtschaftlich geprägter Innovationschub gefördert. Es wäre höchst unwahrscheinlich, wenn dies auch mit einem Maximum an Ressourceneffektivität einherginge. Kreislauffeffiziente, klimarelevante Forschung gehört in Reallaboren umgesetzt und in 1:1 Modellen und Bauwerken demonstriert. Dies setzt aber ein völlig verändertes Förderwesen für die für die Bauwende forschenden Institute und Fachbereiche voraus.

Aus Sicht einer klimarelevanten, ökonomischen und sozialen Bauwende sind unabhängige und ergebnisoffene Forschungen zu intensivieren. Das Förderwesen für die Hochschulen durch die Länder und den Bund sind dazu grundlegend und sofort zu erneuern, indem auf monetärer Basis Personal, Räumlichkeiten und Ausstattung deutlich aufgestockt und interdisziplinäre Forschungsumfelder unbürokratisch geschaffen werden. Geschieht dies nicht, werden klimarelevante Innovationen und Technologien der Bauwirtschaft weitestgehend unterbleiben – das Fortschreiten der Klimakrise gefestigt. Dies wäre nicht weniger als ein Versagen der Politik.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Weizsäcker, E. U. ; Hargroves, K. ; Smith, M. H. (2010) Faktor Fünf – Die Formel für nachhaltiges Wachstum. Droemer Verlag, München
- [2] Figueres, C. et al. (2017) Three years to safeguard our climate. In: Nature 546, 593–595 (29 June 2017) doi:10.1038/546593a
- [3] BAUWENDE 2030 – Ein Appell. Initiatoren: Graf, J. ; Winter, S. ; Birk, S. (15.07.2021)
- [4] Graf, J.; Birk, S.; Poteschkin, V.; Braun, Y. (2022) Kreislauffeffektive Bauwende – Auf dem Weg zu einer neuen Tektonik. Bautechnik. (doi.org/10.1002/bate.202100111)
- [5] Watson, N. (2020) Lean design: 10 things to do now. [Hrsg] Institution of Structural Engineers. Abgerufen am 04.07.2022 unter thestructuralengineer.org
- [6] Hillebrandt, A. et al. (2018) Atlas Recycling – Gebäude als Materialressource. 1. Aufl. München: Detail Business Information GmbH
- [7] Heisel, F. ; Hebel D. E. [Hrsg] Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen – Die Stadt als Rohstofflager. Fraunhofer IRB Verlag
- [8] Kaufmann, H.; Krötsch, S.; Winter, S. (2017) Atlas Mehrgeschossiger Holzbau. München: Detail Business Information GmbH.
- [9] Fischer, O.; Lang, W.; Winter, S. (2019) Hybridbau – Holzaußenwände. 1. Aufl. Detail Business Information GmbH
- [10] Graf, J. (2020) Entflechtung von Wachstum und Ressourcenverbrauch – Zirkuläre Wertschöpfung im Holzbau. Bautechnik 97, Sonderheft Holzbau, Ausgabe 2, S. 108-115 (Graf, J.; Shi, W.; Birk, S. (2022) Kreislauffeffektives Potential von Holz im Hallenbau. In: Bautechnik 99, Sonderheft Holzbau, Ausgabe 1, S. 2-12 (doi.org/10.1002/bate.202000078)
- [11] Graf, J. et al. (2019) Potentiale der Verwendung von Brettsperrholz-Produktionsabfällen zur Herstellung von Bauteilen im Holzbau – Recycling von Brettsperrholz-Produktionsabfällen. Forschungsbericht, Forschungsinitiative ZukunftBAU. Fraunhofer IRB, F 3204.
- [12] Graf, J.; Birk, S.; Klopfer, R.; Shi, W. et al. (2022) Standardisierte Buchenholz-Hybridträger großer Spannweite – Stoffsteigerungspotential von Produktspeicher und stofflicher Substitution durch Buchenholzprodukte niedriger Holzqualität. Forschungsbericht, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Förderkennzeichen 22008717
- [13] Graf, J.; Shi, W.; Birk, S. (2022) Kreislauffeffektives Potential von Holz im Hallenbau. In: Bautechnik 99, Sonderheft Holzbau, Ausgabe 1, S. 2-12 (doi.org/10.1002/bate.202100105)
- [14] Enders-Comberg, M.; Blaß, H. J. (2014) Treppenversatz – Leistungsfähiger Kontaktanschluss für Druckstäbe. In: Bauingenieur 89, H. 4, S. 162-171.
- [15] Kondratjew, N. D. (1926) Die langen Wellen der Konjunktur. In: Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik. Band 56, S. 573–609

Two projects in wood: circular but still for eternity

Erik Roerdink
De Zwarte Hond
Groningen, The Netherlands



Two projects in wood: circular but still for eternity

SuperHub Meerstad

Meerstad is the greenest part of Groningen, known for its space, greenery, and the lake – the Woldmeer – that was recently created there. It's a place that inspires an energetic lifestyle, where sustainability is the most natural thing in the world. In the coming decades, about 5,000 homes will gradually be built in this area. SuperHub Meerstad will take on the function of the neighbourhood's centre – a function that will grow with the development of the district. SuperHub is about creating the supermarket of the future. The building is more than a supermarket. It's also a meeting place, in the way that the market used to be a place for meetings.



Picture 1: SuperHub

Building in wood

SuperHub Meerstad is built from wood. We consider timber construction important from the point of view of sustainability and climate. The advantage of building in wood is that the construction site becomes an assembly site. Everything is made in the factory and assembled on site. That means a short construction time, a clean construction site and less chance of mistakes. Wood is light, natural, easily adaptable, has a good insulation value and it captures CO₂ instead of emitting CO₂ like concrete. A wooden building has the pleasant property of providing a healthier indoor climate compared to a traditional building. Wood smells pleasant and provides a natural and warm appearance; it ensures tranquility and a pleasant quality of stay.



Picture 2: Side view SuperHub



Picture 3: Side view wooden construction and transparent facade

Flexibility and adaptability

The building was deliberately designed with a height and column grid, making it suitable for other functions in the future, such as a community centre or even housing. The floor of the building is designed for a large load and the whole building is one large fire compartment. We have increased the flexibility of the building by not concealing the technical installations in the building but opting for open installations. The interior and technology are therefore easy to adapt or replace over time.



Picture 4: In the future, it will be possible to accommodate other functions

Curved frames and grid

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



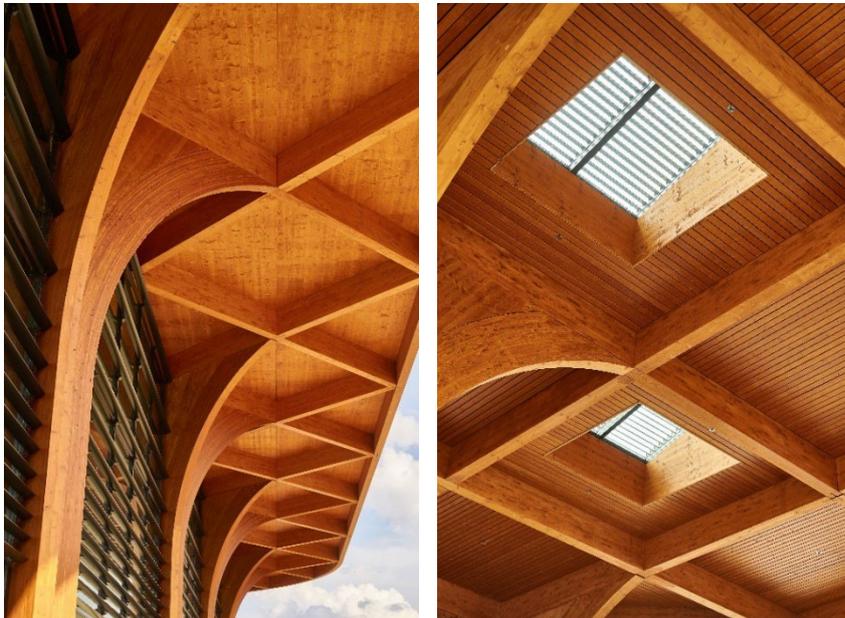
Picture 5: Diagonal grid of cross-shaped curved trusses

Earthquake proof and sustainable roof

Due to its location in this part of Groningen, the building has been made earthquake resistant. The nice thing about wood is that it is light and that it can absorb the vibrations of an earthquake well. If a crack occurs in the wood, further cracking is prevented by the specific use of screws. The roof is also optimally used by installing solar panels and roof plants for bees and other insects. Technology – in the form of an air treatment system and heat/cold storage from the ground – is integrated in the building to ensure an optimal, energy-efficient indoor climate. In the building grid there are several skylights that bring extra daylight into the heart of the building.



Picture 6



Picture 7

Picture 8

Facilities and experience

The idea behind the design of the building is that it will grow with the developing neighbourhood and continue to offer opportunities for all kinds of functions. Initially a supermarket, later it can also be used as a place to live, or a school, museum, or community centre. A pioneering building that grows with the neighbourhood, in addition to providing necessities it also provides spaces for meeting, activity and entertainment. In filling public functions, it acquires a social role. This means that the building will have to be extra attractive to ensure that people enjoy spending time there. The design for SuperHub is

currently a spectacular supermarket that offers you views of the surrounding nature while shopping. Shopping here is a special experience. In addition to the supermarket, there is also a café with a terrace in the park and a parcel service point.



Picture 9 and 10: SuperHub Meerstad provides spaces for meeting, activity, and entertainment



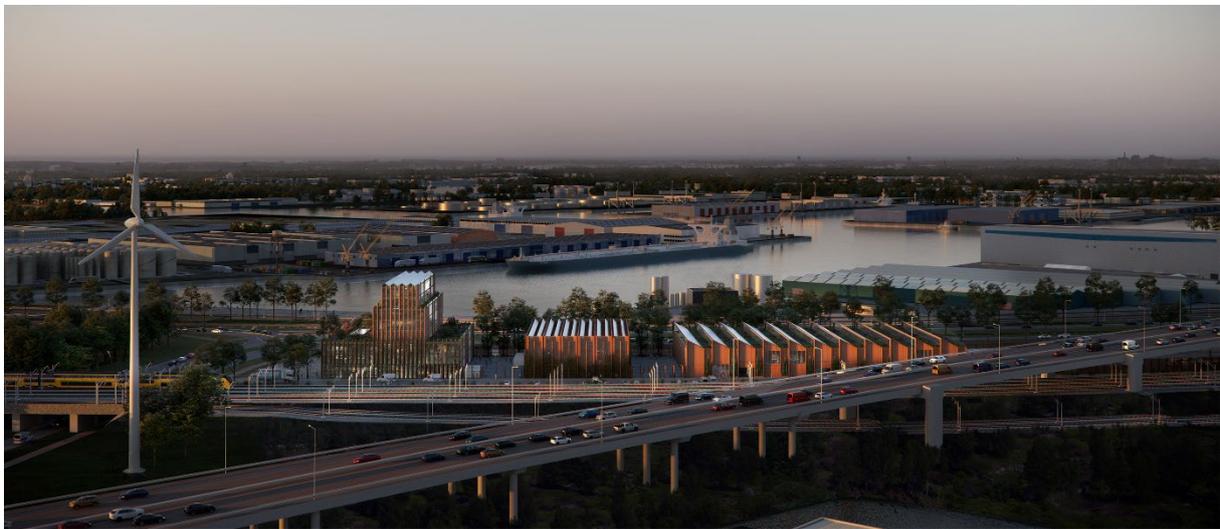
Picture 11: SuperHub Meerstad in Meerstad Groningen, NL

Liander Westpoort

De Zwarte Hond was commissioned by network company Alliander to design a working building that offers space for offices, training facilities, workshops, storage and test rooms for network operator Liander. De Zwarte Hond translated the functional requirements and aspirations into an extremely sustainable energy-neutral building (ENG), which considers Liander's future changing needs and has an energy performance certificate (EPC) of -0.007 (see attached DGMR document).

The design consists of a rhythmic alternation of buildings and spaces in between and is striking because of the equal attention given to all parts of the programme. The work buildings and storage areas have been designed with the same care as the office building. At its peak, the office forms a height accent which is visible from the A5. The building is cost-efficient, thanks to its compact construction, limited façade surface and focus on the reuse of materials.

The sustainability goals were formulated together with Copper8 and include a high degree of flexibility, scalability, and modularity. Thanks to sustainable energy generation, including solar panels and thermal storage (TES), the buildings are energy neutral, while the enormous PV roof in the workshop allows them to generate most of the electricity needed for charging forklifts and other equipment.



Picture 22: Liander Westpoort, as the location will be called, will offer space for offices, training facilities, workshops, storage and test areas

Circularity, futureproofing and designing for multiple lifecycles

Liander Westpoort is the most extensive timber construction project in the Netherlands. Using a generic wooden construction makes the design future-proof. The materials of this circular building are easy to reuse thanks to the stacked (wooden) columns, beams, and floor sections with their detachable connections. In addition, the installations are designed not to be inbuilt in between, which guarantees the future flexibility of the building. Furthermore, the Corten steel façade is also demountable and reusable.

An outbuilding occupies the site of the current location where the environment and projects square is located. This will be taken apart and elements will be reused in the new work hall of the office. In addition, the lighting fixtures from the current office will also be reused in the new office.



Picture 33: The office forms a height accent and is therefore visible from the A5 motorway

Wooden construction

The use of a wooden construction has a positive effect on CO₂ emissions, but this regional office design does even more for Alliander. For example, the façade is more than 30% green, which contributes to water retention. This encompasses brown roofs as well as green roofs, and containers beneath the road surface that collect water. The roofs not only retain water, but also provide nesting opportunities for birds. The design of the new regional office acts as a connecting element in the ecological wildlife route.

Stairs and a lift have been placed in the core of the building. Connecting all the office floors with «wandering stairs» encourages the building's users to mainly take the stairs. Sustainable, construction- and energy-neutral design solutions are a core value in the new office. This is reflected in the appearance of the design.



Picture 44



Picture 55



Picture 16



Picture 17

Increasing biodiversity

The landscape plan for the outdoor space – on and around the buildings – is inviting for people and wildlife. The surface area of the site, the size of the building and the location in the port area require landscape planting that is robust and therefore able to withstand the scale of the building. The site is part of an ecological zone within the port area and the planting is in line with the locally occurring species. The different layers of vegetation enhance the landscape, increase biodiversity, purify the air, reduce heat stress, and absorb flooding in extreme weather. Refining the planting on a smaller scale ensures that the seasons are experienced. Near visitors and employees, colours and scents stimulate the senses and contribute to psychological health. With this design, Liander Westpoort contributes to a climate-adaptive and nature-inclusive environment.



Picture 18



Picture 19: The rich vegetation provides a habitat for insects, birds, amphibians, and small mammals.

De Zwarte Hond is a design agency for architecture, urban design, and strategy with offices in Groningen, Rotterdam and Cologne. Through a combination of social commitment and craftsmanship, we create high quality projects that are sensitive to their context, the needs of users and the vision of our customer.

Credits Photography

SuperHub Meerstad: Ronald Tilleman

Liander Westpoort: ScagliolaBrakkee, Proloog (Renderings)

Block B2
Die Neuen Bemessungsrichtlinien im Eurocode

Die Evolution des Eurocode 5 – ein Überblick mit Schwerpunkt DIN EN 1995-1-1

auf Grundlage eines Artikels von
Martin Schenk¹, Norman Werther¹, Matthias Gerold²,



Abbildung 1: Europäische Bemessungsnormen – Eurocodes – erarbeitet in CEN/TC250
Quelle: Europäische Kommission, 2021

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Technische Universität München,
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
München, Deutschland



1 TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
2 Harrer Ingenieure Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH, Karlsruhe

Die Evolution des Eurocode 5 – ein Überblick mit Schwerpunkt DIN EN 1995-1-1

1. Einleitung

1.1. Vorbemerkung

Dieser Beitrag ist eine umfassend überarbeitete Fassung des Artikels der oben genannten Autoren aus der Zeitschrift Holzbau – die neue quadriga 6/2021. Den Kollegen sei für die Vor- und Mitarbeit sehr herzlich gedankt.

1.2. Aktuelle Situation

Der Eurocode 5 (EC 5) wurde als Bemessungsnorm EN 1995 – «Bemessung und Konstruktion von Holzbauten» 2004 in Europa erstmalig veröffentlicht und mit den Ausgaben 2010 zusammen mit den zugehörigen nationalen Anhängen in Deutschland als technische Baubestimmung eingeführt.

Ziel der Bearbeitung im europäischen Rahmen war es, die unterschiedlichen oder gar fehlenden Richtlinien für die Bemessung von Holzbauten in den Mitgliedsstaaten des Europäischen Normungskomitees (CEN) durch ein gemeinsames technisches Regelwerk mit gleichem Sicherheitsniveau zu ersetzen und so Barrieren innerhalb Europas weiter zu minimieren. Die unmittelbare deutsche Vorgängernorm war DIN 1052:2008-10, die bereits erstmalig das semi-probabilistische Bemessungskonzept umgesetzt hat.

Die Normenreihe EN 1995 «Bemessung und Konstruktion von Holzbauten» ist mit aktuellem Stand in drei Teile untergliedert:

- Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
- Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall
- Teil 2: Brücken

Um die Anpassung der Eurocodes an den Stand der Technik zu gewährleisten und damit die stetigen technischen Entwicklungen und Erkenntnisgewinne abzubilden, erteilte die Europäische Kommission 2012 das Mandat M/515 zur Erarbeitung einer zweiten Generation dieser Normenreihe.

Im Bereich des Holzbaus erfolgt die Überarbeitung im Unterkomitee (SC) CEN/TC 250 SC 5. Dazu wurden seit 2015 sechs Expertengruppen (project teams) berufen, die für spezifische Themenbereiche im Holzbau Normungsentwürfe erarbeiteten. Zehn Arbeitsgruppen (working groups), welche die thematische Fortentwicklung des Eurocode 5 begleiten, führen aktuell diese Arbeit in Zusammenarbeit und Abstimmung mit den nationalen Normungsgremien fort, vgl. Abbildung 2. Zu Beginn des Jahres 2023 wurden nun die Entwürfe für die erste formelle Umfrage (formal enquiry) abgegeben. Es folgt im Jahr 2023 eine Übersetzungsphase, um die Entwürfe in den drei Amtssprachen der Europäischen Union verfügbar zu machen. Die formelle Umfrage wird im Herbst 2023 gestartet und endet im Januar 2024.

Im Jahr 2025 erfolgt nach Bearbeitung und Einarbeitung der eingehenden Kommentare die sogenannte formelle Abstimmung (formal vote). Danach wird die Normenreihe des neuen Eurocode 5 in allen Mitgliedsstaaten nach umfassender Überarbeitung und Erweiterung erhältlich sein.

Dieser Beitrag enthält einen Ausblick auf die Inhalte und Unterschiede im Vergleich zur bisherigen Normengeneration. Der Schwerpunkt liegt nach einem allgemeinen Überblick auf EN 1995-1-1, also den allgemeinen Bemessungsregeln. Holzbetonverbundbauteile und die Brandschutzbemessung werden im Rahmen dieser Tagung von den Kollegen Jörg Schänzlin sowie Björn Kampmeier und Dirk Hollmann vorgestellt.

Normungsgremium CEN/TC 250/ SC 5				
Leitung: Stefan Winter (DE)				
Projektgruppe	Arbeitsgruppe	Leitung	Norm	Verfügbarkeit
PT 1 PT 3 PT 5	WG 1: Brettsperrholz, Furnierschichtholz, etc.	Tobias Wiegand (DE)	EN 1995-1-1	2026
	WG 3: Aussteifung, Stabilität, etc.	René Steiger (CH)		
	WG 5: Anschlüsse und Verbindungsmittel	Ulrich Hübner (AT)		
	WG 7: Durchbrüche und Verstärkungen	Philipp Dietsch (DE)		
	WG 10: Grundlagen der Bemessung	Julian Marcroft (UK)		
PT 4	WG 4: Heißbemessung	Andrea Frangi (CH)	EN 1995-1-2	2026
PT 2	WG 2: Holz-Beton-Verbund	Jörg Schänzlin (DE)	CEN TS 19103	2021
PT 6	WG 6: Holzbrücken	Matthias Gerold (DE)	EN 1995-2	2026
	WG 9: Bauausführung	Andrew Lawrence (UK)	EN 1995-3	2026

Abbildung 2: Die Projektteams (PT) und Arbeitsgruppen (WG) des Normungsgremiums CEN/TC 250/SC 5 – nicht enthalten ist WG 8 Erdbebenbemessung (joint WG mit EC 8)

Besonders ist ein weiterer neuer Teil des Eurocode 5 zu erwähnen, der in der Arbeitsgruppe WG 9 Execution bearbeitet wird. Hier werden die Ausführungsregeln für Holzbauwerke zusammengefasst, da auf Grundlage einer Vereinbarung in CEN/TC 250 in den Bemessungsteilen selbst keine derartigen Regeln mehr enthalten sein sollen. In der bisherigen Fassung von EN 1995-1-1 waren einige dieser Regeln im Abschnitt 10 enthalten. In anderen Normungsbereichen wie dem Stahlbau existieren ebenfalls Ausführungsregeln außerhalb der Eurocodes, z.B. EN 1090 zur Ausführung von Stahltragwerken. Da im Bereich des Holzbaus kein anderes Normungskomitee zur Bearbeitung zur Verfügung steht, wurde nach langen Diskussionen vereinbart, die Ausführungsregeln in CEN/TC 250 SC5 zu erarbeiten und als weiteren Normungsteil EN 1995-3 zukünftig zu veröffentlichen.

Die Holz-Beton-Verbund Bauweise wurde in einem vorgezogenen Normenverfahren als Technische Spezifikation (Technical Specification (CEN/TS 19103)) bereits 2021 zur Erprobung veröffentlicht und soll zukünftig als EN 1995-1-3 ebenfalls in die Gesamtreihe des Eurocode 5 überführt werden, die dann in der zweiten Generation also insgesamt fünf Teile umfassen wird.

Einen ersten Überblick zu den Veränderungen bei den bestehenden Teilen ermöglicht der Vergleich der alten und neuen Normenstruktur, siehe Tabelle 1. Eine Veränderung der Kapitelnummerierungen ergab sich unter anderem aus der Anpassung aller Eurocode Teile in der Gliederung der ersten zehn Kapitel, um Werkstoff übergreifend die Arbeit mit den Eurocodes zu erleichtern.

Tabelle 1: Vergleich der Inhaltsverzeichnisse neue und alte Holzbaunorm
(Kaltbemessung: prEN 1995-1-1, Heißbemessung: prEN 1995-1-2 und Brücken: prEN 1995-2)

EN 1995-1-1:2004	prEN 1995-1-1:2027
1. Allgemeines	1. Allgemeines
	2. Normative Verweise
	3. Begriffe, Definitionen und Symbole
2. Grundlagen der Bemessung	4. Grundlagen der Bemessung
3. Baustoffeigenschaften	5. Baustoffeigenschaften
4. Dauerhaftigkeit	6. Dauerhaftigkeit
5. Grundlagen der Berechnung	7. Grundlagen der Berechnung
6. Grenzzustand der Tragfähigkeit	8. Grenzzustand der Tragfähigkeit
7. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	9. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
	10. Ermüdung
8. Verbindungen mit metallischen Verbindungsmitteln	11. Anschlüsse und Verbindungsmittel
9. Zusammengesetzte Bauteile und Tragwerke	12. Zusammengesetzte Bauteile und Tragwerke
	13. Dach-, Decken- und Wandscheiben
10. Ausführung und Überwachung	
	14. Gründung mit Holzpfehlen
EN 1995-1-2:2004	prEN 1995-1-2:2027
1. Allgemeines	1. Allgemeines
	2. Normative Verweise
	3. Begriffe, Definitionen und Symbole
2. Grundlagen der Bemessung	4. Grundlagen der Bemessung
3. Baustoffeigenschaften	5. Baustoffeigenschaften
4. Bemessungsverfahren für mechanische Beanspruchbarkeit	6. Tabellierte Nachweise
5. Bemessungsverfahren für Wand- und Deckenkonstruktionen	7. Vereinfachte Bemessungsverfahren
	8. Genauere Bemessungsverfahren
6. Verbindungen	9. Verbindungen
7. Konstruktive Ausführung	10. Ausführung von Details
Anhang A - F	Anhang A, B, C, D, E, F, G, I, M, T
EN 1995-2:2004	prEN 1995-2:2027
1. Allgemeines	1. Allgemeines
	2. Normative Verweise
	3. Begriffe, Definitionen und Symbole
2. Grundlagen für die Bemessung und Konstruktion	4. Grundlagen der Bemessung
3. Baustoffe	5. Baustoffe
4. Dauerhaftigkeit	6. Dauerhaftigkeit
5. Grundlagen der Berechnung	7. Grundlagen der Berechnung
6. Grenzzustand der Tragfähigkeit	8. Grenzzustand der Tragfähigkeit
7. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	9. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
	10. Ermüdung
8. Verbindungen	11. Anschlüsse und Verbindungsmittel
9. Ausführung und Überwachung	
Anhang A. Ermüdungsnachweis	
Anhang B: Durch Fußgänger verursachte Schwingungen	

2. Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau

Ziel der Überarbeitung der Bemessungsnormen ist die Anpassung der Normung an den aktuellen Stand der Technik. Zielgruppe sind dabei ausgebildete Bauingenieur:innen mit einer dreijährigen Berufserfahrung. Die Normen werden also nicht für Laien geschrieben, sondern für gut ausgebildete Experten.

Den Diskussionen der Vergangenheit und Anmerkungen der Anwender folgend legte das Europäische Normungsinstitut (CEN) für die zweite Generation der Eurocodes den «ease of use», also die Praxistauglichkeit und verbesserte Anwendbarkeit als eines der umzusetzenden Kernziele innerhalb der neuen Normenreihe fest. Dies umfasste eine

- verbesserte Struktur und Eindeutigkeit;
- klarere Verknüpfungen und Angleichung national festgelegter Parameter (NDP, national determined parameters);
- Reduktion von alternativen gleichwertigen Anwendungsregeln und Verfahren;
- Streichung von Regelungen mit geringer Anwendung;
- Erläuterung des mechanischen Hintergrunds von Formeln.

Zu Beginn der Überarbeitung der Eurocodes wurde zusätzlich teilweise die Erwartung geäußert, dass die «Vereinfachung» eben auch eine Reduktion der Seitenzahl bedeuten «muss!» Aber ist das gerade im Holzbau realistisch?

In kaum einer Branche hat sich auf Produktebene seit der Einführung der Europäischen Bemessungsnormen vor gut 20 Jahren so viel bewegt wie im Holzbau. Und in kaum einer Branche haben sich die Bauaufgaben dermaßen ausgeweitet, von vielgeschossigem Wohnungs- und Hotelbau in Modulbauweise bis hin zum Bau von Hochhäusern aus Holz. All das war beim Start der Erarbeitung der ersten Generation der Eurocodes noch in weiter Ferne.

Dem aktuellen Stand der Technik entsprechend werden daher Materialien und Werkstoffe wie Brettsperrholz, Furnierschichtholz oder Hartholzprodukte in EN 1995-1-1 umfassend in Abschnitt 4 – Baustoffeigenschaften – der neuen Bemessungsnorm aufgenommen. Ergänzend werden im Anhang M alle Eigenschaften der jeweiligen Baustoffe angegeben, die für die Bemessung nach EN 1995-1-1 erforderlich sind. Diese Auflistung dient als Grundlage für Ausschreibungen, um hier die erforderlichen Leistungseigenschaften angeben zu können und sie wird für die Erarbeitung der neuen Mandate für die europäischen harmonisierten technischen Spezifikationen der Bauprodukte verwendet, also entweder für Normungsmandate (standardization request) der Europäischen Kommission an CEN im Rahmen der Bauproduktenverordnung oder für Europäische Technische Bewertungsdokumente (EAD) als Grundlage von Europäisch Technischen Zulassungen (ETA), die im Rahmen von EOTA bearbeitet werden. Der Anhang M soll ebenfalls den «Ease-of-use» unterstützen, um den erforderlichen Nachweis «was geplant wurde, wird auch gebaut» durch eine Harmonisierung zwischen den Bemessungsnormen und den Bauproduktennormen zukünftig zu erleichtern.

Die Definition der Nutzungsklassen wurden in Abschnitt 4 restrukturiert, um auch hier den veränderten Anforderungen besser gerecht zu werden.

Der überarbeitete Abschnitt 7 – Grundlagen der Berechnung – beschreibt zusammenfassend für die Bemessungsnachweise der nachfolgenden Kapitel alle notwendigen Randbedingungen. Ergänzend wird in der aktuellen Fassung hier zusätzlich ein Verfahren für die vereinfachte Ermittlung von Auswirkungen der Einwirkungen nach Theorie II. Ordnung, im Prinzip ein erweitertes Verfahren nach Dischinger, angegeben. Zu diesem Vorgehen besteht nach wie vor eine kontroverse Diskussion – ebenso wie zu den vereinfachten Stabilitätsnachweisen (k_c -Verfahren) in Abschnitt 8. Einerseits sollen die Normen vollständig sein, um eine Berechnung durchführen zu können, andererseits werden dadurch bei der Zielgruppe eigentlich allgemein bekannte Regeln wiederholt, die sich auch in Fachbüchern finden oder finden könnten.

Abschnitt 8 – Grenzzustand der Tragfähigkeit – wird hauptsächlich in zwei Themengebiete unterteilt: Der erste Teil definiert alle Querschnittsnachweise, die im Rahmen allgemeiner Bemessungsverfahren zu führen sind, also die allgemeinen Nachweisformate zum Nachweis Beanspruchung / Beanspruchbarkeit ≤ 1 . Der Abschnitt 8 enthält weiterhin die

bekanntesten Regeln für die Ersatzstabverfahren für die Stabilitätsfälle Knicken und Biegedrillknicken. In einem weiteren Unterkapitel werden die Bemessungsverfahren für Bauteile mit besonderen Anforderungen beschrieben, z.B. ausgeklinkte Träger oder Satteldachträger (bisher Teil des deutschen nationalen Anhangs (NA)). Ebenso werden hier die Begrenzung und Bemessung von Durchbrüchen in Trägern geregelt, einschließlich ihrer möglichen Verstärkungen und zur Stabachse exzentrischer Anordnung. Diese Erweiterung ist ein typisches Beispiel, wie pränormative Forschung und Entwicklung in technische Regeln umgesetzt werden kann. Erstmals werden weitere Bemessungsregeln für die Verstärkung von Holzkonstruktionen bereitgestellt.



Source: Zukunft Bau Project SWD-10.08.18.7-17.22

Abbildung 3: Erweiterte Bemessung und die Bemessung von Verstärkungen z.B. für Durchbrüche neu aufgenommen

Wie bei anderen Werkstoffen, so liegt auch im Holzbau der Teufel nicht selten im Detail und damit in der Bemessung der Anschlüsse. Auch hier führten Entwicklungen, wie neue Produktionsverfahren, innovative Verbindungsmitteltechniken, aber auch die Anforderungen des mehrgeschossigen Bauens an Steifigkeiten, Tragfähigkeit und Brandschutz zu einer ganzheitlichen Überarbeitung, siehe auch EN 1995-1-2. Trotz der zahlreichen Neuregelungen und Erweiterungen galt es hier das wesentliche Ziel der Praxisstauglichkeit und klaren Anwendbarkeit zu gewährleisten. So wird beispielsweise der Nachweis für Block-Scher-Versagen – das spröde Versagen entlang des Umfangs einer ganzen Verbindungsmittelgruppe – welches bisher dem informativen Anhang A zugeordnet war, nun in den Abschnitt 11 – Anschlüsse und Verbindungsmittel – implementiert. Dazu werden Bemessungsregeln für moderne zimmermannsmäßige Verbindungen, die durch die computer- und robotergestützte Herstellung eine Renaissance erleben, ebenso in das neue Hauptdokument aufgenommen wie eine vereinfachte Methode für die Johansen-Gleichungen zur Bemessung von stiftförmigen Verbindungsmitteln. Vereinfachte (Berechnungs-)Verfahren zur Berücksichtigung des Knickens von druckbelasteten Schrauben in Holz und für eine symmetrische Anordnungen von Verstärkungselementen runden die Neuerungen ab.

Da eine Ausweitung des mehrgeschossigen Bauens mit Holz zu erwarten ist, wurde die Ermüdungsbemessung aus dem Brückenteil EN 1995-2 Abschnitt 10 in den Teil der allgemeinen Bemessungsregeln verschoben, denn neben Lasten aus Verkehr erzeugen beispielsweise Windlasten mit zunehmender Höhe anwachsende, dynamische Einwirkungen.

Auf Grundlage der internationalen Nachfrage, wird nun der Praxis auch ein Abschnitt 14 – Gründung auf Holzpfählen – zur Verfügung gestellt.

Die Regelungen für die Bemessung der Standsicherheit von Holzgebäuden wurden also umfassend überarbeitet, erweitert und dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Der Hauptteil des Teils 1 des Eurocode 5 ist damit auf eine Seitenzahl von ca. 240 Seiten angewachsen. Auf Grund des massiv erweiterten Standes der Technik wurde dies aus Sicht der Autoren unvermeidlich. Jedenfalls wurde versucht dabei die Praxisstauglichkeit, z.B. durch die Bereitstellung von vereinfachten Berechnungsverfahren, zu erhalten und zu verbessern, beispielsweise durch die Verlagerung von Spezialthemen (z.B. Nagelplattenbemessung) in Anhänge.

Letztendlich ist die Diskussion, ob genauere Verfahren der Bemessung unbedingt erforderlich sind oder nur vereinfachte Verfahren in den Normen enthalten sein sollen – oder umgekehrt – oder sogar nur die Grundlagen der Bemessung (den Rest können die Ingenieur:innen) nach wie vor nicht abgeschlossen. Letztendlich kann man wohl auf beides nicht verzichten, denn eine vereinfachte Regel ermöglicht zwar eine «schnelle Lösung» und damit eine Zeit- und Kostenersparnis bei der Planung, aber sie liegt natürlich immer

«auf der sicheren Seite». Diejenigen wiederum, die z.B. als Generalunternehmer oder Bauproduktproduzent die Bemessungsregeln für eine hohe Anzahl von Bauteilen verwenden, wollen natürlich eine möglichst material- und ressourceneffiziente und damit auch kostensparende Lösung – und das liegt natürlich auch im gesamtgesellschaftlichen Interesse. Der Brandschutzteil des Eurocode 5 – siehe Abschnitt 3 – hat diese Anforderungen an die jeweiligen Nachweisniveaus noch konsequenter umgesetzt als der Teil EN 1995-1-1.

3. Erweiterte Bemessungsregeln für den Brandfall

Gemeinsam mit den Bemessungsregeln zum Nachweis der Standsicherheit von Holzbaukonstruktionen unter Normaltemperatur entstehen mit der EN 1995-1-2 neue begleitende Regeln zum Nachweis von Holzbaukonstruktionen für den Brandfall.

Hierbei wurde das bereits in anderen Eurocodes bekannte Prinzip einer dreistufigen Möglichkeit von Nachweisebenen mit unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit auch für den Holzbau vollständig etabliert. Somit werden zukünftig

- tabellierte Aufbauten / Nachweise,
- vereinfachte (Hand)-Bemessungsmodelle
und
- erweitertet numerische Simulationsmodelle

parallel und gleichwertig zur Verfügung gestellt.

Neben den vereinfachten (Hand)-Bemessungsmodellen und erweiterten numerischen Simulationsmodellen (z.B. Finite-Elemente-Simulationen), deren Prinzipien bereits Gegenstand der aktuellen Heißbemessungsregeln im Holzbau sind, wird erstmals durch die Listung nachgewiesener Aufbauten und Konstruktionen dem Anwender eine einfache und schnelle Möglichkeit zum herstellerneutralen Nachweis des Feuerwiderstands gegeben. In Deutschland sind solche Ansätze bisher aus den tabellierten Nachweisen der DIN 4102-4 bekannt und wertgeschätzt.

Eine weitere wesentliche Änderung in der Nachweisstruktur der EN 1995-1-2 ist die Streichung des Verfahrens der «Methode mit reduzierten Eigenschaften» und die damit verbundene Erweiterung der Bemessungsregeln für die «Methode mit effektivem Querschnitt». Hierdurch wird für alle Holzbauteile einheitlich und vergleichbar mit den bisherigen Regelungen, durch die Ermittlung des effektiven Restquerschnittes in Verbindung mit angepassten Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften und einer reduzierten Einwirkung im Brandfall eine Bemessung in Anlehnung an die Regelungen bei Normaltemperatur ermöglicht.

In der Überarbeitung der EN 1995-1-2 werden die produkttechnologischen Entwicklungen der letzten 20 Jahre nun auch in der Brandschutzbemessung im Holzbau aufgegriffen. Weiterführend wird den aktuellen nationalstaatlichen Brandschutzanforderungen im Hinblick auf das mehrgeschossige Bauen mit Holz bis und über die Hochhausgrenze hinaus Rechnung getragen. So werden die Bemessungsverfahren für Verbindungen als auch für den Raumabschluss von Holzbauelementen, die bisher auf 60 Minuten ausgelegt sind, zukünftig auf eine Anwendung für bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand angepasst und erweitert. Gleichzeitig wurden Bemessungsregeln für Produkte wie Brettsperholz, Holz-Beton-Verbundelemente und I-Stegträger integriert sowie Abbrandraten zusätzlicher praxisrelevanter Holzarten wie Esche aufgenommen.

Ebenso erlaubt die nächste Generation der EN 1995-1-2 die Berücksichtigung der Schutzwirkung von biogenen Gefachdämmstoffen, Holzfaserdämmplatten, Lehmwerkstoffen oder Estrichen in Fußbodenaufbauten.

Mit der zukünftigen normativen Berücksichtigung der erhöhten Schutzfunktion von Gipskartonfeuerschutzplatten und Gipsfaserplatten im Hinblick auf einen reduzierten Abbrand werden im Vergleich zum heutigen Ansatz deutliche Optimierungen in der Bemessung möglich.

Mit der Erweiterung der konstruktiven Regelungen zur Detailausführung wird dem Aspekt einer ganzheitlichen brandschutztechnischen Planung Rechnung getragen. Hierbei wird auf die Ausführung von geeigneten Befestigungen, Fugen und Anschlüssen als auch auf die Integration haustechnischer Installationen eingegangen.

Ergänzend zum Hauptteil der EN 1995-1-2 liefern neue Anhänge Regelungen zur Naturbrandbemessung von Holzbauteilen und normative Beurteilungsverfahren zur Bestimmung der Abbrandrate von Holz und Holzwerkstoffen, der Hochtemperatureigenschaften von Verklebungen aber auch zur Bestimmung der brandschutztechnischen Wirkung von neuen Bekleidungen.

4. Nachhaltiger Brückenbau in Holz

Ursprünglich leicht zeitversetzt zu den beiden Hochbauteilen wurde die Holzbrückennorm EN 1995-2 bearbeitet, inzwischen sind die Zeitpläne für alle Teile außer EN 1995-1-3 (Überführung von CEN/TS 19103) synchronisiert (formal enquiry Herbst 2023 – Januar 2024). Die neuen Fassungen werden planmäßig voraussichtlich Anfang des Jahres 2026 den Mitgliedsländern zur Verfügung stehen.

Der Holzbau hat sich wie der Stahl- und der Stahlverbundbau im Gegensatz zum Betonbau dazu entschieden, einen gesonderten Brückenteil zu erhalten.

Eines der Hauptthemen des Brückenteils war die Umsetzung der Vorgaben der EN 1990 und EN 1991-2, insbesondere die Definition von Anforderungen zur Erreichung einer Nutzungsdauer von 100 Jahren. Da die Sprache der Bauschaffenden die Ausführungsplanung ist, wird in einem neuen informativen Anhang D zeichentechnisch an Beispielen stark vereinfacht dargestellt, wie Holzbrücken dem Grunde nach gegen Witterungseinflüsse, insbesondere Feuchte, zu schützen sind. Der normative Anhang B stellt ergänzend Anforderungen an die Prüfung und Unterhaltung von Holzbrücken bereit. Diese Regelungen können – wie auch die des Anhang D – national ergänzt werden.

Die bisher bekannten Anhänge A (Ermüdung) und B (Schwingungen, Dämpfung) wurden in den Hauptteil der EN 1995-1-1 integriert. Zu beiden Themen wurden gegenüber EN 1995-1-1 bzw. EN 1990 zur weiteren Anwenderfreundlichkeit vereinfachte Nachweisverfahren speziell für Brücken entwickelt.

Auch werden parallel zur Hochbaunorm Anforderungen und Regelungen an die Dauerhaftigkeit einschließlich Korrosionsschutz, Deckplatten und Holzbetonverbund-Konstruktionen eingearbeitet. Anforderungen an die Numerische Analyse (Stichwort FEM) sollen in EN 1995-1-1 gestellt werden.

Bei Holz-Beton-Verbund-Brücken unterscheiden sich aufgrund der deutlich größeren Querschnitte die Kriechfaktoren für Beton im Vergleich zu bekannten Hochbaukonstruktionen. Hierzu werden im neuen normativen Anhang A der EN 1995-2 zugehörige Bestimmungsgleichungen angegeben. Der Eurocode 8 Teil 2 Brücken unter seismischen Einwirkungen (Erdbeben) wird nunmehr auch Holzbrücken berücksichtigen. Hierzu wurde vom project team SC5.T6 und der working group WG6 u.a. ein informativer Anhang C erarbeitet.

Hinzuweisen ist noch auf den informativen Anhang E, welcher Vorschläge zu Verformungen und Dimensionsänderungen von Holzkonstruktionen unter wechselnden Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Holzfeuchte ebenso enthält wie Hinweise zu quer vorgespannten hölzernen Deckplatten (u.a. zum «Schüsseln» der Plattenecken).

5. Ausblick

Auch wenn der Abschluss der Arbeit an den europäischen Holzbaunormen mit den Jahren 2025 bzw. 2026 noch weit entfernt scheint und die nationalen Anwendungsdokumente ggf. erst im Jahr 2027 zur Verfügung stehen werden – und damit die Übernahme in die VVTBs erfolgen kann – so sind die meisten wesentlichen Änderungen bereits bekannt.

Um insbesondere bei Hybridkonstruktionen den Planern die gleichzeitige Anwendung mehrerer Eurocodes zu erleichtern, sind die Überschriften der Hauptkapitel 1 bis 10 bei allen Material-Eurocodes identisch. Die Kapitel 2 und 3 kamen gegenüber den bisherigen Gliederungen hinzu.

Klar wahrzunehmen ist, dass durch die notwendige Berücksichtigung neuer Holzbauprodukte und die Erweiterung sowie Optimierung bekannter Bemessungsansätze der Umfang der Norm im Vergleich zur heutigen Ausgabe unvermeidlich anwächst. Dennoch liegt ein zentraler Fokus darauf, durch Neustrukturierung und Homogenisierungen aber auch durch vereinfachte Regelungen die Anwenderfreundlichkeit zu erhöhen.

Sicherlich wird aber wie bei der Umstellung auf die erste Generation der Eurocodes ein zusätzlicher Lern-, Aus- und Weiterbildungsprozess notwendig sein, dessen Start bereits vor der finalen Erscheinung einsetzen muss und wird, um die Praxis angemessen vorzubereiten zu können.

Abschließend kann man festhalten: Die zweite Generation der Eurocode 5 – Reihe ist keine Revolution, sondern eine Evolution, welche die Erfahrungen und Prinzipien des bisherigen Eurocode 5 logisch fortsetzt.

Achtung! Noch ist es Zeit noch besser zu werden! Beteiligen Sie sich bitte über die nationalen Gremien an den anstehenden Umfragen des formal enquiry und helfen Sie mit, die derzeitigen Fassungen weiter zu optimieren! Allerdings: Die technische Bearbeitung ist abgeschlossen, der Stand der Technik mit Ende 2022 eingefroren – denn sonst werden wir nie fertig. Alles, was jetzt neu hinzukommt, muss also erst einmal auf anderen Ebenen oder in anderen Formaten publiziert werden – vom Fachartikel bis zu Technischen Spezifikationen im CEN stehen dazu ja viele Formate zur Verfügung.

Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS19103

Jörg Schänzlin
Institut für Holzbau, Hochschule Biberach
Biberach, Deutschland



Bemessung von HBV-Decken nach DIN CEN/TS19103

1. Allgemeines

Bei der Holz-Beton-Verbundbauweise werden die Vorteile des Holzbaus mit den Vorteilen des Stahlbetonbaus verbunden. So werden im Vergleich zum Holzbau die Steifigkeit und die Tragfähigkeit erhöht und der Brand- und Schallschutz verbessert (siehe [1]). Auch lässt sich durch die Betonplatte eine aussteifende Scheibe auf einfache Art und Weise realisieren. Im Vergleich zum Stahlbetonbau wird das Eigengewicht reduziert und der Anteil von nachwachsenden Rohstoffen deutlich vergrößert. Hinzu kommt, dass im Hochbau bei sichtbaren Holzdecken oft kein weiterer Ausbau notwendig wird. Auch im Hinblick auf die Herstellung der Decken können einige Vorteile wie z.B. geringere einzubringende Betonmenge oder einen geringeren Anteil an Unterstützungsträgern durch die höhere Tragfähigkeit der Holzelemente im Vergleich zu Halbfertigteilplatten genutzt werden. Um diese Vorteile nutzen zu können, sind Berechnungsvorschriften für diese Bauteile zu entwickeln. Daher wurde [2] als Technical Specification erstellt und im Februar 2022 veröffentlicht. Sie kann auf europäischer Ebene als einen möglichen Vorschlag zur Ergänzung der zukünftigen Normengeneration dienen. Daher werden im Folgenden die wesentlichen Teile von [2] vorgestellt.

2. Aufbau von DIN CEN/TS19103 [2]

Um eine einfachere Zugänglichkeit zu den Normen zu erzielen, ist es ein Merkmal der EN-Reihe, dass diese vergleichbar aufgebaut sind. Daher ist [2] in folgende Kapitel gegliedert:

- 0 Einleitung
- 1 Anwendungsbereich
- 2 Normative Verweise
- 3 Begriffe und Symbole
- 4 Bemessungsgrundlage
- 5 Baustoffe
- 6 Dauerhaftigkeit
- 7 Tragwerksberechnung
- 8 Grenzzustände der Tragfähigkeit
- 9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Nach diesen «Standardkapiteln» sind in [2] folgende weitere Kapitel vorhanden:

- 10 Verbindungen
- 11 Konstruktive Ausführung und Ausführung
- Anhang A (informativ): Jährliche Schwankungen der über den Querschnitt gemittelten Holzfeuchte bei Holz-Beton-Verbundbauteilen unter veränderlichen Umgebungsbedingungen
- Anhang B (informativ): Berechnung der Auswirkungen unelastischer Dehnungen
- Anhang C (informativ): Experimentelle Bestimmung der Tragfähigkeit und des Verschiebungsmoduls von Holz-Beton-Verbindungen

Im Gesamten besteht [2] aus 46 Seiten Normtext und 13 Seiten Anhänge.

3. Anwendungsbereich

Für die Ausführung von Holz-Beton-Verbunddecken stehen eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Verfügung. Allerdings sind nicht alle Kombinationen ausreichend durch Versuche und/oder analytische Studien untersucht worden. Daher ist der Anwendungsbereich von [2] durch folgende Randbedingungen festgelegt:

- Holz: [2] baut auf [3] auf. Damit sind alle Materialien, die in diesem Teil geregelt sind, prinzipiell verwendbar. Lediglich bei der Verwendung der Kerbe kommt es zu einer Einschränkung des Materials auf mindestens C24 bzw. mindestens GL24.

- Beton: Für den Beton dürfen folgende Betonfestigkeitsklassen verwendet werden:
 - Normalbeton: $\geq C12/15$; $\leq C60/80$
 - Leichtbeton: $\geq LC12/15$; $\leq LC60/80$

Lediglich bei der Verwendung der Kerne entsprechend den im Rahmen von [2] gegebenen Parametern ist eine Mindestbetongüte C20/25 vorgegeben.

- Bewehrung: Für die Bewehrung wird auf [4] verwiesen, so dass alle dort verwendbaren Bewehrungen auch bei Holz-Beton-Verbundbauteilen verwendet werden dürfen.
- Nutzungsklasse: Prinzipiell sollte Holz nur in Nutzungsklasse 1 und 2 verwendet werden. Allerdings ist diese Definition von Land zu Land unterschiedlich. So ist z.B. in [5] der maximale Regeneinfallswinkel definiert, der die Grenze zwischen Nutzungsklasse 2 und Nutzungsklasse 3 definiert. Da es diese Regelung zum heutigen Stand nicht in allen europäischen Ländern gibt, ist die Einstufung von Bauteilen in Nutzungsklassen teilweise recht unterschiedlich. Daher wird in [2] keine generelle Einschränkung der Nutzungsklasse eingeführt. Lediglich die Nutzungsklasse der Fuge ist dahingehend vorgegeben, dass die Fuge so auszubilden ist, dass sie in Nutzungsklasse 1 oder 2 eingestuft werden kann.
- Im Hinblick auf die Abmessungen ist vorgegeben, dass die Betonplatte mindestens 50mm aber maximal 300mm Bauteildicke aufweist. Die Dicke von eventuell eingebauten Zwischenschichten darf nach aktuellem Stand maximal 50mm betragen.

4. Wesentliche Besonderheiten bei der Bemessung von Holz-Beton nach der Technical Specification im Hinblick auf das Kurzzeitverhalten

4.1. Belastung/Einwirkungen

Allgemeines: Ein wesentlicher Unterschied bei der Bemessung von Holz-Beton-Verbundbauteilen im Vergleich zu reinen Holz- oder Betonbauteilen sind die zu berücksichtigenden Einwirkungen. Ändert sich die Temperatur, der Feuchtegehalt des Holzes oder schwindet der Beton, wird diese Relativverschiebung des einen Verbundpartners durch den anderen behindert (vgl. Abb. 1).

Schwinden des Betons

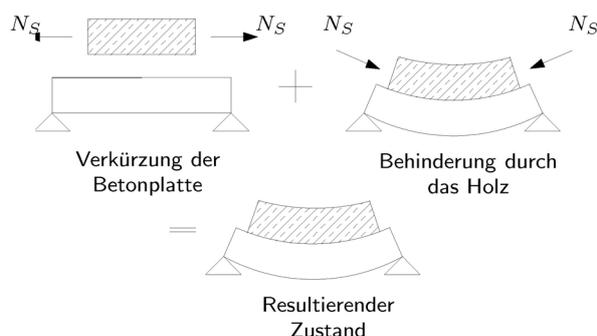


Abbildung 1: Auswirkungen der spannungslosen Dehnung z.B. infolge Temperaturabnahme oder Schwinden des Betons

Die dabei entstehenden Schnittgrößen und Verformungen lassen sich durch eine Superposition verschiedener Zustände abbilden. Im ersten Schritt werden dabei beide Querschnitte voneinander getrennt betrachtet, so dass sie sich unabhängig verformen können. Diese unabhängige Verformung wird allerdings durch die Verbindungsmittel verhindert, so dass der sich verkürzende Teilquerschnitt durch eine Kraft wieder so verlängert wird, dass die beiden Querschnitte gleich lang sind. Aus Gründen des Gleichgewichts wird diese Belastung auf den Verbundquerschnitt wieder aufgebracht. Daraus ergibt sich, dass nur die Relativverschiebung zwischen beiden Querschnitten von Bedeutung ist. Schwinden oder quellen beide Querschnitte in einem vergleichbaren Maß, entsteht keine Kraft, um beide Querschnitte auf die gleiche Länge zu bringen. Dies ist auch der Grund, warum das Quellen und Schwinden des Holzes bei den üblichen Holz-Holz-Verbundträgern nur von untergeordneter Bedeutung ist.

Verkürzt sich der oben liegende Beton relativ zum unten liegenden Holz, hat dies zur Folge:

- Abnahme der Normalkraft: Da sich der Beton verkürzt, entsteht daraus eine Druckkraft im Holz. Die resultierenden Belastungen aus äußerer Last und Schwinden des Betons führen dazu, dass die Normalkraft im Teilquerschnitt abnimmt.
- Abnahme der Belastung der Verbindungsmittelbelastung: Nimmt die Normalkraft im Teilquerschnitt ab, nimmt auch die Verbindungsmittelbelastung ab, da diese «nur» dazu dient, die Druckkraft im Beton mit der Zugkraft im Holz kurzzuschließen. Diese Abnahme hat auch zur Folge, dass Schwinden des Betons auch dann berücksichtigt werden muss, wenn das plastische Verhalten der Verbindungsmittel berücksichtigt wird. Während durch das Fließen des Stahls und des Betons und des Reißens des Betons erreicht wird, dass Schwinden bei Stahlbetonbauteilen in der Bemessung nicht berücksichtigt werden muss, entsteht bei Holz-Beton-Verbundbauteilen durch Schwinden des Betons eine Abnahme der Normalkraft und der Verbindungsmittelbelastung. Durch die Entlastung der Verbindungsmittel hat das plastische Vermögen der Verbindungsmittel keine Auswirkungen auf die Schnittgrößenaufteilung im Lastfall Schwinden.
- Zunahme des Moments im Holz: Da die Normalkraft abnimmt, die äußere Belastung aber konstant ist, steigt das Moment im Teilquerschnitt an.
- Zunahme der Verformung: Durch das Schwinden des Betons entzieht sich dieser seiner Druckbelastung, so dass der Verbundbauanteil am Lastabtrag abnimmt. Daher muss ein größerer Teil über Biegung abgetragen werden, so dass die Verformung des Gesamtbauteils zunimmt.

Verkürzt sich das unten liegende Holz relativ zum oben liegenden Beton treten die umgekehrten Effekte auf.

Durch diese unterschiedlichen Dehnungen der beiden Teilquerschnitte entstehen Eigenspannungen, die sich in Verformungen bemerkbar machen. So zeigt sich in [1], dass die Verformungen der Decken erst dann realitätsnah abgebildet werden können, wenn Schwinden des Betons berücksichtigt wird. Darüber hinaus sind auch Eigenspannungen Spannungen, die die Tragfähigkeit des Bauteils beeinflussen. Im Vergleich zu anderen Materialien hat Holz unter einer Zugbeanspruchung eher ein sprödes Verhalten, so dass diese Eigenspannungen nicht durch eine plastische Verformung abgebaut werden können. Daher sind diese Einwirkungen im Nachweis zu berücksichtigen.

Anzusetzende Belastungen: Im Hinblick auf die Belastungen ergibt sich also, dass folgende Einwirkungen berücksichtigt werden müssen:

- «übliche» äußere Belastungen infolge Eigengewicht, Verkehr, Schnee, Wind etc. nach [6] ff.
- Eigenspannungen hervorrufende Einwirkungen wie z.B. Temperatur, Schwinden und Quellen des Holzes und Schwinden des Betons

Entsprechend [2] wird – vereinfachend – zugelassen, dass Temperaturänderungen und Auswirkungen der Feuchteänderungen in quasi-konstanter Umgebung vernachlässigt werden dürfen. Diese quasi-konstante Umgebung ist durch folgende Größen definiert:

- Die Holzfeuchte entspricht – im ingenieurmäßigen Sinn – zum Zeitpunkt des Einbaus der Ausgleichsfeuchte.
- Die Differenz zwischen minimaler und maximaler Holzfeuchte innerhalb eines Jahres ist kleiner/gleich 6%.
- Die Änderung der Lufttemperatur überschreitet nicht 20° C

Dies bedeutet, dass bei typischen Situationen der Nutzungsklasse I die Temperaturänderungen und die Feuchteänderungen (und damit das Quellen & Schwinden des Holzes) vernachlässigt werden dürfen. Schwinden des Betons ist dagegen auch bei quasi-ständigen Umgebungsbedingungen sowohl im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit als auch im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu berücksichtigen.

Sollten die Umgebungsbedingungen nicht als quasi-konstante Umgebungsbedingungen eingestuft werden können, müssen zusätzlich zum Schwinden des Betons Temperaturänderungen und Quellen/Schwinden des Holzes in der Berechnung berücksichtigt werden.

Für die Ermittlung der inelastischen Dehnungen stehen verschiedene Quellen zur Verfügung:

- Temperatur nach [7], wobei prinzipiell zwei Einwirkungen zu unterscheiden sind
 - Temperaturdifferenz zwischen Temperatur beim Einbau und mittlere Temperatur im Betrieb
 - Jährliche Temperaturschwankungen
- Schwinden des Betons nach [4]
- Schwinden und Quellen des Holzes: Ähnlich wie bei der Temperatur sind beim Schwinden und Quellen des Holzes prinzipiell auch zwei verschiedene Einwirkungen infolge Feuchteänderung des Holzes zu beachten
 - Feuchteunterschied zwischen Einbau und Ausgleichsfeuchte
 - Jährliche Feuchteschwankungen: Für die Ermittlung des jährlichen Quellen bzw. Schwindens des Holzes werden im Anhang A von [2] Regelungen gegeben, anhand dieser die erwartete Feuchteänderung für ein überdachtes, nicht beheiztes Bauteil mit direktem Zugang der Außenluft ermittelt werden kann.

Die Ermittlung diese jahreszeitlichen Feuchteänderungen erfolgt – sofern keine genaueren Daten bekannt sind – in folgenden Schritten:

- Festlegung der Klimazone des Gebäudes anhand des Köppen-Geiger-Diagramms (vgl. Abb. 2)

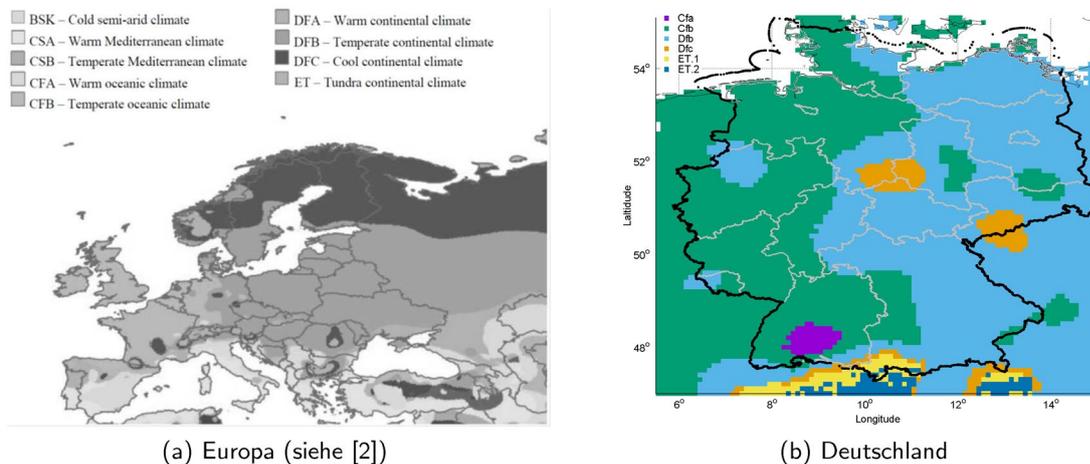


Abbildung 2: Köppen-Geiger-Diagramm

- Ermittlung der Feuchte durch Interpolation der in [2] gegebenen Werte für Querschnitte mit verschiedenen Breiten (vgl. Tab. 1)

Tabelle 1: Rechnerische Feuchteschwankungen in % im Querschnitt $\Delta mc = \max mc - \min mc$ (Auszug aus [2])

Bez.	Breite in mm		
	38	125	>300
Gemäßigt ozeanisch Stuttgart, Paris, London CFB	15	9	3
Gemäßigt kontinental südliche Gebiete Warschau, Berlin, München, Prag DFB.2	15.5	9	3.5

- Modifikation der Feuchte in Abhängigkeit der Nutzungsklasse
- Ermittlung der Dehnung durch

$$\varepsilon = \alpha_{||} \cdot \Delta u \quad (1)$$

ε effektive Dehnung infolge Feuchteänderung

Δu Feuchteänderung; ermittelt aus Tab. 1

$\alpha_{||}$ Ausdehnungskoeffizient des Holzes parallel zur Faser
= 0,01%/‰ Δu entsprechend [8]

Werden die verschiedenen Zulassungen ausgewertet, ergibt sich, dass die Berücksichtigung der Dehnungen infolge Feuchteänderung des Holzes und Schwinden des Betons eigentlich bereits in den Zulassungen gefordert wird. Ein wesentlicher Unterschied zwischen [2] und den Zulassungen ist allerdings, dass bei [2] diese Einflussparameter explizit zu berücksichtigen sind, während in den Zulassungen diese Einflussparameter in einer globalen Abminderung der E-Moduli erfasst werden.

Teilsicherheitsbeiwerte: Für die Teilsicherheitsbeiwerte werden im Wesentlichen die Teilsicherheitsbeiwerte entsprechend der Einteilung in [9] verwendet. So werden für ständig wirkende Lasten und eingeprägte Verformungen ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_F = 1,35$ vorgeschlagen, während für variable Lasten ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_F = 1,5$ zur Anwendung kommen soll. Die Belastungen infolge der Unterschiede zwischen Einbau- und Endzustand und infolge der jährlichen Schwankungen wie z.B. Temperatur, Schwinden des Betons und/oder Feuchte werden daher mit einem Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_F = 1.35$ versehen.

Klassen der Lasteinwirkungsdauern: Bezüglich der Klassen der Lasteinwirkungsdauern werden die Einteilungen nach [3] übernommen. Damit wird das Schwinden und die Änderungen vom Zeitpunkt des Einbaus bis zum Endzustand als ständige Belastung angesehen, während die jährlichen Schwankungen der Klasse der Lasteinwirkungsdauer «mittel» zugeordnet werden.

4.2. Modifikationsbeiwerte

Um den Einfluss der Zeit und der Feuchte auf die Festigkeit zu erfassen, sind in [3] Modifikationsfaktoren der Festigkeit k_{mod} eingeführt. Für den Holzquerschnitt werden diese Werte direkt übernommen.

Im Hinblick auf die Verbindungsmittel wurde das Konzept für die Verbindung von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffplatten übernommen. Für den k_{mod} -Wert wird dabei der Festigkeitsbeiwert des Betons zur Berücksichtigung von Langzeiteffekten α_{cc} angenommen, so dass sich für das Verbindungsmittel folgender Modifikationsbeiwert ergibt:

$$k'_{mod} = \sqrt{k_{mod} \cdot \alpha_{cc}} \quad (2)$$

k'_{mod}	Modifikationsbeiwert der Verbindung
k_{mod}	Modifikationsbeiwert des Holzes
α_{cc}	Festigkeitsbeiwert des Betons zur Berücksichtigung der Langzeitfestigkeit i.d.R. = 0.85

Anzumerken ist, dass der k'_{mod} -Beiwerte nur bei Verbindungsmittel zur Anwendung kommt, bei denen die Festigkeiten der einzelnen Querschnittspartner sich gegenseitig beeinflussen. Dies ist z.B. bei einer Bestimmung der Tragfähigkeit nach der Johansen-Theorie der Fall (siehe Abs. 5.2). Lassen sich die Tragfähigkeit in einzelne Traganteile aufteilen (wie z.B. bei der Kerne, siehe Abs. 5.3) ist der jeweilige k_{mod} -Wert der Festigkeit anzusetzen.

4.3. Ermittlung der Schnittgrößen

Verfahren: Wie bei Holz-Verbindungen üblich, beeinflusst die Nachgiebigkeit der Verbindung das Trag- und Verformungsverhalten des Verbundträgers maßgeblich. So sind alle Verbindungen mit Ausnahme der Klebung als nachgiebig einzustufen. Diese Nachgiebigkeit ist daher bei der Ermittlung der Schnittgrößen zu beachten. Dazu stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung:

- Differentialgleichung (siehe z.B. [10] oder [11])
- γ -Verfahren nach [3], Anhang B
- Schubanalogie-Verfahren nach [12] (siehe auch [13] oder [14])
- Modellierung als Stabwerkssystem (siehe u. a. [15])
- FE-Modellierung

Die Entscheidung, welches Verfahren verwendet werden soll, hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. So kommen im wissenschaftlichen Bereich eher FE-Modelle zum Einsatz, während bei der Bemessung der üblicherweise 2-schichtigen Holz-Beton-Verbundbauteile eher die γ -Methode oder die Modellierung als Stabwerk zum Einsatz kommen.

Die Anwendung des γ -Verfahrens ist allerdings eingeschränkt. So ist die Anwendung eigentlich nur dann möglich, wenn folgende Randbedingungen eingehalten sind:

- Einfeldträger
- *sin*-förmige Gleichstreckenlast
- gleichmäßig verteilte Verbindungsmittel
- maximal drei nachgiebig angeschlossene Schichten

Im Lauf der Zeit wurden einige Erweiterungen entwickelt, so dass nach [3] dieses Verfahren auch für Durchlaufträger und Kragarme bei konstanter Gleichstreckenlast angewandt werden kann. Sollten die Verbindungsmittel der Querkraft entsprechend abgestuft werden, darf dies durch die Modifikation des effektiven Abstands der Verbindungsmittel abgebildet werden.

$$s_{ef} = 0.75 \cdot s_{min} + 0.25 \cdot s_{max} \quad (3)$$

s_{ef} effektiver Abstand

s_{min} minimaler Abstand bei einer Abstufung entsprechend dem Querkraftverlauf

s_{max} maximaler Abstand bei einer Abstufung entsprechend dem Querkraftverlauf

Abgeleitet von den Randbedingungen ist die Anwendung des γ -Verfahrens eigentlich nur für Verbindungsmittel mit einer gleichmäßigen Lasteinleitung möglich. Als Grenze wird bisher in [2] ein maximaler Abstand der Verbindungsmittel von 5% der Spannweite angegeben, da ansonsten die Steifigkeit der Decke und damit die Schnittgrößen zu große Abweichungen aufweisen (siehe auch [16]).

Sollte diese Grenze nicht eingehalten werden, ist die Dehnsteifigkeit EA des angeschlossenen Querschnittsteils (i.d.R. = Betonquerschnitt) mit dem Faktor 0.7 zu modifizieren.

Berücksichtigung der spannungslosen Dehnungen z.B. infolge Temperatur, Schwinden oder Quellen: Ein wesentlicher Unterschied bei Holz-Beton-Verbunddecken im Vergleich zu reinen Holz-Holz-Verbundträgern ist, dass die spannungslosen Dehnungen wie z.B. infolge Änderung der Temperatur, infolge Schwinden des Betons und/oder infolge Feuchteänderung im Holz bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen.

Bei der Modellierung als Fachwerk kann diese Dehnung als effektive Temperaturdehnung dem jeweiligen Teilquerschnitt als Last aufgebracht werden. Beim γ -Verfahren nach [3], Anhang B ist die Berücksichtigung der spannungslosen Dehnung nicht ohne weiteres möglich. Um dennoch diese Methode anwenden zu können, wird in [2] Anhang B ein Verfahren vorgeschlagen, mit dem die spannungslose Dehnung in eine Ersatzlast umgewandelt und eine wirksame Biegesteifigkeit ermittelt werden kann. An dieser Stelle wird auf [17 - 21] verwiesen.

Materialverhalten: Bei der Ermittlung der Schnittgrößen darf sowohl beim Holz als auch beim Beton unter Druck von einem elastischen Materialverhalten ausgegangen werden. Das Reißen des Betons unter Zug muss berücksichtigt werden. Um dies zu erreichen, wird die gerissene Zone iterativ bestimmt, indem eine nichttragende Zwischenschicht eingeführt wird, bis im verbleibenden Betonquerschnitt nur noch Druckspannungen vorhanden sind.

Das lineare Materialverhalten des Betons unter Druck wird auch beim Nachweis berücksichtigt, da bei diesem Nachweis auf das plastische Verhalten des Betons verzichtet werden darf. Damit ergibt sich für den Nachweis auf der Druckseite

$$\sigma_{c,d} \leq \alpha_{cc} \cdot f_{cd} \quad (4)$$

$\sigma_{c,d}$ Druckspannung des Betons unter der Annahme eines linear-elastischen Verhaltens unter Druck

α_{cc} Faktor zur Berücksichtigung von Langzeiteffekten
i.d.R. = 0.85

f_{cd} Bemessungswert der Druckfestigkeit

Der Verzicht auf die Berücksichtigung des plastischen Verhaltens des Betons ist auch dadurch begründet, dass durch das plastische Verhalten des Betons die Steifigkeit des Betons abnimmt. Diese abnehmende Steifigkeit beeinflusst allerdings wiederum die Schnittgrößenaufteilung im Querschnitt, so dass bei einer Berücksichtigung des plastischen Verhaltens des Betons die Schnittgrößen im Holz ansteigen werden. Aufgrund des tendenziell spröden Versagens des Holzes unter Zug muss bei einer Berücksichtigung des plastischen Verhaltens diese Umlagerungen der Schnittgrößen erfasst werden.

Der Holzquerschnitt dagegen wird entsprechend [3] für die ermittelte Normalkraft und das ermittelte Moment nachgewiesen.

Kompatibilität: Der Bauteilnachweis wird mit Hilfe der Schnittgrößen der Teilquerschnitte geführt. [2] fordert allerdings beim Nachweis die Kontrolle der Kompatibilität. Bei der üblichen Bemessung von Stahlbetonbauteilen wird davon ausgegangen, dass die Bewehrung anfängt zu fließen und die maximale Druckdehnung erreicht wird. Damit wird an der Oberseite des Betonquerschnitts von einer Dehnung von etwa $\epsilon_{\text{Beton}} = -3.5\text{‰}$ angenommen, während auf der Höhe der Bewehrung von einer Dehnung im Stahl bzw. Beton von $\epsilon_{\text{Bew}} \geq 2\text{‰}$ ausgegangen wird. Wird die maximale charakteristische Dehnung im Holz unter Biegung bestimmt, zeigt sich, dass diese maximale charakteristische Dehnung im Bereich der Fließdehnung des Stahls liegt.

Da das Holz i.d.R. aber unterhalb der Zugzone des Betons angebracht wird, ist die Dehnung im Holz – je nach Verbundfaktor γ – größer als die Dehnung in der Bewehrung (vgl. Abb. 3).

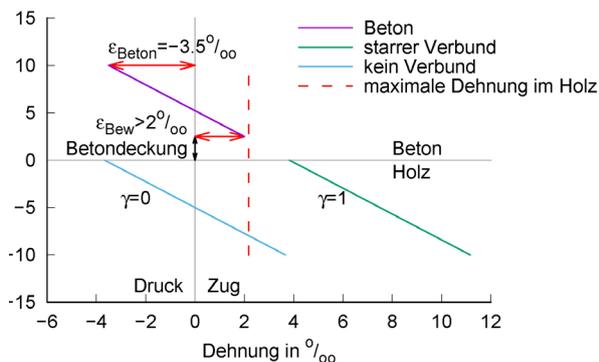


Abbildung 3: Verlauf der Dehnung im Verbundquerschnitt

Sollte also zusätzliche Bewehrung als tragendes Bauteil eingebaut werden, stellt sich die Frage, welche Dehnung in der Bewehrung entstehen kann. I.d.R. verbleibt die Bewehrung im elastischen Zustand, so dass die normale Stahlbetonbemessung z.B. mit Hilfe von Software nicht möglich ist.

Mittragende Breite: Auf die linienförmigen Holzbauteile werden Flächen aus Beton aufgebracht. Durch die damit einhergehende Schubverformung des Betons wirkt dieser nicht über die gesamte Breite mit. Daher wird üblicherweise immer eine mittragende Breite definiert, mit deren Hilfe eine äquivalente Spannung im Beton bei Vernachlässigung der Schubverformung erzielt wird.

Bei der Ermittlung dieser mittragenden Breite werden zwei Anteile berücksichtigt

- Scheibenanteil: Dieser Anteil entsteht, indem eine Normalkraft in die Scheibe eingeleitet wird.
- Plattenanteil: Dieser Anteil berücksichtigt die Ausbreitung eines Biegemoments in der Platte

Da – wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt – die Bewehrung nur eingeschränkt angesetzt werden kann, ist eigentlich der Scheibenanteil der wesentliche Anteil bei der Schnittgrößenermittlung von Holz-Beton-Verbunddecken. Werden die bisherigen Normen [22] und [4] miteinander verglichen, zeigt sich, dass [22] eher den Scheibenanteil abbildet als [4], so dass in [2] für die Ermittlung der mittragenden Breite auf [22] verwiesen wird.

5. Verbindungsmittel

5.1. Allgemeines

Die Verbindungsmittel stellen ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal bzw. wesentliche Besonderheiten zu anderen materialreinen Systemen dar. Diese Verbindungsmittel müssen einerseits die Lasten aus dem Holz ausleiten, andererseits muss eine ausreichende Verankerung im Beton vorhanden sein. Daher wurden eine Vielzahl an Verbindungsmittel entwickelt, die häufig über Zulassungen geregelt sind.

In [2] wird eine Schnittstelle geschaffen, mit dem Ziel, dass die zukünftige Bemessung der zugelassenen Verbindungsmittel mit Hilfe der Kennwerte aus den Zulassungen der einzelnen Verbindungsmittel und [2] erfolgen kann. Daher ist zu erwarten, dass es auch nach Einführung einer Bemessungsnorm für Holz-Beton-Verbundbauteilen weiterhin Zulassungen geben wird, zumal diese Bemessungsnorm nach aktuellem Stand «nur» zwei Verbindungsmitteltypen regelt.

- stiftförmige Verbindungsmittel (inkl. eingeklebte Gewindestangen), die im 90°-Winkel zur Fuge eingebaut werden
- Kerfen (= über die gesamte Breite des Holzes verlaufende ausbetonierte Vertiefung im Holz)

Geklebte Verbindungen oder Verbundbausystem, die im Wesentlichen die Belastungen durch Reibung übertragen, werden von dieser Norm nicht erfasst. Alle anderen Verbindungsmittel können prinzipiell verwendet werden, sofern die mechanischen Kenndaten wie Tragfähigkeit, Verschiebungsmodul im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und Verschiebungsmodul im Grenzzustand der Tragfähigkeit z.B. durch Zulassungen bekannt sind. Für alle Verbindungsmittel gilt, dass mindestens 10% der Abscherkraft rechtwinklig zur Fuge als öffnende Kraft aufgenommen werden können muss.

$$F_{\perp,d} = 0.1 \cdot F_{v,Ed} \quad (5)$$

$F_{\perp,d}$ Beanspruchung rechtwinklig zur Fuge

$F_{v,Ed}$ Bemessungswert der Abscherbeanspruchung in der Fuge

Hintergrund für diese Regelung ist, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass z.B. bei einem Einfeldträger eine unplanmäßige Einspannung durch die Wand entsteht. Damit besteht prinzipiell die Gefahr, dass sich das Holz vom Beton lösen kann. Hinzu kommt, dass Verkehrsbelastungen prinzipiell wiederkehrende Belastungen sind. Sollte diese Belastung häufiger auftreten, kann die Gefahr bestehen, dass sich z.B. die Kerfe aus dem Holz «herausarbeitet». In diesem Fall würde sich die Betonplatte ebenfalls vom Holz lösen. Um das Abheben in diesen Situationen zu verhindern, wird daher pauschal eine gewisse Beanspruchbarkeit \perp zur Fuge gefordert. Der Ursprung dieser Regelung ist allerdings bereits in [23] zu finden, so dass diese Regelung für [2] übernommen wurde.

5.2. Stiftförmige Verbindungsmittel

Tragfähigkeit: Die Berechnung der stiftförmigen Verbindungsmittel in Holz-Holz-Verbindungen und Holz-Stahl-Verbindungen ist in [3] geregelt. Die Tragfähigkeit dieser Verbindungsmittel basiert auf der Theorie nach [24], in der für das lokale Versagen bei auf Abscheren beanspruchter, stiftförmige Verbindungsmittel sechs Versagensmodi identifiziert hat. Um die Tragfähigkeit dieser Versagensmodi zu bestimmen, wird das Gleichgewicht an der Scherfuge unter der Annahme eines (ideal)plastisches Verhaltens der verbundenen Bauteile und der Verbindungsmittel ermittelt.

Untersuchungen bei Holz-Beton-Verbundbauteilen zeigen, dass diese Anforderungen auch bei Holz-Beton-Verbundmittel und dem umgebenden Material infolge der lokalen Beanspruchung erfüllt ist.

Da diese Theorie nach [24] «nur» auf der Lösung der Gleichgewichtsbedingungen an der Fuge basiert, kann diese Theorie auch bei Holz-Beton-Verbundbauteilen angewandt werden. Einzig die Lochleibungsfestigkeit des Betons ist bisher nicht eindeutig definiert. In [2] wird davon ausgegangen, dass die Teilflächenpressung des Betons angesetzt werden darf (siehe auch [4]), so dass die Lochleibungsfestigkeit dem 3-fachen der Druckfestigkeit entspricht.

Steifigkeit: Für die Steifigkeit wird davon ausgegangen, dass die Verformungen im Beton im Vergleich zu denjenigen im Holz vernachlässigbar sind. Damit stellen sich die gleichen Verhältnisse wie bei Stahl-Holz-Verbindungen ein.

Da die Verschiebungsmoduln in [3] für Holz-Holz-Verbindungen gelten, wird davon ausgegangen, dass sich das stiftförmige Verbindungsmittel in beiden zu verbindende Bauteile eindrückt.

Bei einem stiftförmigen Holz-Beton-Verbindungsmittel ist allerdings davon auszugehen, dass diese Eindrückung nur im Holz stattfindet. Damit ist – in der Theorie – die Verschiebung nur halb so groß wie bei einer Holz-Holz-Verbindung, sofern die gleichen Lochleibungsspannungen herrschen. Ist die Verformung bei gleicher Kraft nur halb so groß, ist damit die Steifigkeit der Verbindung doppelt so groß.

- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
 - Stabdübel, Bolzen mit oder ohne Lochspiel, Schrauben, Nägel (vorgebohrt)

$$K_{\text{ser}} = 2 \cdot \frac{\rho_m^{1.5} \cdot d}{23} \quad (6)$$

- Nägel (nicht vorgebohrt)

$$K_{\text{ser}} = 2 \cdot \frac{\rho_m^{1.5} \cdot d^{0.8}}{30} \quad (7)$$

- Nachweis der Tragfähigkeit: Die Steifigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird – wie im Holzbau üblich – durch folgende Beziehung bestimmt

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{\text{ser}} \quad (8)$$

Bei einer Zwischenschicht mit einer Dicke von $\leq 30\text{mm}$ und aus einer Material mit vergleichbarer Steifigkeit wie Vollholz, muss die Steifigkeit um 30% reduziert werden, sofern keine genaueren Angaben bekannt sind.

5.3. Kerfen

Allgemeines Als Kerfen werden über die gesamte Breite des Holzbauteils verlaufende Vertiefungen bezeichnet, die durch den Beton ausgegossen werden. Durch diesen Verguss ist eine kraftschlüssige Verbindung hergestellt. Diese Verbindungen werden häufig bei flächigen Holzbauteilen angewandt, da sie relativ einfach und kostengünstig herstellbar sind.

Anwendungsbereich Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen, die nicht den gesamten möglichen Parameterbereich abdecken können, ist eine Begrenzung des Anwendungsbereichs notwendig. Für Kerfen (vgl. Abb. 4) bedeutet dies, dass nach aktuellem Stand folgende Mindestanforderungen gestellt werden:

- Betongüte mindestens C20/25 mit maximalem Durchmesser des Zuschlagkorns von 16mm
- Brettschichtholz mind. der Festigkeitsklasse GL24, Vollholz mind. der Festigkeitsklasse C24 oder Furnierschichtholz
- Geometrie der Kerfe
 - Tiefe $h_N \geq 20\text{mm}$ für übliche Belastungen (z.B. Hochbau) und $h_N \geq 30\text{mm}$ für hohe Belastungen (z.B. Brückenbau)
 - rechnerische Vorholzlänge $l_v \geq 8 \cdot h_N$, wobei aus Gründen der Duktilität und damit der Robustheit die tatsächliche Vorholzlänge der Kerfe $l_v \geq 12.5 \cdot h_N$ betragen muss.
 - Länge der Kerfe im Holz $l_v \geq 150\text{mm}$
 - Abhebesicherung durch Schrauben mit $\emptyset \geq 6\text{mm}$
 - Neigungswinkel der Flanken

$$80^\circ \leq \alpha \leq \min(115^\circ; 90^\circ + \theta) \quad (9)$$

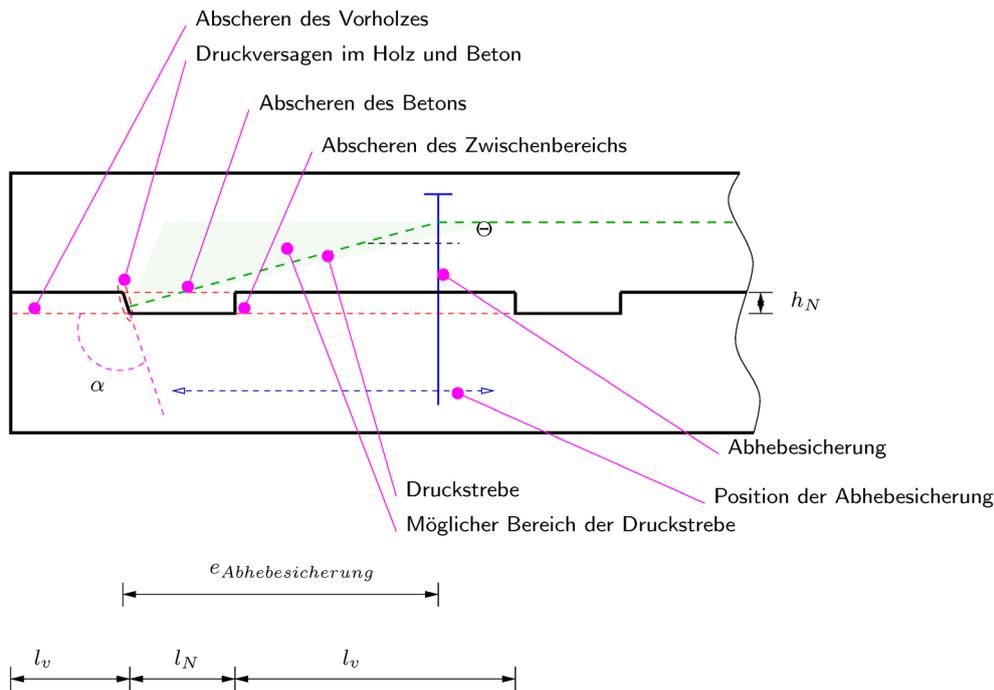


Abbildung 4: Kerbe als Verbindungsmittel

Steifigkeit: Die Steifigkeit wurde im Wesentlichen aus numerischen und experimentellen Untersuchungen ermittelt (siehe [16] und [25]).

$$K_{\text{ser}} = \begin{cases} 1000 \text{ kN/mm/m Breite} & \text{für } h_N = 20 \text{ mm} \\ 1500 \text{ kN/mm/m Breite} & \text{für } h_N \geq 30 \text{ mm} \end{cases} \quad (10)$$

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit muss die Steifigkeit der Kerbe – im Gegensatz zu anderen Verbindungsmitteln – nicht auf 2/3 der Steifigkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit reduziert werden. Daher darf im Grenzzustand der Tragfähigkeit die gleiche Steifigkeit angesetzt werden wie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Tragfähigkeit: Für die Tragfähigkeit der Kerbe werden die möglichen Versagensmodi in den Bemessungsgleichungen abgebildet (siehe [16], [25] und Abb. 4)

- Abscheren der Betonnocke
- Druckversagen der Kervenflanke im Beton
- Schubversagen des Vorholzes,
- Druckversagen der Kervenflanke im Holz, wobei maximal das 8-fache der Kervertiefe als Vorholz angesetzt werden darf

Diese Versagensmodi lassen sich durch folgende Beziehungen bestimmen

$$F_{R,d} = \begin{cases} \begin{matrix} f_{v,c,d} \cdot b_N \cdot l_N & \text{Abscheren der Betonnocke} \\ f_{cd} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Beton} \end{matrix} \\ f_{v,h,d} \cdot b_N \cdot \min \left(\frac{l_v, l_s}{\geq 12,5 \cdot h_N}, 8 \cdot h_N \right) & \text{Abscheren des Holzes} \\ f_{h,0,d} \cdot b_N \cdot h_N & \text{Druckversagen Holz} \end{cases} \quad (11)$$

$F_{R,d}$ Bemessungswert der Tragfähigkeit der Kerbe

$f_{v,c,d}$ «Schubfestigkeit» des Betons

$$= \frac{v \cdot f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta}$$

v Reduktionsfaktor der Tragfähigkeit zur Berücksichtigung der Risse im Beton bei einer Schubbeanspruchung

$$= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

b_N Breite der Kerbe, i.d.R 1m

l_N	Länge der Betonnocke
f_{cd}	Bemessungswert der Druckfestigkeit des Betons
$f_{h,0,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit des Holzes parallel zur Faser an der Kervenflanke unabhängig vom Winkel α (vgl. Abb. 4)
h_N	Kerventiefe
$f_{v,h,d}$	Bemessungswert der Schubfestigkeit der Kerbe
l_v	Vorholzlänge
l_s	Länge des Holzes zwischen den Kerven
θ	Druckstrebenwinkel

Für die Bestimmung der Bemessungswerte der Festigkeit sind die Modifikationsbeiwerte der einzelnen Materialien (also z.B. k_{mod} bzw. α_{cc} und nicht die kombinierten Modifikationsbeiwerte nach Gl. (2)) zu verwenden.

Zusätzlich zu diesen Versagensmodi soll eine abhebende Belastung angesetzt werden, die sich aus der Druckstrebenneigung ergibt.

$$F_{L,d} = \max(F_{L,d(GL(5))}; F_{E,d} \cdot \tan\theta) \quad (12)$$

Die Lage der Abhebesicherung darf in gewissen Grenzen frei gewählt werden. Die Lage der Abhebesicherung ist dabei so abzustimmen, dass der Schnittpunkt der Druckstrebe mit dem Winkel θ und der Schwerachse des Betonquerschnitts sich an der Abhebesicherung schneiden. Damit hängen der gewählte Druckstrebenneigungswinkel θ und die Lage der Schraube unmittelbar voneinander ab (vgl. Abb. 4).

$$e_{\text{Abhebesicherung}} = \frac{h_{\text{Beton}} + h_N}{2 \cdot \tan\theta} \quad (13)$$

$e_{\text{Abhebesicherung}}$	Abstand der Abhebesicherung von der belasteten Kervenflanke
h_{Beton}	Dicke der Betonplatte
h_N	Kerventiefe
θ	Druckstrebenwinkel

Der Druckstrebenwinkel darf in gewissen Grenzen frei gewählt werden, wobei sich der untere Grenzwert des Druckstrebenwinkels als Maximalwert der beiden folgenden Grenzen ergibt

- Verhinderung des Einschneidens der unbelasteten Kervenflanke in die Druckstrebe

$$\theta_{\min,1} = \arctan\left(\frac{h_N}{l_N}\right) \quad (14)$$

- Sicherstellung der Beanspruchung der Abhebesicherung «nur» durch eine Kerbe

$$\theta_{\min,2} = \arctan\left(\frac{h_N + h_{\text{Beton}}}{2 \cdot (l_N + l_v)}\right) \quad (15)$$

- untere Grenze des Druckstrebenwinkels

$$\theta_{\min} = \max(\theta_{\min,1}; \theta_{\min,2}) \quad (16)$$

Wie aus Gl. (11) ersichtlich wird, beeinflusst der gewählte Druckstrebenwinkel die Tragfähigkeit der Kerbe, wobei dieser Druckstrebenwinkel in gewissen Grenzen frei gewählt werden kann. Je geringer der Druckstrebenwinkel ist, desto kleiner ist die abhebende Komponente und desto weniger Schrauben werden notwendig. Parallel dazu sinkt allerdings auch die Tragfähigkeit der Verbindung. Wird als optimaler Druckstrebenwinkel θ_{opt} derjenige Winkel bestimmt, bei dem die Tragfähigkeit der Kerbe infolge Abscheren des Betons gleich der kleinsten Tragfähigkeit aus Abscheren des Vorholzes und Druckversagen des Betons bzw. des Holzes in der Kervenflanke ist.

$$\begin{aligned}
 F_{Rd,Abschere\text{Beton}} &= f_{v,c,d} \cdot b \cdot l_N \\
 &= F_{Rd,min,Ohne\text{Abschere\text{Beton}}} \\
 &= \min \left\{ \begin{array}{l} F_{Rd,Betondruck} = f_{cd} \cdot b_N \cdot h_N \\ F_{Rd,Abschere\text{Holz}} = f_{v,h,d} \cdot b_N \cdot \min \left(\frac{l_v, l_s, 8 \cdot h_N}{de\text{ facto } 8 \cdot h_N} \right) \\ F_{Rd,Druckversagen\text{Holz}} = f_{h,0,d} \cdot b_N \cdot h_N \end{array} \right. \quad (17)
 \end{aligned}$$

Wird in diese Gleichung die «Schubfestigkeit» des Betons eingesetzt, kann der Druckstrebenwinkel bestimmt werden, bei dem nicht das Abschere des Betons maßgebend wird.

$$\tan \theta_{opt} = \frac{v \cdot f_{cd} \cdot b_N \cdot l_N - \sqrt{(v \cdot f_{cd} \cdot b_N \cdot l_N)^2 - 4 \cdot F_{Rd,min,Ohne\text{Abschere\text{Beton}}}^2}}{2 \cdot F_{Rd,min,Ohne\text{Abschere\text{Beton}}}} \geq 0.1 \quad (18)$$

Der Mindestwert von 0.1 ist aus Gl. (5) abgeleitet.

Anzumerken ist, dass aus der Auswertung von Versuchen teilweise die Rückschlüsse gezogen werden, dass Abhebesicherungen nicht notwendig wären. Dabei ist allerdings zu beachten, dass Versuche nur einen Ausschnitt der Realität darstellen und nicht zwingend alle Einflüsse berücksichtigt werden können. So werden im Versuch i.d.R. unplanmäßige Einspannungen durch aufsteigende Wände vernachlässigt und nur statische Belastungen aufgebracht. Ein «Herausarbeiten» der Kerne durch wiederholende Belastungen wird i.d.R. nicht erfasst. Weiterhin ist es im Versuch kaum möglich, die Zugfestigkeit des Betons komplett auszuschalten, obwohl für die Bemessung von Stahlbetonbauteilen nach [4] Abs. 6.1.(2) keine Betonzugfestigkeit berücksichtigt wird. Auch werden die Versuche i.d.R. nach 28 Tagen durchgeführt, um das Verhalten bei der nominellen Festigkeit bestimmen zu können. Zu diesem Zeitpunkt ist z.B. bei einer 80mm dicken Betonplatte nur 20% der Schwinddehnung entstanden. Aus diesen Gründen wurden die experimentellen Untersuchungen mit analytischen Untersuchungen abgeglichen. Da allerdings die Kerkraft außerhalb der Kernweite angreift, sind immer Zugspannungen im Beton vorhanden. Sollte [4] Abs. 6.1.(2) eingehalten werden und damit keine Zugspannungen im Beton angesetzt werden, ist daher die Abhebesicherung einzubauen. Sollten allerdings genauere Bemessungsmodelle vorliegen, dürfen diese prinzipiell nach [2] Abs. 10.3.4.3(3) angewandt werden.

6. Wesentliche Besonderheiten bei der Bemessung von Holz-Beton nach der Technical Specification im Hinblick auf das Langzeitverhalten

6.1. Allgemeines

Bei Holz-Beton-Verbunddecken sind alle beteiligten Werkstoffe einem Kriechverhalten unterworfen. Durch dieses zeitabhängige Verhalten nimmt die Verformung der Decke im Lauf der Zeit zu. Darüber hinaus werden Spannungen umgelagert, so dass das Kriechen nicht nur aus Sicht der Gebrauchstauglichkeit, sondern auch im Nachweis der Tragfähigkeit berücksichtigt werden muss.

Die wesentlichen Unterschiede in [2] im Vergleich zu den üblicherweise verwendeten Zulassungen der Verbindungsmittel als Berechnungsrichtlinie sind

- Berücksichtigung eines zusätzlichen Zeitraums
- Berücksichtigung der Auswirkungen der Lastumlagerungen infolge Kriechen

Im Folgenden soll auf diese beiden Punkte näher eingegangen werden.

6.2. Maßgebende Zeitpunkte (oder «Steifigkeit zieht Kräfte an»)

Bei der Bemessung von Bauteilen, die ein ausgeprägtes Kriechverhalten aufweisen, werden i.d.R. die Zeitpunkte $t = 0$ und $t = \infty$ nachgewiesen, wobei der Zeitpunkt $t = 0$ derjenige Zeitpunkt ist, bei dem das Tragwerk erstmals mit der Bemessungslast belastet ist, und der Zeitpunkt $t = \infty$ im Hochbau der Zeitdauer nach 50 Jahren entspricht. Um das Kriechen in der Berechnung abzubilden, wird der E-Modul modifiziert

$$E_{\text{kriechen}} = \frac{E_0}{1 + k_{\text{def}}} \quad (19)$$

E_{kriechen} effektiver E-Modul zur Berücksichtigung der Kriechverformung
 E_0 E-Modul ohne Kriechen, also zum Zeitpunkt $t = 0$
 k_{def} Deformationsfaktor bzw. Kriechzahl des Materials

Da Verbundkonstruktionen statisch unbestimmte Bauteile sind, wird die Belastung entsprechend dem Steifigkeitsverhältnis der Komponenten aufgeteilt. So bestimmt sich z.B. das Biegemoment beim γ -Verfahren durch

$$M_{\text{Holz}} = \frac{E_H \cdot J_H}{E_v \cdot J_{\text{eff}}} \cdot M_{\text{ges}} = n_{\text{Holz}} \cdot \frac{J_H}{J_{\text{eff}}} \cdot M_{\text{ges}} \quad (20)$$

Wird dieses Steifigkeitsverhältnis für das Langzeitverhalten ausgewertet, ergibt sich folgende Beziehung

$$n_{\text{Holz}} = \frac{E_{\text{Holz}}}{E_{\text{Beton}}} \cdot \frac{1 + \varphi(t, t_0)}{1 + k_{\text{def,Holz}}(t)} = \frac{E_{\text{Holz}}}{E_{\text{Beton}}} \cdot \frac{1 + \varphi(t = \infty, t_0) \cdot f_{\text{Beton}}(t)}{1 + k_{\text{def,Holz}}(t = \infty) \cdot g_{\text{Holz}}(t)} \quad (21)$$

n_{Holz} Steifigkeitsverhältnis
 $\varphi(t = \infty, t_0)$ Endkriechzahl des Betons
 $k_{\text{def,Holz}}(t = \infty)$ Endkriechzahl des Holzes
 $f_{\text{Beton}}(t)$ Zeitfunktion der Kriechzahl des Betons
 $g_{\text{Holz}}(t)$ Zeitfunktion der Kriechzahl des Holzes

Damit hängt das Steifigkeitsverhältnis nicht nur vom jeweiligen E-Modul, sondern auch vom Verhältnis der jeweiligen Kriechzahl des Teilquerschnitts zum Zeitpunkt t ab. Weisen die beiden Querschnitte eine unterschiedliche Endkriechzahl, aber eine zeitlich affine Entwicklung wie z.B. beim Verbund zweier Betonbauteile auf ($g_{\text{Holz}}(t) = f_{\text{Beton}}(t)$) kann gezeigt werden, dass der Extremwert des Steifigkeitsverhältnisses und damit der Extremwert der Schnittgrößen bzw. Spannungen immer zu den Zeitpunkten $t = 0$ oder $t = \infty$ auftritt, sofern die Kriechzahl stetig ansteigt, indem sie z.B. asymptotisch gegen einen Grenzwert konvergiert.

Bei Holz-Beton-Verbundkonstruktionen haben beide Materialien sowohl unterschiedliche Endkriechzahlen als auch eine unterschiedliche zeitliche Entwicklung (vgl. Abb. 5).

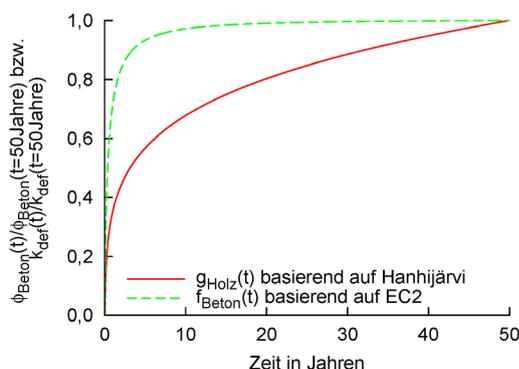


Abbildung 5: Zeitfunktionen der Kriechzahlen des Betons $f_{\text{Beton}}(t)$ und des Holzes $g_{\text{Holz}}(t)$

Werden die Verläufe der Kriechzahlen auf den Endwert normiert und gegenübergestellt, zeigt sich, dass innerhalb der ersten 3 bis 7 Jahre der Beton stärker kriecht als das Holz. Damit nimmt das Steifigkeitsverhältnis n_{Holz} in diesem Zeitraum zu (vgl. Abb. 6), so dass in dessen Folge insbesondere das Moment im Holzquerschnitt ebenfalls zunimmt.

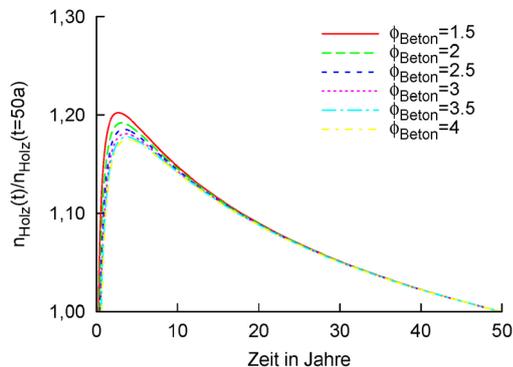


Abbildung 6: Verlauf des Verhältnisses der effektiven E-Moduli über die Zeit bezogen auf das Verhältnis nach 50 Jahren für eine Holz-Beton-Verbunddecke im Innern

Im Zeitraum von 3 bis 7 Jahren ist die Kriechzahlentwicklung beider Querschnitte annähernd konstant. Damit werden in diesem Zeitraum keine wesentlichen Schnittgrößen umgelagert. Nach diesem Zeitraum ist ein Großteil des Kriechens des Betons abgeschlossen, so dass das Holz wiederum stärker als der Beton kriecht und damit seine Belastungen auf den Beton umlagern kann.

Zusammenfassend ist es bei Holz-Beton-Verbundkonstruktionen also nicht immer ausreichend, den Spannungsnachweis «nur» zum Zeitpunkt $t = 0$ und $t = \infty$ durchzuführen, da sich auch Zwischenzustände infolge der unterschiedlichen zeitlichen Entwicklung als kritisch erweisen können.

Dieser zusätzliche Zeitpunkt stellt einen zusätzlich zu führenden statischen Nachweis dar. Wird die Holz-Beton-Verbunddecke allerdings im Gesamten betrachtet, zeigt sich, dass im eigentlichen Anwendungsbereich von Holz-Beton-Verbunddecken häufig der Verformungsnachweis maßgebend wird. Damit wird einerseits den Planenden ein weiterer Zeitpunkt «aufgebürdet», der aber andererseits häufig nur eine geringe Auswirkung auf die Abmessungen haben wird, da die Verformung die Querschnittshöhen bestimmt.

Im Rahmen der Entwicklung von [2] wurde der Einfluss dieses zusätzlichen Zeitpunkts untersucht. Das wesentliche Ergebnis ist, dass dieser kritischen Zwischenzustand im Intervall zwischen 3 und 7 Jahren nicht nachgewiesen werden muss, sofern der Nachweis zu den Zeitpunkten $t = 0$ und $t = 50$ Jahre mit einer um 25% erhöhten Spannung der ständig wirkenden Belastung eingehalten ist.

6.3. Kriechen

Um das zeitabhängige Verhalten der Verbunddecke zu beschreiben, werden die Kriechzahlen der jeweiligen Materialnorm verwendet. Diese Kriechzahlen sind dabei als das Verhältnis der Kriechverformung zur elastischen Verformung definiert.

$$k_{\text{def}} = \frac{w_{\text{kriechen}}}{w_{\text{elastisch}}} \quad (22)$$

k_{def}	Materialkriechzahl
w_{kriechen}	Kriechverformung
$w_{\text{elastisch}}$	elastische (Ausgangs-) Verformung

Die Auswirkungen des Kriechens lässt sich durch eine Modifikation des E-Moduls erfassen:

$$E^* = \frac{E}{1 + k_{\text{def}}} \quad (23)$$

Durch die Verwendung des mit der Kriechzahl modifizierten E-Moduls kann also der Endzustand direkt bestimmt werden, so dass die Schnittgrößen im Endzustand bestimmt werden können. Strenggenommen ist allerdings diese Berücksichtigung des Kriechens nur dann zulässig, wenn keine z.B. durch angrenzenden Bauteile behinderte Dehnung vorhanden ist.

Wird das Bauteil in seiner Kriechverformung komplett behindert, wird dies als Relaxation bezeichnet. In diesem Fall ist die gesamte Verformung konstant über die Zeit. Wird für diesen Fall der effektive E-Modul bestimmt, ergibt sich für die Relaxation ein effektiver E-Modul von

$$E^* = \frac{E}{e^{k_{\text{def}}}} = \frac{E}{1 + \frac{\varphi_{\text{Verbund}}}{e^{k_{\text{def}}-1}}} \quad (24)$$

Dieser weicht deutlich vom reinen Kriechfall ab (vgl. Abb. 7).

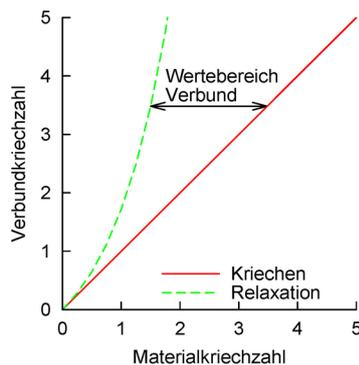


Abbildung 7: Wertebereich der effektiven Kriechzahl bei reinem Kriechen und Relaxation

In einem Holz-Beton-Verbundsystem werden allerdings die beiden Fälle «Kriechen» und «Relaxation» nicht erreicht. Weder handelt es sich um eine reine Kriechverformung, da die beiden Querschnittsteile Holz und Beton sich gegenseitig beeinflussen; noch handelt es sich um eine Relaxation, da die Steifigkeiten des Holz- bzw. Betonquerschnitts endliche Werte aufweisen und damit immer eine Verformung einhergehen wird. Dies hat zur Folge, dass sich die effektive Verbundkriechzahl zwischen der Kriechzahl des reinen Kriechens und der effektiven Kriechzahl bei Relaxation einstellt.

Dieses Phänomen tritt nicht nur im Holz-Beton-Verbundbau auf. [26] entwickelte eine Lösung für die Lastumlagerungen bei Betonbauteilen mit nachträglich aufgetragenen Betonen. [27] (siehe [28]) erweitert dieses Verfahren für den Holz-Beton-Verbund insbesondere hinsichtlich der Nachgiebigkeit in der Verbundfuge unter der Annahme einer verschmierten Verbindungsmittelsteifigkeit. In [18] wurde die unterschiedliche zeitliche Entwicklung berücksichtigt.

Damit erhält man Bestimmungsgleichungen für die effektive Kriechzahl φ_v beider Komponenten unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Verbundtragwirkung, des Einflusses der unterschiedlichen zeitlichen Entwicklung und des Einflusses der Nachgiebigkeit in der Verbundfuge (vgl. [18] und Gl. (25)).

$$\Delta\varphi_{u,v,i} = \Delta\varphi_{u,M,i} \cdot \left(\frac{1 + \Delta\varphi_{w,M,i}}{\Delta\varphi_{w,M,i} - e^{-\Delta\psi_i} \cdot (\Delta\varphi_{w,M,i} - \Delta\psi_i)} - \frac{1}{\Delta\psi_i} \right) \quad (25)$$

φ_i Materialkriechzahl der Komponente i

ψ Systemkriechzahl

Allerdings sind diese Bestimmungsgleichungen für die Bemessung z.T. aufwendig, so dass Vereinfachungen angestrebt werden. Dazu wird in Anlehnung an [22] die Kriechzahl mit einem Beiwert ψ multipliziert (vgl. Tab. 2).

Tabelle 2: Verbundfaktoren zur Ermittlung der Verbundkriechzahl für Deckensysteme ($b_H = b_B$, $1/5 < A_{B,eff}/A_H < 1$) und für Balken ($b_H \ll b_B$; $1 < A_{B,eff}/A_H < 5$)

Beton $\varphi = 3,5$; $k_{def} = 0,6$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 2,5 - \gamma_1^{1,1}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 2,6 - 0,8\gamma_1^2$
Beton $\varphi = 3,5$; $k_{def} = 0,8$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 2,2 - 0,8 \cdot \gamma_1^{1,2}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 2,3 - 0,5\gamma_1^{2,6}$
Beton $\varphi = 2,5$; $k_{def} = 0,6$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 1,9 - 0,6 \cdot \gamma_1^{1,1}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 2,0 - 0,5\gamma_1^{1,9}$
Beton $\varphi = 2,5$; $k_{def} = 0,8$	
$\psi_B(t = 3 - 7a)$	$= 1,7 - 0,5 \cdot \gamma_1^{1,1}$
$\psi_B(t = \infty)$	$= 1,8 - 0,3\gamma_1^{2,5}$
Holz in allen Fällen	
$\psi_H(t = 3 - 7a)$	$= 0,5$
$\psi_H(t = \infty)$	$= 1,0$
Verbindung in allen Fällen	
$\psi_{VBM}(t = 3 - 7a)$	$= 0,65$
$\psi_{VBN}(t = \infty)$	$= 1,0$

Für den Zeitpunkt $t = 0$ sind alle ψ -Werte zu 0 zu setzen.

Um das Kriechen nun in der Schnittgrößenermittlung berücksichtigen zu können, wird also der E-Modul in der Berechnung durch folgende Beziehung ermittelt:

$$E_H(t) = \frac{E_0}{1 + \psi_H \cdot k_{def}} \quad (26)$$

$$E_B(t) = \frac{E_0(t_{Belastung})}{1 + \psi_B \cdot \varphi} \quad (27)$$

$$K = \frac{K_0}{1 + \psi_{VBM} \cdot k'_{def}} \quad (28)$$

Die effektive Kriechzahl des Verbindungsmittels bestimmt sich zu

$$k'_{def} = 2 \cdot k_{def} \quad (29)$$

k'_{def} effektive Kriechzahl des Verbindungsmittels
 k_{def} Endkriechzahl des Holzes

Die Vergrößerung der Kriechzahl bei den Verbindungsmittel um den Faktor 2 beruht auf der Tatsache, dass lokal eine höhere Beanspruchung im Bereich der Verbindungsmittel auftreten kann, so dass hier größere Verformungen auftreten.

Da Kriechen und Schwinden sich gegenseitig beeinflussen können, bzw. die Auswirkungen des Schwindens durch das Kriechen teilweise reduziert werden, darf entsprechend [2] das Schwinden des Betons für den Zeitpunkt 3 bis 7 Jahre auf 60% und für den Endzeitpunkt auf 90% reduziert werden. Als Schwindbeginn ist auch im Fall der Herstellung der Decke auf einer Schalung bzw. Rüstung immer der Zeitpunkt des Endes der Nachbehandlung. Hintergrund dafür ist, dass die Schwinddehnung Eigenspannungen erzeugt, die nicht durch Kriechen innerhalb des Zeitraums der Lagerung nennenswert abgebaut werden können. Damit hat der Herstellungsablauf für die Schwinddehnung keine größeren Auswirkungen.

7. Bemessungsablauf

In Abb. 8 und Abb. 9 ist der Bemessungsablauf im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bzw. im Grenzzustand der Tragfähigkeit dargestellt, wobei die wesentlichen Neuerungen von [2] im Vergleich zu einer Bemessung nach Zulassung in rot markiert sind.

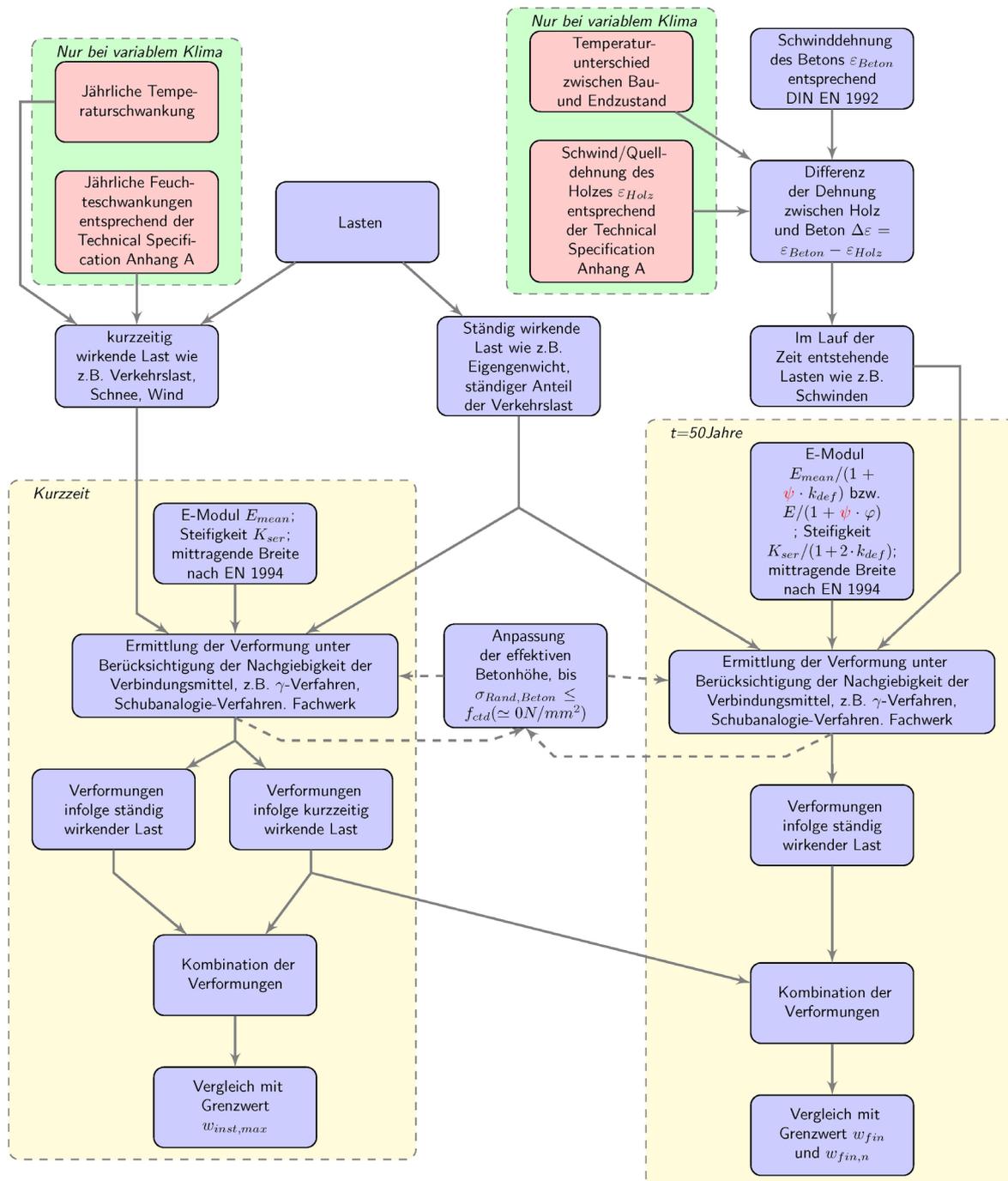


Abbildung 8: Bemessungsablauf für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Im Vergleich zu einer Bemessung von reinen Holzbauteilen ist ein wesentlicher Unterschied, dass Belastungen in kriecherzeugende Belastungen und kurzzeitig wirkende Belastungen aufgeteilt werden. Für diese beiden Gruppen werden die Spannungen und Verformungen getrennt berechnet. Lediglich die Schnittgrößen der kriecherzeugenden Belastungen sind mit den Steifigkeiten zum Zeitpunkt $t = 3$ bis 7 Jahre bzw. $t = 50$ Jahre zu berechnen. Nach der Schnittgrößenermittlung mit den u.U. unterschiedlichen Steifigkeiten werden die Schnittgrößen der beiden Gruppen überlagert und der Nachweis geführt.

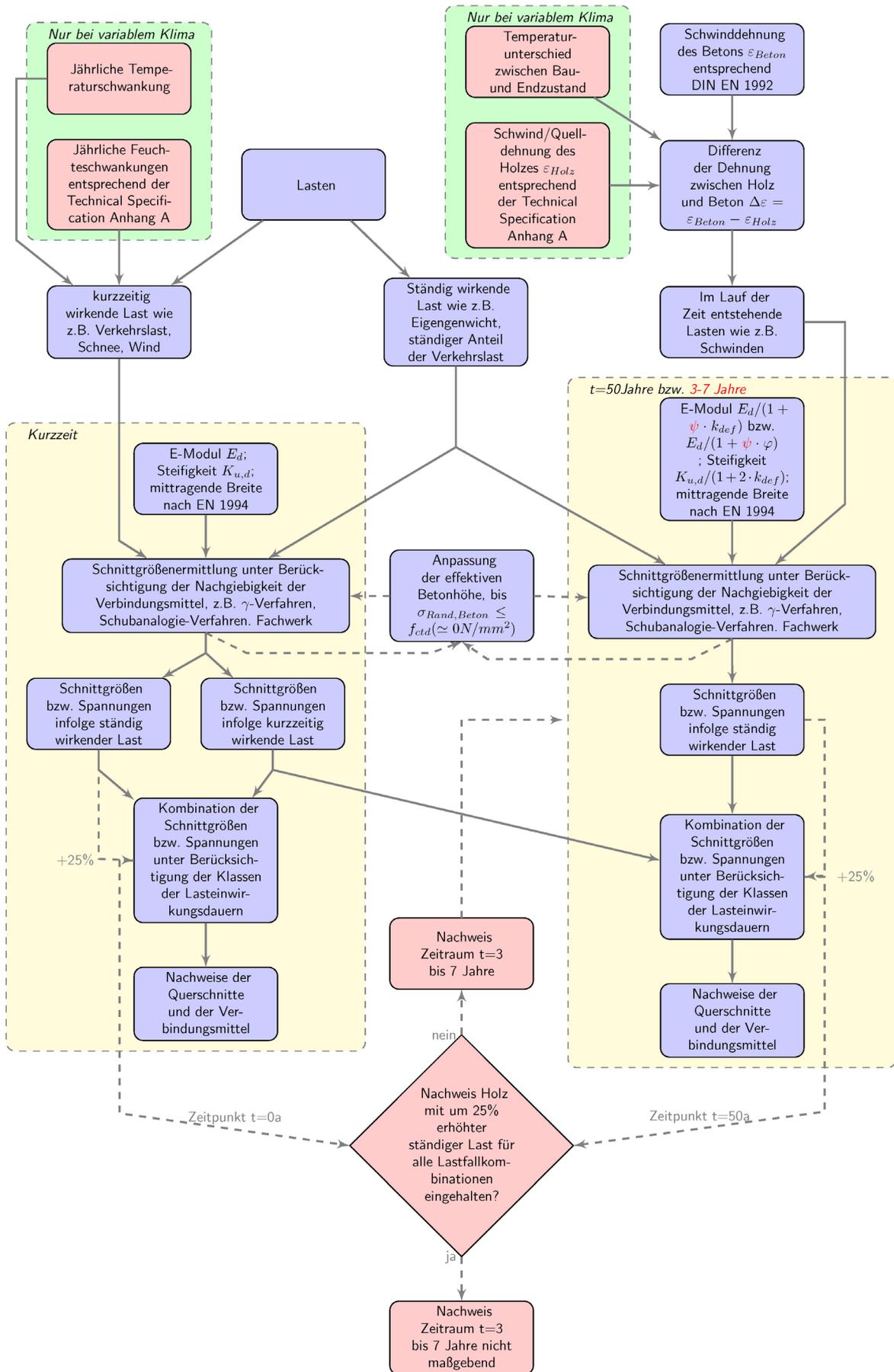


Abbildung 9: Bemessungsablauf für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

8. Zusammenfassung und Ausblick

Die Holz-Beton-Verbundbauweise wurde bereits vielfach untersucht und auch angewendet. So sind einige Verbindungsmittel mittlerweile zugelassen, so dass einer Anwendung von Holz-Beton-Verbund auf Basis dieser Zulassungen nichts im Wege steht. Um allerdings eine von den Zulassungen losgelöste Anwendung zu ermöglichen, ist mit der nächsten Generation der Eurocodes daran gedacht, den Holz-Beton-Verbundbau normativ zu erfassen. Dazu wurde [2] als Technical Specification erstellt. Diese Technical Specification kann als Basis für einen zukünftigen Normenteil dienen. [2] unterscheidet sich im Vergleich zu den üblicherweise vorhandenen Regelungen der Zulassungen im Wesentlichen in folgenden Punkten

- Einwirkung: In [2] werden die Einwirkungen infolge unterschiedlicher Ausdehnung z.B. durch Temperaturänderung und/oder Feuchteänderungen explizit bestimmt. Damit kann die Bemessung der Bauteile auf die jeweiligen Randbedingungen angepasst werden. Die dafür notwendigen Teilsicherheitsbeiwerte und Modifikationsfaktoren sind gegeben.
- Berechnungsverfahren: Ein häufig verwendetes Berechnungsverfahren zur Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel im Verbundträger ist das sog. γ -Verfahren, das in [3] Anhang B geregelt ist. Allerdings kann in diesem Verfahren nicht die unterschiedlichen Dehnungen infolge Schwinden, Feuchteänderung und/oder Temperatur abgebildet werden. Daher wird eine Erweiterung dieses Verfahrens eingeführt, bei dem diese Dehnungen in eine Ersatzlast umgewandelt werden können
- Verbindungsmittel: In [2] sind im 90° zur Fuge eingebaute, stiftförmige Verbindungsmittel auf Abscheren und Kerven geregelt. Die Kennwerte für die Berechnung wie Verschiebungsmodul und Tragfähigkeit sind zusammengestellt.
- Langzeitverhalten: Im Hinblick auf das Langzeitverhalten sind u.U. ein zusätzlicher Zeitraum nachzuweisen und die Auswirkungen der Lastumlagerungen auf die effektive Kriechzahl zu berücksichtigen.

Literatur

- [1] JUNG, P.: Holz-Beton-Verbunddecken in der Praxis und ihre Wirtschaftlichkeit. In: *Holz-Beton-Verbunddecken in Theorie und Praxis*, Hrsg.: Bau und Wissen, CH-Wildegg, 2012
- [2] DIN CEN/TS 19103: *Eurocode 5: 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*. 2022
- [3] DIN EN 1995-1-1: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines- Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [4] DIN EN 1992-1-1: 2010: *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [5] DIN EN 1995-2 / NA: 2011 – 08: *Nationaler Anhang – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Brücken*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2011
- [6] DIN EN 1991-1-1: 2010 – 12: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [7] DIN EN 1991-1-5: 2010 – 12: *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen, Temperatureinwirkungen*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [8] DIN EN 1995-1-1 / NA: 2013: *Nationaler Anhang – Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines- Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2013
- [9] DIN EN 1990: *Eurocode 0: Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*. EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010

- [10] FRIES, J.: *Beitrag zum Tragverhalten von Flachdecken mit Hutprofilen*, Institut für Konstruktion und Entwurf Universität Stuttgart (Mitteilung 2001-1), Dissertation, Dezember 2001
- [11] DABAON, M. ; TSCHEMMERNEGG, F. ; HASSEN, K. ; LATEEF, T. A.: Zur Tragfähigkeit von Verbundträgern bei teilweiser Verdübelung. In: *Stahlbau* 62 (1993), S. 3–9
- [12] KREUZINGER, H.: Flächentragwerke: Platten, Scheiben und Schalen; Berechnungsmethoden und Beispiele. In: *Brücken aus Holz* (1999), S. 43–60
- [13] SCHOLZ, A.: Eigenspannungszustände an Verbundquerschnitten infolge von Dehnungsunterschieden Anwendung eines neueren Rechenverfahrens auf einem bewährten Lösungsansatz. In: *Bautechnik* 81 (2004), März, Nr. 3, S. 180–188
- [14] SCHOLZ, A.: *Ein Beitrag zur Berechnung von Flächentragwerken aus Holz*, TU München, Diss., 2003
- [15] GROSSE, M. ; HARTNACK, R. ; LEHMANN, S. ; RAUTENSTRAUCH, K.: Modellierung von diskontinuierlich verbundenen Holz-Beton-Verbundkonstruktionen. In: *Bautechnik* 80 (2003), S. 534–541 und 693–701
- [16] MICHELFELDER, B.: *Trag- und Verformungsverhalten von Kerven bei Brettstapel-Beton-Verbunddecken*, Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Dissertation, 2006. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:93-opus-28911>
- [17] SCHÄNZLIN, J. ; FRAGIAOCOMO, M.: Extension of EC5-Annex B formulas for the design of timber-concrete composite structures. In: *CIB-40-10-1*, 2007 (International council for research and innovation in building and construction– working commission W 18 – timber structures)
- [18] SCHÄNZLIN, J.: *Zum Langzeitverhalten von Brettstapel-Beton-Verbunddecken*, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, Dissertation, 2003
- [19] DIAS, A. ; FRAGIAOCOMO, M. ; HARRIS, R. ; KUKLIC, P. ; RAJICIC, V. ; SCHÄNZLIN, J.: Technical Specification – Final Draft - Eurocode 5: Design of Timber Structures - Part 1-3: Structural design of timber concrete composite structures / Project Team CEN/TC 250-SC5.T2. 2018. – Forschungsbericht
- [20] DIAS, A. ; FRAGIAOCOMO, M. ; HARRIS, R. ; KUKLIC, P. ; RAJICIC, V. ; SCHÄNZLIN, J.: Hintergrundbericht zur Technical Specification – Final Draft - Eurocode 5: Design of Timber Structures - Part 1-3: Structural design of timber concrete composite structures / Project Team CEN/TC 250-SC5.T2. 2018. – Forschungsbericht
- [21] DIAS, A. (Hrsg.) ; SCHÄNZLIN, J. (Hrsg.) ; DIETSCH, P. (Hrsg.): *Design of timber-concrete composite structures: A state-of-the-art report by COST Action FP1402 / WG 4*. Shaker Verlag Aachen, 2018 <https://www.costfp1402.tum.de/home/>
- [22] DIN EN 1994-1-1: 2010: *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1994-1-1:2004 + AC:2009*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [23] DIN EN 1995-2: 2010: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 2: Brücken*. DIN-Deutsches Institut für Normung e.V., 2010
- [24] JOHANSEN, K. W.: *Theory of timber connections*. 1949
- [25] KUDLA, K.: *Kerven als Verbindungsmittel für Holz-Beton-Verbundstraßenbrücken*, Institut für Konstruktion und Entwurf, Diss., 2017
- [26] KUPFER, H. ; KIRMAIR, H.: Verformungsmoduln zur Berechnung statisch unbestimmter Systeme aus zwei Komponenten mit unterschiedlichen Kriechzahlen. In: *Bauingenieur* 62 (1987), S. 371–377
- [27] KREUZINGER, H.: *Verbundkonstruktionen Holz / Beton*. 1994
- [28] BLASS, H.-J. ; EHLBECK, J. ; LINDEN, M. v. d. ; SCHLAGER, M.: *Trag- und Verformungsverhalten von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen*. 1995 (T2710)

Zukünftige Möglichkeiten zur Brandschutzbemessung nach prEN 1995-1-2

Björn Kampmeier
Hochschule Magdeburg-Stendal
Magdeburg, Deutschland



Dirk Hollmann
Technische Hochschule OWL
Detmold, Deutschland



Zukünftige Möglichkeiten zur Brandschutzbemessung nach prEN 1995-1-2

1. Einleitung

Nach der Veröffentlichung der Eurocodes im Jahr 2010 haben sich diese inzwischen in der Praxis bewährt, wobei durchaus Optimierungsbedarf festgestellt wurde. Dieser betrifft in erster Linie die Anwenderfreundlichkeit, fehlende Nachweisverfahren für übliche Konstruktionen – insbesondere für Feuerwiderstandsdauern größer 60 Minuten –, sowie andererseits zu viele Nachweisalternativen. Derzeit wird die nächste Generation der Eurocodes erstellt. Nach der Einarbeitung der Kommentare und fachlichen Stellungnahmen des CEN werden derzeit die endgültigen Normen und anschließend die Nationalen Anhänge erarbeitet, die voraussichtlich im Jahr 2027 erscheinen werden und einen Teil der aufgeführten Kritikpunkte beheben sowie den Anwendungsbereich des Holzbaus erweitern sollen.

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über zukünftige Änderungen in der brandschutztechnischen Bemessung von Holzbauteilen auf Grundlage der prEN 1995-1-2:2023 [1] gegenüber der DIN EN 1995-1-2: 2010 [2]. Die wesentlichen Änderungen sind:

- Erweiterung der Bemessungsverfahren von 60 auf bis zu 120 Minuten Feuerwiderstandsdauer
- Ersatz der bisherigen Bemessungsverfahren Methode mit reduziertem Querschnitt und Methode mit reduzierten Eigenschaften durch die Methode mit effektivem Querschnitt
- Aufnahme tabellarischer Bemessungsverfahren für ausgewählte Bauteile
- Übernahme bisheriger informativer Anhänge in den Haupttext
- Erweiterung des Bemessungsverfahrens von Holztafelementen mit der Einführung der «separation function method»
- Verbesserung der Nachweisformate für Verbindungsmittel und Detailausbildungen
- Aufnahme besonderer Nachweis für Holzbetonverbundbauteile, Brettsperrholzbauteile, etc.
- Erweiterung der temperaturabhängigen, thermischen Materialgesetze für allgemeine Bemessungsverfahren
- Aufnahme von Anhängen mit Prüfungen zur Ermittlung der Eingangswerte für Bemessungsverfahren

2. Grundlagen der Brandschutzbemessung nach Eurocode

2.1. Allgemeines

Die Eurocodes bieten grundsätzlich drei gleichwertige Nachweisalternativen zur brandschutztechnischen Bauteilbemessung an. Dies sind die Tabellenbemessung (Stufe 1), vereinfachte Rechenverfahren (Stufe 2) und allgemeine Rechenverfahren (Stufe 3). Mit jeder Stufe steigt die Genauigkeit des Verfahrens, jedoch auch der Rechenaufwand. Für alle drei Nachweisverfahren werden die Einwirkungen baustoffübergreifend in FprEN 1991-1-2:2023 [3] definiert.

2.2. Thermische Einwirkungen

Die Feuerwiderstandsfunktionen R (Standicherheit), I (Isolation) und E (Raumabschluss) gemäß DIN EN 13501-2 sind mit der Branddauer entsprechend der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) nach FprEN 1991-1-2:2023 verknüpft. Diese nominelle Brandkurve bildet weiterhin für Nachweise von Tragwerken des Hochbaus den Regelfall.

Für Sonderfälle können Bauteile auch auf Basis sogenannter Naturbrandkurven geführt werden. Mit FprEN 1991-1-2:2023; Annex A wird das bisherige Naturbrandmodell punktuell erweitert. Naturbrandmodelle können sowohl für den Nachweis der Standicherheit im Brandfall, für das Temperaturkriterium I oder für den Nachweis einer Brandschutzbekleidung herangezogen werden. Diese müssen dazu komplett durchlaufen werden. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob das Naturbrandmodell des Anhangs A über den Nationalen Anhang

zur Anwendung in Deutschland freigegeben wird oder weiterhin in Deutschland ein «eigenes» Naturbrandmodell für die Temperaturen im Brandraum genutzt wird, zumal die bekannten Kritikpunkte des Naturbrandmodells in der FprEN 1991-1-2:2023 nicht behoben wurden. Wenngleich die Anwendung zukünftig in der Praxis zunehmen dürfte, bleibt der Naturbrandnachweis eher die Ausnahme. Daher wird in diesem Beitrag der Focus auf die Nachweise unter ETK-Bedingungen gelegt.

2.3. Mechanische Einwirkungen

Die mechanischen Einwirkungen $E_{d,fi}$ werden zukünftig auf Basis der FprEN 1991-1-2:2023 in Verbindung mit dem dann vorliegenden nationalen Anhang angesetzt. Demnach ist grundsätzlich weiterhin die quasi-ständige Größe zu verwenden. Eine Ausnahme bilden Bauteile, deren führende veränderliche Einwirkung der Wind ist. In diesem Fall ist für die Einwirkung aus Wind die häufige Größe zu verwenden. Eine vereinfachte Ermittlung der mechanischen Einwirkungen erfolgt mit dem Abminderungsfaktor für den Bemessungswert im Brandfall η_{fi} . Dieser beträgt 0,6 bzw. 0,7 im Falle von Nutzlasten der Kategorie E.

Inwiefern bei der neuen Eurocode-Generation von vorstehenden Festlegungen abgewichen wird, ergibt sich schlussendlich erst mit der Erstellung des nationalen Anhangs, wovon aus Sicht der Autoren jedoch nicht auszugehen ist.

2.4. Bemessungswerte der Materialeigenschaften

Der Bemessungswert der Festigkeits- bzw. Steifigkeitseigenschaften $X_{d,fi}$ wird folgendermaßen ermittelt:

$$X_{d,fi} = k_{\theta} \cdot k_{fi} \cdot X_k / \gamma_{M,fi} \quad (1)$$

k_{θ} ist ein Abminderungsfaktor für eine temperaturabhängige Steifigkeits- oder Festigkeitseigenschaft und wird im Rahmen des jeweiligen Bemessungsverfahrens genauer definiert. k_{fi} ist bereits aus der bisherigen Norm bekannt und dient der Umrechnung des charakteristischen Wertes X_k in die 20%-Fraktile. Der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,fi}$ wird mit 1,0 empfohlen und kann im nationalen Anhang noch verändert werden.

In der aktuellen Fassung des Eurocode 5-1-1 werden für die Bauteilbemessung bei Normaltemperatur weitere Beiwerte eingeführt, bspw. der Anpassungsfaktor für die Schubfestigkeit k_v . Diese werden in der Heißbemessung in der Regel zu 1,0 gesetzt. Thermische Materialeigenschaften, bspw. die Wärmeleitfähigkeiten von Nadelholz oder von Isolationsmaterial, sollen als charakteristische Werte angesetzt werden. Die Tragfähigkeit in der außergewöhnlichen Situation Brand wird dann zum Zeitpunkt t wie folgt auf Einwirkungsebene nachgewiesen:

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi,t} \quad (2)$$

3. Materialeigenschaften

3.1. Allgemein

In prEN 1995-1-2:2023 werden die grundsätzlichen Materialeigenschaften bzw. die allgemeinen Anforderungen definiert. Dieses betrifft zunächst die jeweils zutreffende europäische Produktnorm *EN* und/oder ein europäisches Bewertungsdokument *EAD*. Weiterhin werden in der Regel Mindestrohndichten ρ definiert. Beispielsweise werden für kreuzweise verleimtes Brettsperrholz (cross laminated timber *CLT*) EN 16351 und EAD 130005-00-0304 in Verbindung mit einer Mindestrohndichte $\rho \geq 290 \text{ kg/m}^3$ genannt.

Im Bereich der Isolationsmaterialien werden weiterhin Schutzstufen (protection level) anhand verschiedener Rohndichten unterschieden.

Dieses System stellt sicher, dass die den Bemessungskonzepten des Eurocodes zugrundeliegenden thermischen und thermomechanischen Materialeigenschaften innerhalb der zulässigen Grenzbereiche liegen.

3.2. Thermische Eigenschaften

Für die Anwendung der allgemeinen Rechenverfahren werden Modelle der temperaturabhängigen, thermischen Materialeigenschaften des Holzes, aber auch von Bekleidungen und Isolierungen benötigt. Dieses sind die Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität und Rohdichte. Gegenüber dem bisherigen Eurocode werden in prEN 1995-1-2:2023 die Modelle deutlich erweitert, bspw. für Holz, Holzwerkstoffe, Bekleidungen und Gipsbaustoffen und Mineralwollen. Zur Berücksichtigung von physikalischen Effekten wie der Verdunstung von Wasser oder Rissbildungen und Verkohlungen etc. werden die Materialeigenschaften als effektive Kennwerte beschrieben und sind daher nicht mit den bekannten Rechenwerten unter Normaltemperaturbedingungen gleichzusetzen.

Abbildung 1 zeigt die temperaturabhängige Wärmeleitfähigkeit für Sperrholz mit einer Rohdichte von 730 kg/m^3 und Mineralwolle mit einer Rohdichte von 100 kg/m^3 . Mit steigenden Temperaturen nehmen die Werte jeweils deutlich zu. Dieses ist beim Sperrholz insbesondere mit der Rissbildung in der Holzkohle zu erklären und bei der Mineralwolle nimmt die Strahlungsintensität innerhalb des Porenraumes zu.

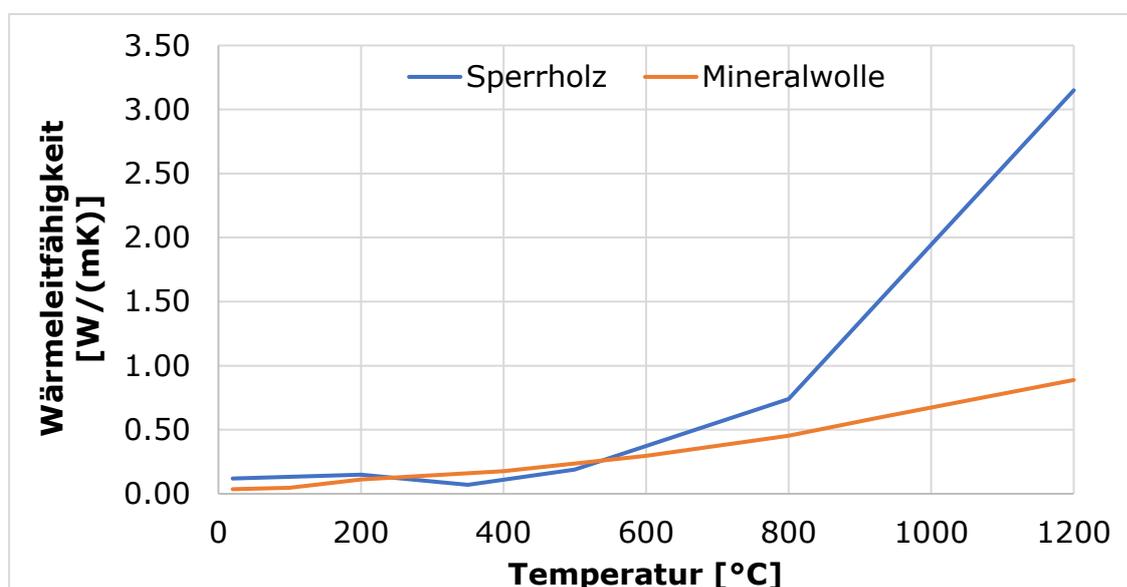


Abbildung 1: Rechenwerte der temperaturabhängigen Wärmeleitfähigkeit von Sperrholz ($\rho = 730 \text{ kg/m}^3$) und Mineralwolle ($\rho = 100 \text{ kg/m}^3$)

3.3. Mechanische Eigenschaften

In prEN 1995-1-2:2023 wird in vielen Fällen das Verfahren mit effektivem Restquerschnitt angewandt. Hiermit wird ein Bezug zu den charakteristischen Werten der Materialeigenschaften bei Normaltemperatur hergestellt, da die Festigkeitsreduzierung über eine zusätzliche Querschnittsreduzierung berücksichtigt wird.

Sofern allgemeine Rechenverfahren zur Anwendung kommen, werden die temperaturabhängigen Festigkeiten und Steifigkeiten benötigt. Diese werden normativ als effektive Werte zur Verfügung gestellt und enthalten auch nicht explizit berücksichtigte Effekte, bspw. transientes Kriechen unter Temperatureinwirkung. Die folgende Tabelle enthält entsprechende Reduktionsbeiwerte k_{θ} für die wesentlichen Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften parallel zur Faserrichtung. Die Werte zeigen eine erkennbar schnellere Entfestigung bei Druck- als bei Zugbeanspruchung, was auf den Aufbau des Holzes zurückzuführen ist. Bei einer Temperatur von 300 °C ist kein Beitrag am Lastabtrag mehr vorhanden.

Tabelle 2: temperaturabhängige Reduktionsbeiwerte für die Festigkeit und Steifigkeit von Holz parallel zur Faser

Temp. [°C]	Festigkeit [-]			Steifigkeit (Elastizitätsmodul) [-]		
	Druck	Zug	Schub	Druck	Zug	Schub
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	0,25	0,65	0,4	0,35	0,50	0,40
300	0	0	0	0	0	0

4. Tabellarische Bemessungsverfahren

Während die DIN EN 1995-1-2:2010 nur Nachweise der Stufen 2 und 3 kannte, werden mit der prEN 1995-1-2:2023 für ausgewählte Anwendungsfälle die Vorteile der sehr einfach gehaltenen Tabellenbemessung zur Verfügung gestellt. Neben Aufbauten von Konstruktionen werden auch Hilfswerte für die Anwendung des vereinfachten Verfahrens gemäß Stufe 2 zur Verfügung gestellt.

Die nachstehende Aufzählung gibt einen Überblick über die tabellierten Inhalte:

- die Schutzwirkung von Bekleidungen t_{ch} und $t_{f,pr}$ (Eingangswerte für europäisches Abbrandmodell),
- Bekleidungen für das Erreichen einer bestimmten Feuerwiderstandsklasse,
- effektive Querschnittshöhe h_{ef} von Brettsperrholz mit verschiedenen Aufbauten.

Gemäß prEN 1995-1-2 6.1 (3) dürfen im nationalen Anhang weitergehende tabellarische Daten eingeführt werden.

5. Vereinfachte Bemessungsverfahren

5.1. Europäisches Abbrandmodell

Grundlage der Tragwerksbemessung im Brandfall ist die Berechnung des verbleibenden Restquerschnittes nach dem Abbrand. Für den Nachweis mit vereinfachten Rechenverfahren wird die Dicke der Kohleschicht zukünftig mit dem europäischen Abbrandmodell (european charring model) ermittelt. Dieses stellt eine Weiterentwicklung des bisherigen Abbrandmodells nach DIN EN 1995-1-2:2010 dar, wobei ein Großteil der Parameter bereits in der bisherigen Fassung enthalten ist.

Mit einer Unterteilung in fünf Phasen lässt sich der Bemessungswert der ideellen Abbrandrate β_n entsprechend der vorliegenden Randbedingungen beschreiben. Neben dem Einfluss von Schutzbekleidungen kann so auch das spezifische Abbrandverhalten von geklebten Holzbauteilen, bei denen es zum Versagen der Klebefuge kommen kann, berücksichtigt werden. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Abbrandgrenze für die fünf Phasen an anfänglich nicht geschützten und anfänglich geschützten Holzoberflächen. Ungeschützte Holzoberflächen brennen mit einer unter ETK als konstant angenommenen Abbrandrate ab (Phase 1). Bei anfänglich geschützten Holzoberflächen beginnt der Abbrand erst zum Zeitpunkt t_{ch} , bei dem die Temperatur auf der Holzoberfläche 300 °C beträgt (Phase 0). Beginnt der Abbrand unter der Schutzbekleidung vor dem Versagenszeitpunkt $t_{f,pr}$ (Abfallen der Bekleidung), so ist eine reduzierte Abbrandrate anzusetzen (Phase 2). Dies liegt daran, dass zwar die Temperaturen für eine Pyrolyse erreicht sind, jedoch durch die weiterhin vorhandene Bekleidung der für die Verbrennung erforderliche Sauerstoff die Pyrolysefront nur bedingt erreicht. Nach dem Abfallen der Bekleidung brennt das Bauteil mit erhöhter Abbrandrate (Phase 3), bis sich zum Zeitpunkt t_a eine Kohleschicht von 25 mm ausgebildet hat (Phase 4). Die Gründe für die erhöhte Abbrandrate sind, dass zum Versagenszeitpunkt $t_{f,pr}$ die Einheits-Temperaturzeitkurve bereits ein höheres Temperaturniveau erreicht hat und zugleich noch keine den Wärmeeintrag begrenzende, schützende Kohleschicht ausgeprägt ist [4]. Zudem ist das Holz auch hinter der Bekleidung bereits vorerwärmt. Das bisherige Modell liefert nur für eine geringe Anzahl an Bekleidungsmaterialien und Schichtaufbauten Angaben zur Schutzwirkung (t_{ch} und $t_{f,pr}$). Zukünftig können variable Schichtaufbauten und eine größere Anzahl an Materialien mit vereinfachten Rechenverfahren oder tabellierten Werten berücksichtigt werden.

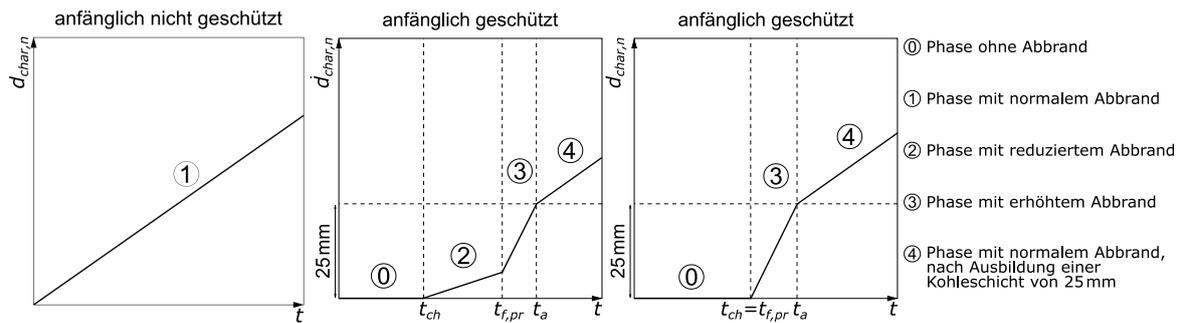


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Abbrandgrenze für anfänglich nicht geschützte und anfänglich geschützte Holzoberflächen nach prEN 1995-1-2:2023

Die ideale Abbrandtiefe $d_{char,n}$ ergibt sich unter Berücksichtigung der spezifischen Bemessungswerte der Abbrandrate β_n für die zuvor beschriebenen Phasen nach Gleichung (3).

$$d_{char,n} = \sum_{\text{Phasen}} (\beta_n \cdot t) \quad (3)$$

Der Bemessungswert der Abbrandrate β_n ist das Produkt der zutreffenden Modifikationsbeiwerte k_i multipliziert mit dem Basiswert der eindimensionalen Abbrandrate β_0 , entsprechend Gleichung (4).

$$\beta_n = \prod k_i \cdot \beta_0 \quad (4)$$

Über die Modifikationsbeiwerte erfolgt eine detaillierte Berücksichtigung der Bemessungssituation. Zu berücksichtigende Faktoren sind unter anderem die Faserausrichtung, der Einfluss von erhöhtem Eckabbrand und Rissen bei linearen Bauteilen, der Einfluss von Fugen bei flächigen Bauteilen, der Wärmeeintrag durch Verbindungsmittel sowie Dicke und Dichte bei Holzwerkstoffplatten.

5.2. Tragfähigkeit stabförmiger Bauteile

Zukünftig wird nur noch ein vereinfachtes Rechenverfahren zum Nachweis der Tragfähigkeit Anwendung finden. Von den derzeit enthaltenen Nachweismöglichkeiten wird die Methode mit reduzierten Eigenschaften nicht übernommen und die Methode mit reduziertem Querschnitt in die Methode mit **effektivem Querschnitt** überführt und erweitert. Dabei wird die Festigkeitsabnahme des erwärmten Restquerschnitts berücksichtigt, in dem für einen Teil des Restquerschnittes angenommen wird, dass keine Festigkeit mehr vorliegt. Für den verbleibenden (effektiven) Querschnitt darf dann weiterhin die ursprüngliche Festigkeit bei Normaltemperatur angenommen werden. Der effektive Querschnitt ist die Dicke des initialen Querschnitts abzüglich einer effektiven Abbrandtiefe d_{ef} . Die effektive Abbrandtiefe ist die Summe der ideellen Abbrandtiefe $d_{char,n}$ und der Dicke der Nullfestigkeitsschicht d_0 .

$$d_{ef} = d_{char,n} + d_0 \quad (5)$$

Die DIN EN 1995-1-2:2010 sieht ab 20 min Brandbeanspruchung eine pauschale Nullfestigkeitsschicht von 7 mm vor. Die Betrachtung von Tabelle 1 zeigt jedoch, dass theoretisch unterschiedliche Werte von d_0 existieren, bspw. für Druck- und Biegebeanspruchungen. Zudem haben Untersuchungen in den letzten Jahren gezeigt, dass eine pauschale Annahme von 7 mm oft zu nicht auf der sicheren Seite liegenden Bemessungen führt [5]. Daher sieht die prEN 1995-1-2:2023 für stabförmige Bauteile eine Erhöhung der Nullfestigkeitsschicht auf 14 mm vor. Für hauptsächlich auf Zug oder Biegung beanspruchte stabförmige Bauteile darf eine Nullfestigkeitsschicht von 10 mm angenommen werden. Bei flächigen Elementen ist sie in Abhängigkeit des betrachteten Bauteils (Wand oder Decke), der Beanspruchung (Druck oder Zug), der Bauteiloberfläche (anfänglich geschützt oder ungeschützt) und der Position der Abbrandgrenze individuell zu ermitteln [6].

In Abbildung 3 werden die Auswirkungen der Änderungen von d_0 anhand einer brandbeanspruchten Holzstütze exemplarisch verglichen. Nach einer Branddauer von 90 Minuten ist die in Anlehnung an DIN EN 1995-1-2:2010 bemessene Stütze zu 100 % ausgelastet. Die gemäß prEN 1995-1-2:2023 bemessene Stützen erreicht dagegen eine um 10 Minuten verkürzte Feuerwiderstandsdauer.

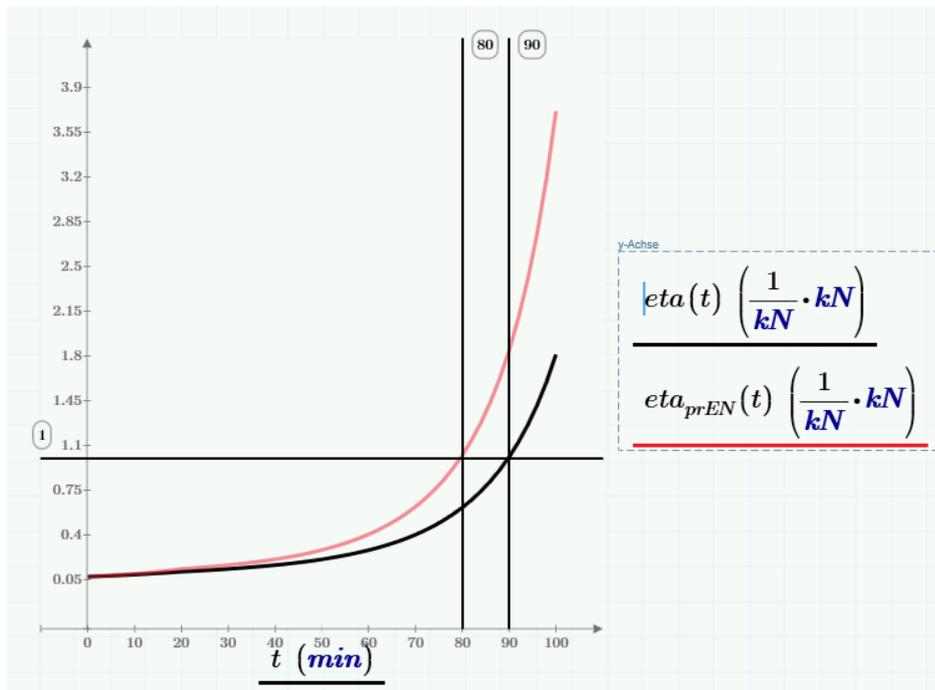


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Ausnutzungsgrade einer brandbeanspruchten Holzstütze im Vergleich Bemessung nach DIN EN 1995-1-2:2010 (eigentlich nur bis 60 Minuten zulässig) zu prEN 1995-1-2:2023

5.3. Tragfähigkeit flächiger Bauteile – insbesondere Brettsperrholz (BSP)

Der Brandschutznachweis für Brettsperrholz (Cross Laminated Timber (CLT)) wird in prEN 1995-1-2:2023 neu geregelt und soll in diesem Beitrag exemplarisch für flächige Bauteile aufgenommen werden. Dabei werden aus brandschutztechnischer Sicht grundsätzlich zwei Arten von CLT unterschieden:

CLT with glue line integrity: zu Deutsch «BSP mit thermisch stabiler Klebefuge»

CLT without glue line integrity: zu Deutsch «BSP mit thermisch instabiler Klebefuge»

Hintergrund des BSP mit thermisch instabiler Klebefuge ist, dass wenn die Abbrandgrenze die Klebefuge erreicht, ein Abfallen der schützenden Holzkohle einsetzt. Dann verhält sich ein eigentlich massiver, einteiliger Querschnitt prinzipiell wie ein anfänglich geschütztes Bauteil. Die erste Lamelle brennt mit «normaler» Abbrandgeschwindigkeit. Aufgrund der Vorerwärmung brennt die nächste Lamelle nach Abfallen der schützenden Kohleschicht mit einer erhöhten Abbrandgeschwindigkeit bis zu einer Tiefe von 25 mm. In dieser sogenannten Konsolidierungsphase normalisieren sich die Wärmeströme wieder und es brennt danach mit «normaler» Geschwindigkeit weiter bis es zu einem erneuten Versagen der Klebefuge kommt. Aufgrund der Mehrschichtigkeit des Brettsperrholzes können insbesondere bei den höheren Feuerwiderstandsdauern im «BSP mit thermisch instabiler Klebefuge» mehrere Konsolidierungsphasen auftreten. Die qualitativen Verläufe der Abbrandgrenzen beider Typen werden in Abbildung 4 vergleichend dargestellt.

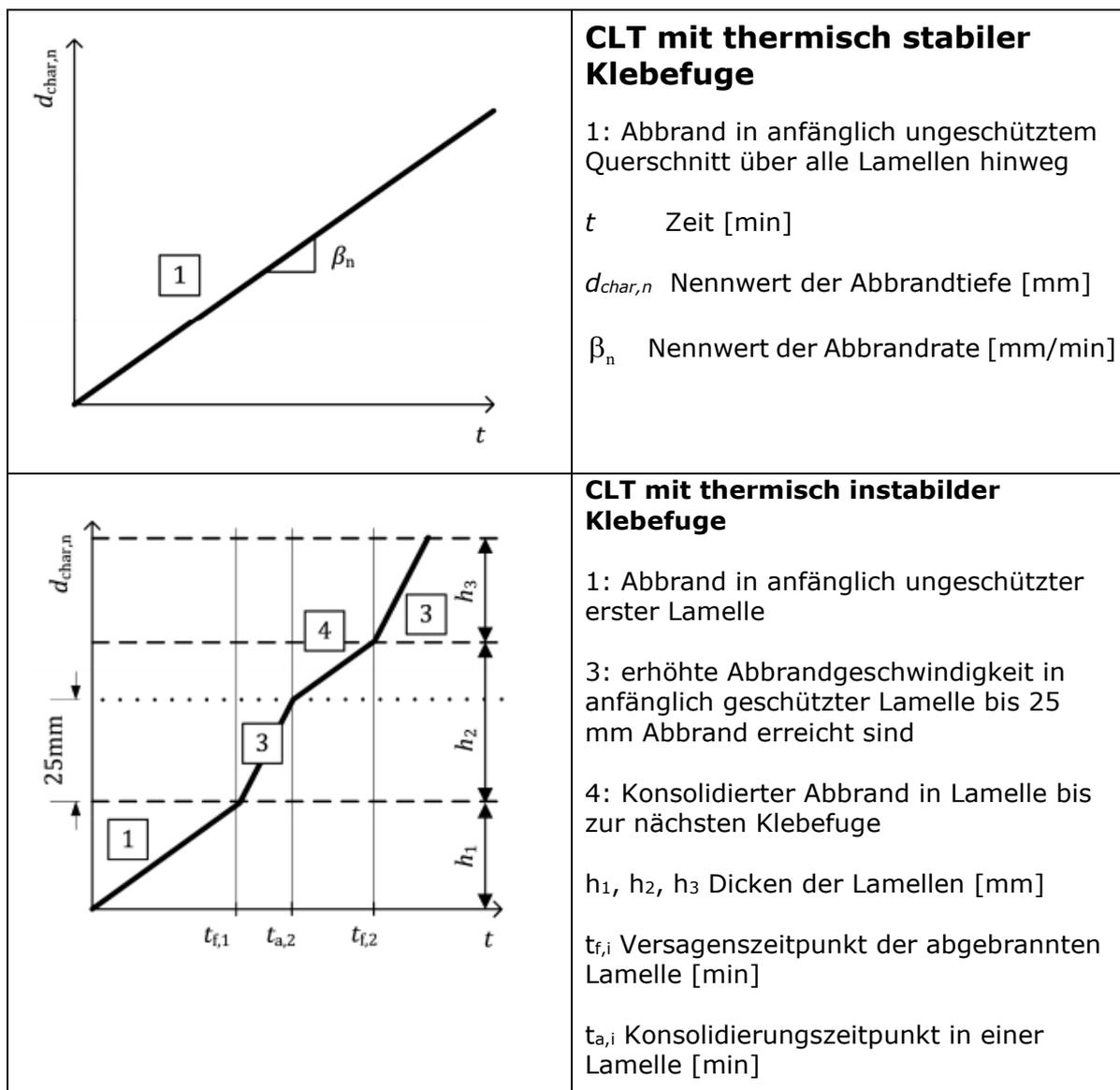


Abbildung 4: Qualitativer Vergleich des Abbrandes in CLT; oben: mit thermisch stabiler Klebefuge; unten: mit thermisch instabiler Klebefuge; [basierend auf den Bildern 5.1 und 5.2 prEN 1995-1-2:2023]

Zur Evaluierung der thermischen Beständigkeit der Flächenverklebung liefert der zukünftige Anhang B ein Prüfverfahren auf Grundlage der in [7] vorgestellten Untersuchung.

Der Bemessungswert der Abbrandrate wird für Brettsperrholz mit thermisch instabiler Flächenverklebung für die Phasen 1 und 4 nach Gleichung (6) berechnet.

$$\beta_n = k_g \cdot \beta_0 \quad (6)$$

Der Fugenfaktor k_g berücksichtigt den erhöhten Abbrand in Fugen zwischen den Brettlamellen. Bei Fugen $> 2 \text{ mm} \leq 5 \text{ mm}$ wird die Abbrandrate mit $k_g = 1,2$ angepasst.

Für von der Unterseite brandbeanspruchte Decken wird die Abbrandrate nach Abfallen der Kohleschicht (Phase 3) entsprechend Gleichung (7) berücksichtigt.

$$\beta_n = 2 \cdot k_g \cdot \beta_0 \quad (7)$$

Für die Bemessung des effektiven Restquerschnittes werden entsprechende Nullfestigkeitsschichten d_0 insbesondere entsprechend der Bauteilart (Wand, Decke), Vorhandensein einer brandschutztechnischen Bekleidung sowie die Spannrichtung der betrachteten Lamelle angegeben.

5.4. Tragfähigkeit von Holztafelbauteilen

Holztafelbauteile können ebenfalls mit dem Verfahren des effektiven Restquerschnittes bemessen werden. Dabei werden folgende Grundfälle mit mindestens einer einseitigen Bekleidungsanlage unterschieden:

- vollständig mit Wärmedämmung ausgefüllter Hohlraum,
- teilweise mit Wärmedämmung ausgefüllter Hohlraum,
- Wärmedämmung als seitliche Schutzschicht der tragenden Ständer,
- keine Wärmedämmung

Das Abbrandmodell wird an die jeweils genannten Grundfälle angepasst. Dabei ist nicht nur die Anordnung und Leistungsfähigkeit der Wärmedämmung von Bedeutung, sondern ebenfalls das Vorhandensein und die Leistungsfähigkeit einer Bekleidung. Darüber hinaus ist bei der Bestimmung von d_0 auch die mechanische Beanspruchung zu unterscheiden nach: Biegezug, Biegedruck, Knicken in Wandebene und Knicken aus der Wandebene.

6. Bemessung des Raumabschlusses

Die prEN 1995-1-2:2023 bietet in Abschnitt 7.3 die Möglichkeit zur Berechnung der raumabschließenden Funktion (engl. «Separating Function») von Holzbauteile für einen Zeitraum von bis zu 120 Minuten auf Basis der ETK. Neben einer Vielzahl von Bekleidungsmaterialien (u.a. Gipsplatten, Lehmputz, Holzwerkstoffplatten etc.) finden sich auch für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holzfaserdämmstoffe oder Zellulose entsprechenden Berechnungsformeln wieder. Das Modell beruht auf den Annahmen der DIN EN 1995-1-2:2010. Im Rahmen der Arbeiten von Schleifer [8] wurde das Modell der DIN EN 1995-1-2:2010 umfangreich erweitert, um eine beliebige Kombination von Bauteilschichten zu ermöglichen. Weiterhin erlaubt das Modell nun die Berechnung des Beginns der Verkohlung von ursprünglich geschützten Holzbauteilen und den Versagenszeiten von Brandschutzbekleidungen auf Basis der Arbeiten von Mäger und Just [9] sowie Rauch [10, 11].

Das Modell in Abschnitt 7.3 der prEN 1995-1-2:2023 beruht auf der Berechnung einer Isolationszeit auf Basis einer maximalen Temperaturerhöhung von 140 K im Mittel auf der brandabgewandten Seite des Bauteils (I-Kriterium). Es wird davon ausgegangen, dass das Raumabschlusskriterium (E) dann ebenfalls erfüllt ist und die letzte Schicht auf der brandabgewandten Seite weiterhin intakt ist. Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn die Isolationszeit des Bauteils mindestens der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer für den Raumabschluss entspricht.

Ergänzend zur Isolationszeit wurde eine zweite Berechnungsmethode, die sogenannte «Schutzzeit» t_{prot} eingeführt. Die Grundschutzzeit $t_{prot,0}$ entspricht dabei dem Zeitintervall bei Beginn der Beflammung mit ETK und dem Erreichen von 270 °C (250 K Temperaturdifferenz) auf der brandabgewandten Seite der jeweiligen Bekleidungsanlage. Es wird davon ausgegangen, dass die jeweilige Schicht (mit Ausnahme von Brandschutzbekleidungen) bei Überschreiten dieses Kriteriums keinen weiteren Beitrag mehr zum Feuerwiderstand leisten kann. Der Zeitpunkt, an dem die raumabschließende Funktion nicht mehr gewährleistet wird, ergibt sich aus der Summe der Schutzzeiten der einzelnen Lagen zuzüglich der Isolationszeit für die letzte brandabgewandte Lage:

$$t_{ins} = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_{prot,i} + t_{ins,n} \geq t_{req} \quad (8)$$

t_{ins} Zeitpunkt, bis Raumabschluss gewährleistet [min]

$t_{prot,i}$ Schutzzeit der Schichten bis zur letzten brandabgewandten Schicht [min]

$t_{ins,n}$ Isolationszeit der letzten brandabgewandten Schicht [min]

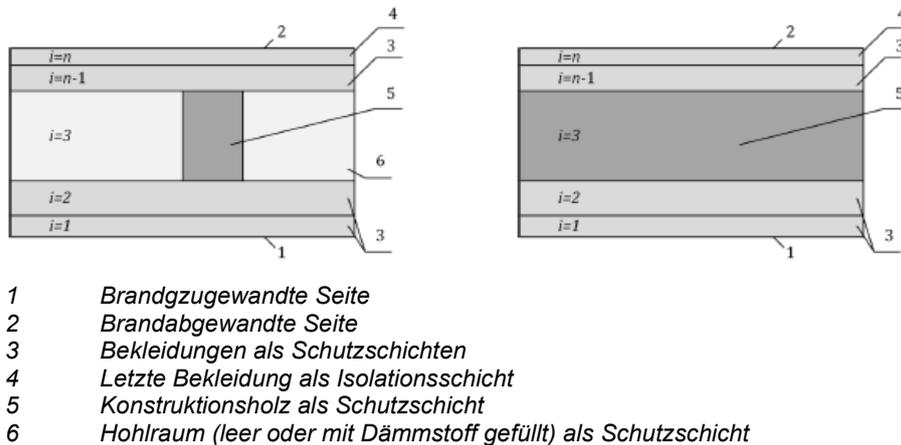


Abbildung 5: Nummerierung und Funktion der jeweiligen Bauteilschichten (auf Basis prEN 1995-1-2:2023 (E) figure 7.10)

Die Schutzzeit der Lage i $t_{prot,i}$ ergibt sich unter Berücksichtigung der Grundschutzzeit $t_{prot,0,i}$, den Faktoren für die Position der jeweiligen Lage in Bezug zum Brandherd im Hinblick auf Vorerwärmung t_{pos} , der Einflüsse durch Fugen $k_{j,i}$ und dem Korrekturbeiwert für Brandschutzbekleidungen Δt_i zu:

$$t_{prot,i} = (t_{prot,0,i} * k_{pos,exp,i} * k_{pos,unexp,i} + \Delta t_i) * k_{j,i} \quad (9)$$

Die einzelnen Beiträge zur Schutzzeit werden nachfolgend im Detail erläutert:

Die Grundschutzzeiten können für eine Vielzahl von Dämmstoffen und Bekleidungsmaterialien auf Basis der Formeln in prEN 1995-1-2; Tab. 7.10 berechnet werden und sind unter anderem von der Dicke und den Wärmeleitungseigenschaften der Materialien abhängig. Außerdem wird die (maximale) Schutzwirkung der Dämmstoffe mittels sogenannter «Protection Levels (PL)» unterschieden und kann für weitere Produkte mittels Anhang D bestimmt werden. Ein vorzeitiges Herausfallen des Dämmstoffes muss ausgeschlossen werden, da sich ansonsten die Schutzzeit auf null reduzieren würde.

Der Einfluss von Lagen, die sich in Bezug auf den Brandraum vor- ($k_{pos,exp}$) bzw. hinter ($k_{pos,unexp}$) der betrachteten Bekleidungs Lage befinden wird mittels der Positionsbeiwerte differenziert. Die Positionswerte können den Tabellen 7.12 bzw. 7.13 entnommen werden oder im Falle von nicht-gedämmten Hohlräumen mit einer Dicke ≥ 40 mm sind modifizierte Positionswerte nach Tabelle 7.14 anzuwenden.

Brandschutzbekleidungen wie Gipskartonfeuerschutz- oder Lehmplatten aber auch Mineralwolle (PL 1) versagen erst bei einer deutlich höheren Temperatur und werden daher mittels eines in Abschnitt 7.3.6 vorgegebenen Korrekturbeiwerts Δt_i für die Zeitdifferenz des späteren Abfallens/Versagens berücksichtigt. Die Korrekturzeit für den reduzierten Abbrand der jeweiligen Lagen ist davon abhängig, ob die Brandschutzmaßnahme ihre Funktion vollständig aufrecht erhält, bis die jeweilige Lage ihre Schutzfunktion verliert ($\Delta T \geq 250$ K) oder ob diese bereits vorher versagt. Für letzten Fall darf eine Interpolation zwischen einer ungeschützten und vollständig geschützten Lage erfolgen.

Der Fugenkoeffizient $k_{j,i}$ für Schichten mit Fugen auf deren Rückseite eine Lattung, Plattenbekleidung, Konstruktionsholz, Dämmung oder einem Hohlraum mit einer Dicke von weniger als 40 mm kann mit eins angenommen werden. Andernfalls sind die Fugenbeiwerte anhand der unterschiedlichen Fugentypen gemäß prEN 1995-1-2; Tabelle 7.15 festzulegen.

Die Berechnung der Isolationszeit für die letzte Lage $t_{ins,n}$ ergibt sich ähnlich wie die Berechnung der Schutzzeiten auf Basis von Grundisolationszeiten und der Berücksichtigung von Einflüssen brandzugewandter (vorerwärmter) Schichten sowie der Brandschutzmaßnahmen und dem Einfluss von Fugen zu:

$$t_{ins,n} = (t_{ins,0,n} * k_{pos,exp,n} + \Delta t_n) * k_{j,n} \quad (10)$$

Die jeweiligen Grundisoliationszeiten $t_{ins,n}$ können für eine Vielzahl von Dämmstoffen und Bekleidungsmaterialien auf Basis der Formeln in prEN 1995-1-2; Tabelle 7.11 berechnet oder alternativ auf Basis des Verfahrens in prEN 1995-1-2; Anhang G bestimmt werden. Hierzu ist die Kalibrierung eines thermischen Modells mit Brandversuchen (Brandofen nach DIN 4102-8 oder größer), basierend auf effektiven Materialparametern ähnlich zu [8] erforderlich. Abschließend muss das thermische Modell mit mindestens einem realmaßstäblichen Brandversuch validiert werden.

Die in prEN 1995-1-2; Abschnitt 7.3 vorgestellte Methode zur Berechnung des Raumabschlusses erweitert die Bemessung von Holzbauteilen maßgeblich. Es muss jedoch beachtet werden, dass diese aufgrund der beschriebenen Kalibrierung thermischer Modelle mittels effektiver Materialparameter entsprechenden Anwendungsgrenzen unterliegen und konservativ ausgelegt sind. Die Entwicklung universeller Modelle, mit denen beispielsweise eine Berechnung auf Basis von Naturbrandkurven möglich ist, ist derzeit noch ausstehend.

7. Bemessung von Holz-Beton-Verbunddecken

Bei Holz-Beton-Verbunddecken (HBV-Decken) sind zwei Haupttypen zu unterscheiden: Systeme mit linearen Holz-Unterzügen und Systeme mit flächigen Holzschichten wie Brettstapel oder Brettsperrholz. In diesem Beitrag wird der Focus auf Systeme mit Holz-Unterzügen gelegt, bei denen der nachgiebige Verbund zwischen Holz und Beton durch axial belastete Verbundschrauben hergestellt wird.

Die in den dreiseitig beflamten Holzbalken eindringende Temperatur hat Auswirkungen auf die Festigkeit und Steifigkeit des nachgiebigen Verbundes. Auch lagern sich infolge der veränderten Verbindungsmittelsteifigkeit und des Flächenträgheitsmomentes des reduzierten Holzquerschnittes Schnittgrößen um, sodass im Brandfall eine Schnittgrößenermittlung wie unter Normaltemperaturen erforderlich ist.

Abbildung 6 zeigt exemplarisch die Temperaturentwicklung in der Mittellinie eines HBV-Querschnittes. Vor dem technologischen Hintergrund der Angaben zum temperaturabhängigen E-Modul von Holz gemäß Tabelle 1 ist ein signifikanter Verlust der Steifigkeit im Verbindungsmittel bereits bei Temperaturen von weniger als 100° C zu erwarten. Folgerichtig finden sich in prEN 1995-1-2 entsprechende Regelungen, um die Auswirkungen zu berücksichtigen.

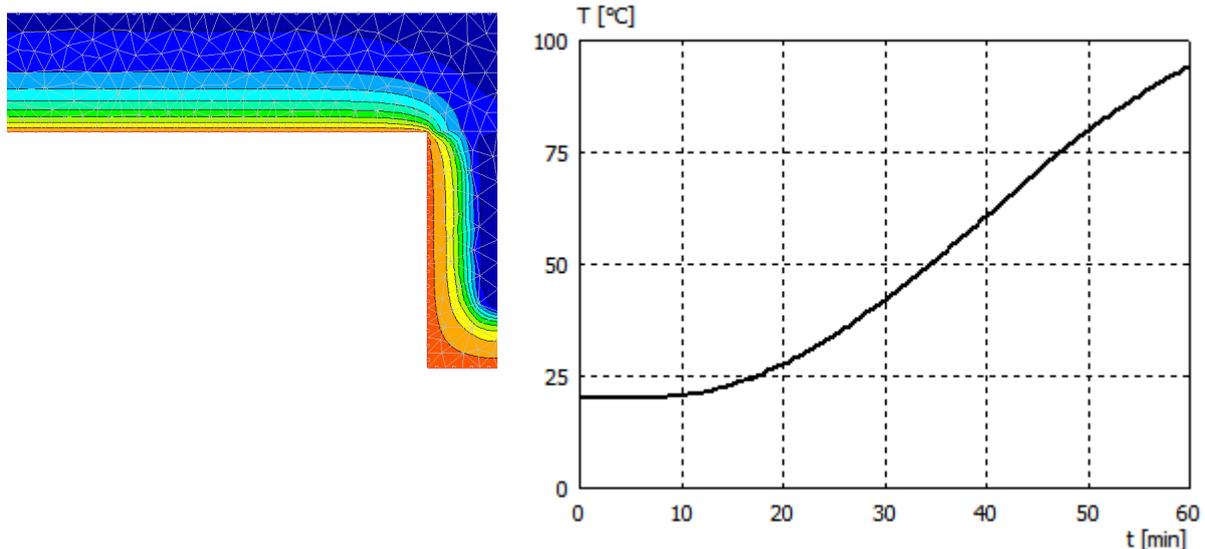


Abbildung 6: Thermische Analyse einer HBV-Decke: Betondeckschicht $h=12$ cm; Brettstapelschicht $14/24$ cm/cm. Temperaturverlauf in der Mittellinie zwischen Holz und Beton

Die Steifigkeit im Brandfall ermittelt sich zu:

$$K_{fi} = \eta_{K,fi} \cdot K \quad (11)$$

mit

K_{fi} Verschiebungsmodul im Brandfall

K Verschiebungsmodul für Normaltemperatur gemäß EC 5-1-1 oder Verwendbarkeitsnachweis

$\eta_{K,fi}$ Reduktionsfaktor für die Steifigkeit

Für die Ermittlung des Reduktionsfaktors ist die Durchführung einer eigenen thermischen Analyse nicht erforderlich. $\eta_{K,fi}$ lässt sich vereinfacht über die seitliche Überdeckung der Verbindungsmittel mit Holz darstellen:

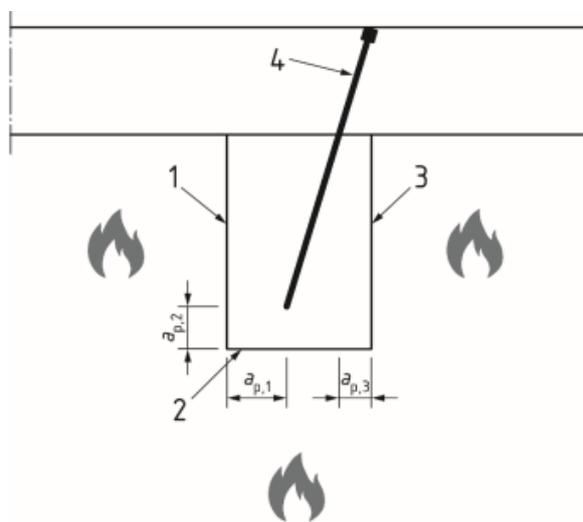
$$\eta_{K,fi} = \begin{cases} 0 & \text{für } a_p \leq 0,65 \cdot t_{req} \\ \frac{0,2 \cdot a_p - 0,12 \cdot t_{req}}{0,2 \cdot t_{req} + 3} & \text{für } 0,65 \cdot t_{req} \leq a_p \leq 0,8 \cdot t_{req} + 3 \\ \frac{0,8 \cdot a_p - 0,6 \cdot t_{req} + 1,8}{0,2 \cdot t_{req} + 21} & \text{für } 0,8 \cdot t_{req} + 3 \leq a_p \leq t_{req} + 24 \\ 1,0 & \text{für } a_p \geq t_{req} + 24 \end{cases} \quad (12)$$

mit

a_p seitliche Überdeckung des Verbindungsmittels

t_{req} erforderliche Feuerwiderstandsdauer in min

Die damit einhergehenden geometrischen Randbedingungen werden in Abbildung 7 dargestellt.



Legende:

1, 2, 3 brandbeanspruchte Seiten

4 Verbindungsmittel

$a_{p,i}$

Abstand von der brandbeanspruchten Seite i [mm]

Abbildung 7: Querschnitt eines brandbeanspruchten Holz-Beton-Verbundbauteils, Definition des Abstandsmaßes $a_{p,i}$. [entspricht Bild 9.6 aus prEN 1995-1-2]

Die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel ist durch den Temperaturanstieg im Querschnitt ebenfalls reduziert. Der charakteristische Widerstand im Brandfall lautet:

$$R_{k,fi} = \eta_{R,fi} \cdot R_K \quad (11)$$

mit

$R_{k,fi}$ charakteristische Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im Brandfall

R_K Charakteristische Tragfähigkeit der Verbindungsmittel für Normaltemperatur gemäß EC 5-1-1 ohne Ansatz der effektiven Anzahl der Verbindungsmittel

$\eta_{R,fi}$ Reduktionsfaktor für Widerstand

Der Reduktionsfaktor für den Widerstand $\eta_{R,fi}$ für zugbeanspruchte Schrauben wird analog zur Steifigkeit in Abhängigkeit von der seitlichen Überdeckung ermittelt:

$$\eta_{R,fi} = \begin{cases} 0 & \text{für } a_p \leq 0,65 \cdot t_{req} \\ \frac{0,44 \cdot a_p - 0,264 \cdot t_{req}}{0,2 \cdot t_{req} + 5} & \text{für } 0,65 \cdot t_{req} \leq a_p \leq 0,8 \cdot t_{req} + 5 \\ \frac{0,56 \cdot a_p - 0,36 \cdot t_{req} + 7,32}{0,2 \cdot t_{req} + 23} & \text{für } 0,8 \cdot t_{req} + 5 \leq a_p \leq t_{req} + 28 \\ 1,0 & \text{für } a_p \geq t_{req} + 28 \end{cases} \quad (12)$$

In Abbildung 8 werden die Verläufe der Gleichungen (10) und (12) exemplarisch für die Feuerwiderstandsklasse R30 in Abhängigkeit von der Überdeckung a_p aufgezeigt. Im Bild wird deutlich, dass der Verlust der Steifigkeit dem Verlust der Festigkeit vorseilt. Der Teilquerschnitt aus Holz ist grundsätzlich über das Verfahren mit effektivem Querschnitt für die Teilschnittgrößen nachzuweisen. Die Betonplatte ist nach Eurocode 2-1-2 nachzuweisen.

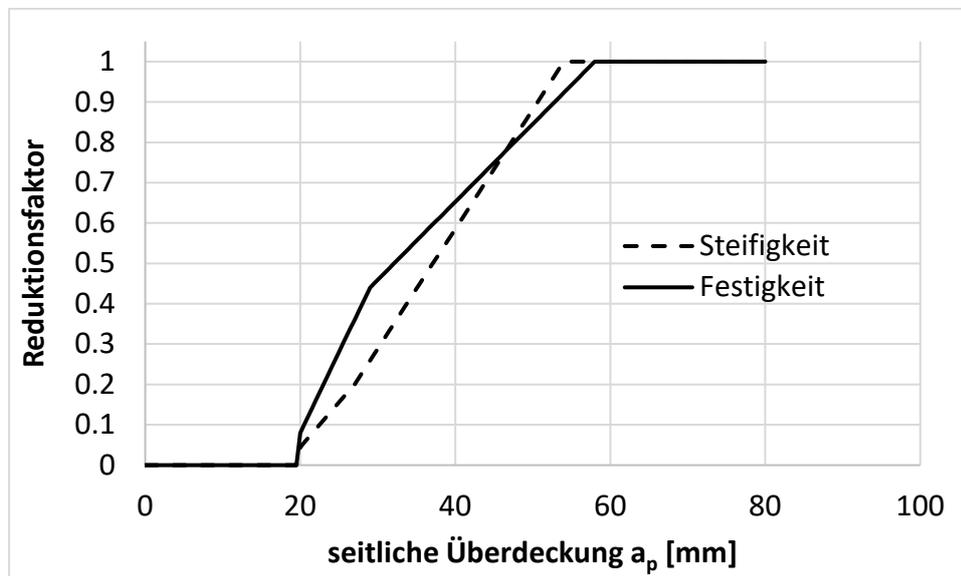


Abbildung 8: Auswertung der Gleichungen (10) und (12) für eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten

8. Verbindungsmittel

Mit den Bemessungsregeln nach Kapitel 9 der prEN1995-1-2:2023 können Verbindungen mit metallischen Verbindungsmittel bis zu einer Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten bemessen werden. Die Regeln gelten sowohl für Holz-Holz- als auch für Holz-Stahl-Verbindungen. Es existieren für den Nachweis der Verbindungen grundsätzlich zwei alternativ anwendbare Wege.

Vereinfachte Bemessungsregeln:

In prEN 1995-1-2:2023 werden in Tabelle 9.1 Feuerwiderstandsdauern für Verbindungen angegeben, die bei Normaltemperatur gemäß Eurocode 5-1-1 ordnungsgemäß bemessen wurden und einen Ausnutzungsgrad von $\eta_{fi} = E_{d,fi}/R_k \leq 0,3$. Bei Einhaltung der Anforderungen an die Seitenholzdicke weisen die Verbindungen eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 15 Minuten auf. Für Verbindungen mit Dübeln beträgt die Feuerwiderstandsdauer sogar 20 Minuten. Diese Feuerwiderstandsdauer kann für Dübel als Holz-Holz-Verbindung durch Erhöhung der Randabstände bis auf 90 Minuten erhöht werden. Für Dübelverbindungen mit eingelegten Stahlblechen kann auf die gleiche Weise die Feuerwiderstandsdauer sogar bis auf 120 Minuten erhöht werden. Die dazu erforderlichen Mindestholzdicken $t_{1,fi}$

und Vergrößerungen der Randabstände a_{fi} werden in Abhängigkeit des Ausnutzungsgrades in Tabellenform (prEN 1995-1-2; Tab. 9.2 – 9.5) angegeben. Für andere Verbindungsmittel können weitere Bemessungstabellen im Nationalen Anhang angegeben werden.

Die zweite Möglichkeit Verbindungen brandschutztechnisch nachzuweisen ist die «exponential reduction method». Diese ist universeller anwendbar und kann daher auch für individuell geplante Verbindungen, die nicht in den Tabellen enthalten sind, angewendet werden. Sie bietet zudem die Möglichkeit innerhalb ihrer Anwendungsgrenzen die erforderliche Feuerwiderstandsdauer, ohne eine Erhöhung der Bauteilabmessungen gegenüber den Vorgaben des Eurocode 5-1-1 zu erreichen.

Die Feuerwiderstandsdauer der Verbindung wird in Abhängigkeit des Ausnutzungsfaktors η_{fi} , der Seitenholzdicken $t_{1,fi}$ und der Ausführungsart der Verbindung ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$) berechnet mit:

$$t_{fi} = \alpha_1 * t_{1,fi} - \frac{1}{\alpha_2} * \ln(\eta_{fi} * 100) + \alpha_3 \quad (13)$$

Die alpha-Werte können einfach aus Tabellen in Abhängigkeit der verwendeten Materialien (Holz-Holz, Holz-Stahl) und der Anzahl der Scherfugen abgelesen werden.

Wird mit der so berechneten Feuerwiderstandsdauer die Mindestfeuerwiderstandsdauer aus prEN 1995-1-2; Tab. 9.1 überschritten, müssen die Randabstände der Verbindungsmittel aus der Bemessung bei Normaltemperatur um a_{fi} vergrößert werden.

$$\alpha_{fi} = k_{con} * \beta_0 * (t_{req} - t_{fi,min}) \quad (14)$$

k_{con}	<i>Erhöhungsfaktor für die Abbrandrate (nach Art der Verbindung)</i>
β_0	<i>eindimensionale Abbrandrate</i>
t_{req}	<i>erforderliche Feuerwiderstandsdauer</i>
$t_{fi,min}$	<i>Minimale Feuerwiderstandsdauer der nach EC 5-1-1 bemessenen Verbindung</i>

In Kapitel 9.4 werden ergänzende Regelungen aufgeführt, um einen thermischen Schutz der Verbindungen durch Bekleidungen, die die Feuerwiderstandsdauer erhöhen, zu berücksichtigen.

Bemessungsregeln für auf Herausziehen beanspruchte Schrauben sind in Kapitel 9.3 der prEN1995-1-2 dargestellt.

9. Allgemeine Rechenverfahren

Die allgemeinen Rechenverfahren sind grundsätzlich in eine thermische und eine mechanische Analyse aufzuteilen, welche in der Regel mit der Methode der finiten Elemente durchgeführt werden: die thermische Analyse zur Ermittlung der Temperaturverteilung im Querschnitt und die mechanische Analyse zur Ermittlung des Trag- und Verformungsverhaltens des Bauteils. Je nach Komplexität des verwendeten Programms ist es prinzipiell auch möglich, beide Analysen direkt miteinander zu koppeln.

Für zahlreiche Fragestellungen ist es ggf. auch ausreichend, lediglich eine thermische Analyse durchzuführen, bspw. für den Nachweis des Isolationskriteriums oder im Zusammenhang mit schutzzielorientierten Nachweisen im Kontext der DIN 18009.

In Abbildung 9 wird exemplarisch die Untersuchung der Auflagersituation einer Decke aus Furnierschichtholz auf einer Stahlbeton-Linienkonsole gezeigt. Fragestellung ist die Temperaturentwicklung im Elastomerlager und somit die Mindestbreite der davorliegenden Mineralwolle. Die thermischen Materialkennwerte für Furnierschichtholz und Mineralwolle sind prEN 1995-1-2:2023 entnommen. Die Materialkennwerte des Betons entsprechen DIN EN 1992-1-2:2010 [12]. Da das Elastomerlager in der dargestellten Situation nicht heißer als dessen zulässige Betriebstemperatur gemäß Anwendbarkeitsnachweis wird, können die Materialeigenschaften aus den technischen Datenblättern direkt entnommen werden. Würde die zulässige Betriebstemperatur dagegen überschritten, wären deutlich weitergehende Überlegungen zur korrekten Beschreibung des Elastomers erforderlich.

Anhand dieses Beispiels sollen die generellen Möglichkeiten allgemeiner Rechenverfahren exemplarisch dargestellt werden. Es soll aber auch nicht verschwiegen werden, dass die Anwendung große Sorgfalt und Kenntnisse des Abbrandverhaltens von Holzkonstruktionen erfordert. Denn in der Regel können die Modelle die Rissbildung in Schutzschichten oder dessen Abfallen nicht korrekt abbilden. Inwieweit die Anwendung eines allgemeinen Rechenverfahrens aufgrund der Randbedingungen und anzuwendenden Materialgesetze von den eingeführten technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen und eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich wird, muss projektbezogen im Einzelfall entschieden werden und ist in diesem Beitrag nicht Gegenstandlich.

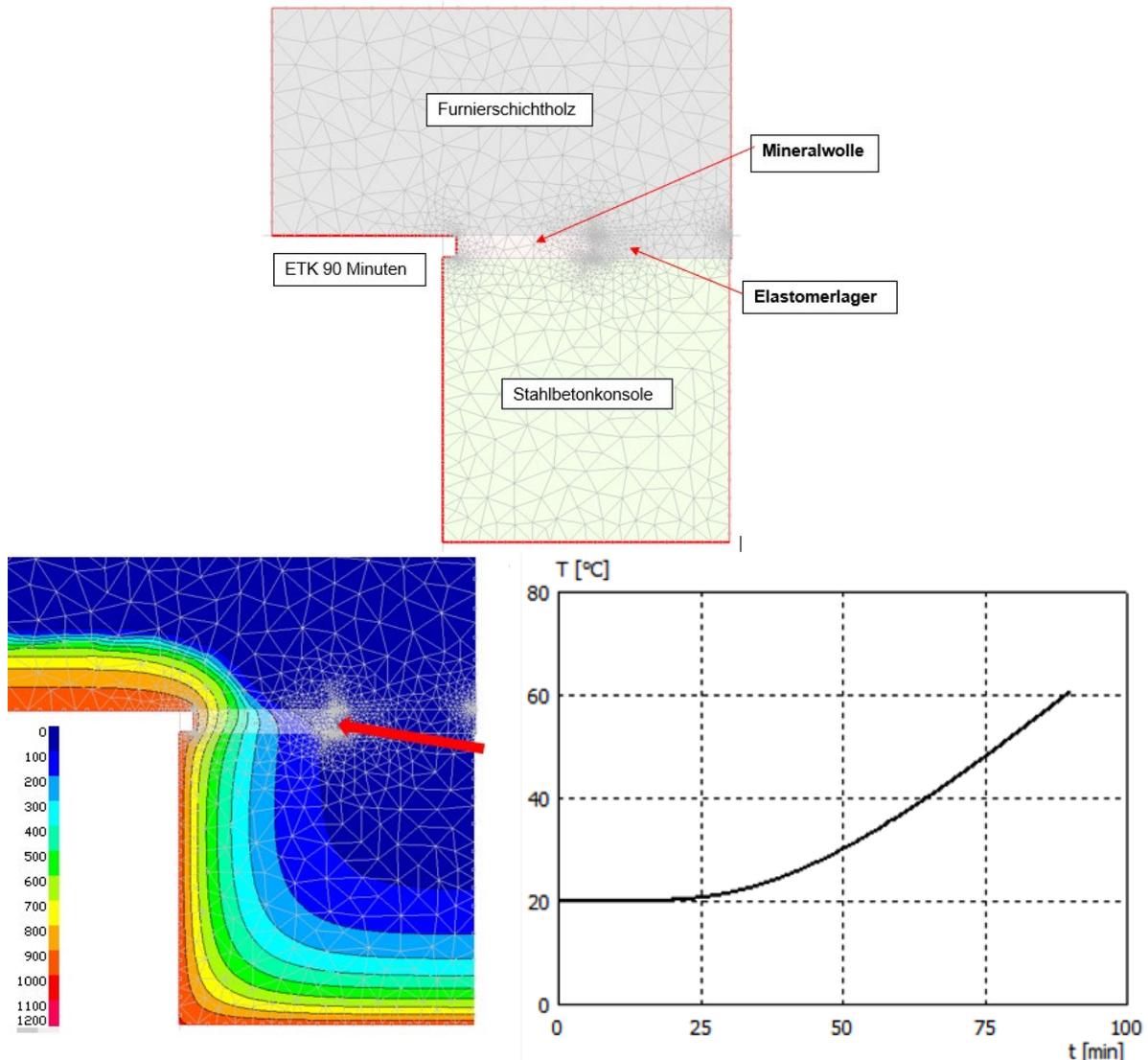


Abbildung 9: Untersuchung der Temperaturverteilung im Bereich des Auflagers einer Decke aus Furnierschichtholz auf einer Stahlbeton-Linienkonsole

10. Naturbrandnachweis

Die prEN 1995-1-2:2023 enthält in ihrem Anhang A Regeln zur Berechnung eines Naturbrands nach FprEN 1991-1-2; Anhang A, wenn die Konstruktion aus Holzbauteilen besteht und somit ebenfalls zur Brandlast beiträgt. Die so berechnete Naturbrandkurve kann bei Sonderfällen anstelle der ETK verwendet werden.

Die entsprechend FprEN 1991-1-2:2023 als «charakteristische Brandlastdichte» ($q_{f,k}$) beschriebene Brandlastdichte wird in prEN 1995-1-2:2023 als «mobile Brandlastdichte» ($q_{m,k}$) definiert. Die mobile Brandlastdichte umfasst die Brandlasten, die aus der Nutzung des Bauwerks resultieren. Entsprechend prEN 1995-1-2:2023 bildet sie zusammen mit der «strukturellen Brandlastdichte» ($q_{st,k}$) die Gesamtbrandlastdichte ($q_{f,k}$).

Die strukturelle Brandlastdichte ist die Brandlastdichte der aus Holzbauteilen bestehenden Gebäudekonstruktion. Sie ergibt sich aus der Menge der im Brandverlauf abbrennenden Masse der Holzbauteile. Der Abbrand des Holzes ist abhängig von der Branddauer und der Brandraumtemperatur.

Aufgrund dieser sich gegenseitig beeinflussenden Prozesse ist die Abbrandtiefe des Holzes über den gesamte Brandverlauf ($d_{char,t}$) iterativ zu berechnen, bis sie in einem Berechnungsschritt nicht mehr als 0,5 mm zunimmt. Konstruktive Änderungen zur Verringerung der strukturellen Brandlastdichte, z. B. durch die Bekleidung von Teilflächen der ungeschützten Holzoberflächen, können zu kürzeren Branddauern und weniger Holzabbrand führen.

11. Zusammenfassung und Ausblick

Der zukünftige Brandschutzteil des Eurocode 5 wird den Anwendungsbereich deutlich erweitern. Insbesondere die Ausweitung der Bemessungsverfahren für Feuerwiderstandsdauern von mindestens 90 Minuten wird dem baurechtlichen Rahmen für mehrgeschossige Holzbauten in Deutschland gerecht.

Zudem können größere Variationen an Bauteilen rechnerisch nachgewiesen werden. Dies betrifft sowohl die Bauteilaufbauten als auch die verwendeten Baustoffe. Beispielhaft ist hier insbesondere die Öffnung der Nachweisverfahren für Holzfasern- und Zellulosedämmstoffe zu nennen. Auch die Aufnahme rechnerischer Nachweisverfahren für Brettsperrholzbauweise und Holz-Beton-Verbunddecken ist ein wichtiger Schritt für den modernen Holzbau, um die brandschutztechnischen Nachweise zu erleichtern.

Die Aufnahme tabellarischer Bemessungsverfahren stellt einen Schritt zur Vereinfachung der bisherigen Nachweisformate für wenige Sonderfälle dar. Dies kann jedoch über den Nationalen Anhang deutlich erweitert werden.

Trotz der Weiterentwicklung des Naturbrandnachweises für Holzbauteile wird dieser Weg auch zukünftig auf wenige Sonderfälle begrenzt bleiben.

12. Literatur

- [1] prEN 1995-1-2: Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 1-2: Structural fire design; CEN/TC 250; Date: 2023-01
- [2] DIN EN 1995-1-2: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Ausgabe: 2010-12
- [3] FprEN 1991-1-2: 2023: Eurocode 1: Actions on Structures – Part 1-2: Actions on structures exposed to fire; CEN/TC 250; Date: 2023-01
- [4] A. Frangi, C. Erchinger, und M. Fontana, «Charring model for timber frame floor assemblies with void cavities», *Fire Safety Journal*, Bd. 43, Nr. 8, S. 551–564, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.firesaf.2007.12.009.
- [5] J. Schmid, J. König, und A. Just, «The Reduced Cross-Section Method for the Design of Timber Structures Exposed to Fire – Background, Limitations and New Developments», *Structural Engineering International*, Bd. 22, Nr. 4, S. 514–522, Nov. 2012, doi: 10.2749/101686612X13363929517578.
- [6] R. Fahrni und M. Klippel, «Hintergründe der Tragwiderstandsbemessung von Brettsperrholz im Brandfall», Mai 2021, doi: 10.3929/ETHZ-B-000489944.
- [7] M. Klippel, J. Schmid, R. Fahrni, M. Kleinhenz, und A. Frangi, «Vorschlag einer Standardprüfmethode für Brettsperrholz im Brandfall», *Bautechnik*, Bd. 96, Nr. 11, S. 824–831, Nov. 2019, doi: 10.1002/bate.201900019.
- [8] Schleifer, V. (2009) Zum Verhalten von raumabschliessenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall, Dissertation, ETH Zrich.
- [9] Mäger, K. N., Just, A. & Frangi, A. (2018). Improvements to the Component Additive Method. SiF 2018– The 10th International Conference on Structures in Fire. Ulster University, Belfast, UK.

- [10] Rauch, M. (2022): Beurteilung der raumabschließenden Funktion brandbeanspruchter Holzbauteile mittels einer «Component Additive Method». Dissertation. Technische Universität München
- [11] Rauch et al. (2022): Fire design methods for timber frame assemblies – an improved model for the Separating Function Method, Conference: INTER – International Network on Timber Engineering Research, Meeting 9 (INTER Meeting 2022) Bad Aibling, Germany
- [12] DIN EN 1992-1-2: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Ausgabe: 2010-12

Block A3
**Technische Gebäudeausstattung im Holzbau –
Einfach und Effizient**

Passivhaus und regenerative Energiequellen als Lösungsansatz für den klimaneutralen Gebäudebestand

Prof. Dr. Harald Krause
Technische Hochschule Rosenheim
Rosenheim, Deutschland



Passivhaus und regenerative Energiequellen als Lösungsansatz für den klimaneutralen Gebäudebestand

1. Klimaneutrales Deutschland 2045

Gemäß dem Klimaschutzgesetz aus der letzten Legislaturperiode [1] soll Deutschland bis 2045 treibhausgasneutral sein. Dies bedeutet, dass sich Emissionen und Entnahmen aus der Atmosphäre die Waage halten sollen.

Von verschiedenen Institutionen wurden dazu Studien zur Machbarkeit und zu konkreten Umsetzungsstrategien entwickelt, z.B. [2, 3, 4]. In den zitierten, aber auch anderen Studien sind die wesentlichen Umsetzungsstrategien ähnlich:

1. Vollständige Umstellung auf erneuerbare Energiequellen: Hauptsächlich Wind- und Sonnenenergie in Form von Photovoltaik.
2. Umstellung auf strombasierte Versorgung in fast allen Sektoren: Elektromobilität, Wärmepumpen zur Heizung u.a.
3. Erhöhung der Energieeffizienz in allen Sektoren: Dazu zählen Gebäudedämmung, Umstellung auf Elektromobilität u.a.
4. Auf- und Ausbau der Wasserstofftechnologie: Einsatz als Rohstoff in der Chemischen Industrie, Stahlproduktion sowie Energiespeichermedium.

Eine Zusammenfassung der Maßnahmen findet man auch in «*Klimaverträgliche Energieversorgung für Deutschland – 16 Orientierungspunkte*», einer Veröffentlichung der Scientists for Future Deutschland unter Mitwirkung des Autors dieses Tagungsbeitrages [5].

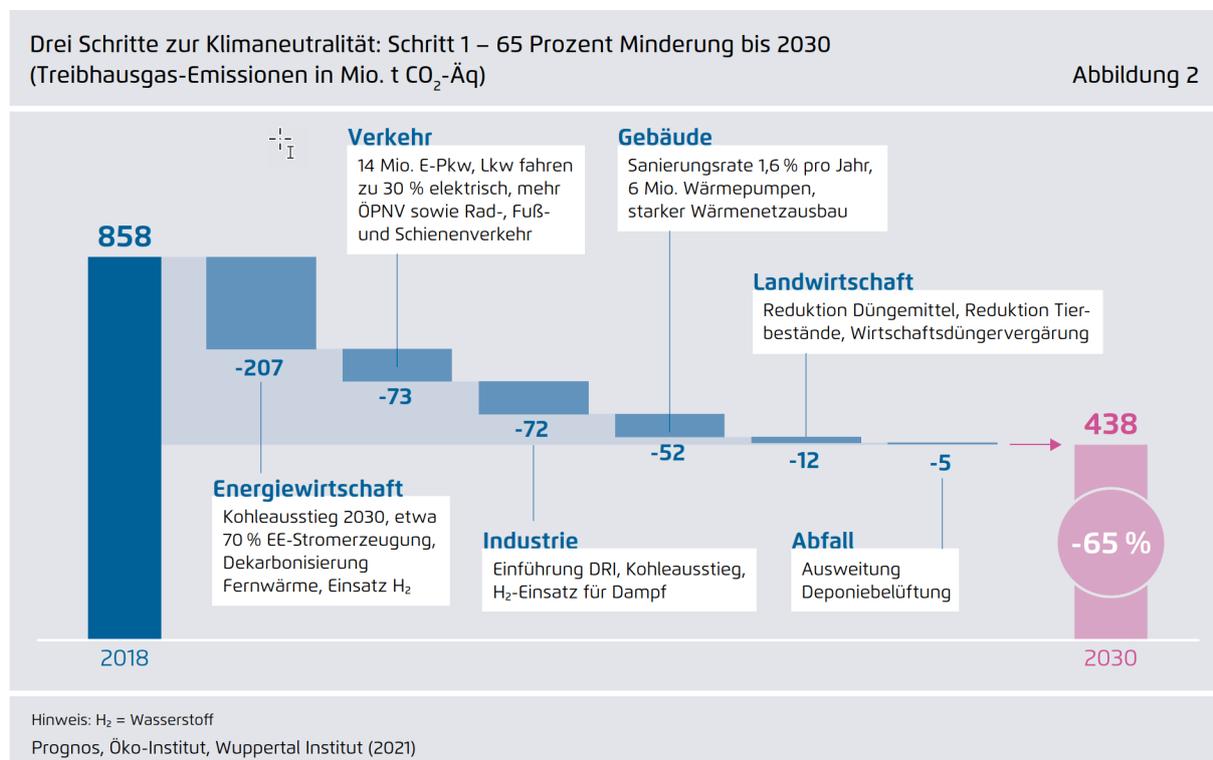


Abbildung 1: Maßnahmen zur Klimaneutralität im Zeitraum bis 2030 aus [3]

Im Folgenden wird die Studie «*Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*» im Auftrag der Agora Energiewende [4] verwendet. In Abbildung 1 sind die Maßnahmen bis zum Jahre 2030 gegliedert nach den betrachteten Sektoren zusammengefasst. Die Hauptlast liegt in der Energiewirtschaft und kann mit dem Begriff Dekarbonisierung zusammengefasst werden. Im Gebäudebereich steht vor allem eine Erhöhung der Sanierungsquote sowie die Umstellung auf Wärmepumpen als Heizquelle an. Bis 2030 ist der Einbau von ca. 6 Millionen Wärmepumpen als Ersatz für bestehende Öl- oder Gaskessel angesetzt.

Der Beitrag der verschiedenen Sektoren zu den vergangenen, heutigen und zukünftigen Treibhausgasemissionen ist in Abbildung 2 dargestellt [4]. Daraus ist abzulesen, dass fast alle Sektoren inklusiv des Gebäudebereiches bis 2045 keine Treibhausgase mehr emittieren sollen. Einzig die Landwirtschaft wird als Emittent übrigbleiben, weshalb auch Kompensationsmaßnahmen als «negative» Emissionen nötig sein werden.

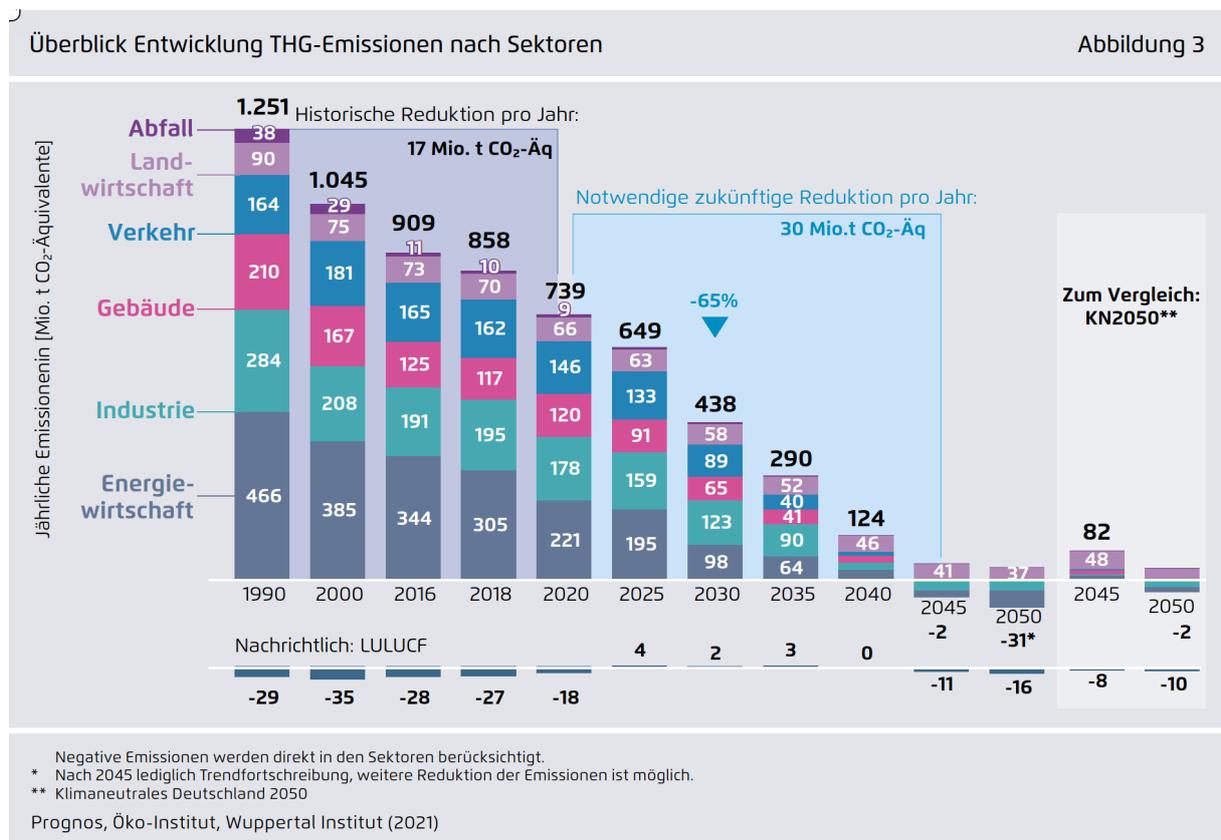


Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren aus [4]. Bis 2045 ist eine fast vollständige Umstellung auf regenerative Energiequellen nötig. Zu einem gewissen Teil tragen auch Importe von regenerativ erzeugtem Wasserstoff sowie aktive Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre zur Treibhausgasneutralität bei.

Um die enormen Anstrengungen insbesondere beim Ausbau von Windkraft und Photovoltaik zu verdeutlichen, ist eine weitere Grafik aus der Agora Studie in Abbildung 3 hilfreich. Bei der zusätzlich installierten Leistung steht die Photovoltaik an erster Stelle. Für die Netostromerzeugung sollen 2045 sowohl Windkraft als auch Photovoltaik die dominante Rolle spielen. Biomasse und Wasserkraft spielen nur eine untergeordnete Rolle.

Die jährlichen Ausbauraten der installierten Leistung bis 2030 liegen bei der Photovoltaik bei ca. 10 GW, bei der Windenergie onshore 5 GW und offshore 2 GW. Die maximalen jährlich installierten Leistungen lagen bisher bei der Photovoltaik bei 8 GW (2010 und 2012) sowie der Windkraft onshore bei 5 GW (2014 und 2017) und offshore bei 2 GW (2015). Somit sind die Ausbauzahlen rein technisch gesehen machbar.



Abbildung 3: Ausbau der erneuerbaren Energiequellen Photovoltaik und Windkraft aus [4].

Zusammengefasst können die nötigen Transformationsprozesse in drei Säulen wie in Abbildung 4 dargestellt werden.

Der Primärenergiebedarf muss bis 2045 deutlich gesenkt werden. Dies geschieht vor allem durch Verbesserung der Energieeffizienz, wie z.B. durch Elektromobilität, Heizung mit Wärmepumpen aber auch Reduktion von Wärmeverlusten in Gebäuden.

Die Umstellung auf Strom als Energieträger wird zu einer deutlichen Erhöhung der Strombedarfs führen. Obwohl dies durch die Umstellung auf Wärmepumpen auch für Gebäude zutrifft, geht man davon aus, dass die Reduktion des Energiebedarfs und auch der Einsatz von effizienteren Elektrogeräten in diesem Sektor zu keinem erhöhten Strombedarf führen.

Wasserstoff als Energieträger und als Grundstoff für die Industrie kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Die treibhausgasneutrale Produktion der nötigen Mengen Wasserstoff wird jedoch in Deutschland nicht möglich sein.

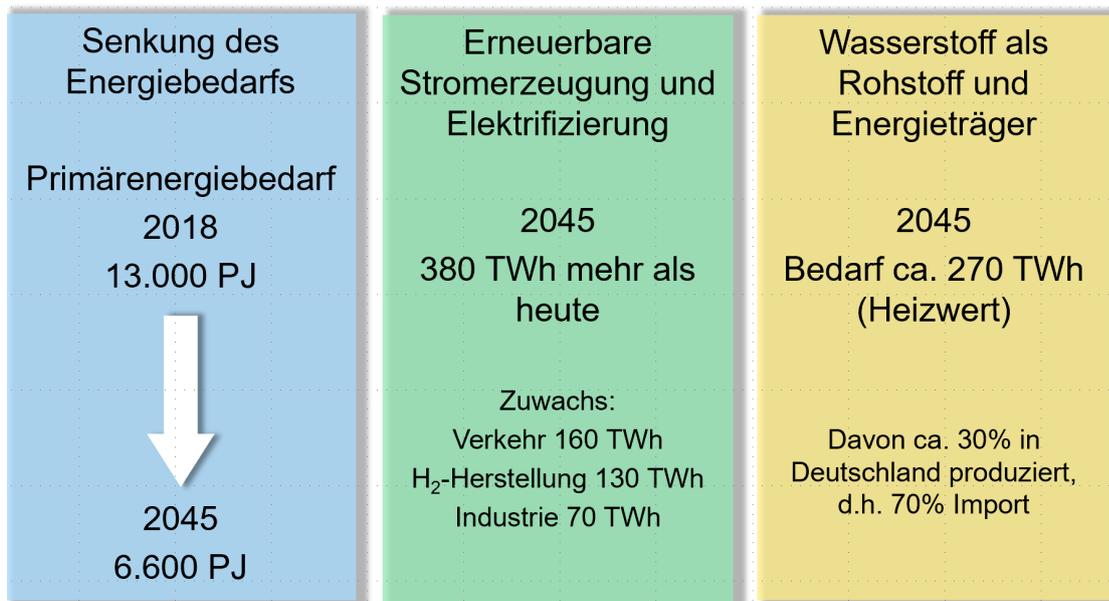


Abbildung 4: Die drei wesentlichen Säulen zur Klimaneutralität Deutschlands nach [4].

2. Klimaneutraler Gebäudebestand

Die Wege zum klimaneutralen Gebäudebestand bis 2045 unterscheiden sich in verschiedenen Studien deutlich. Gemeinsam haben alle, dass nur eine Kombination aus

- Sanierung der Gebäudehüllen,
- höherem Neubauniveau bzgl. des Wärmeschutzes,
- Umstellung auf Wärmepumpen oder regenerativer Fernwärme sowie
- Nutzung von regenerativen Energien und Wärmerückgewinnung im Gebäude

zum Ziel führen. Die nötigen Dämmstandards sind jedoch uneinheitlich, wobei dabei vor allem wirtschaftliche Gründe genannt werden. Eine weitere Diskrepanz ergibt sich aus unterschiedlichen Annahmen zur Entwicklung der Wohnflächen pro Person. [3] setzt eine Reduktion der Wohnflächen voraus während [4] von einem weiteren Anstieg von 45 m² pro Person im Jahre 2018 auf 52 m² pro Person in 2050 ausgeht.

Die bereits vorgestellte Studie der Agora Energiewende [4] geht von einer zukünftigen Sanierungstiefe auf einen Jahresheizwärmebedarf von 60 kWh/(m²a) bei Ein- und Zweifamilienhäusern (entspricht ca. dem heutigen KfW 70 Niveau) und 40 bis 45 kWh/(m²a) (entspricht ca. dem heutigen KfW 55 Niveau) bei Mehrfamilienhäusern aus. Bei Neubauten sinkt der Heizwärmebedarf im betrachteten Zeitraum auf ca. 25 kWh/(m²a).

Die Leitstudie der Dena [2] setzt im Neubau als Mindeststandard ab 2022 den heutigen KfW 55 Standard und ab 2030 den KfW 40 Standard voraus. Der Koalitionsvertrag von SPD, Grünen und der FDP sieht den KfW 40 Standard bereits ab 2025 als für Neubauten verpflichtend vor [6], nachdem man sich in der letzten Regierung noch um jegliche Verbesserung gedrückt hatte. Außerdem soll jeder Neubau zu 65% mit erneuerbaren Energien betrieben werden, was mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe problemlos erreicht wird und somit keine wirkliche Herausforderung darstellt. In der Sanierung werden in der Dena Leitstudie verschiedene Szenarien bzgl. Sanierungstiefe und -rate betrachtet. Bis 2045 soll eine Halbierung der Heizwärmebedarfs des gesamten Gebäudebestandes erreicht werden.

Das EU Projekt outphit [7] mit dem deutschen Partner Passivhaus Institut kommt in einer aktuellen Studie zum Schluss, dass sowohl die Sanierung als auch der Neubau nach Passivhaus Prinzipien die wirtschaftlichste Lösung darstellt. Da die KfW Förderkriterien [8] und die Passivhauskriterien nicht direkt vergleichbar sind, da sie unterschiedliche Nachweisverfahren und Nachweisgrößen verwenden, ist ein unmittelbarer Vergleich an Hand von Kenndaten schwierig. Die Passivhauskriterien setzen zunächst auf den Heizwärmebedarf als Nachweisgröße und damit auf eine optimierte Gebäudehülle, passive solare Gewinne und

Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung. Die Verfahren des GEG [9] bewertet nur die Transmissionswärmeverluste als Kenngröße für die Gebäudehülle. Das primärenergetische Bewertungssystem auf Grundlage der erneuerbaren Primärenergie wird später noch behandelt.

3. Winterlücke

Zwischen Energiebereitstellung durch Wind und Sonne und Energienachfrage für Heizung gibt es keine optimale zeitliche Korrelation. Ein mögliches Szenario für das Jahr 2040 mit einem Anteil der erneuerbaren Stromerzeugung von 86% zeigt Abbildung 5 [10]. Aus der Grafik wird deutlich, dass im Winterhalbjahr eine deutliche Deckungslücke zwischen Bedarf (rote Linie) und Ertrag (blau und gelb) besteht. Diese muss durch Importe, regelbare Kraftwerke und Energiespeicher geschlossen werden.

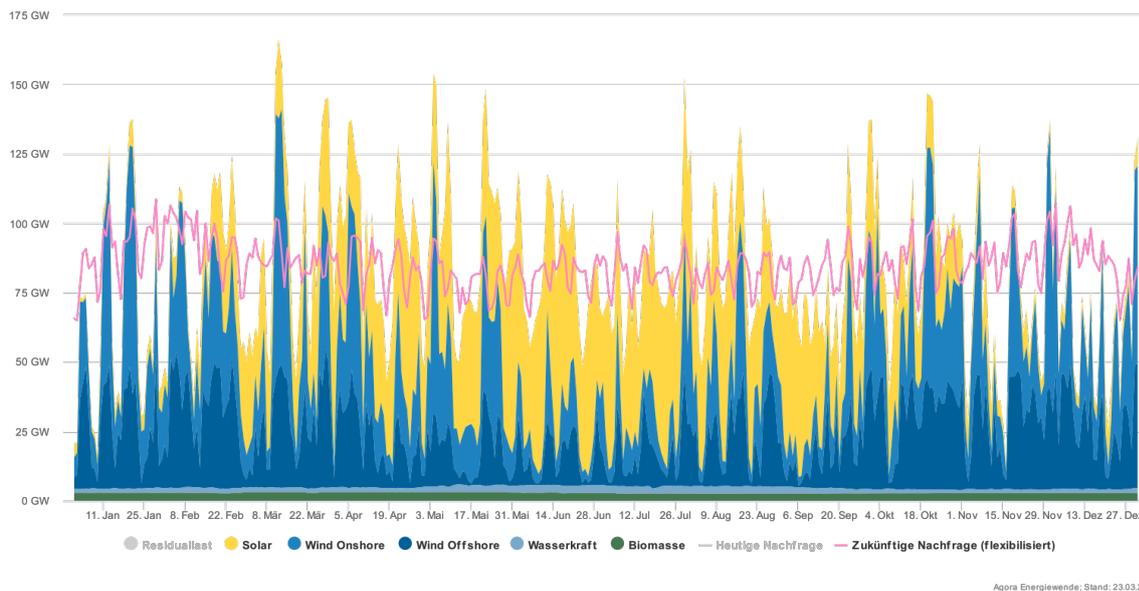


Abbildung 5: Stromerzeugung und -bedarf für das Jahr 2040 nach [10]. Der Bedarf ist durch rote Linie dargestellt. Die Residuallast, also alles was aus regelbaren Kraftwerken, Importen und Speichern stammt ist ausgeblendet. Es wird deutlich, dass dieser Beitrag vor allem im Winter geleistet werden muss, was vor allem am reduzierten Beitrag der Solarenergie im Winter liegt. Die Wetterdaten basieren auf dem Jahr 2021.

Diese drei Beiträge werden nach jetzigem Stand zu hohen Kosten führen, weshalb eine Reduktion der Winterlücke vor allem im Gebäudebereich sinnvoll erscheint.

Diesem Sachverhalt versucht das PER-System (Primärenergie Erneuerbar) des Passivhaus Institutes Rechnung zu tragen [11]. Dieses System setzt eine vollständige Versorgung durch erneuerbare Energien in einem zukünftigen Energiesystem voraus. Treibhausgasemissionen oder wie bisher die nicht erneuerbare Primärenergie sind dabei keine zielführenden Steuergrößen. Vielmehr muss insbesondere für Gebäude die zeitliche Verfügbarkeit der Energie sowie Kosten für Speicherung und anderes mit einbezogen werden. Für weitere Details sei auf die Quelle [11] verwiesen.

4. Vergleich Energiestandards

Um die Problematik der Winterlücke zu verdeutlichen, werden im Folgenden einige Berechnungen für ein Einfamilienhaus vorgestellt. Das Gebäude wurde 2004 als Passivhaus erstellt und auch über mehrere Jahre einem technischen Monitoring unterzogen [12].

Mit der Simulationssoftware «ETU Simulation» der Hottgenroth Software AG wurde ein Modell des Gebäudes erstellt und anhand der Messdaten validiert. Auf dieser Basis wurden Simulationsrechnungen auf Stundenbasis für verschiedene Energiestandards durchgeführt.



Abbildung 6: Das in den Simulationen betrachtete Gebäude

4.1. Randbedingungen und Energiestandards

Die wesentlichen Randbedingungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Randbedingungen für die Simulationen

Wetterdaten	Meteonormdaten für Samerberg aus HSETU Simulation
Photovoltaik	8,6 kWp Anlage
Stromspeicher	Lithium Ionen Speicher mit 9 kWh nutzbarer Kapazität
Heizquelle	Luft-Wasser-Wärmepumpe (Standardwerte aus HSETU Simulation)
Wärmeabgabe	Fußbodenheizung
Bauweise	Holztafelbau mit jeweils angepassten Aufbauten
Beheizte Fläche	ca. 180 m ² inkl. Büroräume im KG
Personen	Nutzung durch 4 Personen
Lüftung	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für die Passivhausvariante, sonst freie Lüftung über Fenster

Es wurden 3 Energiestandards betrachtet.

- Passivhaus, wie tatsächlich ausgeführt.
- GEG 2020 Standard bzgl. Anforderungen an die Gebäudehülle und Luftdichtheit.
- Gebäudebestand: ca. Niveau 1980 für Gebäudehülle und Luftdichtheit.

4.2. Simulationsergebnisse

In Abbildung 7 sind die nötigen Heizleistungen über einen Jahreszeitraum vergleichend dargestellt. Auch außerhalb der Heizperiode ergeben sich theoretisch geringfügige Lasten für einzelne Räume, die in der Ergebnisdarstellung belassen wurden.

Wie zu erwarten, steigen sowohl die mittleren also auch die maximalen Heizleistungen sowie der Heizwärmebedarf mit schlechter werdendem Energiestandard. Die Werte sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

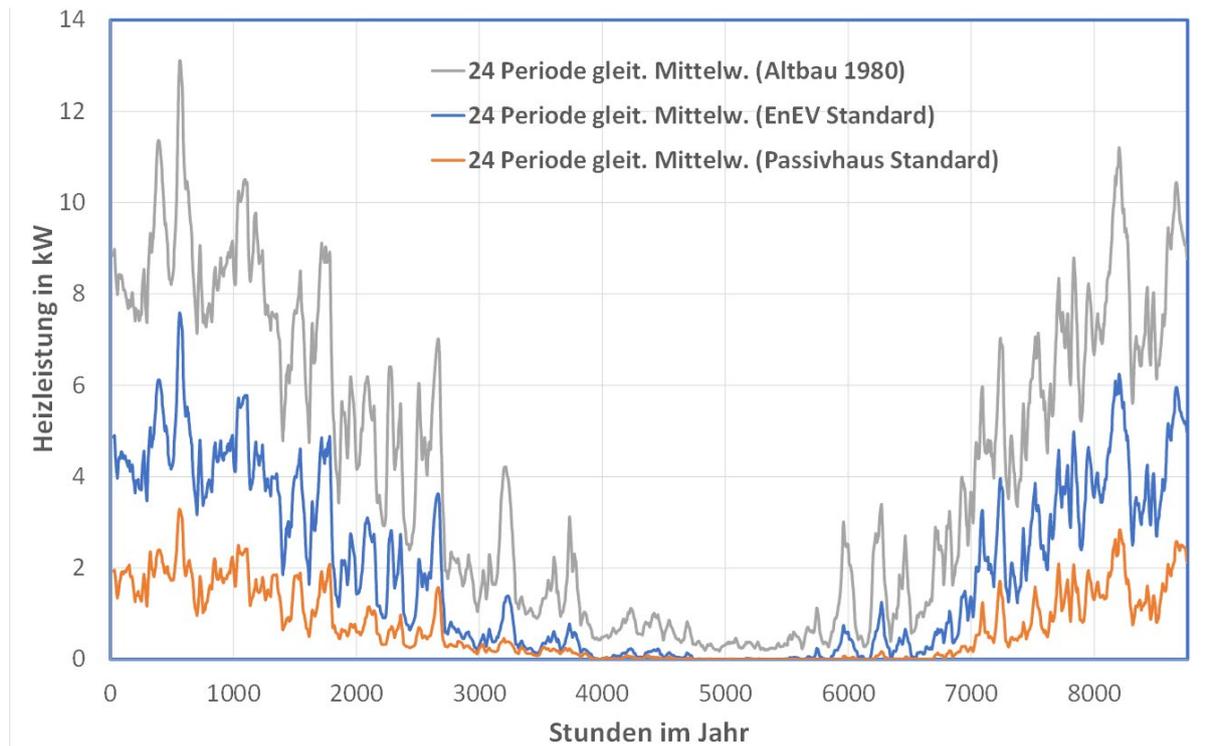


Abbildung 7: Zeitaufgelöste Heizleistungen für die drei betrachteten Energiestandards

Tabelle 2: Zusammengefasste Simulationsergebnisse zu Abbildung 7.

	Passivhaus	GEG	Altbau 1980
Jahresheizwärmebedarf in kWh/a	6300	17200	38200
Maximale Heizlast in kW (Auslegungsfall)	3	8	13

Im Weiteren wurden Berechnungen des gesamten Energiebedarfs (Wärmepumpe (Heizung, Warmwasser), Beleuchtung, Hausgeräte, Medien etc.) sowie der jeweils zur Verfügung stehende Photovoltaikertrag unter Berücksichtigung des Stromspeichers bilanziert.

In den Diagrammen in Abbildung 8 und Abbildung 9 sind die Ergebnisse der stündlichen Werte für den Altbau und das Passivhaus für

- den Photovoltaikertrag,
- den Gesamtstromverbrauch und
- den Netzbezug für Strom

in Monatswerten zusammengefasst. Bitte beachten Sie die unterschiedliche Skalierung der Y-Achse.

Deutlich erkennbar sind folgende Ergebnisse:

1. Sowohl im Passivhaus als auch im Altbau reicht die Photovoltaikanlage nicht aus, um den kompletten Bedarf im Winter zu decken.
2. Auch im Sommer ist ein Netzbezug, wenn auch in geringem Umfang nötig.
3. Im Sommer ist in allen Fällen ein bilanzieller Überschuss an Strom vorhanden.
4. Der Zeitraum der deutlichen Deckungslücke im Passivhaus beschränkt sich auf wenige Monate im Winter.
5. Die Deckungslücke (im Wesentlichen Netzbezug in Wintermonaten zur Heizung) liegt im Passivhaus bei 3500 kWh, im Altbau bei 15300 kWh (GEG nicht dargestellt 6700 kWh)

Dies bedeutet, dass in allen Fällen ein Netzbezug nötig ist. Wie in den vorherigen Abschnitten erläutert, wird es deshalb auch zu einer landesweiten Deckungslücke im Winter kommen,

die durch Importe oder saisonal gespeicherte Energie gedeckt werden muss. Die Windenergie mit den höheren Erträgen im Winter kann diese Lücke vermindern aber nicht schließen.

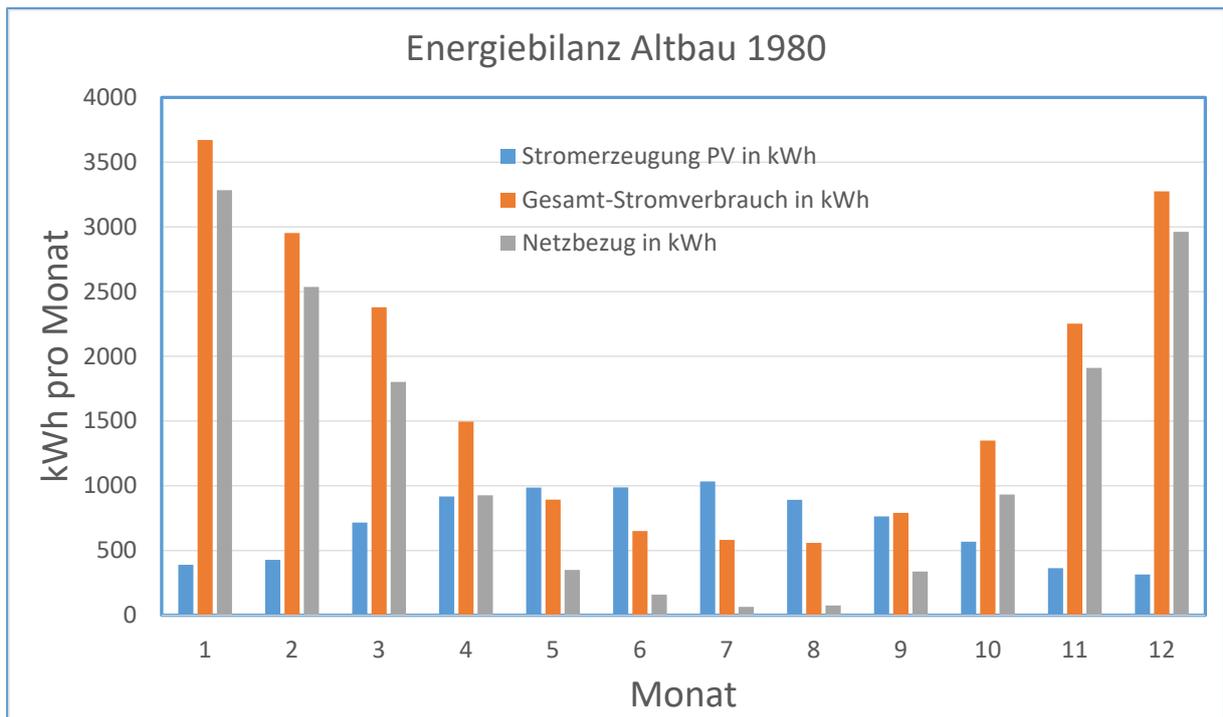


Abbildung 8: Bilanzergebnisse für den Altbau

Die entscheidende Frage im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit ist nun, ob es günstiger ist, Energie zu importieren, zu speichern oder in bessere Gebäudehüllen und Wärmerückgewinnungstechnologien zu investieren.

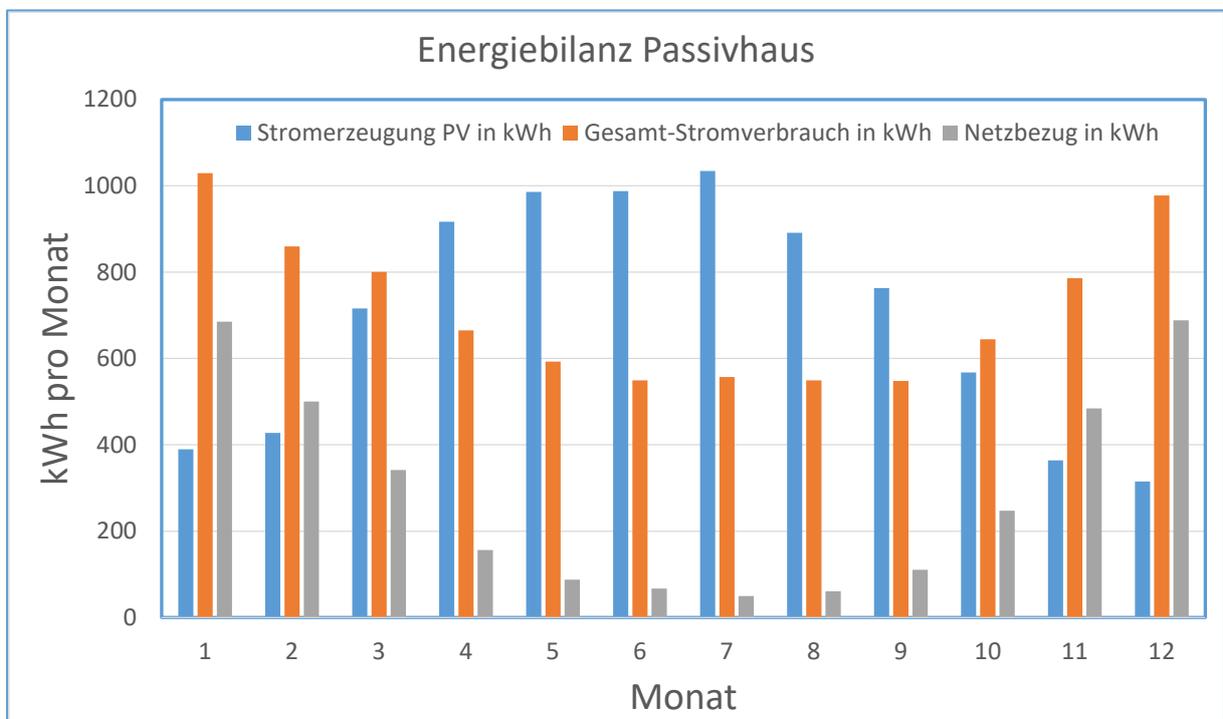
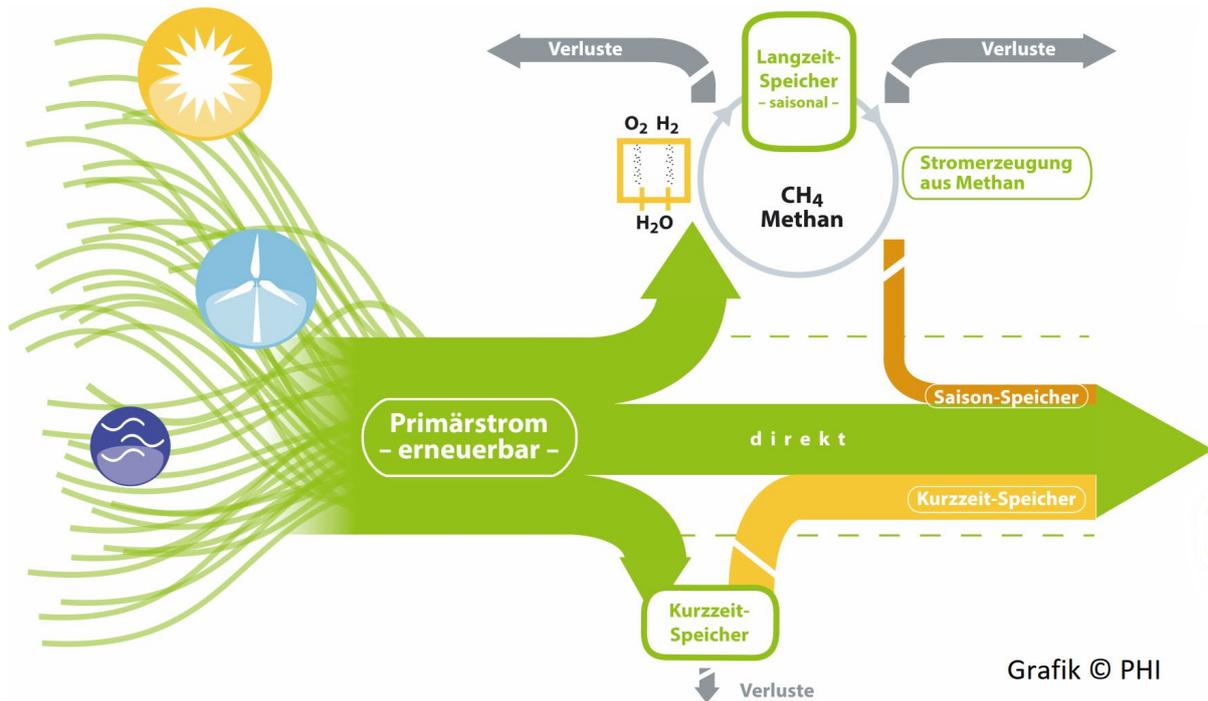


Abbildung 9: Bilanzergebnisse für das Passivhaus

Kosten für saisonale Energiespeicherung sind schwer zu ermitteln und stehen auch in der Literatur nur unzureichend zur Verfügung. Die derzeit einzige halbwegs wirtschaftlich umsetzbare Technologie ist die Erzeugung von Wasserstoff aus Überschüssen (z.B. PV im Sommer) durch Elektrolyse mit anschließender Methanisierung und Speicherung in den

vorhandenen Erdgasspeichern [z.B. 13]. Im Winter erfolgt die Rückverstromung. Ein Schema des Passivhaus Institutes dazu zeigt Abbildung 10.



Grafik © PHI

Abbildung 10: Schema der Energiespeicherung über power-to-gas [11].

Alleine aufgrund des Wirkungsgrades von ca. 30% bei diesem Gesamtprozess ergeben sich Kosten von minimal den 3-fachen Stromgestehungskosten. Wolfgang Feist schätzte die Kosten für die «gespeicherte» nutzbare Energie auf 13 bis 16 cent/kWh ab [14]. Eine gesamtheitliche wirtschaftliche Betrachtung ist deutlich komplexer und liefert keine einfachen Kosten pro kWh [13].

Wenn man sich dennoch an den 13 bis 16 cent/kWh orientiert, wird deutlich, dass sowohl Verbesserungen an der Gebäudehülle als auch Wärmerückgewinnungstechnologien mit diesen Kosten mehr als konkurrieren können. Berechnungen zu den Kosten pro eingesparter kWh lassen sich z.B. mit dem tool des BBSR durchführen [15]. Je nach Ansatz der Sowiesokosten können z.B. die Kosten für eine Sanierung des betrachteten Altbaubeispiels auf Passivhausniveau zwischen € 0,03 und € 0,1/kWh liegen (ohne Fördermittel).

Das Passivhaus Institut kommt in einer aktuellen Studie zum Schluss, dass aus diesen Gründen die Investitionen in eine hochwertige Gebäudehülle wirtschaftlicher sind als die in die sonst deutlich höheren Import- oder Speicherkosten [7].

5. Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde dargelegt, warum eine hochwertige Gebäudehülle in Verbindung mit regenerativer Energieerzeugung einen sinnvollen Lösungsansatz für den klimaneutralen Gebäudebestand 2045 auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten darstellt.

Die Umstellung unserer Gebäudewärmeversorgung auf Wärmepumpen und klimaneutrale Fernwärme stellt eine gewaltige Herausforderung dar. Es sollte dabei trotz des massiven Ausbaus von Photovoltaik und Windenergie darauf geachtet werden, die Bedarfsseite zu optimieren. Auch wenn technisch möglich, ist eine Umstellung im Gebäudebestand auf Wärmepumpen ohne thermische Sanierung weder betriebswirtschaftlich (aus Sicht des Gebäudenutzers) noch volkswirtschaftlich sinnvoll.

Es muss das Ziel sein, die Deckungslücken und damit den Import sowie die nötige saisonale Speicherung von Energie so gering wie möglich zu halten. Es ist derzeit nicht absehbar, dass insbesondere die Kosten für Energiespeicherung mit den Kosten für Bedarfsreduzierung in Gebäuden konkurrieren können.

-
- [1] Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), «Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist»
- [2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (dena, 2021). «dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität»
- [3] Wuppertal Institut (2020). CO₂-neutral bis 2035: Eckpunkte eines deutschen Beitrags zur Einhaltung der 1,5-°C-Grenze. Bericht. Wuppertal.
- [4] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Zusammenfassung bzw. Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende
- [5] Gerhards, Christoph, Weber, Urban, Klafka, Peter, Golla, Stefan, Hagedorn, Gregor, Baumann, Franz, Brendel, Heiko, Breyer, Christian, Clausen, Jens, Creutzig, Felix, Daub, Claus-Heinrich, Helgenberger, Sebastian, Hentschel, Karl-Martin, Hirschhausen, Christian von, Jordan, Ulrike, Kemfert, Claudia, Krause, Harald, Linow, Sven, Oei, Pao-Yu, ... Weinsziehr, Theresa. (2021). Klimaverträgliche Energieversorgung für Deutschland – 16 Orientierungspunkte / Climate-friendly energy supply for Germany–16 points of orientation (1.0, pp. 1–55). Scientists for Future Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4409334>
- [6] Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP)
- [7] <https://outphit.eu/de/>; https://outphit.eu/media/filer_public/d2/02/d2025737-3d5b-458e-8753-e069f36f3ef3/2022-01-25_outphit_klimaneutralitat_im_gebaudebestand_de.pdf
- [8] www.kfw.de
- [9] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG), Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728)
- [10] https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/future_power_generation/01.01.2021/31.12.2021/future/2040/
- [11] <https://passipedia.de/zertifizierung/passivhaus-klassen/per>
- [12] Peter Irger: Die energetische Bilanz eines Passivhauses in der Praxis – PHPP Berechnung und Messdaten, Bachelorarbeit 2013, TH Rosenheim, im Rahmen des EU Projektes ENERBUILD
- [13] Brinner, A.; Schmidt, M.; Schwarz, S.; Wagener, L.; Zuberbühler, U. (2018): Techno-logiebericht 4.1 Power-to-gas (Wasserstoff). In: Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken
- [14] Wolfgang Feist – Uni Innsbruck, Energiekonzepte – das Passivhaus im Vergleich, 17th International Passive House Conference
- [15] https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Wirtschaftlichkeit/VereinfachteAnsaetze/BBSR-Berechnungstool/BBSR-Excel-Tool22.xlsx?_blob=publicationFile&v=2

Einfacher Holzbau dank smarter Energietechnik

Michael Schär
schaerholzbau ag
Altbüron, Schweiz



Einfacher Holzbau dank smarter Haustechnik

Es gehört zur Unternehmensphilosophie von schaeerholzbau, Bestehendes zu hinterfragen und auf innovative Lösungen zu setzen. Das neuste Beispiel ist die Klimatechnologie. Mit dem Klimakonvektor und der Verbundlüftung bietet schaeerholzbau eine smarte wie energetisch nachhaltige Lösung, um Gebäude mit möglichst wenig Energieaufwand zu heizen, zu kühlen und zu lüften.

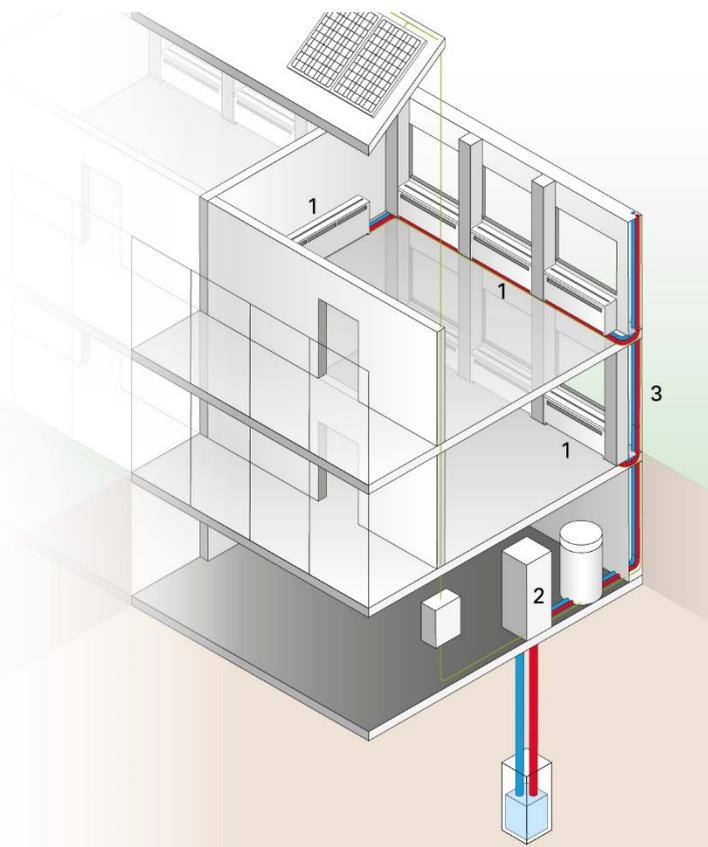
Moderne Bauten benötigen im Vergleich zu den Gebäuden der 1960er-Jahre nur noch 10 bis 20% der Heizenergie. Die gängigen Heizkonzepte haben sich diese Entwicklung noch kaum zunutze gemacht. Beim heutigen Dämmstandard ist nicht nur die innere Oberfläche der Wände und Gläser deutlich wärmer. Auch die Wärmespeicherkapazität der Gebäudemasse ist klar höher als die Wärmeverluste durch die Bauteile. Deshalb ist heute eine geringere Heizleistung erforderlich, die erst noch sehr rasch zu- oder weggeschaltet werden kann. Genau dies ermöglicht der Klimakonvektor von schaeerholzbau.

Gekoppelt mit einer Wärmepumpe kommt diese Klimatechnologie zu erstaunlichen Resultaten. Das System ist sehr energieeffizient und stellt im Sommer und im Winter ein angenehmes Raumklima sicher.

1. Der Klimakonvektor

Der Klimakonvektor von schaeerholzbau, gekoppelt mit einer Wärmepumpe, erzielt erstaunlichen Resultaten. Das System ist sehr energieeffizient und ermöglicht im Sommer und im Winter in den Räumen eine angepasste und konstant angenehme Temperatur.

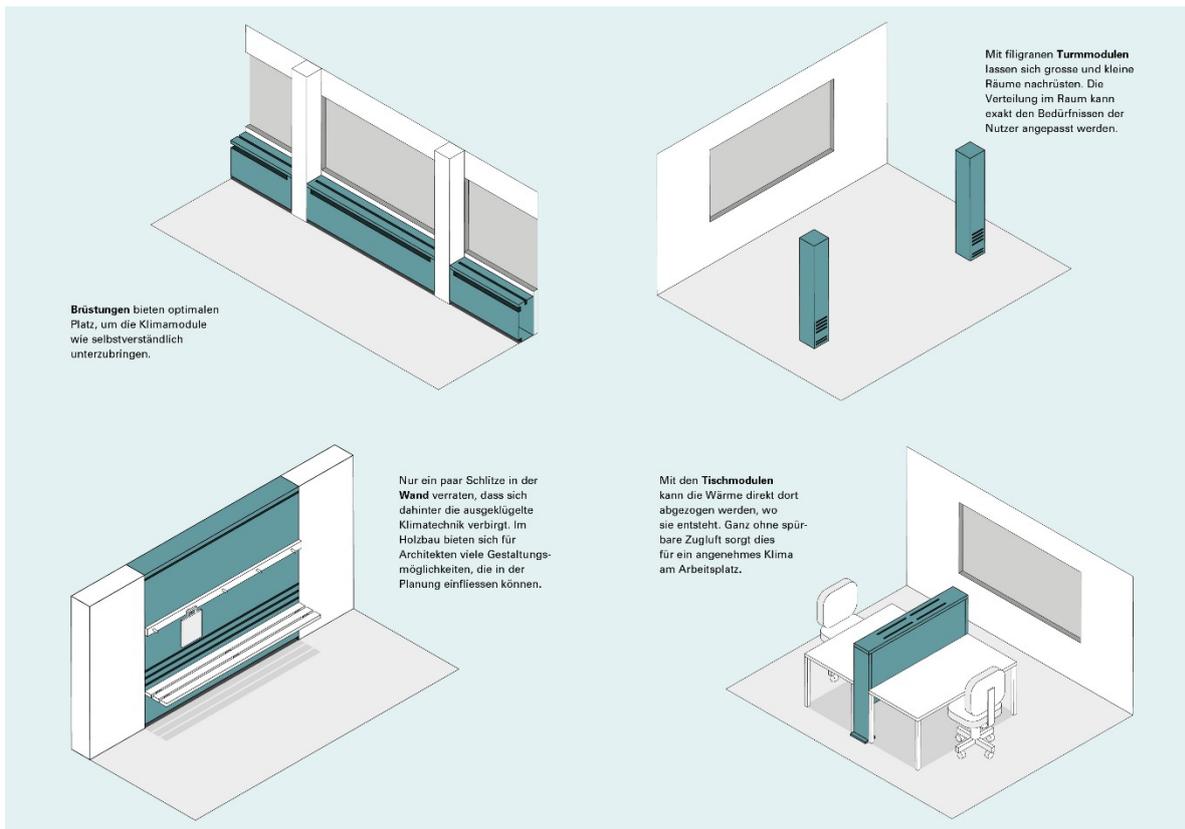
- 1 **Klimakonvektoren** erwärmen oder kühlen die Luft und verteilen sie – ohne spürbare Zugluft – gleichmässig im Raum.
- 2 Kombiniert mit einer **Wärmepumpe**, die das Wasser auf 21 Grad zum Kühlen bringt und auf gerade einmal 26 Grad zum Heizen erwärmt, ergibt sich ein höchst effizientes Heiz- und Kühlsystem.
- 3 Die Klimakonvektoren werden einfach an den **Heizkreislauf** sowie an den **Strom** angeschlossen. Mehr Installationen sind nicht nötig.



Wenn es um das Thema Heizen und Kühlen geht, hat schaeerholzbau mit dem Klimakonvektor eine einfache und nachhaltige Lösung zur Hand. Sie sorgt mit minimalstem Energiebedarf in jeder Jahreszeit für ein behagliches Raumklima. In Kombination mit jeder Wärmepumpe, die heizen und kühlen kann, ist das Klimakonvektor-System sowohl von der Energiebilanz her als auch wirtschaftlich interessant. Aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit des Geräts kann ein Raum mit sehr geringen Temperaturdifferenzen wärmer

oder kühler gehalten werden. Nutzer profitieren von einem hohen Klimakomfort, und der Energiebedarf ist erst noch geringer als bei konventionellen Heiz- und Kühlsystemen. Ganz nach dem Credo – so wenig Energie wie nötig, so viel Komfort wie möglich. Das System arbeitet lautlos, es gibt keine Zugluft. Der Einbau ist sowohl in bestehenden Gebäuden als auch bei Neubauten unkompliziert.

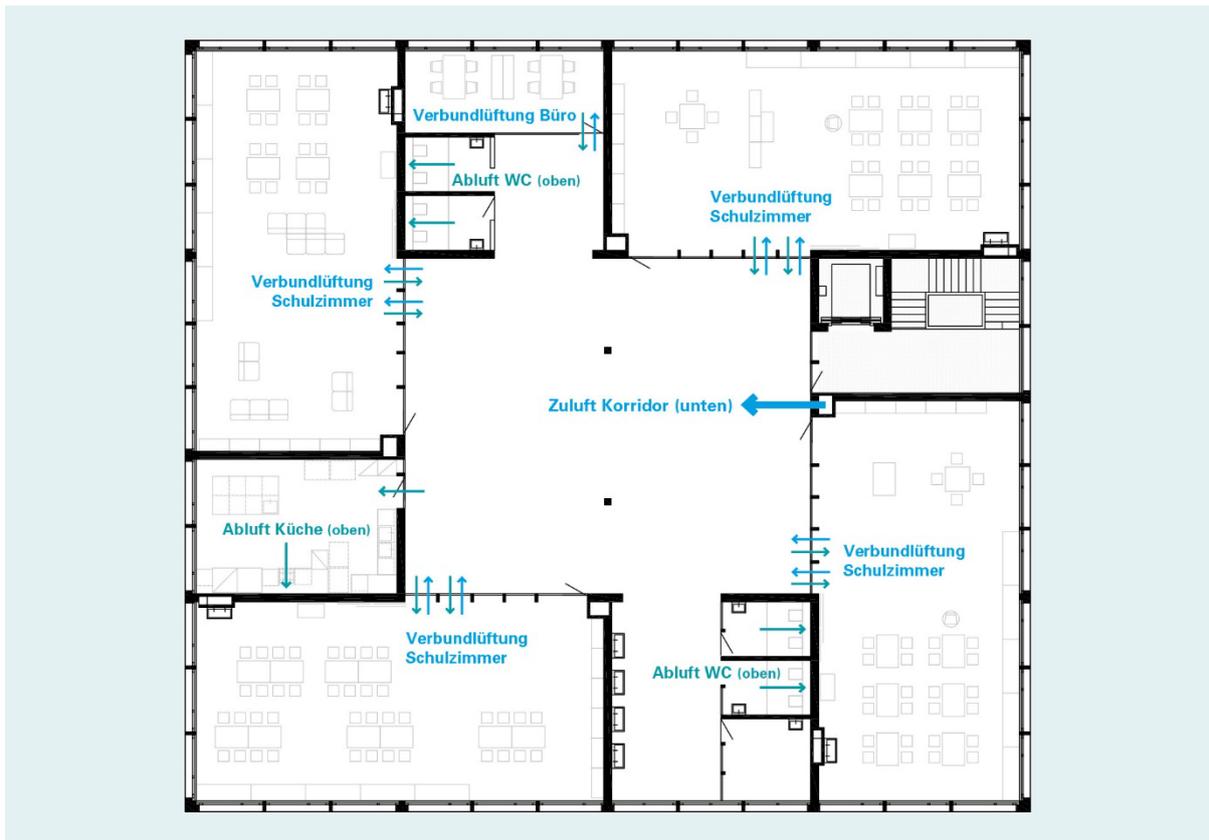
Der Klimakonvektor kann optimal unter Brüstungen oder in Schrankfronten eingebaut werden und bleibt bis auf ein paar Schlitzzeilen unsichtbar. Gerade bei Holzbauten sind die Gestaltungsmöglichkeiten zahlreich, um den Klimakonvektor in das Raumdesign zu integrieren. Die Geräte können nach den Wünschen des Architekten und der Bauherren für jedes Gebäude individuell geplant werden. Klimakonvektoren lassen sich dezent in Innenausbauten unterbringen und entfalten ihre Wirkung im ganzen Raum. Ob in Küchenzeilen, Wandverkleidungen, Schränken oder Regalen.



2. Verbundlüftung

Während bei der konventionellen Lüftung jeder Raum einer Wohnung oder eines Bürogebäudes mit Frischluft und den entsprechenden Luftleitungen versorgt wird, reicht bei der Verbundlüftung eine zentrale Quelle, die sich in der Regel im Korridor befindet. Von dort aus werden alle Räume mit Frischluft versorgt – ohne Zuluftrohre.

Die Verbundlüftung beruht auf der Erfahrung, dass sich die Luft in Gebäudebereichen mit mehreren Räumen gut verteilt, wenn die Türen offen stehen. Um diese Verteilung auch bei geschlossenen Türen zu erreichen, wird der Luftkreislauf durch kleine, nicht hörbare Ventilatoren unterstützt, die zum Beispiel im oberen Bereich der Türe unsichtbar eingebaut werden. Das spart Arbeit, Material und Raum, da entschieden weniger Installationen notwendig sind.



Ein klarer Vorteil der Verbundlüftung ist, dass nur so viel Frischluft eingeblasen wird, wie für das Wohlbefinden der anwesenden Personen benötigt wird. Sie tritt nur bei geschlossenen Türen in Aktion oder wenn sie bei starker Personenbelegung durch ein CO₂-Messgerät aktiviert wird. Dadurch muss im Vergleich zu konventionellen Lüftungssystemen deutlich weniger Luft zugeführt und umgewälzt werden. Es erübrigen sich grosse Lüftungsgeräte, die für jeden Raum enorme Mengen an Luft aufbereiten. Eine kleine Lüftungsanlage reicht völlig aus. Entsprechend reduziert sich der Energie-Input. Die Räume erhalten trotzdem stets genügend Frischluft, so dass die Bewohner und Bewohnerinnen einen hohen Komfort genießen.

Block B3
Konzepte/Konstruktionen für
den mehrgeschossigen Wohnbau
als Holz- und Hybridbau

Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki

Dipl.-Ing. Bernd Troppmann
Stora Enso Wood Products
Ybbs, Österreich



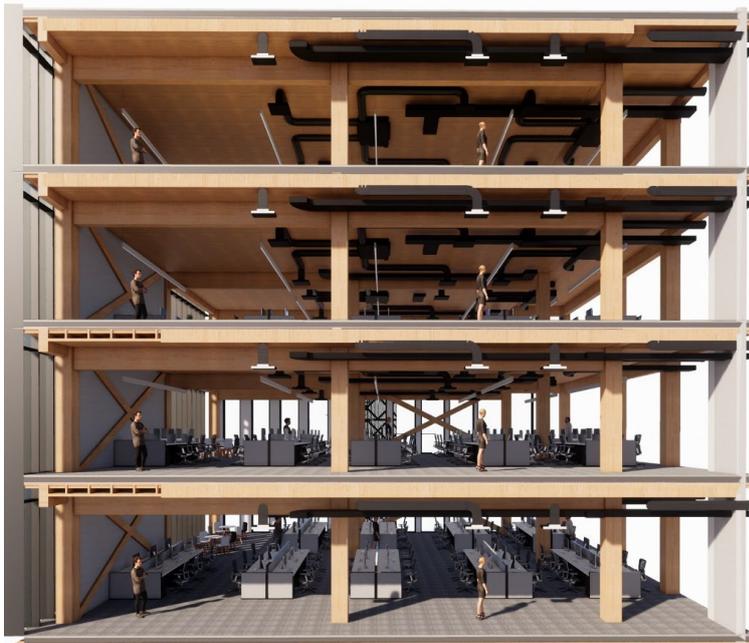
Building Concepts – eine Guideline für serielles Bauen am Beispiel des neuen Headquarters von Stora Enso in Helsinki

1. Building concepts by Stora Enso

1.1. Office buildings – why develop and build an office with wood

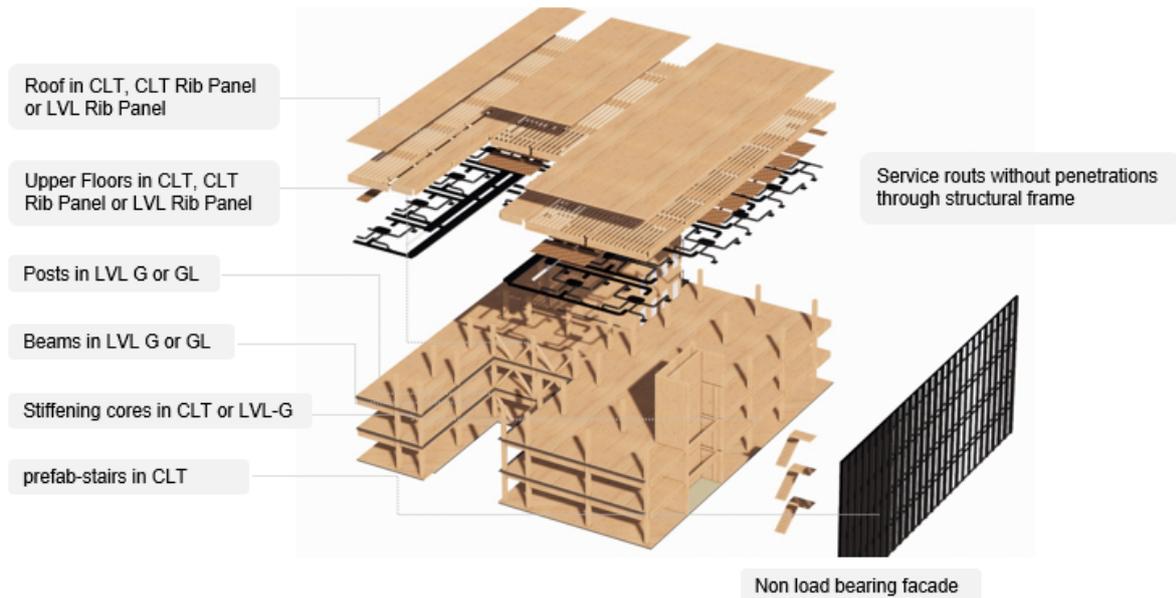
This concept will show you how you can design and develop office buildings with our building products and applications, to achieve:

- A **sustainable** building, based on renewable materials, responsibly sourced, with low embodied energy, and storing carbon.
- **Healthy** spaces for working, which will increase well being and productivity.
- High level of **industrialization** in the construction process, leading to shorter and predictable sites.
- **Cost effective** projects by advanced DfMA and industrial production.

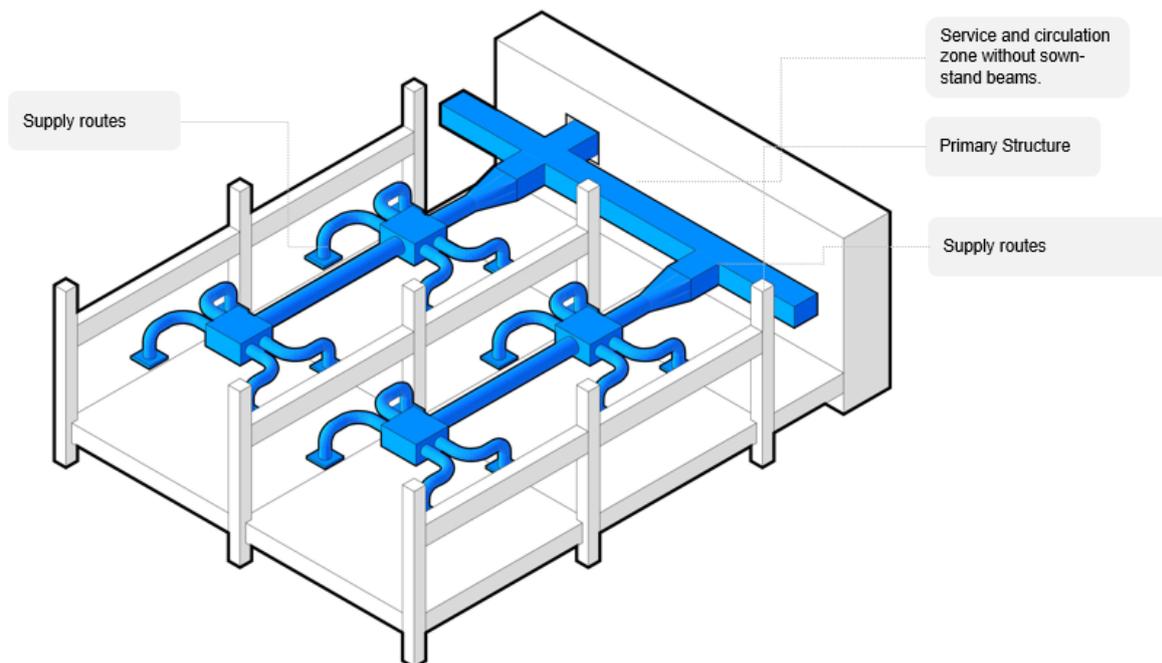


Stora Enso Design Manual | Study 2 | Scott Brownrigg

1.2. Combining timber building components for best value office space

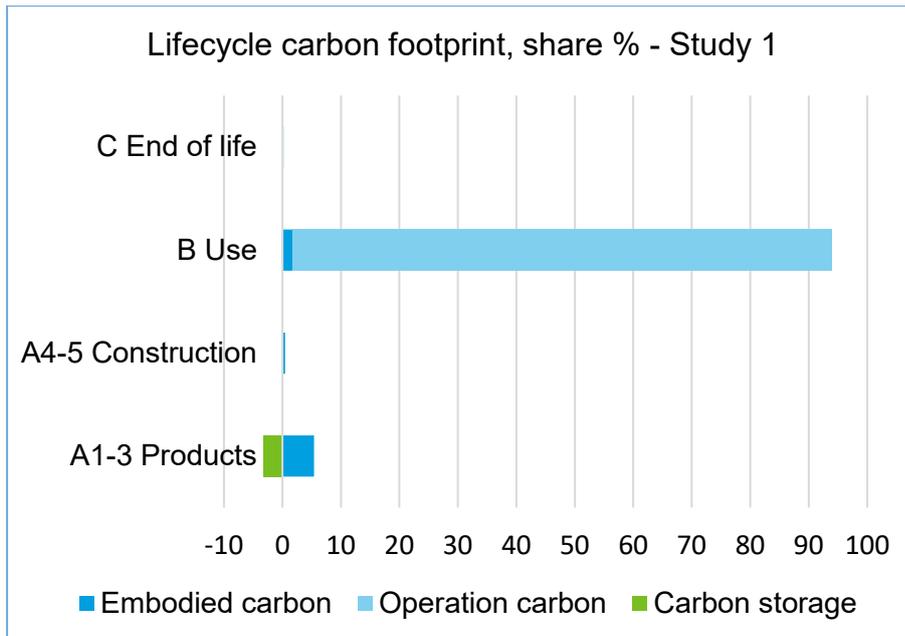


1.3. planning principles



1.4. Case study / Life Cycle Analysis (LCA) main findings

- The **embodied carbon** impact of the building is **7 kg CO₂e/m²/a**. With wooden structures embodied carbon emissions can be reduced compared to other building materials **even by 50%**.
- This case study **stores 400 tons of carbon** over the life cycle, which implies **1460 tons CO₂** away from the atmosphere, and thereby **offsets 43%** of the total embodied carbon of the building.
- Due to the low embodied energy of the building, app. **92% of its environmental impact comes from operational energy use**. Operational energy use can be tackled with energy efficiency measures.



Sustainability Case Study | Stora Enso Building Concepts | Study 1

2. New head office Stora Enso

2.1. Based on Stora Enso Office building concept



Photo credit: Varma

- Floor area: 17 000 m²
- Height of the building: 22 m
- Structural system with 6,3 m span
 - CLT floors and internal CLT walls
 - LVL G columns and beams
 - CLT elevator shafts and CLT stairs



Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen

Univ.-Prof. Stephan Birk
Dipl.-Ing. Architekt BDA
Technische Universität München
Birk Heilmeyer und Frenzel Architekten
Stuttgart, Deutschland



Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen

Der Gebäudesektor steht vor einer grundlegenden Transformation, ansonsten kann das in der Europäischen Union beschlossene Ziel der Klimaneutralität bis 2050 nicht erreicht werden. Die Herausforderungen sind vielfältig, ebenso die Lösungsansätze, die untersucht und aktuell diskutiert werden. Ein wichtiger Ansatz ist die konsequente Umsetzung der Prinzipien der Kreislauffektivität im Bauwesen (siehe hierzu Referat von J. Graf «Wiederverwendung tragender Bauteile»).

Gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) wurde in dem dreijährigen Forschungsprojekt «Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen (HOLZ-HYBRID)» der Nachweis für das mehrgeschossige Bauen im urbanen Raum erbracht, dass kreislauffektive Neubauten aus Holz bis zur Hochhausgrenze (Gebäudeklasse 5) möglich sind. Die Bearbeitung erfolgte bis in die Detailtiefe im Maßstab 1:1: architektonisch, (bau)konstruktiv, brand- und wärmeschutztechnisch sowie ökobilanziell.



Abbildung 1: HOLZHYBRID für die Ausbaustufen Parken, Wohnen, Arbeiten, t-lab / Nicolai Becker Images [1]

Am dem Verbundvorhaben waren die folgenden Arbeitsgruppen beteiligt:

Architektur – Prof. S. Birk, Technische Universität München
(bis 03/21: RPTU Kaiserslautern-Landau)

Tragwerk – Prof. Dr.-Ing. J. Graf, RPTU Kaiserslautern-Landau

BIM – Prof. Dr.-Ing. H. Sadegh-Azar, RPTU Kaiserslautern-Landau

Verbindungstechnik – Prof. Dr.-Ing. J. Blaß, Karlsruher Institut für Technologie

Ökobilanzierung – Jun.-Prof. PhD S. Pauliuk, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Brandschutz – Prof. Dr.-Ing. S. Winter, Technische Universität München

Technische Gebäudeausrüstung – Prof. T. Auer, Technische Universität München

1. Grundlagen

Die Entwicklung eines kreislaueffektiven, siebengeschossigen Stadtbaukörpers für die Ausbaustufen Parken, Wohnen und Arbeiten haben wir uns in dem Forschungsprojekt zur Aufgabe gemacht. Die Nutzung Parken war nicht aus Begeisterung zum Automobil Gegenstand der Untersuchung, sondern vielmehr aufgrund der aktuellen Fragestellungen hinsichtlich der zukünftigen Um- bzw. Weiternutzung beim Neubau von Quartiersgaragen. Auf der Grundlage realer Planungsbedingungen (gültiges Regelwerk, Richtlinien, Normen etc.) wurden verschiedene Grundrissstypologien erarbeitet, die Nutzungsflexibilität und Veränderbarkeit der Innenraumstruktur zulassen. Nach Festlegung einer beispielhaften Nutzungsverteilung (drei Geschosse Parken, ein Geschoss Arbeiten, drei Geschosse Wohnen) erfolgte die architektonische und baukonstruktive Durcharbeitung der Vertikalerschließung für Autos und Personen, von Hülle, Ausbau und Tragwerk in Abstimmung mit den anderen beteiligten Arbeitsgruppen. Die gewählte siebengeschossige Holzskelletttragstruktur in der Gebäudeklasse 5 bildet die Grundlage der Nutzungsflexibilität und Wiederverwendbarkeit – elementiert, standardisiert und reversibel konstruiert.

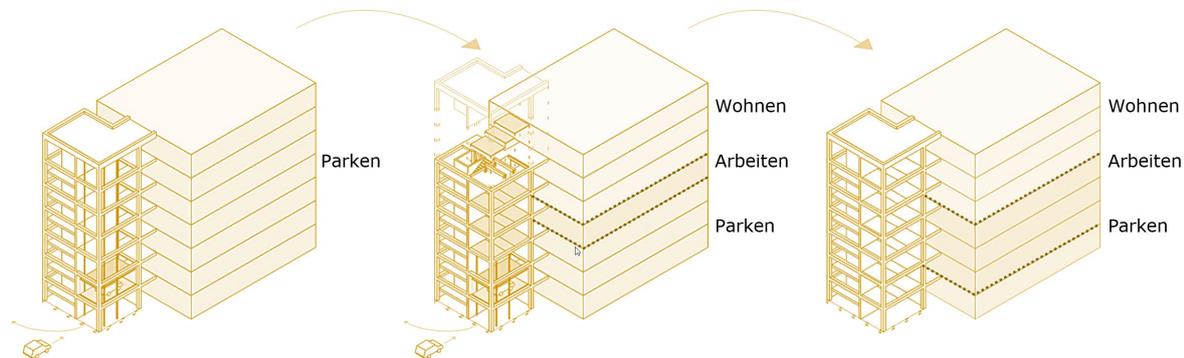


Abbildung 2: Nutzungsflexibilität, t-lab [1]

Als Typologie bestimmend hat sich im Entwurf die Ausbaustufe Parken herausgestellt, vor allem die Gebäudetiefe von 16 m wird durch diese Nutzung definiert: Die erforderliche Fahrgassenbreite beträgt 6 m, die Parkplatztiefe beidseitig der Fahrgasse 5 m. Unter Beachtung eines Bandrasters von 1.25 m und Bänderbreiten in Abhängigkeit der Innenstützen von 40/40 cm bzw. der Außenstützen von 30/40 cm ergibt sich mit dem erforderlichen Einrücken der Innenstützen infolge der Nutzung Parken ein Achsraster von 4.10 / 7.90 / 4.10 m in Querrichtung und ein Achsraster von 5.40 m in Längsrichtung. Die Geschosshöhe des siebengeschossigen Bauwerks beträgt einheitlich 3.60 m. Außerdem wurde die Grundrissfläche auf 400 m² beschränkt, um nutzungsflexibel ein Brandabschnitt einzuhalten. Unversetzbare Brandwände für die notwendige Brandanforderung R90 sind im Innenraum nicht erforderlich.

Um den Aufwand des Rück- und Umbaus gering zu halten, wurde auf Rampenbauwerke für die Erschließung verzichtet, stattdessen ein Fahrzeugaufzugsystem gewählt. In konstruktiver Klarheit wurde das Primärbauwerk Holzhybrid (Wohnen, Arbeiten, Parken) als Holztragwerk und räumlich getrennt das Erschließungsbauwerk (Treppenhaus, Personenaufzug, Autoaufzug) als Stahlbetontragwerk entwickelt. Außerdem dient das Erschließungsbauwerk als notwendiges Fluchttreppenhaus der Brandschutzanforderung R90.

2. Tragwerk

Der siebengeschossige Holzhybrid ist als kreislaueffektiver Skelettbau aus Furnierschichtholz Buche konstruiert. Die Gebäudeaussteifung erfolgt in Querrichtung über vier stehende Fachwerke in den außenliegenden Seitenfeldern. In Gebäudelängsrichtung erfolgt die Aussteifung geschossweise über die Anbindung des Primärtragwerks an das Erschließungstragwerk. Das Tragwerk ist auf Einzelfundamenten (Mikropfähle oder Bohrpfähle) gegründet. Die Hauptabmessungen des Gesamttragwerks betragen:

- Tragwerksabmessungen (Achismaße):
Länge / Breite / Höhe (OK Dachebene) = 16.10 m / 21.60 m / 25.20 m
- Grundrissraster in allen Ebenen (Achismaße):
Querrichtung: 4.10 m / 7.90 m / 4.10 m
Längsrichtung: 5.40 m
- Geschosshöhe Tragwerk in allen Ebenen: 3.60 m
mit: Ausbauhöhe Decke in allen Ebenen: 16.20 cm (Bodenaufbau), 40.60 cm (Abhangdecke), Hohlkastendecke 27.40 cm; Gesamtdeckenaufbau 84.20 cm
mit: Lichte Raumhöhe in allen Ebenen: 2.758 m

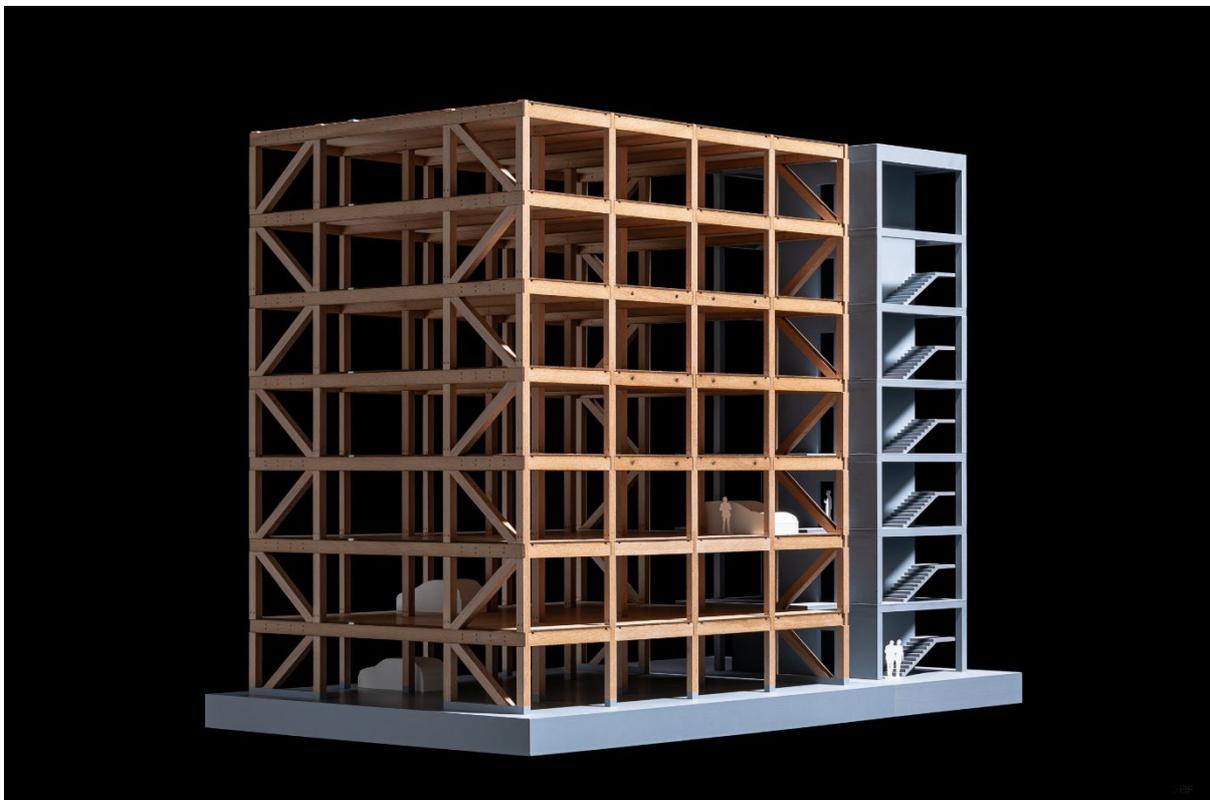


Abbildung 3: Raumgerüst aus Buchenfurnierschichtholz, t-lab [1]

Das Erschließungsbauwerk ist im Forschungsprojekt als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt, die tragenden Wände sind 30 cm dick, die Stützen messen 40/40 cm. Das Tragwerk ist auf Einzelfundamenten (Mikropfähle oder Bohrpfähle) gegründet.

Maßgeblich für die Materialwahl waren die brandschutztechnischen Anforderungen an den Flucht- und Rettungsweg. In einem weiterführenden Entwicklungsschritt sollte die Erstellung als Holztragwerk mit acetyliertem Buchenholz untersucht werden. Das Erschließungsbauwerk ist mit Fluchttreppenhaus, Personenaufzug und reversibel eingebautem Autoaufzug flexibel gegenüber den untersuchten Nutzungen des Holzhybrides. Auf den Geschossen ohne, bzw. mit rückgebautem Autoaufzug kann die Fläche als gemeinschaftliche Terrasse in den Ausbaustufen Arbeiten und Wohnen genutzt werden.

3. Ausbaustufen

Eine der wesentlichen Herausforderung war es, die lichten Raumhöhen der Ausbaustufen Parken, Arbeiten und Wohnen unter den Anforderungen Brandschutz, Schallschutz (Wohnen und Arbeiten) und Feuchteschutz (Parken) so anzugleichen, dass bei Änderung der Nutzung in einer Geschossebene kein Höhengsprung zur Decke des Erschließungsbauwerks entsteht.



Abbildung 4: Umsetzung der Ausbaustufen Parken, Arbeiten und Wohnen, t-lab [1]

3.1. Parken

Die Ausbaustufe Parken ist dadurch geprägt, dass zum einen der Feuchteintrag auf das Grundmodul Deckenelement aus Furnierschichtholz Buche durch die Autos verhindert wird (Dauerhaftigkeit der Holzkonstruktion durch Primär- und Sekundärabdichtungen), zum anderen Fahrbahn und Parkplätze geneigt eingebaut werden müssen, um das kontrollierte Abfließen des Feuchteintrags zu gewährleisten. Randbedingung war außerdem die Ausbauhöhe, die sich an den Ausbaustufen Wohnen und Arbeiten orientieren musste. Im Ergebnis wurde ein Parkdeck aus reversibel gefügten, elementierten und standardisierten, 60 mm dicken CPC-Platten entwickelt, die entlang der Querrichtung des Bauwerks in den Stützenachsen Hochkanten und mittig zwischen den Stützenachsen Tiefkanten ausbilden. Im Falle einer Umnutzung zu Arbeiten oder Wohnen können die CPC-Platten als Estrichersatz kreislauffeffektiv genutzt werden.

3.2. Arbeiten

Die Ausbaustufe Arbeiten ließ sich im Ergebnis in unterschiedlichen Varianten in dem definierten Raumgerüst abbilden. Die aus dem Parken resultierende Gebäudetiefe konnte sinnfölig genutzt werden. Die Erfüllung der Technischen Regeln für Arbeitsstätten hat sich als wesentlich für die Geschosshöhen erwiesen (Lichte Raumhöhe ≥ 2.75 m).

3.3. Wohnen

Für die Ausbaustufe Wohnen stellt sowohl die Gebäudetiefe als auch die vertikale Leitungsführung eine Herausforderung dar. Im Ergebnis hat dies zu alternativen Wohnformen mit privaten Räumen und Gemeinschaftsflächen geführt. Andere Wohnformen sind grundsätzlich möglich, diese wurden in Varianten untersucht.

4. Kreislauffähigkeit

Neben der Anforderung der Langlebigkeit, welche durch die Nutzungsflexibilität erfüllt wird, stand die vollständige Kreislauffähigkeit des Primärtragwerks im Vordergrund. Diese wird maßgeblich durch eine zerstörungsfreie Rückbaubarkeit (Reversibilität) elementierter und standardisierter Baukomponenten und Bauelemente der Tragstruktur erreicht. Daher lag der Fokus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. J. Graf auf der Erforschung weniger Grundelemente der Tragstruktur, die bis in den Maßstab 1:1 ausführungsfähig entwickelt wurden. Der Skelettbau selbst besteht im Ergebnis daher neben dem Aussteifungssystem kreislauffähig aus vier konstruktiven Grundelementen: Hohlkastendecke, Zangenträger, Stützen und Randriegel. Sonderelemente werden an den vier Außenseiten des Bauwerks erforderlich. Die Randriegel dienen der Anbindung der reversibel gestalteten Außenwandbauteile sowie als Teil der aussteifenden Decken.

Die Hohlkastendecke lagert in Anlehnung an die Plattformbauweise auf den Zangenträgern auf. Die Zangen werden seitlich in die als Federn über den Deckenaufbau durchgehenden Stützen eingelegt und formschlüssig lagefixiert. Die einzelnen Geschosslasten werden dadurch über Querdruck der Zangen auf den Stützen abgeleitet. Die in konstruktiver Klarheit direkt übereinanderstehenden Stützen sind oben mit Federn und unten mit Nuten ausgebildet. Die Geschosslasten der darüberliegenden Geschosse werden so direkt über Längsdruck, also dem Hirnholzkontakt der Nuten auf den Federn, übertragen. Über alle Geschosse hinweg werden die Geschosslasten durch die übereinander angeordneten Stützen bis in die Fundamentierung abgeleitet. Die Abmessungen der konstruktiven Grundelemente betragen:

- Standard-Hohlkastendecke: Konstruktionshöhe = 274 mm; Spannweite (Achismaß): 5.40 m; Konstruktionsbreite: 1.80 m
Obere Platte: 40 mm; Steg 80/200 mm; Untere Platte 40 mm
- Zangenträger: 2 x 110/580 mm
- Stützen: Außenstütze 300/400 mm; Innenstütze 400/400 mm
- Randriegel: 160/640 mm

Die zerstörungsfreie Rückbaubarkeit wird durch formschlüssige Verbindungen erreicht. Das sind vor allem Konusdübel aus Kunstharzpressholz sowie Längsschubverbinder aus Furnierschichtholz Buche. Beide Verbinder werden auf Abscheren beansprucht und durch Stahlschrauben, die in Einschraubmuffen fixiert sind, reversibel lagegesichert.

5. Ökobilanzierung

Der Holzhybrid wurde von der Arbeitsgruppe Jun.-Prof. PhD S. Pauliuk einer normgerechten Lebenszyklusanalyse unterzogen und anschließend mit einer Stahlbetonskelettkonstruktion verglichen. Es zeigt sich, dass bezogen auf das Treibhauspotential die Materialauswahl entscheidend ist. Auch die Nutzungsflexibilität spielt bezogen auf das Treibhauspotential eine große Rolle. Durch eine reversible Bauweise können hier nur geringe zusätzliche Einsparungen erzielt werden, da jene Bauteile, die gut rückbaubar sind, meist aus Holzprodukten bestehen und somit sowieso wenig CO₂ emittieren. In Summe können für den Siebengeschosser durch die Indikatoren Holz statt Stahlbeton, Nutzungsflexibilität statt Abriss und Wiederverwendung von Bauelementen statt Deponierung bis zu 60% Treibhausgase eingespart werden. Nutzungsflexibilität und Rückbaubarkeit mit anschließender Wiederverwendung führen außerdem dazu, ressourceneffizient beim Rohstoff Holz bis zu 66% einzusparen.

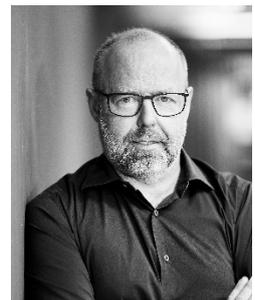
Das heißt, im Gebäudesektor können große Mengen CO₂ und Ressourcen eingespart werden, indem Holz kreislauffähig eingesetzt wird. Und der dadurch steigende Druck auf die Wälder (Waldflächenfußabdruck) kann effektiv mit nutzungsflexiblen Grundrissen und Geschosshöhen sowie reversiblen Konstruktionen abgemildert werden.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Graf, J.; Birk, S. et al. (2022) Schlussbericht Wandelbarer Holzhybrid für differenzierte Ausbaustufen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
- [2] Musterbauordnung (MBO) Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 25.09.2020
- [3] Technische Regeln für Arbeitsstätten, Raumabmessungen und Bewegungsflächen ASR A1.2, Ausgabe: September 2013, zuletzt geändert GMBI 2022, S. 241
- [4] Muster-Garagenverordnung M-GarVO, Fassung vom Mai 1993, geändert durch Beschlüsse vom 19.09.1996, 18.09.1997 und 30.05.2008
- [5] Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs EAR 05, Ausgabe 2005
- [6] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL), Fassung Juni 2021

Planen und Bauen mit Modulen

Johannes Kaufmann
Johannes Kaufmann und Partner _Architekturbüro
Vorarlberg / Wien, Österreich



Planen und Bauen mit Modulen

Exkurs / Einleitung

In letzten Jahrhunderten hat sich natürlicherweise das Bauen stark verändert. Oft waren regionale Besonderheiten dafür ausschlaggebend, doch auch Neuerungen auf dem Materialsektor. Über die Erfindung von Beton und Stahl sind herkömmliche Baumaterialien wie Stein und Holz oft in den Hintergrund gedrängt worden. Waren die meisten Holzbauten bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts Fachwerkskonstruktionen bzw. reine Stab- und Brettkonstruktionen, so haben sich zum Ende des Jahrhunderts dann doch über die Industrialisierung neue Möglichkeiten ergeben. Plattenwerkstoffe, Klebeverbindungen, neue Verbindungsmittel haben den Holzbau aus der jahrhundertelangen Tradition neu interpretierbar gemacht.

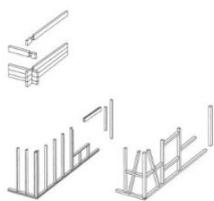
Kein Baustoff hat sich in 50 Jahren so radikal verändert wie der Holzbau. Von der Balken- und Brettkonstruktion hin zu vorgefertigten, zweidimensionalen Wand-, Decken und Dachelementen weiter zu dreidimensional vorgefertigten Modulbauten. Und immer noch haben natürlich alle dieser 3 Hauptmethoden ihren Platz im modernen Holzbau.

Gerade das Brettsperrholz hat in Punkto Schall- und Brandschutz hier eine wichtige Initialzündung ermöglicht. Auf einmal sind großvolumige, mehrgeschossige Gebäude mit einem hohen Sicherheitsniveau konstruierbar. Alle die es noch nicht wissen – aber im Holzbau geht die Post erst jetzt richtig ab. Deutschland zeigt uns vor, wie Politik positiv auf einen unbestritten umweltfreundlichen Baustoff einwirken kann.

Die Forderung der Öffentlichkeit nach leistbarem Wohnraum ist unüberhörbar. Man diskutiert schon lange darüber, was die tatsächlichen Kostentreiber wirklich sind. Es ist wahrscheinlich eine Mischung aus vielen Sachen. **Regulierungswut**, die sich dann in den Gesetzen, aber vor allem in den Normen wiederfindet, völlig überzogene Forderungen nach hohen Qualitäten in Bezug auf Schall, Brandschutz etc. um nur einige zu nennen. Es gibt aber Möglichkeiten, diese Fesseln teilweise abzulegen um günstiges Bauen zu ermöglichen. Das Weglassen überflüssiger Qualitäten und eine sorgfältige, intelligente Planung bedeuten am Ende des Tages günstige Baukosten.

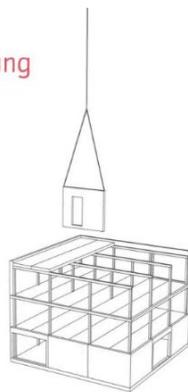
Die Logik der Vorfertigung

Eine Systemübersicht



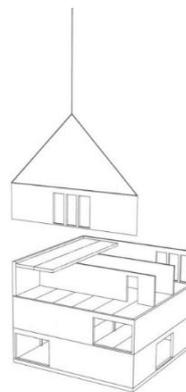
Blockbau, Ständerbau
Fachwerkbau

Zusammenbau von
Einzelteilen



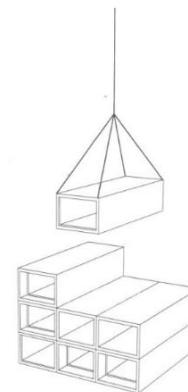
Holzskelettbau

Kombination
Einzelteile
und Elemente



Holzrahmenbau
Holzmassivbau (Brettsperrholz)

Vorgefertigte tragende Elemente,
Wände/Decken



Holzrahmenbau
Holzmassivbau (Brettsperrholz)

Vorgefertigte Raumzellen

Wohnen 500 – Vorarlberg



Bauherr VOGEWOSI | Dornbirn

Architektur Johannes Kaufmann Architektur | Dornbirn

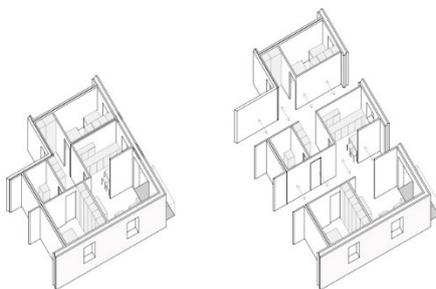
Wohnen 500 ist ein Programm eines Vorarlberger gemeinnützigen Bauträgers. Ziel ist es, Wohnungen um ein Gesamtentgelt von € 500/Monat an die Bewohner zu vermieten. Zu diesem Preis bekommt der Mieter eine 65 m² große Wohnung incl. Betriebskosten, was eine m²-Miete von ca. 7,60 Euro bedeutet. Möglich sind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



GRUNDIDEE



3 Zimmer Wohnung 65 m²
 Wohnen | Kochen | Essen 23,2 m²
 Schlafzimer 12,6 m²
 Kinderzimmer 10,7 m²
 Badezimmer 5,0 m²
 Loggia | Balkon 7,3 m²
 Kellerabteil 3,8 m²
 Eingang 10,6 m²



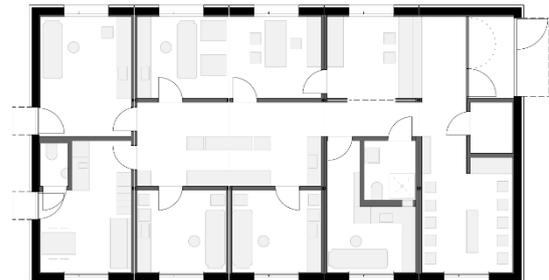
MODULARE BAUWEISE



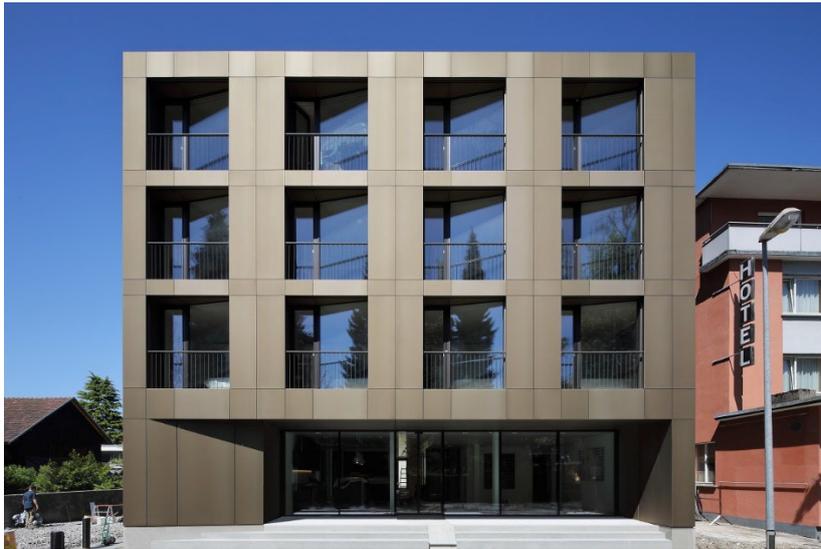
Arztordination Dornbirn



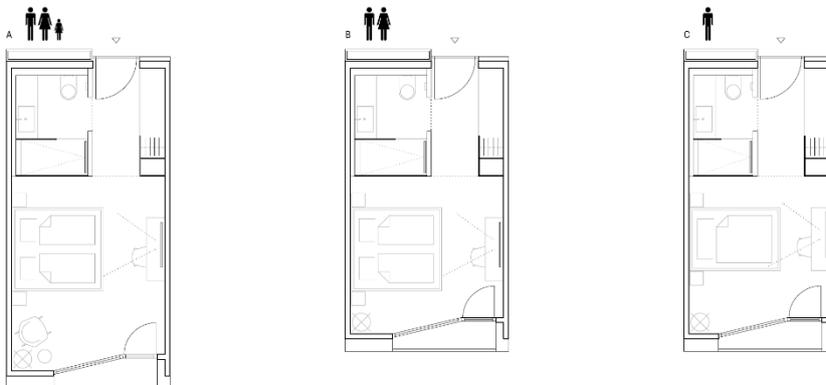
Den idealen Platz für ihre Ordination im Dornbirner Sprengel Schoren zu finden, gestaltete sich für Dr. Johanna Kaufmann-Dreibholz nicht einfach. Entweder war die Lage nicht ideal, oder das Gebäude an sich. Der Ausweg aus dieser Situation: ein nicht bebautes Grundstück zu suchen, das nicht erworben, sondern nur gepachtet wird. Der neue Standort der Praxis ist im Besitz der Stadt Dornbirn, die gleich nach Anfrage der Ärztin das Baurecht auf 20 Jahre einräumte. So wurde eine ungewöhnliche, aber wohl zukunftssträchtige Idee umgesetzt: ein Modulholzbau-Gebäude, das dann in 20 Jahren «demontiert» und an einer anderen Stelle wieder aufgebaut werden kann. So kann das Grundstück lastenfrees bebaut werden und das Gebäude erhält eine zweite Nutzungsperiode. Dabei besteht der eingeschossige Baukörper aus fünf einzelnen Modulen, die vor Ort zusammengesetzt wurden und nun die Ordination mit einer Nutzfläche von ca. 150 m² bilden.



Hotel Katharinenhof – Dornbirn



Neben dem bestehenden Hotel Katharinenhof in Dornbirn wird der Hotelneubau mit 39 Zimmern realisiert. Der Entwurf sieht einen viergeschossigen Kubus mit Metallfassade vor. Die Zugänge im Erdgeschoss sind durch Ausnehmungen klar definiert. Bei den Zimmergeschossen wird die strenge des Volumens durch ein gezieltes Ausdrehen der Glaselemente aufgebrochen. Diese Bereiche bilden kleine Außenbereiche, die dem Besucher als Terrasse dienen. Die Konstruktion des Hotels wird in Holzmodulbauweise realisiert. Dies ermöglicht ein Höchstmaß an Vorfertigung und Präzision bei der Fertigung der Zimmereinheiten. Auch die Bauzeit wird auf diese Weise erheblich verkürzt.



Pflegeheim Antoniushaus – Feldkirch



Von Ferne sichtbar, prominent in südostseitiger Hanglage am Blasenberg, an der Schnittstelle von kleinteiliger Bebauungsstruktur und freier Naturlandschaft mit Streuobstwiesen steht das Antoniushaus. Das Seniorenheim mit Kindergarten wird nicht nur renoviert, sondern auch vergrößert, das Bauvolumen verdoppelt. Der Neubau wird anstelle des Abbruchgebäudes südwestlich des Altbaus situiert, umgreift ihn in einer Spange und bildet somit einen funktionalen Gesamtkomplex. Das äußere Erscheinungsbild des Altbaus mit seiner Lochfassade wird beim Neubau übernommen und neu interpretiert. Der Neubau ist als Holzbau konzipiert, mit Aussteifungskern in Sichtbeton und vorgefertigten Holzboxen. Die Argumente für die Modulbauweise waren der hohe Wiederholungsfaktor von immer gleichen Zimmern, die geforderte Bauzeit von nur einem Jahr, die Beanspruchung der Anrainer und verkehrstechnische Lage. Die Boxen wurden fix fertig, inklusive aller Installationen geliefert und aneinander gestapelt. Akustisch beste Werte ergeben sich durch die Zweischaligkeit. Jedes Zimmer grenzt mit Luftzwischenraum an das andere, die tragenden Längswände stehen auf Neopren-Lagern übereinander. Die Holzfassade kommt ebenfalls als fertiges Dämmpaketelement auf die Baustelle.



Ferienhaus Islen



Der zweigeschossige Baukörper mit Giebeldach setzte sich aus vier vorgefertigten Modulboxen aus Holz («TINN»-Modulsystem) zusammen. Ihnen ist ein für den Bregenzerwald typischer Schopf vorgelagert. Dieser übernimmt wichtige Funktionen, wie den Zugang ins Haus, bietet zudem Platz für einen gemütlichen Hock, für eine Sauna und für Stauraum. Die glatte und feine Fichtenholz-Fassade bildet einen reizvollen Kontrast zum Holzscreen, der Einblicke verhindert und funktionale Öffnungen verdeckt. Die verwendeten Materialien geben dem Ferienhaus ein für die Region typisches Erscheinungsbild. Große Fenster bieten Ausblicke in die Landschaft.



Modulsystem PURE LIVIN



Das Multitalent Wohnraummodul

purelivin ist ein revolutionär neuer Ansatz für Bauen und Wohnen. Seriell vorgefertigte, komplette Wohnraummodule aus Massivholz werden nach dem Prinzip „Plug & Play“ zu multifunktionalen Wohneinheiten kombiniert. Das Ergebnis sind Räume und Gebäude, die nicht nur ein modernes und besonderes Ambiente garantieren, sondern auch ganz entscheidende Vorteile in Sachen Gesundheit, Raumklima und Werthaltigkeit haben.

purelivin steht für klimapositives Bauen. Holz massiv in Kombination mit der seriellen **Vorfertigung** in herausragender Qualität ermöglicht kurze Bauzeiten, reduziert Immissionen vor Ort auf ein Minimum und schafft Wohneinheiten, die zu beinahe 100 % wiederverwertbar sind.

- » Es ist **einfach und schnell**
- » Es hat eine **hohe Qualität**
- » Es kann auch „**Höhe**“
- » Es ist **genauestens kalkulierbar**
- » Es ist **vielseitig einsetzbar**
- » Es ist **nachhaltig**
- » Es ist **klimapositiv**

Drei Basismodule



Die purelivin Wohnungen wurden so optimiert, dass eine bestmögliche Flächeneffizienz in den Wohnungsgrößen gegeben ist. Eine 1-Zi WE hat 37 m², eine 2-Zi WE hat 50 m², eine 3-Zi WE hat 62 m² und eine 4-Zi WE hat gerade einmal 73 m². Noch effizienter geht kaum. Das ist unser Beitrag zum Thema leistbares Wohnen in Eigentum und Miete. Dabei sind alle Wohnungen barrierefrei.

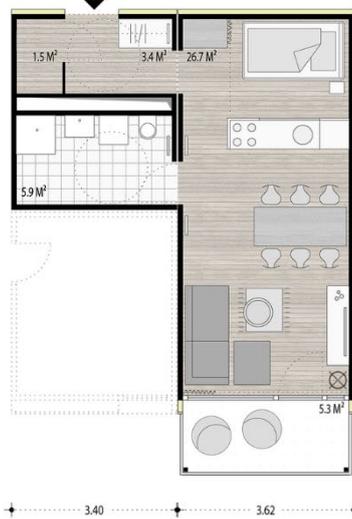
Die Standardmodule und Grundrisse können aufgrund von baurechtlichen, städtebaulichen und planerischen Anforderungen auch individualisiert werden. So entsteht ein Wohnkonzept ganz nach Ihren Vorstellungen.

Wohnungsvarianten

PURE LIVIN
XXX-TRA SMALL 23.4 



PURE LIVIN X-TRA SMALL 37.5 



PURE LIVIN SMALL 49.8 



PURE LIVIN MEDIUM 61.6 



PURE LIVIN LARGE 73.4 



» VIELFÄLTIGE **NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN**
UND STÄDTEPLANERISCHE FREIHEIT. «

Punktbebauung



Zeilenbebauung



Punktbebauung zentriert



L-Bebauung



Individualität in der Innenraumgestaltung

Im Innenraum sind der Kreativität fast keine Grenzen gesetzt. Die Innenwände und Decken können wahlweise in Sichtholz, Holz lasiert, Gipskarton gespachtelt und gemalt oder in einer Kombination aus Holz und Gipskarton ausgeführt werden. Böden in Vollholzparkett, Laminat, Fliesen/Keramik oder Feinsteinzeug. Sanitärbereiche mit Fliesen, Feinsteinzeug oder HPL-Platten. Sanitärgegenstände sind frei wählbar, auch bodengleiche Duschen sind möglich.



Flexibilität in der Außengestaltung

Durch das hinterlüftete Fassadenkonzept sind je nach architektonischem Entwurf unterschiedliche Materialien von Holz über Aluminium bis hin zu Naturschiefer zur Fassadengestaltung möglich. purelinvlin richtet sich hier nach den Vorgaben des Bauherrn und des Außenraumes.



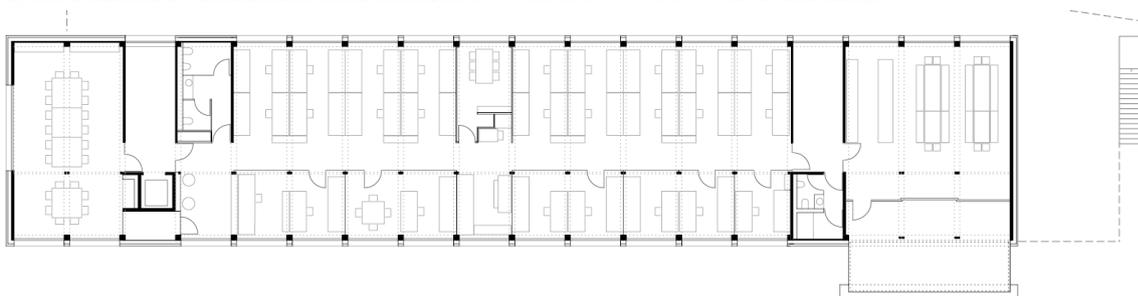
Bürogebäude Kaufmann Bausysteme – Bregenzerwald

Am Ortseingang entstand ein Bürogebäude für Kaufmann Bausysteme, welche sich vorrangig mit vorgefertigten Holzmodulbauten beschäftigen. Daher lag die Entscheidung zur Konstruktionsmethode nahe, alles mit Rahmenmodulen zu konstruieren, um die Bauzeit kurz zu halten. Ein Längsbaukörper mit 2 Treppenhäusern, welche die Quer- und Längsaussteifung übernehmen, beinhalten über 2 Geschosse flexible, Bürostrukturen, welche sich in den Kopfbauten sowie im Mittelbau befinden. Eine disziplinierte, logische Konstruktion aus einer Mischung aus BSH-Trägern, BSP-Platten und Holzrahmenbau bilden das tragende Skelett, welches im Inneren spürbar in Erscheinung tritt.



Kurzbeschreibung

Am Ortseingang zur Parzelle Baien entstand ein Bürogebäude für Kaufmann Bausysteme, welche sich vorrangig mit vorgefertigten Holzmodulbauten beschäftigen. Daher lag die Entscheidung zur Konstruktionsmethode nahe, alles mit Rahmenmodulen zu konstruieren, um die Bauzeit kurz zu halten. Ein Längsbaukörper mit 2 Treppenhäusern, welche die Quer- und Längsaussteifung übernehmen, beinhalten über 2 Geschosse flexible, Bürostrukturen, welche sich in den Kopfbauten sowie im Mittelbau befinden. Eine disziplinierte, logische Konstruktion aus einer Mischung aus BSH-Trägern, BSP-Platten und Holzrahmenbau bilden das tragende Skelett, welches im Inneren spürbar in Erscheinung tritt.



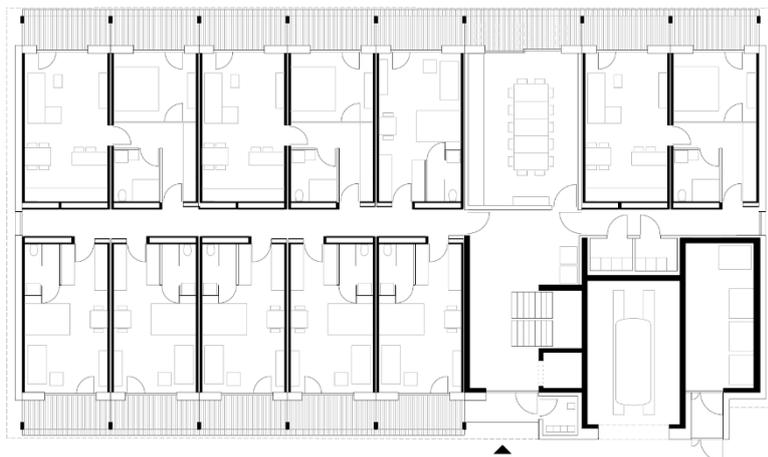
Personalhaus Biberkopf – Arlberg

In unmittelbarer Nähe zum Dorfzentrum entstand das «Personalhaus Biberburg» mit 37 Zimmern für die Mitarbeiter des Hotels Biberkopf. Ein viergeschossiger Holzmodulbau (43 Module) steht auf einer zweigeschossigen Tiefgarage, die über eine Brücke und einen Autolift von der oberhalb liegenden Lechtalstraße aus erschlossen wird. Der zurückhaltenden Baukörper in steiler Hanglage bietet einen spektakulären Blick ins Lechtal und auf den Biberkopf.



Kurzbeschreibung

In unmittelbarer Nähe zum Dorfzentrum entstand das „Personalhaus Biberburg“ mit 37 Zimmern für die Mitarbeiter des Hotels Biberkopf. Ein viergeschossiger Holzmodulbau (43 Module) steht auf einer zweigeschossigen Tiefgarage, die über eine Brücke und einen Autolift von der oberhalb liegenden Lechtalstraße aus erschlossen wird. Der zurückhaltenden Baukörper in steiler Hanglage bietet einen spektakulären Blick ins Lechtal und auf den Biberkopf.



Modul-Montagehalle Zimmerei Kaufmann Bregenzerwald

Die Zimmerei Tischlerei Kaufmann im Bregenzerwald ist ein Familienunternehmen in 4. Generation und beschäftigt sich neben moderner Holzbautechnologie auch mit dem Bau von Projekten in Raumzellenbauweise. Durch die raumplanerischen Rahmenbedingungen war es notwendig, die Halle in ihrem äußeren Erscheinungsbild so niedrig wie möglich zu bauen, um dem Ortsbild zu entsprechen. Üblicherweise entstehen hohe Dachkonstruktionen, wenn schwere Kranbahnen und hohe Schneelasten über das Tragwerk abzuführen sind. Auch war es notwendig, die Anzahl der Mittelstützen auf ein Minimum zu reduzieren. Aus diesen Gründen wurde ein Fachwerk mit integrierten Kranbahnen als Konstruktionsprinzip entwickelt. Auf eingespannten Betonstützen lagern fünf vorgefertigte Hochlast-Fachwerke aus Baubuchenholz. Die Doppelfachwerke erhalten durch ihren horizontalen Abstand zueinander die Eigenschaft, Torsion aufnehmen zu können, welche infolge der Kranbahnen in die Fachwerke eingeleitet werden. Durch die Integration der Kranbahnen in Holzbauweise in das Fachwerk wird einerseits die Torsion verringert, andererseits die Arbeitsfläche der Kranbahnanlage nicht unnötig verkleinert. Die Baubuche erlaubt es, mit teilweise zimmermannsähnlichen Holzanschlüssen hohe Normallasten im Fachwerk zu übertragen. Dadurch kann an den Knotenpunkten größtenteils auf den Einsatz von Stahl mit Brandschutzanstrich verzichtet werden. Die höheren statischen Werte der Buche als Grundmaterial des Buchensperrholzes lassen das Tragwerk überdies sehr filigran erscheinen, da Querschnitte bis zu 40 % geringer dimensioniert werden müssen.



Kurzbeschreibung

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



Bauen | Klima | Wandel

HORTUS – Ein Leuchtturmprojekt der Nachhaltigkeit.

Tobias Huber
ZPF Ingenieure
Basel, Schweiz



HORTUS – ein Leuchtturmprojekt der Nachhaltigkeit

1. Projektübersicht

1.1. Aufgabe

Auf dem BaseLink Areal in Allschwil bei Basel entwickeln SENN, Herzog & de Meuron und ZPF Ingenieure gemeinsam ein Bürogebäude von ca. 10'000 m² Nutzfläche für umweltbewusste (Tech-)Firmen. Das Bauwerk setzt einen neuen Standard für Nachhaltigkeit: Es zahlt die graue Bauenergie innerhalb einer Generation zurück und ist bereits nach rund 30 Jahren energiepositiv. Ein neuartiger Mix aus Naturmaterialien reduziert darüber hinaus den Ausstoß der grauen Emissionen gegenüber einem in konventioneller Massivbauweise erstellten Bürobau um mehr als 50%. Der geplante Bau trägt den Namen HORTUS – House of Research, Technology, Utopia and Sustainability.

1.2. Areal

Das HORTUS wird Teil des BaseLink Areals in Allschwil bei Basel. Dort beziehen in den nächsten Jahren unter anderem der Switzerland Innovation Park Basel Area, das Schweizerische Tropen- und Public-Health-Institut, das Pharmaunternehmen Basilea Pharmaceutica Ltd., sowie das Department of Biomedical Engineering und das Innovation Office der Universität Basel ihre Büros und Labors.

Basel ist nach Zürich und Genf die drittgrößte Stadt der Schweiz. Sie liegt im äußersten Nordwesten des Landes im Dreiländereck Schweiz, Frankreich und Deutschland am Rheinknie. In der trinationalen Metropolitanregion Basel-Mulhouse-Freiburg leben zurzeit etwa eine Million Menschen. Basel ist eines der weltweit wichtigsten Zentren der pharmazeutischen Industrie, mit der Novartis AG, F. Hoffmann-La Roche, Syngenta AG und der Lonza Group. In Basel und seiner Agglomeration gibt es verschiedene Life Science Cluster. Der Neueste entsteht auf dem ehemaligen Familiengartenareal am Bachgraben in Allschwil, das jetzt BaseLink heißt und von verschiedenen Investoren entwickelt wird.

Das größte Gebäude des Areals, der Switzerland Innovation Park Main Campus, wurde im August 2022 seinen Nutzern übergeben. Der hochoptimierte, flexibel nutzbare Betonbau entsteht ebenfalls in einer Zusammenarbeit von Herzog & de Meuron mit ZPF Ingenieure im Auftrag von SENN.

1.3. Auftrag

Nach der Planung des SIP Main Campus auf dem BaseLink-Areal bekommen ZPF Ingenieure von der Bauherrschaft die Anfrage, für dasselbe Areal mit Herzog & de Meuron einen Büroneubau zu entwickeln, der neue Maßstäbe im Bereich der Nachhaltigkeit setzt. Das Gebäude soll sich in einer Generation (30 Jahre) energetisch amortisieren und zirkuläres Bauen erlauben. Zudem sollen die Zielvorgaben des SIA-Merkblatts 2040 «Effizienzpfad Energie» bezüglich der durch die Erstellung bedingten Treibhausgase eingehalten und die der Grauen Energie noch übertroffen werden.

Das HORTUS wird seine Erstellungsenergie innerhalb einer Generation, also unter 30 Jahren, «zurückzahlen». Dies wird einerseits dadurch erreicht, dass die gesamte verbaute Energie dank Einsatz von Materialien wie Holz, Lehm und Altpapier geringgehalten wird. Andererseits wird die Energieernte über Photovoltaik maximiert. Und wenn HORTUS nach vielen Jahren der Nutzung nicht mehr gebraucht wird, werden seine Teile kompostiert, wiederverwendet oder zumindest thermisch verwertet.

2. Analyse Nachhaltigkeitsziele

2.1. Die 3 Säulen der Nachhaltigkeit

Für HORTUS soll die Vereinbarkeit von ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit sichergestellt und in der Breite angewendet werden. Es soll kein Luxus-Ökobau entstehen.

2.2. Betrachtung von CO₂ und Energiebedarf

Der Bausektor ist für etwa 50% des weltweiten CO₂-Ausstosses verantwortlich ^[1] (die Zementindustrie allein für 8%). Die Hälfte davon entfällt auf Betrieb und Nutzung («operational carbon»), die andere Hälfte ist mit der Erstellung und der Fabrikation der Bauten und Baustoffe verbunden («embodied carbon») ^[2].

Seit der ersten Ölpreiskrise in den 1970er Jahren liegt der Fokus beim Bauen auf der Reduktion des «operational carbon». In Zukunft werden wir uns auf die Reduktion des «embodied carbon» konzentrieren.

2.3. Verteilung der Umweltbelastungen im Gebäude

Als ersten Schritt untersuchen wir anhand gängiger Schweizer Normen (SIA 2032-2010) ^[3], welche Bauteile welchen Anteil am Gebäude und an seinem CO₂-Fussabdruck haben. Dabei betrachten wir Gebäude nicht nach Gewerken, sondern nach Bauteilen und finden heraus, dass die großen Bauteile Wände, Decken, Fassaden, Fundation und Dach zusammengenommen über 80% der CO₂-Emissionen der Gebäudeerstellung ausmachen. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass wir nur 5 Bauteile optimieren müssen, um 80% des CO₂-Ausstosses zu verbessern – denn die Betriebsenergie soll das Gebäude selbst erzeugen.

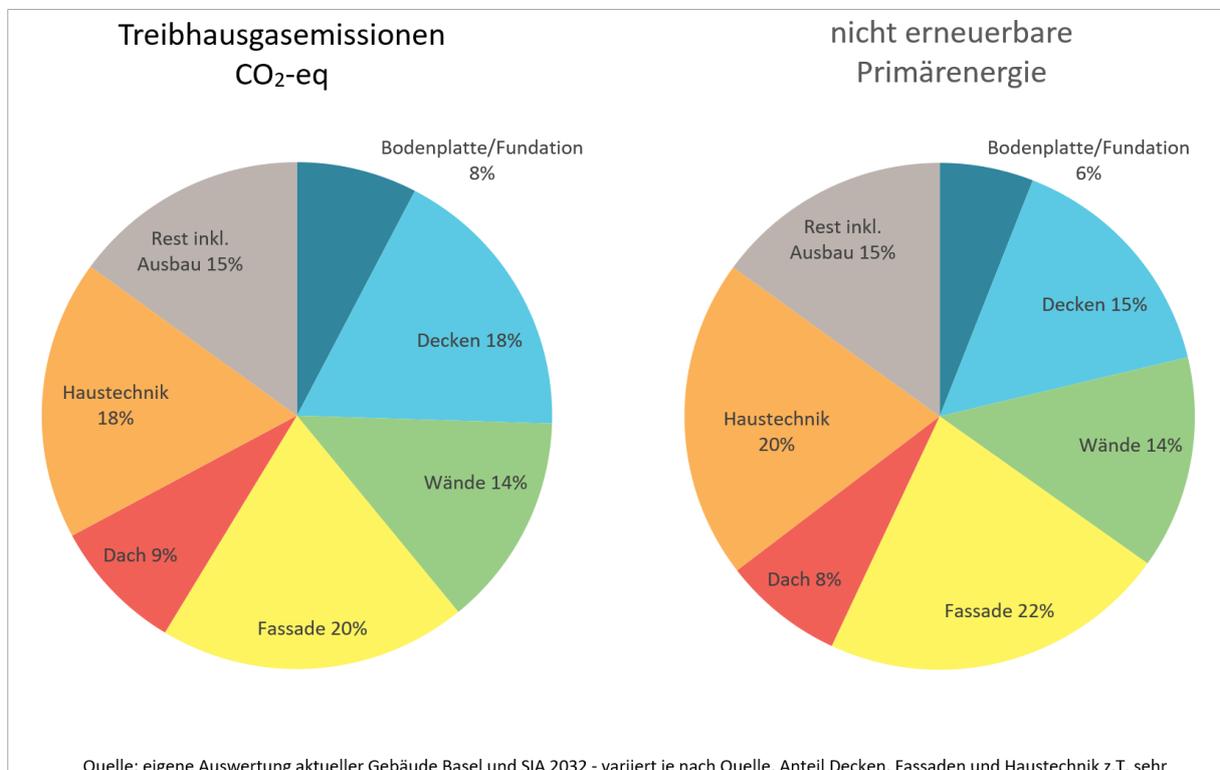


Abbildung 1: Analyse der Verteilung der Umweltbelastungen; Quelle vgl. Grafik

Von diesen fünf Bauteilen identifizieren wir Decken, Fassade und Wände als wesentlich, untersuchen und optimieren sie weiter. Dazu vergleichen wir zunächst unterschiedliche Standard-Decken- und Tragsysteme sowie Stützenraster nach Gesichtspunkten wie ökologischer

[1] Vgl. Langen, K. 2019; Bauwirtschaft und Klimaschutz: Stahl, Beton und Zement verschlingen Energie; Deutschlandfunk Kultur;

[2] Vgl. Prof. Dr. Habert, Guillaume; Eine Diät für fossil erzeugte Gebäude; TEC21 Nr. 11-2022 vom 08.04.2022, Seite 24 ff; Espazium Der Verlag für Baukultur;

[3] Vgl. SIA-Merkblatt 2032:2010: Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden; © SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein 2010;

und ökonomischer Nachhaltigkeit sowie Nutzungstauglichkeit. [4] Der Vergleich zeigt, dass neben dem Material vor allem auch die daraus abgeleitete Konstruktion über die Nachhaltigkeit entscheidet. Kurz: Je weniger Material in der Konstruktion, desto nachhaltiger.

2.4. Umkehr der Herangehensweise

Für diese ungewöhnliche Aufgabe scheinen uns die gängigen Wege nur bedingt zielführend. Also hinterfragen wir zunächst den Planungsprozess an sich: Was passiert, wenn wir nicht das Tragwerk auf Grundlage des Architekturentwurfs, sondern die Architektur basierend auf dem optimalen Tragwerk entwickeln? Wenn das Gebäude also in einem inversen Prozess vom Material über die Konstruktion zur Architektur entsteht?

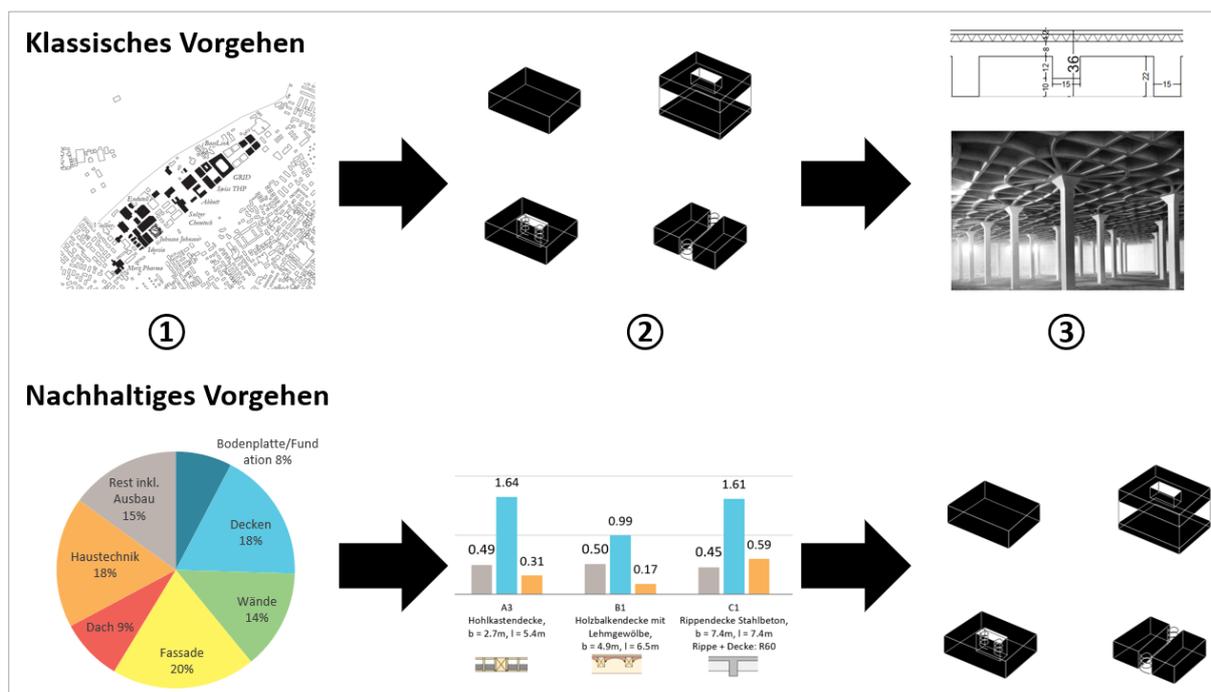


Abbildung 2: Umkehr der Herangehensweise; Quelle: Herzog & de Meuron

2.5. Übersicht HORTUS

Das Gebäude ist über einen breiten Durchgang in das Atrium, das grüne Herz, zugänglich. Zu einem Laubengang hin öffnen sich im Erdgeschoss öffentlich nutzbare Räume. Von hier werden die ringförmig angelegten ca. 10.000 m² Büronutzflächen in den Obergeschossen erschlossen. Regenwasser wird für das Biotop im Atrium verwendet. So entsteht eine grüne Oase mit Mikroklima, die Lebensraum für Pflanzen und Tiere schafft. Dank seiner hohen Aufenthaltsqualität dient das Atrium zusätzlich als Erholungsort für Mitarbeitende. Ein Wintergarten lädt im hinteren Bereich zum Arbeiten ein. Das Erdgeschoss ist ein belebter, für alle zugänglicher Ort. Die vertikal berankten Innenhoffassaden filtern CO₂ und andere Schadstoffe und sorgen so für ein angenehmes Raumklima und Wohlbefinden.

Die offenen Grundrisse ermöglichen ein großes Maß an Flexibilität und unterschiedliche Nutzungen. Jedes Stockwerk verfügt über gemeinschaftlich nutzbare Aufenthaltsräume für Mitarbeitende. Das Erdgeschoss wird mit gastronomischem Angebot öffentlich genutzt und nach Süden öffnet sich das Gebäude mit einer Terrasse zu einem vorgelagerten Park.

Das Team untersucht verschiedene Gebäudekonstellationen immer auch hinsichtlich ihrer Umweltbelastung. Dabei stellt sich für die Grundstücksgröße und -form der Gebäudekörper mit Innenhof und ohne Unterkellerung als optimal heraus.

[4] Vgl. ZPF Ingenieure (2021): Deckensysteme im Vergleich, in Themenfokus «Hortus», Hochparterre; <https://www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/blog/post/detail/irb-6700-und-der-dreck/1627550418-2/>

Das Atrium erhöht den Tageslichteinfall und verringert die Raumtiefe. Dadurch kann auf eine mechanische Lüftung verzichtet werden, die Fenster können für eine natürliche Querlüftung geöffnet werden, was auch zur Nachtauskühlung dient. Die kompakte Gebäudeform reduziert Energieverluste und den Ausstoß grauer Emissionen. Auf ein Kellergeschoss aus Beton wird verzichtet, wodurch der Aushub und die Anteile an energieintensiver Konstruktion unter Terrain minimal bleibt und der Bau geradezu über der Landschaft schwebt. Die Luft unter dem Gebäude ist im Sommer kühl und im Winter warm. Dieser energetische Vorteil wird gemeinsam mit Geothermie, die das Haus mit Energie zum Heizen und Kühlen versorgt, zur Temperaturregulierung im Gebäude genutzt. Eine Photovoltaik-Fläche von ca. 5.000 m² auf dem Dach und entlang der externen Brüstungen sorgt für eine unabhängige Versorgung mit erneuerbarer und ressourcenschonender Solarenergie und schafft gleichzeitig so viel Überschuss, dass die graue Energie für den Bau des Gebäudes innerhalb von 30 Jahren wieder abgebaut wird. Nach einer Generation ist HORTUS somit ein energiepositives Gebäude.



Abbildung 3: Visualisierung HORTUS; © Herzog & de Meuron

Der Entwurfsprozess unterliegt einer ausgeprägt analytisch-akademischen Materialanalyse, bei der Baumaterialien auf ihre ökologischen und physikalischen Eigenschaften geprüft und verglichen werden. Ein Hauptkriterium dabei ist, dass der Ursprung möglichst natürlich und aus nachwachsenden Rohstoffen sein soll. Ganz im Sinne des Cradle-To-Cradle-Prinzips werden alle verwendeten Bauteile katalogisiert, um im ökologischen Kreislaufsystem für eine Wiederverwertung zur Verfügung zu stehen.

Eine reduzierte Palette aus erneuerbaren Materialien wie Holz, Lehm und Zellulose, sowie Glas für Fenster und Solarpaneele unterstreichen den ökologischen Grundgedanken des mehrgeschossigen Holzbaus.

HORTUS zeigt, dass Nachhaltige Gebäude zugleich ästhetisch, gesund und nützlich für Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft und lokale Energie- und Rohstoffquellen sein können.

3. Die Holz-Lehm-Decke

Aus unseren Untersuchungen und Vergleichen verschiedener Fassaden- und Wandsysteme hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit, kristallisiert sich als ideal für das HORTUS ein System heraus, bei dem wir Holz und Lehm miteinander kombinieren – und zwar in einer Art und Weise, in der die jeweiligen Materialien ihre Stärken hinsichtlich Tragfunktion, Bauphysik und Ästhetik vollumfänglich zur Geltung bringen können.

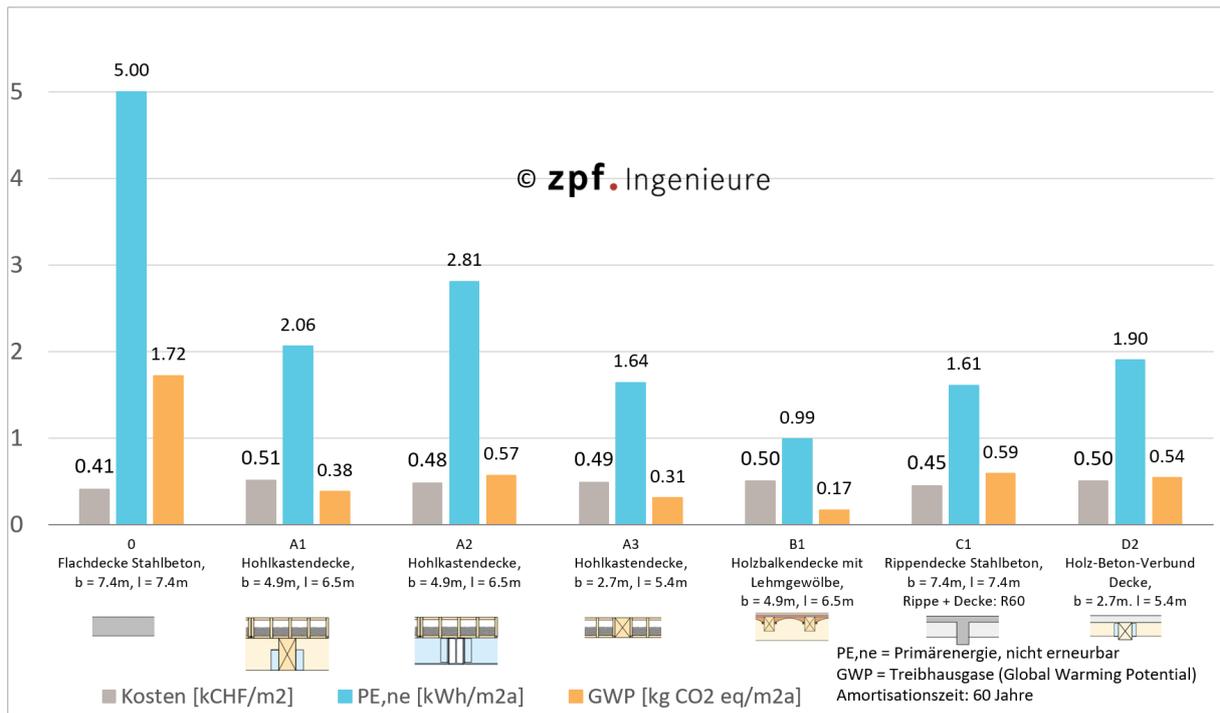


Abbildung 4: Ökobilanz von Deckensystemen; © ZPF Ingenieure

3.1. Material

Die primäre Tragstruktur besteht aus Vollholz Fichte/Tanne und – wo große Kräfte auftreten – aus Stabschichtholz Buche. Um möglichst unverleimtes Vollholz einsetzen zu können, berücksichtigen wir marktübliche Querschnitte. Und für Formstabilität und Querkrafttragfähigkeit beschränken wir uns auf marktfreie Querschnitte wo immer möglich. Anstelle des Buchen-Stabschichtholzes sind zunächst verzahnte Buchenbalken vorgesehen, was aber wegen des Materialverhaltens nicht realisierbar und zudem teuer ist. Die Beplankung der Deckenoberseite ist aus Dreischichtplatten, nachdem wir diagonalverlegte Holzbretter verwenden mussten. Den Lehm stampfen wir materialgerecht, also ausschließlich druckbeansprucht als Gewölbe zwischen den Holzträgern ein. Er wirkt brandschützend für die Holzteile und durch seine Masse werden die schallschutztechnischen Eigenschaften der Decke deutlich verbessert.

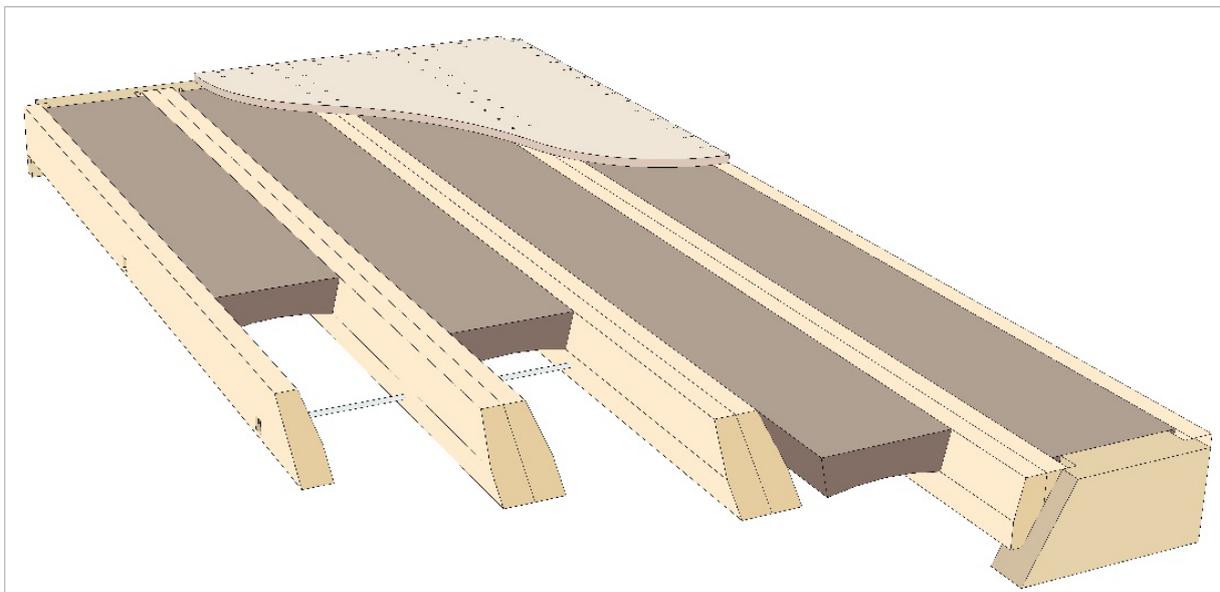


Abbildung 5: Konstruktion Holz-Lehm-Deckenelement; © ZPF Ingenieure

Lehm reguliert Feuchte, neutralisiert Gerüche und wirkt antiseptisch. An der Deckenunterseite bietet er eine einfach aktivierbare thermische Masse zur Wärmespeicherung – perfekt für ein angenehmes Raumklima. Lehmvorkommen gibt es vielerorten, sodass es ein lokaler Baustoff ist und der optimalen Stampflehmmischung i.d.R. lediglich noch diverse Zusätze beizumengen sind.

3.2. Konstruktion

Wir entwickeln die Holz-Lehm-Decke mit wiederlösbaren Steck- oder Schraubverbindungen im Full Circle Design. Der naturbelassene Lehm und die unbehandelten Vollholzbalken können am Ende ihres Lebenszyklus einfach und nahezu vollständig in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt oder recycelt werden. Die metallischen Verbindungsmittel werden vollständig recycelt, die restlichen Holzelemente werden um-/weitergenutzt, zu Holzwerkstoffen verarbeitet oder – im ungünstigsten Fall – thermisch verwertet.

Nachdem der Feuerwiderstand REI60 für das Deckensystem auf Grundlage eines Brandversuchs bestätigt wurde, müssen wir im nächsten Schritt herausfinden, wie wir eine solche Holz-Lehm-Decke ökonomisch herstellen können, damit sie mit Betondecken konkurrieren kann. Das Rohmaterial Lehm ist mit ca. 40 €/m³ deutlich günstiger als Beton. Aber die bisher übliche Verarbeitung von Stampflehm benötigt in erster Linie Manpower und Zeit, also hohe Personalkosten, sodass letztlich eine Lehmdecke bei rund 600 €/m² und eine Betondecke bei 200 €/m² liegt. Ziel muss sein, mit den Kosten für den Quadratmeter Lehmdecke unter 200 € zu kommen. Hierzu laufen Versuche für die automatisierte Herstellung unter Einsatz von Robotern. Und parallel entwickeln wir mit Unternehmen Produktionsweisen, da es bislang keine standardisierte automatisierte Verarbeitung von Lehm gibt. Von der Baustellenfabrikation haben wir uns mittlerweile verabschiedet – sie fordert erhebliche Maßnahmen in der Baustelleneinrichtung, die letztendlich die CO₂-Bilanz im Vergleich zum Materialeinbau im Werk und Anlieferung auf die Baustelle verschlechtern und zudem die Kosten erhöhen.

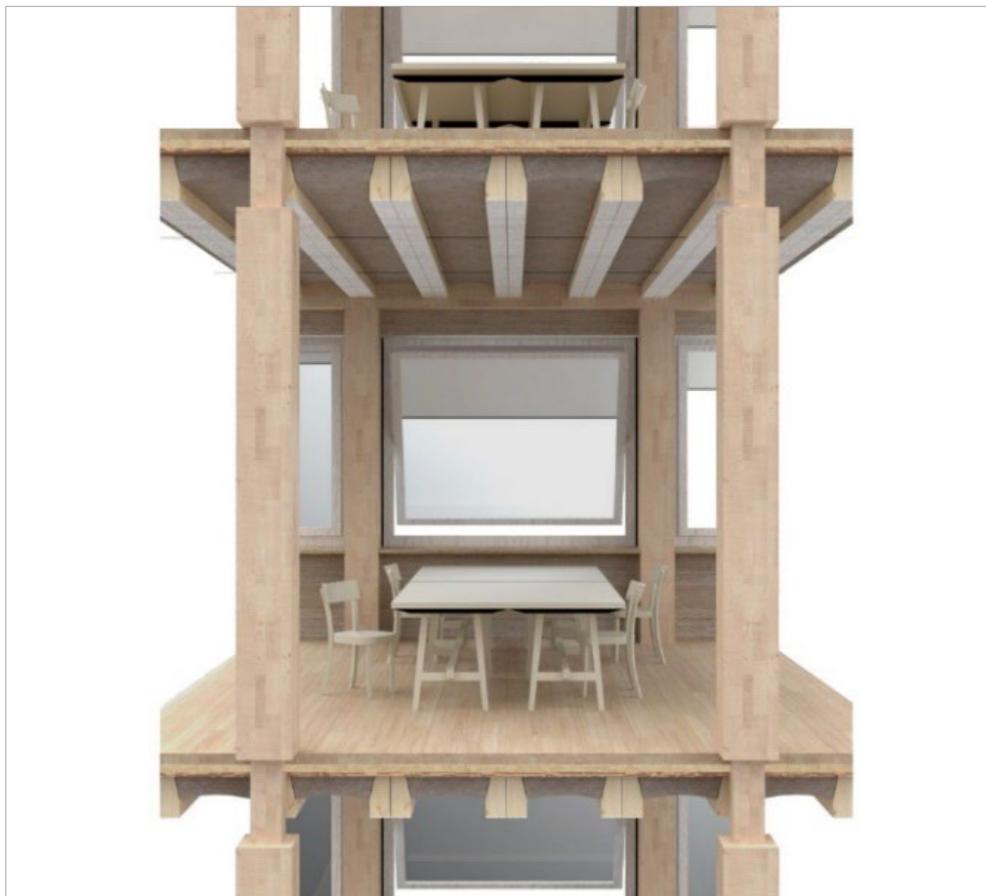


Abbildung 6: Visualisierung Konstruktion HORTUS; © Herzog & de Meuron

Das Tragsystem von HORTUS ist ein flexibler, effizienter Skelettbau mit innenliegenden Fachwerken zur Aussteifung. Der Gebäudeentwurf von Herzog & de Meuron basiert auf dem Trag- und dem Deckensystem sowie dem auf die ökologische Nachhaltigkeit hin optimierten Stützenraster von 2.8 m x 5.6 m. Planerteam und Investor untersuchen gemeinsam verschiedene bauliche Optionen, um im Spannungsfeld von Kosten- und Nutzungsoptimierung und weiteren Aspekten Lösungen zu finden, durch die HORTUS einen neuen Standard für Nachhaltigkeit setzt.

3.3. Startup rematter.earth

In Frühjahr 2022 gründen wir mit Forschungspartnern ein eigenes Startup: «rematter.earth». Mit Rematter wollen wir die Forschung, Entwicklung, Herstellung und Verbreitung eines vollwertigen Ersatzes für Betondecken durch hochinnovative, skalierbare und nachhaltige Holz-Lehm-Elemente vorantreiben ^[5]. Durch den Ersatz von Betondecken durch Lehm kann der CO₂-Ausstoss signifikant reduziert werden. Die ersten Patente sind angemeldet, und die ersten Projekte sind in Arbeit.

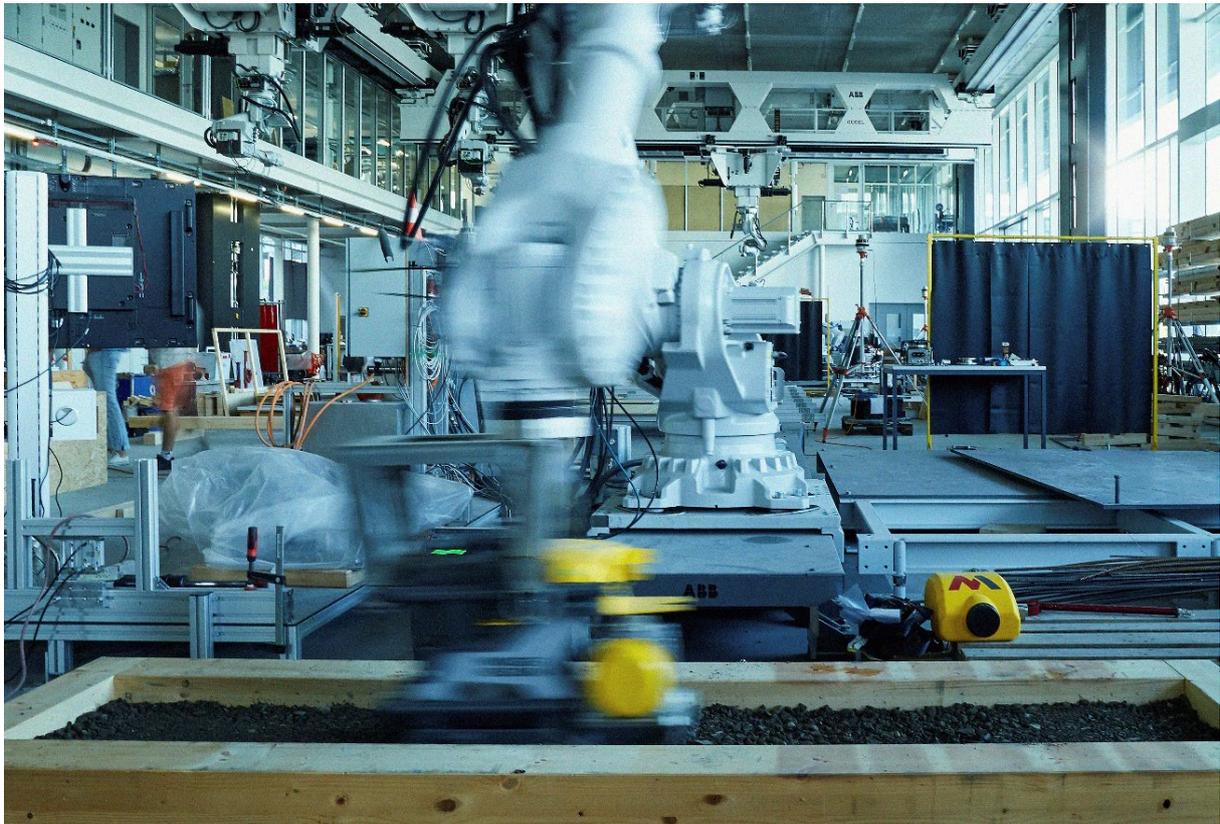


Abbildung 4: Versuch für die automatisierte Herstellung eines Holz-Lehm-Deckenelements; Foto © Ephraim Bieri

3.4. EcoTool

Unsere Vergleiche verschiedener Wand, Decken und Fassadenaufbauten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit entwickeln seit ihrer Erstanwendung für HORTUS eine Eigendynamik. In der Folge beauftragt uns der Kanton Basel-Stadt, ein Excel-Tool für den Einsatz bei Architekturwettbewerben zu erarbeiten, denn die ökologische Nachhaltigkeit soll in Basel ein wichtiges Kriterium zur quantitativen Beurteilung eingereicherter Beiträge sein. Mit dem Tool können zunächst die wesentlichen Bauteile Wände, Decken, Fassaden, Fundation und Dach, mittlerweile ganze Neubauten, zukünftig auch Umbauten, Sanierungen und Mischformen, basierend auf aufgearbeiteten und vereinfachten Werten der «Ökobilanzdaten im

[5] Vgl. www.rematter.earth;

Baubereich» der KBOB, Stand 2022 ^[6] bezüglich ihrer ökologischen Nachhaltigkeit abgeschätzt werden. Dieses Excel-Tool entwickeln wir weiter, zur Web-App, die EcoTool ^[7] heißt und seit Frühjahr 2023 online zur Verfügung steht – für alle und kostenlos.

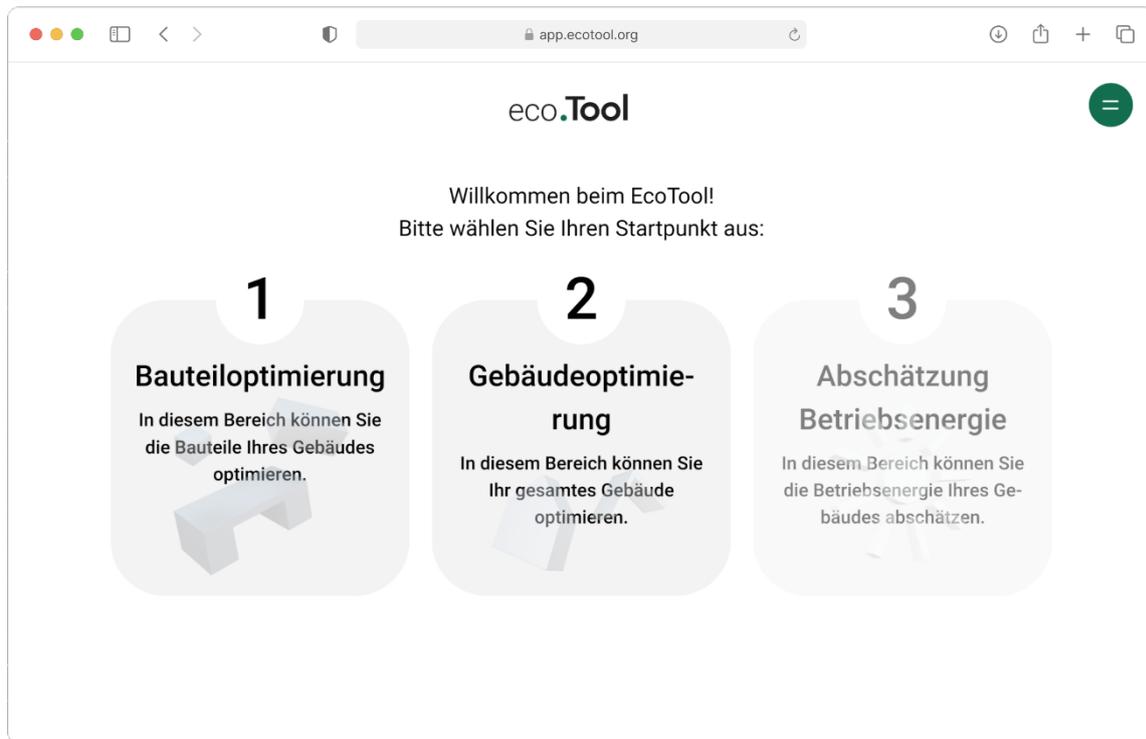


Abbildung 5: Gebäudeanalyse mit EcoTool von ZPF Ingenieure

[6] Vgl. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB; Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022; www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html;

[7] Vgl. www.ecotool.org;

Der Neubau der Kreisverwaltung Mainz-Bingen in Ingelheim

Gastprofessor Dr.-Ing. Jochen Stahl
Fast + Epp
Darmstadt/Stuttgart, Deutschland
Vancouver, Canada



Der Neubau der Kreisverwaltung Mainz-Bingen in Ingelheim

1. Ein neues Dienstgebäude für den Kreis Mainz-Bingen

Der Neubau des nunmehr zweiten Dienstgebäudes für den Landkreis Mainz-Bingen in der Kreisstadt Ingelheim am Rhein ist durch einen starken Personalzuwachs provoziert. Die verschiedenen Aufgabenbereiche der Kreisverwaltung prosperierten zum Ende der 2010er-Jahre hin so stark, dass zunächst dezentrale Lösungen außerhalb des Hauptsitzes an der Georg-Rückert-Straße gefunden werden mussten. Langfristig sollten sämtliche Einheiten der Kreisverwaltung jedoch wieder in ein und demselben Gebäude zusammenfinden. Als Standort wurde ein noch freizumachendes Baugrundstück in der Konrad-Adenauer-Straße ins Auge gefasst.

Bereits die ersten Planungen, für die der Landkreis selbst verantwortlich zeichnete, sahen ein großdimensioniertes Gebäude vor, das sich durch hohen Tageslichteintrag, gute Belüftungsmöglichkeiten, ein unterirdisches Parkhaus und weitere Merkmale einer gleichermaßen nutzerfreundlichen wie zukunftsweisenden und somit nachhaltigen Architektur auszeichnet und zugleich in angemessenem Maße den Landkreis repräsentiert. Beherbergen sollte es neben den Büroräumen Besprechungsräume, eine Kantine, Archiv- und Lagerräume, Sanitärräume und Technikflächen. Schon im ersten Bauabschnitt wurde die Möglichkeit einer späteren Erweiterung mitgedacht und beispielsweise die Tiefgarage in voller Ausbaustufe geplant und gebaut.

Das neue Bürogebäude sollte ursprünglich in Massivbauweise mit flexiblen Ausbauelementen wie Systemtrennwände und mobile Trennwände erstellt werden und dabei durch eine Kombination aus leistungsfähiger Gebäudedämmung, thermischer Aktivierung und raumlufttechnischen Anlagen möglichst energieeffizient sein.

2. Vom Massivbau zum Holzhybridbau

Im Zuge der Entwurfsplanung konnte auf der Grundlage von Variantenbetrachtungen eine Konkretisierung der Planung hinsichtlich der Baukonstruktion erreicht werden. Bei kanadischen Projekten hatte Fast + Epp bereits umfassende Planungsexpertise für mehrgeschossige Bauten in Holzhybridbauweise gewonnen. Das neue Studierendenwohnheim «Brock Commons» der University of British Columbia in Vancouver war bei seiner Eröffnung 2017 sogar das höchste Holzgebäude der Welt, wobei Erdgeschoss und Treppenkerne in Stahlbetonbauweise erstellt wurden.

Auf Ingelheim übertragen heißt das: Das Untergeschoss mit Nutzung Parkhaus wird weiterhin in Stahlbetonbauweise geplant. Für die aufgehenden Geschosse konnte Fast + Epp indes den Auftraggeber mit einer Holzskelettbauweise überzeugen, die im nächsten Kapitel ausführlicher beschrieben wird. Um Brandschutzanforderungen zu erfüllen, und zur Aussteifung der Konstruktion ist für drei Treppenhäuser (teilweise mit Aufzugsschächten) sowie vereinzelte Wände wiederum Stahlbeton vorgesehen; zwei weitere außenliegende Fluchttreppen werden als Stahlkonstruktion geplant.



Abbildung 1: Brock Commons: Hochhaus in Holzbauweise (Foto: © Michael Elkan 2017)



Abbildung 2: Die neue Kreisverwaltung Ingelheim ist ein mehrgeschossiger Holzhybridbau (Foto: Fast + Epp, mit freundlicher Genehmigung des Landkreises Mainz-Bingen)

3. Konstruktion nach dem Baukastenprinzip

Die von Fast + Epp entwickelte Konstruktion darf man sich als einfaches Stecksystem nach dem Baukastenprinzip vorstellen. Die Brettschichtholz-Pendelstützen, welche die vertikalen Lasten abtragen, werden in den Flurachsen als Gabelstützen, in den Außenwänden mit Doppelfalz-Ausschnitt ausgebildet. Sie dienen den Unterzügen (ebenfalls aus Brettschichtholz) als Auflager, wodurch Spannweiten von 2,7 Metern (Stützenraster) erreicht werden. Hierauf werden vorgefertigte fünflagige Brettsperrholz-Deckenelemente (CLT) gelegt. Dank einer Aussparung in den Platten leiten die oberen Stützen die vertikalen Lasten direkt in die unteren ein, wodurch Querdruckprobleme in den Decken und Unterzügen vermieden werden. Aufgrund des Steckprinzips konnte im Wesentlichen auf Stahlbauteile verzichtet werden, welche zur Einhaltung der Brandschutzanforderungen verkleidet werden müssen.



Abbildung 3: Die Konstruktion funktioniert nach dem Baukastenprinzip und ist rückbaubar (Grafik: Fast + Epp)



Abbildung 4: Bereits im Rohbau erkennbar: Die sichtbare Holzkonstruktion wird zu einer angenehmen Arbeitsatmosphäre beitragen (Foto: Fast + Epp, mit freundlicher Genehmigung des Landkreises Mainz-Bingen)

Insgesamt wurden in Ingelheim rund 2.000 Kubikmeter Fichten- und Birkenholz verbaut. Dadurch werden im Vergleich zur konventionellen Stahlbetonbauweise bereits bei der Herstellung rund 2.000 Tonnen Kohlenstoffdioxid weniger emittiert (graue Energie).

In Anerkennung des Neubaus als «echte Besonderheit und ein tolles Beispiel für gelebten Klimaschutz» hat das rheinland-pfälzische Klimaschutzministerium das Projekt mit einer namhaften Summe gefördert.

4. Laubholz als Alternative zu Nadelholz?

Im Zuge der Entwurfsplanung hat Fast + Epp verschiedene Varianten der Nutzung von Laubholz anstelle von Fichtenholz betrachtet. Anlass dafür waren vor allem stark schwankende Rohholzpreise, die zu einem Zielkonflikt führten: Entweder die Baukosten wären immens gestiegen, oder man hätte die Verwendung des ökologischen Baustoffes Holz minimieren müssen. Im Ergebnis konnte Birke als gangbare Alternative identifiziert werden. Birkenholz war zwar pro Kubikmeter um 270 Euro teurer als Fichte. Durch schlankere Querschnitte war es jedoch möglich, das Volumen des verbauten Holzes um 82 Kubikmeter (ca. 21 Prozent) zu reduzieren, so dass sich die Kostensteigerung insgesamt auf nur 9 Prozent beläuft. Zudem konnte man von stabilen Preisen, hoher Verfügbarkeit und guten Transportmöglichkeiten profitieren und den innovativen Charakter der Konstruktion wahren, die das Bauvorhaben zu einem Leuchtturmprojekt macht.

Da zusätzlich zu den Stützen auch Unterzüge aus Birke hergestellt werden sollten und hier Durchbrüche erforderlich waren, ist auf Anraten des Prüfsachverständigen sicherheitshalber die Einholung einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung (vBG) gemäß § 17 a Abs. 2 Nr. 2 LBauO erfolgt. Für die Antragsunterlagen hat die Firma Hasslacher aus Sachsenburg (Österreich) als Hersteller der Birkenholzelemente eine gutachterliche Stellungnahme von Prof. Dr. Gerhard Schickhofer, dem Leiter des Instituts für Holzbau und Holztechnologie der Technischen Universität Graz, eingeholt. Mit Hilfe von Finite-Element-Berechnungen sind die Spannungen im Bereich von Durchbrüchen in den Unterzügen in Abhängigkeit von ihrer Lage und Größe untersucht worden. Auf der Grundlage dieser Berechnungen sind Querkzug- sowie vereinzelt Querkraftverstärkungen angeordnet worden.

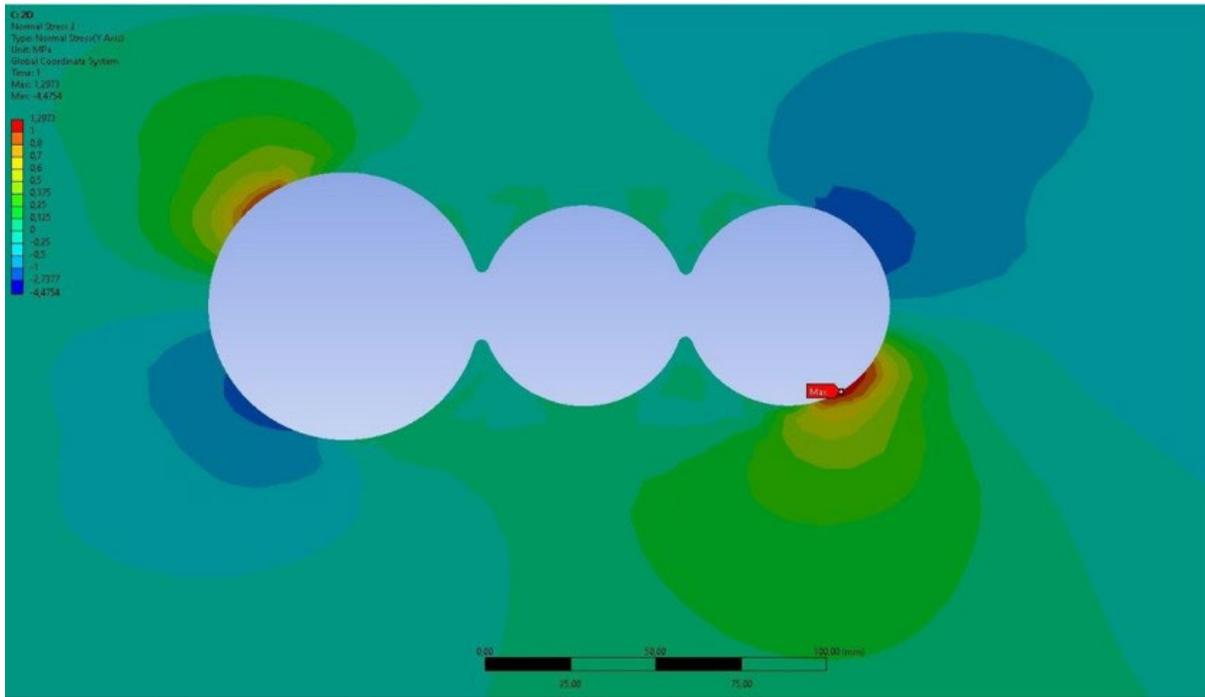


Abbildung 5: FE-Berechnung der Spannungen bei Durchbrüchen in Unterzügen
(Grafik: TU Graz / Prof. Dr. Gerhard Schickhofer)

5. Hohe Flexibilität durch integrale Planung



Abbildung 6: Grundriss Regelgeschoss
(Ausschnitt; Plandarstellung: Architekten Höhlich & Schmotz)

Planungsaufgaben wie der Neubau des zweiten Dienstgebäudes in Ingelheim sind so komplex, dass ihre erfolgreiche Bearbeitung nur durch einen integralen Planungsprozess im Zusammenspiel aller Projektbeteiligten gelingen kann. Somit trägt eine integrale Planung zur Steigerung der Qualität bei, insbesondere dann, wenn ein Bauteil – wie etwa ein Unterzug – mehr als eine Funktion übernimmt.

Der Landkreis Mainz-Bingen als Bauherr hatte, wie oben in Kapitel 1 referiert, schon in der Ausschreibung mit Blick auf eine spätere Um-

nutzung der Räume eine hohe Grundrissflexibilität gewünscht. Auf diese Vorgabe vom Bauherrn und den Architekten hin hat Fast + Epp ein optimales Tragwerkskonzept entwickelt. Der Lastabtrag erfolgt über die Stützen und Unterzüge in den Flur- bzw. Außenachsen. Somit können die Decken über den Räumen frei spannen. Die Trennwände sind nichttragend und daher frei verschiebbar.

Im Dialog mit den Architekten und den Fachplanern der Technischen Gebäudeausrüstung konnte erreicht werden, dass die Durchbrüche in allen Unterzügen identisch und somit die Bauteile gleich sind. Das hohe Maß an Serialität umfasst schließlich die Deckenheiz- und

Kühlsegel an den Bürodecken. Diese liegen nämlich in einer Achse mit den Fenstern und folgen somit dem Fassadenraster, das seinerseits aus dem Raster der Skelettkonstruktion abgeleitet ist. Zahlreiche Bauteile konnten vorgefertigt und die Bauzeit verkürzt werden.



Abbildung 7: Maximale Flexibilität bei der Anordnung der Trennwände durch konsequente Orientierung am Raster der Skelettkonstruktion (Rendering: Architekten Höhlich & Schmotz / Visualisierer: MACINA)

6. Sichtbare Oberflächen und Brandschutz

Zu den zahlreichen Vorteilen von Holz als Baustoff zählt bekanntlich sein essentieller Beitrag zum Ambiente. Holz schafft Wärme und Wohlfühlatmosphäre durch ein gesundes Raumklima mit optimaler Luftfeuchtigkeit. Daher war schon im Zuge der Vorentwurfsplanung und Ausschreibung angedacht, die Innentüren aus einem beschichteten Holzwerkstoff anzufertigen. Im fertiggestellten Gebäude werden nun die sichtbaren Oberflächen der Stützen, der Unterzüge und der Decken zu einem angenehmen Raumklima beitragen.

Gelöst werden musste hier der Konflikt zwischen einer – zudem möglichst sichtbaren – Tragkonstruktion aus Holz und den Brandschutzanforderungen. Um einen Abbrand in den Durchbrüchen der Unterzüge zu verhindern, sind die Rohrleitungen über Brandschutzschalen abgeschottet. Die feuerfördernde Wirkung von Durchbrüchen zur Leitungsführung wird ferner durch die Ausbildung eines F90-Schachtes und – bereichsweise in den Stahlbetonkernen – eine eigene Brandschottung durch Stahlbeton kompensiert. Drittens wurden an deckengleichen Stahlträgern an der Unterseite Brandschutzplatten angebracht, wobei zur Wahrung der Holzoptik noch ein Abdeckbrett zum Einsatz kommt.

Da das Brandschutzkonzept für den Neubau in Ingelheim insgesamt die Feuerwiderstandsklasse F90-B ausweist, ist über die aufgezählten gesonderten Maßnahmen für sämtliche nicht verkleidete Holzbauteile ein entsprechender Nachweis geführt worden.



Abbildung 8: Die Holz-Skelettkonstruktion im Rohbau. Stützen und Unterzüge bestehen aus Birkenholz, die CLT-Deckenelemente aus Fichtenholz (Foto: Fast + Epp, mit freundlicher Genehmigung des Landkreises Mainz-Bingen)

7. Ökologische Baustoffe ressourcenschonend einsetzen

Im mehrgeschossigen Holzhybridbau kommen regelmäßig Holz-Beton-Verbunddecken zum Einsatz, um beispielsweise die Tragfähigkeit zu erhöhen, Deckenschwingungen zu minimieren oder den Brandschutz zu verbessern. Auch für das Bauvorhaben in Ingelheim ist diese Variante betrachtet, jedoch aufgrund diverser Nachteile nicht weiterverfolgt worden.

Als Kriterium einer nachhaltigen Architektur, die zu schaffen das Gebot der Stunde ist, gilt nicht zuletzt deren Rückbaubarkeit. Bauteile und -elemente sind zunächst nach Material sortenrein und ohne großen Aufwand zu trennen und dann wieder dem technischen Kreislauf zuzuführen. Auf diese Weise wird der hohe Anteil der Baubranche am weltweiten Ressourcenverbrauch reduziert. Dank der von Fast + Epp entwickelten Konstruktion nach dem Baukastenprinzip ist eine spätere Rückbaubarkeit problemlos möglich und die Wirkung der eingesetzten Materialien auf die Umwelt weitgehend reversibel.



Abbildung 9: Hoher Vorfertigungsgrad, kurze Bauzeit, Rückbaubarkeit: Der Neubau in Ingelheim ist ein Leuchtturmprojekt in Sachen Innovation und Nachhaltigkeit (Foto: Fast + Epp, mit freundlicher Genehmigung des Landkreises Mainz-Bingen)

CRCLR-Haus – zirkulär gebaut?

Christian Schöningh
Die Zusammenarbeiter – Gesellschaft von Architekten mbH
Berlin, Deutschland



CRCLR-Haus – zirkulär gebaut?

Das CRCLR-Haus ist ein Umbau- und Erweiterungsprojekt in Berlin-Neukölln. Ein lange Zeit leerstehender Teil einer gründerzeitlichen Brauerei wurde umgenutzt und um drei Geschosse zu einem gemischt genutzten Gebäude aufgestockt. Als Bauherrin hatten wir eine sehr weitgehend gefasste nachhaltige Agenda für das Planungsteam formuliert.

1. Anlass, Initiative und Perspektive der Bauherrin

Die Initiative zum Bau des CRCLR Hauses geht zurück auf einen großen Erfolg an nicht weit entfernter Stelle: ein kleines gründerzeitliches Fabrik-Hinterhaus war schnell viel zu klein geworden als Ort für das Aufeinandertreffen, den Austausch und die Weiterentwicklung von Ideen, Fähigkeiten und Ressourcen zwischen Menschen und Projekten.

Für die angestrebte Erweiterung wurde erstens das Thema Kreislaufwirtschaft fokussiert und zweitens als Standort eine ca. 2.000 qm große, leerstehende Fabrikarchitektur ins Auge gefasst: das ehemalige Sozial- und Lagergebäude der Kindl Brauerei in Berlin Neukölln.

Die Betreiber.innen (agora collective e.V.) fragten die Stiftung Edith Maryon aus Basel an, gemeinsam ein Projekt zu entwickeln, das den Erwerb der zum Kauf angebotenen Liegenschaft begründen sollte. Die Stiftung veranlasste eine Prüfung, um sowohl die Potenziale der Immobilie als auch die Initiator.innen unter die Lupe zu nehmen.

Das führte Ende 2015 zum Kauf des Areals durch eine Tochtergesellschaft der Stiftung.

Das Gesamtprojekt wurde deutlich grösser als das zunächst betrachtete Gebäude; es beinhaltete einen zweiten Bauplatz für ein Neubauvorhaben und ca. 40.000 qm weitere, zum Teil bereits nachgenutzte Bestandsflächen der ehemaligen Brauerei.

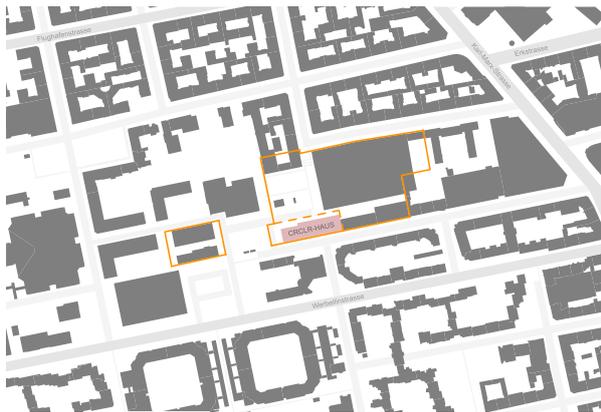


Abbildung 1: Lageplan CRCLR Haus in Berlin-Neukölln

Ansicht Südfassade

Alle bis hierher Beteiligten formierten sich zu einem Team, das die weitere Projektentwicklung und -steuerung des gesamten Areals übernehmen sollte, wohlgermerkt verschiedene Planungs-Fachleute gemeinsam mit den designierten Nutzer.innen mehrerer Projekte und Vertreter.innen der Eigentümerin in einem Team.

In dieser Konstellation wurde u.a. die Planungsaufgabe für das CRCLR-Haus entwickelt mit folgenden, stark zusammengefassten Zielen:

- Erhalt des Bestandes und Umbau zu Werkstätten und Co-Working
- Aufstockung um 2 bis 3 Geschosse mit ca. 2.000 qm für Wohnen und Gewerbe
- Wiederverwendung und künftige Wiederverwendbarkeit neuer Bauteile und -materialien.

Ebenfalls in dieser Phase entstand der Gedanke für die Bauherrenschaft im Erbbaurecht in Form einer Dachgenossenschaft für insgesamt mehrere Projekte auf dem Areal.

Mitte 2015 erfolgte der Projektauftrag «Experimenteller Geschosswohnungsbau in Berlin» im Rahmen des Berliner Sondervermögens «Infrastruktur der wachsenden Stadt (SIWA)». Dort konnten sich Projektinitiativen um erhebliche nicht rückzahlbare Zuschüsse bewerben. Dass beide eingereichten Projekte der TRNSFRM mit ihren experimentellen Inhalten die Auslober überzeugen konnten, war ein nicht zu unterschätzender Impuls für die letztlich selbstgetragene Entwicklung der Projekte.

Die Genossenschaft TRNSFRM eG wurde im Sommer 2016 mit dem Selbstverständnis eines gemeinwohlorientierten Bauträgers gegründet. Gemeinwohl im Sinne der Nachhaltigkeit sowie einer gemischten und gerechten Stadt.

Die TRNSFRM hat sich die durch die Initiator.innen entwickelte Programmatik für den Betrieb des CRCLR-Hauses als Leitschnur des eigenen Handelns bei Planung und Bau zu eigen gemacht; auch der Bau des Hauses selber sollte zirkulär umgesetzt werden. «Zirkulär» wurde dabei vorläufig verstanden als ein nachhaltiger, bewusster und ganzheitlich an der Kreislaufwirtschaft orientierter Umgang mit jeglichen Ressourcen.

Wir möchten mit dem CRCLR-Haus der Erkenntnis gerecht werden, dass ein Bauwerk nur nachhaltig sein kann, wenn die soziale Dimension nicht – wie sonst häufig – vernachlässigt wird und gleichzeitig heutzutage nur noch sozial sein kann, was auch in einem umfassenden Sinn nachhaltig ist.

Die Beurkundung der Erbbaurechte erfolgte 2017 (Alltag) und 2018 (CRCLR-Haus). Der einzige Kreislauf, den alle Beteiligten damit verhindern wollten, wurde so für mindestens 99 Jahre unterbrochen: die anhaltende «Wertsteigerung» der Immobilie, getrieben aus spekulativen Prozessen auf dem Grundstücksmarkt.

2. Projektentwicklung

2.1. Lernreise

Ein wichtiger Teil in der Projektentwicklung war die von der TRNSFRM eG veranstaltete Lernreise zum Thema «zirkuläres Bauen». Sie fand in etlichen Workshops mit Nutzer.innen, Expert.innen und den involvierten Planungsteams statt und führte auch reell zum Besuch vorbildlicher Projekte in den Niederlanden, Dänemark und Schweden.

Neben einer umfangreichen Dokumentation und konkreten Ansätzen für die beiden eigenen Projekte endete die Lernreise 2016 mit den 11 Grundsätzen zum zirkulären Bauen:

BAU ZIRKULÄR!

1. Baue **robuste und veränderbare** Gebäude, die im Laufe ihres Lebens aktiv an die sich verändernden Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden können.
2. Denke Gebäude als **temporäre Materiallager** mit dem Ziel der langfristigen Erhaltung von Identität und damit Wert der eingesetzten Ressourcen.
3. Verwende **einfache Standards** und modulare Komponenten, so dass einzelne Elemente einfach ausgetauscht werden können.
4. Baue nur was nötig ist mit so **wenig Ressourceneinsatz** wie möglich.
5. Wähle **gesunde und qualitätvolle Materialien**, so dass sie mehrere Lebenszyklen bewältigen können.
6. **Dokumentiere** die eingesetzten Materialien, um zukünftige Wiederverwendung zu ermöglichen.
7. **Design for Disassembly**. wähle reversible, mechanische und zugängliche Verbindungen, die eine wiederholte Montage und Demontage erlauben.
8. **Fertige Gebäudeteile vor**, um die Montagezeit und kurzfristige Änderungen vor Ort zu minimieren.
9. **Teilen** geht vor Besitzen. Bauteile und Einbauten werden möglichst als Service und nicht als Produkt selbst bezogen.
10. **Befördere Kreisläufe** innerhalb der verschiedenen Nutzer im Gebäude (stoffliche, ökonomische und soziale)
11. Schaffe eine passive, ressourcensparende und dezentrale Ver- und Entsorgung; Standards **orientieren sich am Bedarf** und nicht am Maximum.

Abbildung 2: Grundsätze zum zirkulären Bauen

2.2. Initialnutzung

Die Dauer von Planung, Baugenehmigung, Erbaurechtsverhandlungen und Finanzierung wurde für eine vorgeschaltete «Initialnutzung» im Bestandsgebäude genutzt.

Fast alle Flächen wurden minimalistisch hergerichtet und ausgestattet, um einen Probelauf für das CRCLR-Haus durchzuführen. Mit Unterstützung einer großen und begeisterten Community wurde zurückgebaut, sortiert, gestapelt sowie erstmals hin- und hergeräumt – eine später sich häufig wiederholende Tätigkeit.



Abbildung 3: Materialernte in Subotniks

Feierabend

2.3. Experiment und kurze Denkpause

Schon vor dem Projektaufruf des Berliner Senats war das Programm des CRCLR-Hauses erklärtermaßen ein Experiment. Unterwegs in diesem Neuland war allen klar, dass dazu gehören muss, abrechnen und umdenken zu dürfen.

Im Stadium einer so gut wie abgeschlossenen Ausführungsplanung und nach ersten Ausschreibungsergebnissen hat die TRNSFRM die Planung für sich als nicht umsetzbar beurteilt. Gründe dafür waren vorrangig sowohl nicht leistbare Kosten als auch kritisch erscheinende baukonstruktive Themen im Detail.

Gleichzeitig drängelten die Nutzer:innen der Bestands-geschosse sowie die der Aufstockung (eine zwischenzeitlich gegründete Mietergenossenschaft) und auch das Erbaurecht. Denn ein Erbaurecht bedeutet nicht nur – wie der Begriff vermuten lassen könnte – ein Recht, sondern immer auch eine Pflicht. Je nach Projekt ist ein bestehendes Gebäude in Stand zu halten, zu ertüchtigen, umzubauen oder auf einem freien Grundstück ein Neubau zu erstellen, jeweils in einer vertraglich geregelten Frist.

2.4. Baubeginn und Neustart

Unter diesem Handlungs- und Zeitdruck begann im Februar 2020 der Umbau der Bestands-geschosse. Sobald die Baustelle in gutem Fahrwasser sein würde, sollte auch der Startschuss für die neue Planung der Aufstockung erfolgen.

Diese Aufgabe wurde einem neuen Architektenteam (die Zusammenarbeiter – Gesellschaft von Architekten mbH) übertragen. Wir konnten dabei auf die Mitwirkung von Barbara Buser und Eric Honegger zählen, die das reuse-Knowhow aus dem Baubüro in situ aus Basel einbrachten, nicht zuletzt aus dem mittlerweile einschlägig renommierten Projekt K 118 in Winterthur.

Das Planungsteam konnte sich in einem umfangreichen «Wissens-Zirkel» der bisherigen Planung gut orientieren und auf Grundlage einer klaren Aufgabenstellung zügig durchstarten. Das Programm war durchdekliniert, Bauherrin und Nutzergruppen wussten, was sie wollten und was es besser zu vermeiden gilt. Auch das war gemeinsam gelernt worden. Prinzipien der gemischten Stadt werden auf das Gesamtgebäude übertragen. Das Zusammenwirken von Wohnen, Arbeiten und gemeinschaftsorientiertem Leben bleibt Leitthema des CRCLR Hauses. Die Nutzungen Wohnen und Arbeiten sind verzahnt und bilden gemeinsam mit dem städtischen Umfeld gegenseitige Nutzungsszenarien und Interessensgemeinschaften aus, die idealerweise die stofflichen, sozialen und kognitiven Kreisläufe im Stadtteil bedienen.

In einem nur viertägigen Workshop mit allen Fachingenieur.innen und Nutzer.innen wurde:

- das Aufgabenverständnis im Team abgestimmt
- Ziele vereinbart und ein Regelwerk aufgestellt (siehe Bild 4),
- das architektonische Konzept mit Erschließung, Gebäudevolumen und Nutzungsverteilung entwickelt sowie
- mit den Fachingenieur.innen grundlegende Fragen der Statik, der Bauweise der tragenden Konstruktionen, des Wärme- und Brandschutzes sowie der TGA geklärt.

Mit der Bauherrin werden folgende Ziele vereinbart:

1. zirkuläres Bauen als zentrale Aufgabenstellung angemessen verarbeiten.
Zirkulär Bauen bedeutet 3 Prinzipien:
 - Wiederverwendung von Bauteilen und -stoffen
 - so zu bauen, dass alle Bauteile wiederverwendbar sein werden
 - materiell ausschliesslich Kreisläufe speisen (biologisch und technisch)
2. genehmigungsfähige Lösung für maximal 100% des unveränderten Budgets
3. Baubeginn noch in einem Zuge mit Baustelle im Bestand
(Tektur Bauantrag: 10-2020)
4. durchgängig barrierefreie Wohnungen (keine Maisonetten)
5. mehr Nutzflächen, weniger V-, K- und Technikflächen
6. Verbesserung CO₂-Bilanz in Bau (graue Energie) und Betrieb
7. Höhere Nutzungsvariabilität und bauliche Anpassungsfähigkeit im gesamten Lebenszyklus (möglichst keine Schotten)
8. bessere Passung mit den Bedarfen und Wünschen der Nutzer.innen
9. bessere Nutzbarkeit individueller und gemeinsamer Aussenflächen
10. Verbesserung A/V – Verhältnis,
verbesserte, möglichst „PH-taugliche“ Hülle, mind. KfW55-fähig.

Zusätzlich werden folgende Regeln mit hoher Verbindlichkeit vereinbart:

1. einfache, robuste und sichtbar gefügte Tragkonstruktionen
2. keine Auskragungen / möglichst keine Vor- und Rücksprünge
3. Entkoppelung der funktionalen Bestandteile in der Baukonstruktion
(geringere Anforderungen an Bauteile)
4. alle Nutzflächen mit 2 baulichen Rettungswegen
5. keine innere Brandwand
6. Bauteile additiv / nicht integrativ fügen / nicht kleben
7. Brandschutzverkleidungen möglichst vermeiden
8. alle TGA-Installationen auf Putz / sichtbar
9. geteilte Räume und Nutzungen vorsehen
10. Zur Wiederverwendung dieser vorhandenen Bauteile vorsehen:
 - Holz-Alu Fenster
 - Stahl, Fachwerk- und I-Träger
 - Vorhangfassadenelemente, Blech und Glas
 - Sanitärobjekte

Abbildung 4: Zielvereinbarung und Regelwerk

Anfang 2022 wurde die Nutzung der Bestands-geschosse aufgenommen, nachdem der strukturellen Ertüchtigung des Gebäudes durch TRNSFRM noch ein umfänglicher, ebenfalls größtenteils zirkulärer Mieterausbau gefolgt war.

Die Arbeiten an der Aufstockung begannen im Juni 2021 mit den StB-Bauteilen und werden zur Zeit abgeschlossen.

3. Planung im Bestand

Beim CRCLR-Haus handelt es sich um ein zwei-geschossiges Bestandsgebäude in einer für Berlin eher untypischen Hanglage am Rollberg und eine zwei- bis drei-geschossige Aufstockung.

Die Rohbauarbeiten am Bestandsgebäude hatten nach zum Teil ebenfalls geänderten Plänen mit reduzierten Maßnahmen begonnen, ohne zu wissen, was der zukünftige Entwurf der Aufstockung an Maßnahmen erfordern würde. Es waren bereits Fundamente verstärkt worden und eine neue Tragstruktur im EG aus Stahlbeton für die Aufstockung stand kurz vor der Ausführung.

Das bedeutete, dass die Planung der Aufstockung die Konditionen des Bestandes hinsichtlich Statik sowie Ver- und Entsorgung radikal akzeptieren musste.

Vom Kindl-Hof aus betrachtet ist das untere Bestandsgeschoss ein Keller, der sich aber zur Rollbergstraße hin öffnet. Hier gibt es fünf größere Räume zwischen 100 und 150 m²; im Hochparterre eine Halle mit gut 1.000 m² Nutzfläche. Auf diese unterschiedlichen Bestandsflächen wurden geeignete Nutzungen verteilt: Im Keller sind Labore und Werkstätten für handwerklich-produzierende, forschende und lernend-lehrende Aktivitäten rund um material- und ressourcensparende Anwendungen untergebracht; im Erdgeschoss finden inkl. 600 m² neu geschaffener Galerieebene klassisches Co-Working sowie Räume für Veranstaltungen und Netzwerken mit geteilt nutzbaren Flächen sowie ein Gastronomiebereich Platz. Bis hierhin entsprach die Planung also dem Grundsatz #1 des zirkulären Bauens (Abbildung 2), indem die Potenziale des vorhandenen Gebäudes analysiert und ausgereizt sowie jeweils passende Nutzungen etabliert wurden.

Ein Ziel war die Bausubstanz in den Bestandsgeschossen weitestmöglich zu erhalten, um den Ressourcenverbrauch gering zu halten. Alle Kellerwände und ein Großteil der Außenwände im EG wurden erhalten. Aufgrund der Lasterhöhungen aus drei zusätzlichen Geschossen mussten zahlreiche Ertüchtigungsmaßnahmen ausgeführt werden.

Es wurden Fundamente durch Unterfangungen verstärkt, nicht tragfähiges Bestandsmauerwerk z.T. in StB ersetzt und Mauerwerkspfeiler vergrößert. Bestehende Stahlstützen im Untergeschoss wurden einbetoniert und bis ins EG verlängert, um die neue Decke über EG aufzulagern und zusätzliche Lasten der Aufstockung abzutragen.



Abbildung 5: alter Stahl / neuer Beton

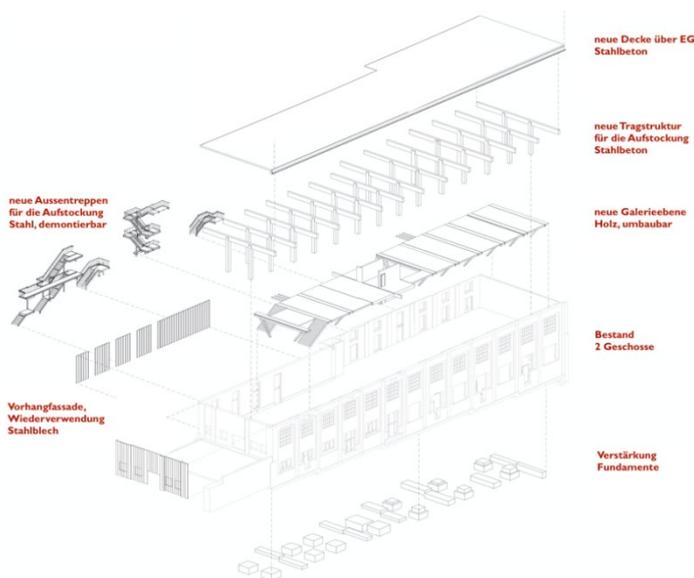


Abbildung 6: Ergänzungen des Bestands

4. Neubau auf dem Dach

4.1. Wesentliches

Der Ansatz, die Brandschutzanforderungen in Gebäudeklasse 5 als Sonderbau eher organisatorisch als technisch zu erfüllen, führte zu vier wesentlichen Entwurfsentscheidungen für die Aufstockung:

- Die Anordnung von zwei Baukörpern auf der neuen Betondecke erlaubt eine funktionale Trennung, ohne mit der ansonsten erforderlichen Brandwand eine Abschottung zu bauen. Stattdessen wird dort ein Gewächshaus angeordnet, das sowohl brandschutztechnische Trennung als auch sozial verbindender Raum ist.
- Die zwei notwendigen Rettungswege wurden nördlich, außerhalb des Bestandsgebäudes positioniert. Im Bereich der Aufstockung schwenken die Stahltreppen in den Treppenraum.
- Im Haus West entstehen auf drei Geschossen je ein nach Bauordnung größtmögliches Wohnungs-Cluster (≤ 400 m³ ohne feuerbeständige Trennwände) und eine separate Wohnung, im Haus Ost auf zwei Geschossen jeweils weitere CoWorking-Flächen.

Die Aussteifung beider Gebäude über die Stahlbetonwände der Treppenhäuser und des TGA-Schachtes wird ergänzt durch BSP-Wandscheiben und die mit Holzverbindern zu Scheiben verbundenen BSH-Deckenelemente.

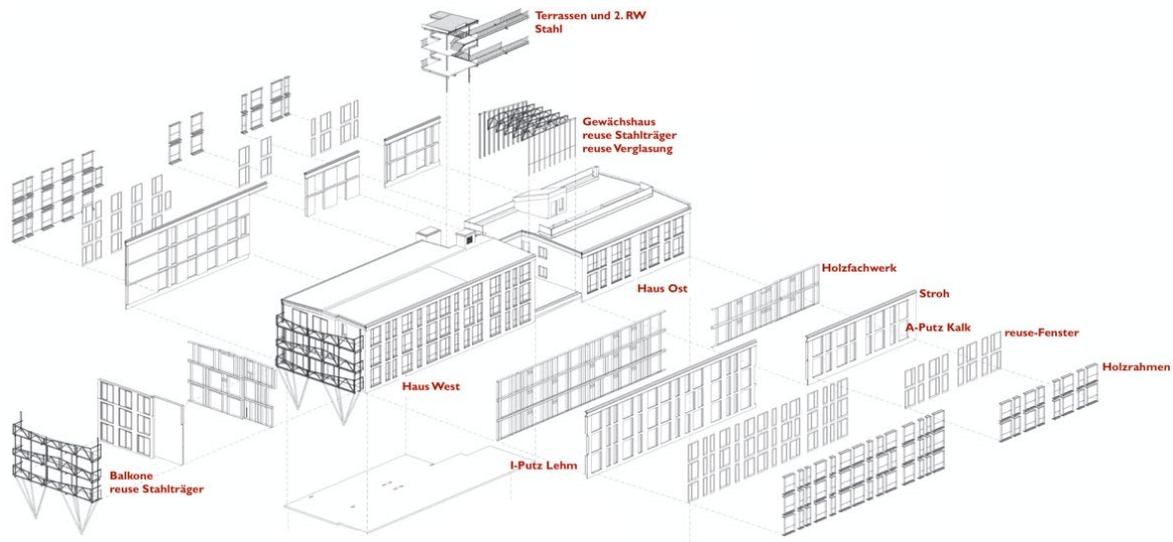


Abbildung 7: Elemente der Aufstockung, wiederverwendet oder nahezu komplett wiederverwendbar konzipiert

4.2. Angewandte Grundsätze

Die Grundsätze zum zirkulären Bauens waren recht feste Leitplanken beim Entwurf der Tragkonstruktion sowie der meisten anschließenden Entscheidungen – erst recht, wenn sie zu kombinieren waren.

Sie führen auf einer ersten Entscheidungsebene fast unvermeidbar zu nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere Holz im Tragwerk.

Die Kombination mit der Anforderung «veränderbare Räume» legt einen Skelettbau nahe, die vereinbarte einfache Bauweise führt im nächsten Schritt zu einer Stützen-Unterzug-Konstruktion; die Unterzüge dabei recht hoch sichtbar unter der massiven Decken (BSP), um Stahlträger als deckengleiche Unterzüge und so zusätzliche Anforderungen bzw. andersartige Lösungen (z.B. Kapselung oder Beschichtung) für den Brandschutz zu vermeiden. Die lichte Höhe unter den Unterzügen wurde mit $\geq 2,40$ Metern festgelegt, wodurch die Höhe der Unterzüge schließlich die lichte Raumhöhe mit 2,80 Meter bestimmte.

Mit dem Argument einer nachhaltigen Bauweise mit so bedingt höheren Geschossen konnten wir sogar die Überschreitung der zulässigen Gebäudehöhe nach B-Plan begründen.

Durch seitliches Ausklinken der BSH-Unterzüge wird die BSP-Decke seitlich angeschlossen, aber gleichzeitig einfach gelagert. Dieses Detail mit Schallschutz-Auflager bringt zum einen Raumdichtigkeit und Schallschutz, zum anderen können durch den seitlichen Anschluss Raumhöhe und aufwändige Verbindungsmittel für den Vertikalanschluss gespart werden. Sämtliche Verbindungen wurden demontierbar geplant und unter vollständigem Verzicht auf Nägel und Kleber ausgeführt, also im Wesentlichen geschraubt oder verklotzt.

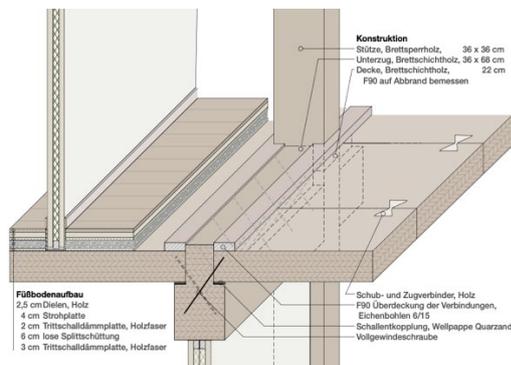


Abbildung 8: Anschluss der BSP-Decken an BSH-Unterzüge – Schrauben sichern die Zug- und Schubverbindungen der Deckenscheibe

Die Dachdecke wurde als Balkendecke mit Zwischendämmung geplant, um eine hinterlüftete Dachkonstruktion zu erreichen und auf mineralische Dämmstoffe und eine Bitumenabdichtung zu verzichten.

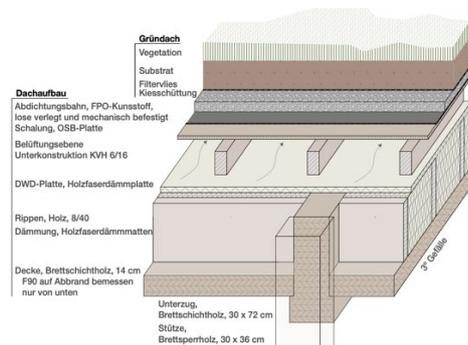


Abbildung 9: Dachaufbau

4.3. Verwendung von Recycling-Beton

Hierzu gab es keine übereinstimmende Haltung, weder im Planungsteam noch in der Abstimmung mit der Bauherrin.

Der zulässige Anteil recycelter Zuschläge beträgt maximal 45%. Für unser Projekt wurden Versuche mit bis zu 100% R-Zuschlägen durchgeführt.

R-Beton führt zu Abfallvermeidung und schont die Ressource Kies.

Um jedoch graue Energie zu minimieren, sollten Planungsaufgabe und -ansatz sowie Gestaltungswille überhaupt erst möglichst wenig Beton erfordern.

Beton widerspricht als nicht mehr trennbares Verbundmaterial mehreren Grundsätzen des zirkulären Bauens. Andererseits ist Beton günstig und gut geeignet, die kombinierte Anforderung aus Brandschutz und Tragfunktion zu erfüllen.

Das Betonbeispiel zeigt, dass neben wohlfeilen Sonntagsreden klare Ziele und praktikable Kriterien für die zirkuläre Entwurfsarbeit erforderlich sind. Die diskutierten Aspekte sind zudem kostenrelevant, so dass innerhalb dieses argumentativen Dilemmas entschieden werden musste. Der im Team entwickelte Pragmatismus führte zusammen mit dem letztlich als Priorität festgelegten CO₂-Fußabdruck zu einer Entscheidung gegen R-Beton und für eine Minimierung der Betonmengen.

Für die Aufstockung bedeutet das Treppenräume sowie Schächte für TGA und Aufzug aus Stahlbeton.

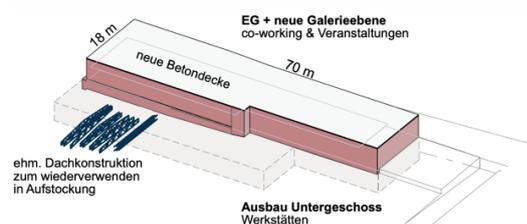


Abbildung 10: neue StB-Decke über Bestand

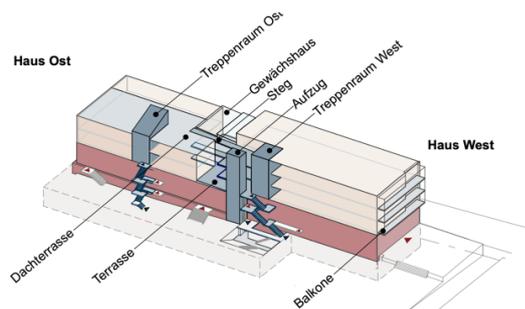


Abbildung 11: StB-Elemente der Aufstockung

Im Unterschied zum ersten Entwurf wurde das Tragwerk der Aufstockung an das vertikale Stützraster des Bestandes angepasst, wodurch die Stahlbetondecke über EG 40% schlanker ausfallen konnte. Diese Einsparung entspricht ziemlich genau der in den genannten Bauteilen der Aufstockung verbauten Betonmenge.

4.4. Holzbau / Brandschutz

Mit wenigen Ausnahmen aus Schallschutzgründen wurden Holzbauteile nicht verkleidet. Trotz der Brandschutzanforderung R90 und REI90 infolge der Einordnung als Sonderbau in GK 5 wurde für tragende Holzbauteile bewusst auf eine Kapselung verzichtet und der Nachweis über den Abbrand geführt. Nach der neuen Muster-Holzbaurichtlinie 2020 wäre das

gewählte Konzept so nicht mehr zulässig, da hiernach nur entweder die Decke oder 25% der Wände je Raum einer Nutzungseinheit mit brennbaren Oberflächen zulässig sind.

Bei allen Verbindungsmitteln aus Stahl und Aluminium wurde darauf geachtet, dass diese im Brandfall durch Holzbauteile überdeckt sind. Beispielhaft ist der Standardanschlusspunkt der Unterzüge an die Stützen. Der gewählte Verbinder (MEGANT®) ist mit einer ausreichenden Holzüberdeckung für F 90 zugelassen.

Für die Brandschutzabdeckung der Vollgewindeschrauben für die Schub- und Zugverbindung zwischen Unterzug und Decke, wurde ebenfalls Holz gewählt (Eiche 6 cm).

Es wurden auch Verbindungen aus Holz eingesetzt, z.B. der x-Fix® Verbinder, der auch auf Abbrand bemessen wurde und die Scheibenwirkung der Brettsper Holzdecke herstellt.

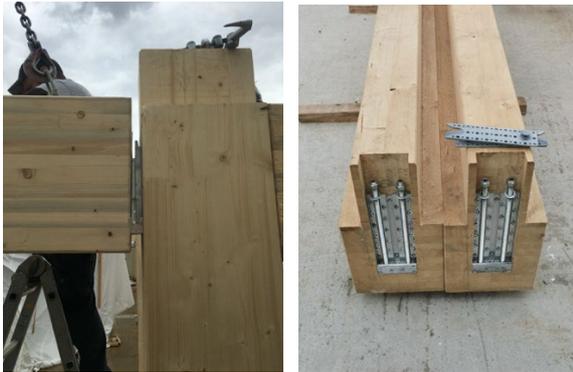


Abbildung 12: im / mit Holz verdeckte Verbindung Unterzug / Stütze

4.5. Strohbalkenkonstruktion für Außenwände

Soll eine PassivHaus-taugliche Außenwand nach dem Prinzip «einfach Bauen» entstehen, überzeugt die Strohbalkenwand;

hier eine vollständige Schnitt-Detailzeichnung ungefähr im Maßstab 1:2

| Kalk | Strohh | Lehml

Ein Schweizer Neubau als Referenz eröffnete uns die zuvor nicht wahrgenommene Möglichkeit, für einen Sonderbau der Gebäudeklasse V derartig zu bauen.

Für diese Konstruktion gibt es in Deutschland ein Allgemeines Bauaufsichtliches Prüfzeugnis (ABP) als tragende F90-Wand. Sie besitzt allerdings auch Optimierungspotenzial.

So ist der Massivholzanteil des Fachwerkes zumindest in der bei uns statisch nicht tragenden Anwendung absurd hoch, aber nach ABP eben zwingend.

Auch eine Variante für den Kalk-Außenputz ist aus mehreren Gründen wünschenswert.

Erschwerend kommt hinzu, dass das ABP von einem gemeinnützigen Verein erlangt wurde. Dieser war, anders als Hersteller, die ja ein Interesse haben, ihr Produkt optimal zu verkaufen, nicht in der Lage, wünschenswerte Abweichungen vom ABP als geringfügig zu bewerten. Die Ausführung war so schliesslich in jeder Hinsicht aufwendiger als nötig.

Die luftdichten Anschlüsse des Innenputzes der Außenwand wurden nur im später nicht mehr gut zugänglichen Bereich des Fußbodenaufbaus mit Klebebändern hergestellt. Der Anschluss an angrenzende Bauteile wurde oberhalb mit einem neu entwickelten Füllstoff eines Lehmputzherstellers im Grundputz ausgeführt. Diese Lösung ist noch nicht zertifiziert, hat aber nach Angaben des Herstellers in Versuchsaufbauten sehr gute Ergebnisse bei der Dichtigkeit erzielt. Durch einen vorgezogenen Blower-Door-Test wurde das bei unserem Bau bestätigt. Offen ist noch die Dauerhaftigkeit dieser Lösung, was aber sicher auch für verdeckt eingebaute Klebebänder gilt. Die gewählte Lösung bleibt frei zugänglich und die Behebung von Leckagen kann mit einem nassen Pinsel erfolgen.

Im Aussenputz wurde die Winddichtigkeit mit in der mittleren Putzlage eingearbeiteten APU-Profilen hergestellt; der Endputz erhält einen Kellenschnitt.

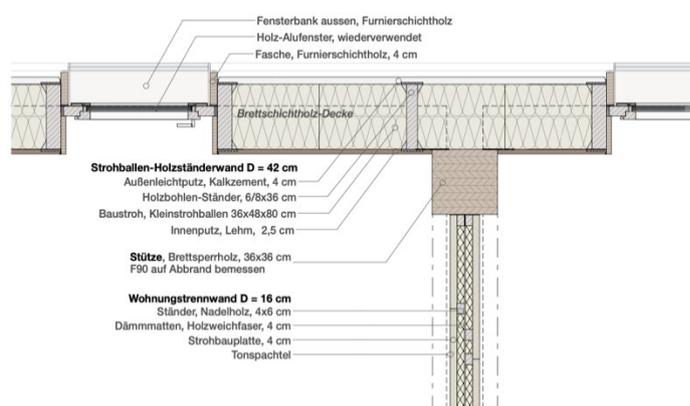


Abbildung 13: Schnitt-Detailzeichnung Außenwand

4.6. Wiederverwendung von Stahlträgern

Die ausgebauten Stahlfachwerkträger und Stahlpfetten des Bestandsdaches der Halle wurden für die Aufstockung als Dachträger im Gewächshaus und als Treppenwangen in statisch tragender Funktion vorgesehen. Um die Wiederverwendung der Stahlbauteile zu ermöglichen, wurden Zugversuche zur Bestimmung der Festigkeit und eine chemische Analyse zum Nachweis der Schweißbarkeit durchgeführt. Zusätzlich wurden die Träger entrostet und erneut gegen Korrosion geschützt. Ein Problem war die Gewährleistung, die derzeit nicht klar geregelt ist. Hier muss ein rechtlicher Rahmen geschaffen werden, der die erforderlichen Materialprüfungen festlegt, um das Werkzeugnis von Neustahl zu ersetzen.



Abbildung 14: Demontage Dachtragwerk



Abbildung 15: aufgearbeitete Träger

4.7. Wiederverwendete, neu verglaste Fenster

Bereits vor Beginn der Neubauplanung wurde eine ausreichende Menge an Holz-Alu-Fenstern erworben, die nach eigener Einschätzung unnötigerweise bei einem großen Versicherungsschaden zwei Jahre zuvor demontiert worden waren. Die insgesamt 600 m² hochwertiger Fenster wurden durch einen nicht fachkundigen Nachbarn, der den Abriss der Fassade eines Wohnkomplexes beobachtet hatte, vor der Entsorgung bewahrt. Diese Aktion kostete ihn rund 20.000 € für sachgemäße Demontage, Transport und Lagerung; für das CRCLR Haus wurden die Fenster für 1 € erworben und vereinbart, dass ihm die Kosten erstattet werden, sobald die Fenster tatsächlich Verwendung gefunden haben. Damit wurde das Ziel der Wiederverwendung mit der Erwartung verbunden, Geld zu sparen und gleichzeitig eine höhere als sonst erschwingliche Qualität zu erhalten.

Diese Erwartung konnte weitgehend erfüllt werden. Allerdings kamen zusätzliche Kosten und ein hoher handwerklicher Aufwand für eine Neuverglasung hinzu: Wegen des erhöhten Energiestandards des Gebäudes war eine 3-fach-Verglasung erforderlich. Die demontrierte 2-fach-Verglasung findet Verwendung beim Gewächshaus sowie in einem Folgeprojekt mit zum Glas passenden Anforderungen für temperierte Räume.

Die €- und CO₂-Bilanzen der Fenster hinsichtlich Ressourcenverbrauch werden ein Schwerpunkt bei der noch ausstehenden Evaluation des Projektes sein.



Abbildung 16: demontierte

und wieder eingebaute Fenster

4.8. Innenausbau

Holz, Stroh und Lehm hatten in der Rohbauphase überzeugt, so dass diese Materialien auch im Innenausbau überwiegend zum Einsatz kamen. Innerhalb der Clusterwohnungen sind keine normativen Anforderungen für Schall- und Brandschutz einzuhalten. Wir haben eigene Werte definiert, um den unter Umständen doch nicht so eng zusammenlebenden Nutzer:innen einer Cluster-Wohnung einen höheren Komfort zu bieten. Bei den verwendeten Strohbauplatten ist wie bei der Strohaußenwand die Datenlage zu bauphysikalischen Angaben eher dürftig. Vom Lieferanten gab es zusätzliche Informationen, um hinsichtlich des Brandschutzes plausible Abschätzungen treffen zu können. Für den Schallschutz wurden diverse Wand- und Fussboden-Prototypen gebaut, gemessen, umgebaut, erneut gemessen und schließlich im Abgleich mit einer ebenfalls in der realen Umgebung nachgebauten und gemessenen Standard-Gipskarton-Wand eine Bauart vergleichbar mit der klassischen Leichtbauweise gewählt.

Die Versuchsaufbauten und die Messungen vor Ort wurden unternommen, weil beim rechnerischen Schallschutznachweis infolge größerer Unsicherheiten im Holzbau, insbesondere wegen der Flankenübertragung, Sicherheitsaufschläge erforderlich sind, die gemäß Grundsatz #4 nicht akzeptabel sind.

Die Innenseite der Außenwand wird mit Lehm verputzt und die Innenwände werden mit Ton gespachtelt und nicht farblich beschichtet.

Schließlich wurde entschieden, die Strohbauplatten auch für den Fußbodenaufbau zu verwenden. Der Deckenaufbau besteht nun aus BSP-Decke, Holz-Trittschalldämmung, Splitt, Holz-TSD, Strohbauplatte und massiven Dielen (Messwert: $L'_{n,w} = 51 \text{ dB}$)

4.9. Abdichtung

Das herausforderndste Thema beim zirkulären Bauen ist wohl das Abdichten, nicht nur gegen Wasser, auch gegen Rauch und Wind; nicht nur auf dem Dach, sondern auch im Bad. Hier führt die Kombination von Grundsätzen und Anforderungen nicht auf naheliegende Lösungswege.

Auch die Fachliteratur hält für Abdichtungen in Holzbauten eher komplizierte Lösungen parat, die dem zentralen Grundsatz des einfachen Bauens widersprechen.

Um bei der Dachkonstruktion die Bauphysik auch ohne folienartige Dampfbremse zu beherrschen, wurde eine Kaltdachkonstruktion mit Firstlüfter gewählt. Das liebgewonnene Stroh schied aus Gewichtsgründen als Dämmung der flach geneigten Balkendecke aus. Stattdessen wurde Holzfaser verwendet. Die Dächer werden mit einer mechanisch befestigten und inzwischen c2c-zertifizierten FPO-Folie abgedichtet. Wegen der großen und geometrisch einfachen Dachflächen wird ggf. von diesen Folien ein Großteil wiederverwendbar sein.

Der Fußboden in den Bädern und die Wände in Duschbereichen werden ebenfalls mit dieser Dachtechnik gedichtet, um auf Flüssigabdichtungen und weitgehend auf Kleber verzichten zu können. Im weiteren Ausbau der Bäder hat die Bauherrin aber auf weitere ausgearbeitete zirkuläre Bauweisen verzichtet, weil für die Nassräume die Risiken von Experimenten nicht verantwortbar schienen.

4.10. Nutzerausbau

Bausubstanz, Gebäudehülle und die neue Struktur der Nutzflächen mit Treppen und zusätzlicher Galerieebene sowie die zentrale Haustechnik wurden durch die Bauherrin ertüchtigt und erneuert.

Anschließend begann der sehr umfängliche Eigenausbau der Generalmieterin. Der Innenausbau zeigt, wie durch die Vorgaben des zirkulären Bauens der Erhalt von Bestand und der Einsatz nachhaltiger, nachwachsender und recycelter Materialien die Baukultur positiv verändern kann. Rund 70% der verwendeten Rohstoffe und Produkte sind recycelt oder nachhaltig. Im Spannungsfeld zwischen use as is und upcycle bewegt sich das Materialkonzept des zirkulären Bauens. Die gebrauchten Materialien stammen von Abriss-Baustellen, Messen, Museen, aus Lagerbeständen oder aus Restzuschnitten von Tischlereien.



Abbildung 17: zirkulärer Innenausbau

4.11. Gebäudetechnik

Nachhaltiges Bauen wird häufig so missverstanden, dass ein bisschen besser als die gültige Energieverordnung reicht. Der Fokus dieses Berichts liegt auf Planung und Ausführung der Baukonstruktionen und deshalb zu den technischen Anlagen nur ganz knapp:

Wärme und Strom werden durch die Berliner Stadtwerke dezentral erzeugt, in der Energiezentrale gemanagt und über ein erweiterbares Nahwärmenetz verteilt. Zum Einsatz kommen u.a. Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung sowie ein saisonaler Wärmespeicher. Leider wird auch noch in einem BHKW (Bio-) Gas verbrannt.

Im CRCLR-Haus werden sämtliche Installationen auf Putz und außerhalb des Fußbodenaufbaus geführt. Die meisten eingebauten Sanitärobjekte wurden an anderer Stelle demontiert.

5. Bauausführung

5.1. Kollektive Baustelle

Die Bauausführung war abschnittsweise ein Abenteuer, auch weil für etliche Bauleistungen keine normalen Firmen gefunden und für manche auch gar nicht erst gesucht wurden. Für den Ausbau der Bestandsgehäuse gab es keine vollständige Ausführungsplanung, aber etliche, mit viel Enthusiasmus und etwas Naivität zur Wiederverwendung gesammelte Baumaterialien und -elemente. Es gab Zweifel, ob Planer und Auftraggeber überhaupt in der Lage sind, Baufirmen unter diesen Umständen zu gewinnen oder auch nur eine dafür erforderliche Leistungsbeschreibung samt werkvertraglicher Besonderheiten erstellen zu können. Dann kam Corona und führte dazu, dass etliche selbstständige Handwerker:innen beschäftigungslos wurden, weil im erweiterten Kultur- und Veranstaltungsbetrieb alles runtergefahren wurde. So wurde mit Personen, die sonst für Festivals, Messebau, Kunst und Kultur

gearbeitet hatten, die Idee der Kollektiven Baustelle entwickelt. Bis zu 30 teilweise bei der Bauherrin fest angestellte Ausgebildete und Autodidakt:innen haben ein Auftragsvolumen von ca. 600.000 € umgesetzt: Fenster, Türen, Treppen und Umwehrungen aus Resten und Abfall gebaut, zirkuläre Innendämmung, wiederverwendete Fassadenbekleidungen de- und remontiert sowie allgemeine Renovierungsarbeiten ausgeführt. Auch aus dieser «bunten Truppe» und mit der Aussicht auf Weiterbeauftragung auf der CRCLR-Baustelle ist die Bau-firma heap59 GmbH hervorgegangen, die sich dem zirkulären Bauen verschrieben hat. Sie ist verbunden mit den Laboren im Untergeschoss und so entsteht einer der ersten Wirkungskreise, die mit der Initiierung des CRCLR-Hauses beabsichtigt waren.



Abbildung 18: Reste-Tür

Abbildung 19: Vorgefundenes

Wiederverwendetes

5.2. Holz-Rohbau

Für die Ausführung der Holzbauarbeiten wurde relativ früh im Planungsprozess eine erfahrene Holzbaufirma gebunden. Die Leistungsphase 5 begleitend unterstützte deren Konstruktionsteam die Tragwerks- und Architekturplanung bei der Optimierung von Detaillösungen. Geplant wurde mit einem gemeinsamen 3D Modell, das sowohl die Maschinendaten als auch die Einbausituation jeder Verbindung beschreibt.

Bei der Montage des Holztragwerks sollten sich die erhofften Vorteile der frühen Kooperation mit der Holzbaufirma beweisen. Der vollautomatisierte Abbund und die anschließende Vorfertigung der Holzbauelemente konnten so sehr präzise erfolgen. Die ca. 3 m x 12 m großen Dachelemente wurden im Werk mit holzsichtiger Innenseite (BSP in F30 bzw unter der Terrasse F90) und einschl. Wärmedämmung hergestellt. Die Verbindungspunkte wurden so vorgefertigt, dass bei der Montage keine Zwängungen zwischen den leicht geneigten Hauptträgern entstehen konnten.

In 14 Wochen wurden insgesamt 940 m² Dachdecken, 1.480 m² Geschossdecken, 250 m² Wände, 85 Stützen und 124 Unterzüge, inklusive statischer Verbindungsmittel montiert.



Abbildung 20: Holz-Rohbau

5.3. Strohballen-Außenwand

Eine besondere Herausforderung bestand im Bau der Strohballen-Außenwand. Es wurde keine Fachfirma gefunden, die einen Auftrag in dieser Größenordnung hätte ausführen können oder wollen. Es wurden schließlich selbstständig tätige und geeignet erscheinende Handwerker:innen gefunden und von erfahrenen Mitgliedern aus dem Kreis des FASBA – Fachverband Strohballenbau Deutschland e.V. geschult. Unter der Federführung eines engagierten und meistergeführten, aber im Strohballenbau eher unerfahrenen Berliner

Zimmereibetriebes wurden in einem viermonatigen Arbeitsprozess die Außenwände auf der Baustelle in bis zu vier Meter langen Elementen vorgefertigt und einseitig außen mit einem Kalk-Grundputz versehen. Im strengen Takt der Holzrohbaubaufirma wurden die Wandelemente jeweils vor der nächsten Geschossdecke montiert.



Abbildungen 21: Vorproduktion und Montage der Strohballenwand

6. Fazit aus Sicht der Planenden

Das Erlebnis während der Rohbauphase fast ausschließlich mit Holz, Stroh, Lehm und Kalk zu arbeiten, hat überzeugt, den richtigen Ansatz gewählt zu haben. Das machte Lust auf mehr und ließ den Geruch von frischem Beton vergessen, der früher als Zeichen einer beginnenden Baustelle galt. Die beteiligten Büros hatten generell schon vor diesem Projekt einen deutlich überdurchschnittlichen Stand bei der Verwendung unbedenklicher Baustoffe. Wenn unbedenklich im Nachhinein aber auch als nicht bedacht verstanden werden kann und unter heutigen, ehrlichen Bedingungen erneut überdacht wird, dann ist klar, dass der Bauwirtschaft Umstürzendes bevorsteht.

Alle müssen sich und ihre Entscheidungen hinterfragen; alle werden viel neu- und umlernen müssen, wenn denn Neubauten überhaupt noch ein Teil der Lösung sein können.

Aus der Entstehungsgeschichte des CRCLR-Hauses nehmen wir für kommende Projekte u.a. folgende Anregungen und Fragestellungen mit:

- nur einvernehmliches Zusammenwirken der Disziplinen ermöglicht es, auch sperrige Anforderungen aus Bauvorschriften in zirkuläres Bauen zu übersetzen
- Konsequenter einfach Bauen, Standards hinterfragen, Lücken im Verordnungsdschungel identifizieren oder herstellen
- Beton dort, wo Beton notwendig ist, aber als demontierbare Fertigteile
- Die Strohwand technologisch und das ABP weiterentwickeln, um sie für größere Projekte handhabbar zu machen
- Noch mehr Augenmerk auf Holz-Holz-Verbindungen
- Bessere Logistik für Recherche, Demontage, Transport, Lagerung und Verfügbarkeit gebrauchter Bauelemente.
Hier muss etwas entstehen, das über einen Projekt-Horizont hinausgeht
- Die Wiederverwendung von Materialien und Bauteilen mit Anforderungen muss normativ erleichtert werden

7. Projektbeteiligte und -daten

Bauherrin:	TRNSFRM eG – Transformation bauen
Erbbaurechtgeberin:	Terra Libra Immobilien GmbH, Berlin
Finanzierungspartner:	s.inn Beteiligungen GmbH – sozial innovativ, Stuttgart Umweltbank AG, Nürnberg
Architektur:	die Zusammenarbeiter – Ges. von Architekten, Berlin Team: Christian Schöningh, Irene Kottenbrock, Ayla de Yong, Christian Holthaus mit Baubüro in Situ, Basel
Tragwerkplanung:	ZRS Ingenieure, Berlin Team: Uwe Seiler, Julian Tiemeier, Maria Lorenz, Johanna Baier
Brandschutz:	Brandkontrolle, Berlin
Energiekonzept und E-Zentrale:	eZeit Ingenieure, Berlin
TGA:	Solares Bauen, Freiburg
Architektur Mieterausbau:	Ixxy Architekten, Berlin
LCA:	Benedikt Kurz (TU Berlin)

Bauausführungen

Rohbau massiv:	Rabe-Ero GmbH, Berlin
Holztragwerk Aufstockung:	Terhalle Holzbau GmbH, Ahaus
Dachabdichtung:	Dachland Berlin
Strohwand und Innenausbau:	Kollektive Baustelle / Heap 59
Reuse Fenster:	Tischlerei Knörnschild und Hoffmann, Berlin
Putzarbeiten:	Jason Adkins und Daniel Kube / Evren Emre
Heizung, Sanitär:	Rost + Weber, Berlin
Lüftung:	Aedes, Berlin
Stahl- und Metallbau:	Metallbau Gröber, Berlin / SME, Dömitz / AD Metall, Szczecin

Objektdaten

Grundstückgröße	2.158 m ²
BGF Bestand alt / neu	2.740 m ² / 3.300 m ²
BGF Aufstockung	2.800 m ²
BGF Gesamt	6.100 m ²
Arbeitsplätze	ca. 250 (Coworking und Werkstätten)
Bewohner.innen	ca. 50
Baukosten KG 300/400	8,7 Mio € (netto, festgestellt)
GWP (Umbau statt Abriss)	- 615 T CO ₂ -eq (Ersparung)

Nur für Aufstockung und / unter Vorbehalt einer finalen Auswertung:

GWP (Global warming potential)	- 130 T CO ₂ -eq (= temporäre CO ₂ -Senke)
PENRT (≈ graue Energie Bau)	35,23 MJ/ m ² NGF*a (nicht erneuerbare Primärenergie)
Primärenergieverbrauch	26,5 kWh/m ²
EE WärmeG	246% (Erfüllungsgrad)

Bildrechte

Abbildungen 6 und 7: dZA mit Benedikt Kurz
Abbildungen 17: Ixxy Architekten
Abbildung 20 (rechts): Terhalle Holzbau GmbH
alle weiteren: die Zusammenarbeiter

Sponsoren und Aussteller



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 Massivholzbau Lösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettspertholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressspanpaletten und -klötze | Biobrennstoffe | Pferdestreu

**Weil wir es lieben, wenn
Ihr Plan funktioniert.**

www.egger.com/digitaleplanung



Kostensenkung, Zeitersparnis, Planungssicherheit und höhere Qualität – so lautet der Plan. Mit unseren geprüften und zertifizierten Konstruktionen ist das möglich. Einfach die bewährten Bauteile in den passenden digitalen Datenformaten herunterladen und in Ihr BIM- oder CAD-System integrieren.

Mit der EGGER Planungshilfe geht Ihr Plan auf.

MEHR AUS HOLZ.

E EGGER

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 Produktionssystem (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.



Klimavorteil Zellulose – ein Rechenbeispiel

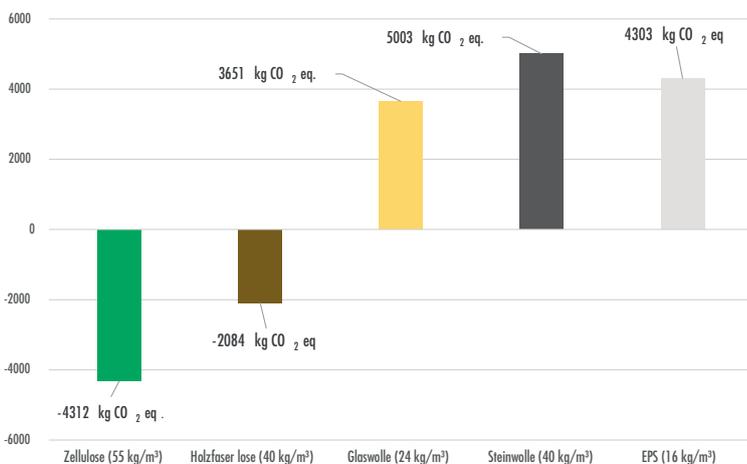
Jedes Bauprodukt benötigt unterschiedlich viel Energie in der Herstellung. Sind thermische Prozesse notwendig, wie beispielsweise bei Glaswolle, so steigt der Energiebedarf rasant und wird aufgrund der notwendigen Temperaturverhältnisse häufig mit fossilen Brennstoffen gedeckt. Sobald die verwendete Energie nicht aus erneuerbaren Quellen stammt, entstehen klimawirksame Emissionen. Folglich werden bei der Produktion von jedem Bauprodukt unterschiedlich viele Treibhausgase emittiert. **Bei der Produktion von Zellulose sind grundsätzlich keine energieintensiven Prozesse notwendig.** Der entstehende Strombedarf, wie etwa zum Betreiben der Mühle, wird zu 100 % aus erneuerbaren Quellen gedeckt.

Durch den Einsatz von Zellulose können Klimafolgekosten vermieden werden. Gleichzeitig wird mit **jedem Kilogramm eingesetzter Zellulose der Ausstoß von CO₂ in der Höhe von 1,21 kg kompensiert, wodurch ein spezifischer „Klimabonus“ entsteht.** Die Abgeltung dieses Bonus ist je nach Nation im Steuersystem meist (noch) nicht vorgesehen (abseits von länderspezifischen Förderungen für ökologisches Bauen), weshalb in diesem Fall nur von indirekten finanziellen Auswirkungen gesprochen werden kann. Diese Kosten werden derzeit in Form von Steuern durch die Allgemeinheit getragen.

“Mit jedem Kilogramm eingesetzter Zellulose wird der Ausstoß von CO₂ in der Höhe von 1,21 kg kompensiert.”



CO₂ – BILANZ DER DÄMMUNG EINES EFH Dämmvolumen 65 m³



Quelle: baubook.info; ISOCELL Zellulose; HF, GW, SW & EPS: Richtwerte gem. baubook office@isocell.at

Hier finden Sie die Broschüre
KLIMAVORTEIL ZELLULOSE



**Wer sich für ISOCELL Zelloosedämmung entscheidet,
 betreibt aktiven Klimaschutz!**

fermacell® Gipsfaserplatte

Die Basis für effizienten, nachhaltigen Holzbau

fermacell® Gipsfaserplatten sind CO₂-Speicher*.

Profitieren Sie von kurzen Bauzeiten dank schlanker Wandkonstruktionen und hoher Vorfertigungsmöglichkeiten, und setzen Sie mit fermacell® Standards für effizientes, nachhaltiges Bauen.



CO₂
SPEICHER

FERMACELL® GIPSFASERPLATTE

Beste Schutz

vor Bauschäden und Schimmel

NEU SOLITEX® ADHERO VISTO

Transparente Luftdichtungs- und Witterungsschutzbahn

Markierungen auf der Decke bleiben sichtbar

Vollflächig wasserfester Kleber

Frei bewitterbar und rutschfest

Komplettes Bauzeitenschutz-Konzept



NEU

Neues Planungshandbuch kostenfrei
anfordern unter proclima.de



Fokus

HASSLACHER
NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders**.

Qualität & Innovation

HASSLACHER Gruppe
T +43 4769 22 49-0
E info@hasslacher.com

Campus
Cherrywood
Dublin | IE



hasslacher.com

Design: UPPERCUT.at | Photos: © Donal Murphy, Adobe Stock

STILLE MIT
ZERTIFIZIERUNG
NACH **ETA-23/0061.**

ALS ERSTE,
ABER IN ERSTER
LINIE FÜR SIE.



Entwerfen Sie Gebäude mit hoher Schalldämmleistung in völliger Sicherheit.

Wählen Sie die widerstandsfähigen Schalldämmbänder XYLOFON mit Zertifizierung nach ETA. So haben Sie nicht nur einen Vorteil gegenüber Ihren Mitbewerbern, sondern auch von einem Dritten garantierte Qualität.

Laden Sie die technischen Anleitungen für XYLOFON in digitaler Form herunter und erfahren Sie alle weiteren Einzelheiten auf rothoblaas.de/produkte/schalldammung



 **rothoblaas**

Solutions for Building Technology





Gut für das Weltklima. Gut für das Raumklima.

Ökologisch sanieren mit STEICO

STEICO Holzfaser-Dämmstoffe und Konstruktionsprodukte verwandeln Altbauten in Kohlenstoffsinken – und tragen gleichzeitig zu einem wohngesunden Raumklima bei.

Mit einer **CO₂-Speicherung von bis zu 420 kg/m³** nehmen STEICO Dämmstoffe eine führende Position unter den Naturdämmstoffen ein.

Darüber hinaus überzeugen STEICO Dämmstoffe gerade bei Sanierungen durch ihr breites Vorteilsspektrum: hervorragende Wärmedämmung kombiniert mit exzellentem Hitzeschutz im Sommer; Witterungsschutz und Diffusionsoffenheit zum Schutz der Konstruktion sowie ihre Feuchte ausgleichenden Eigenschaften machen einen spürbaren Unterschied.

Gut zu wissen

Laut Bauprodukte-Datenbank baubook.at leisten Holzfaser-Dämmstoffe einen Beitrag, die Erderwärmung zu reduzieren – wohingegen viele konventionelle Dämmstoffe zur Erderwärmung beitragen.



λ_D 0,036

Ökologische
Holzfaser-Dämmstoffe



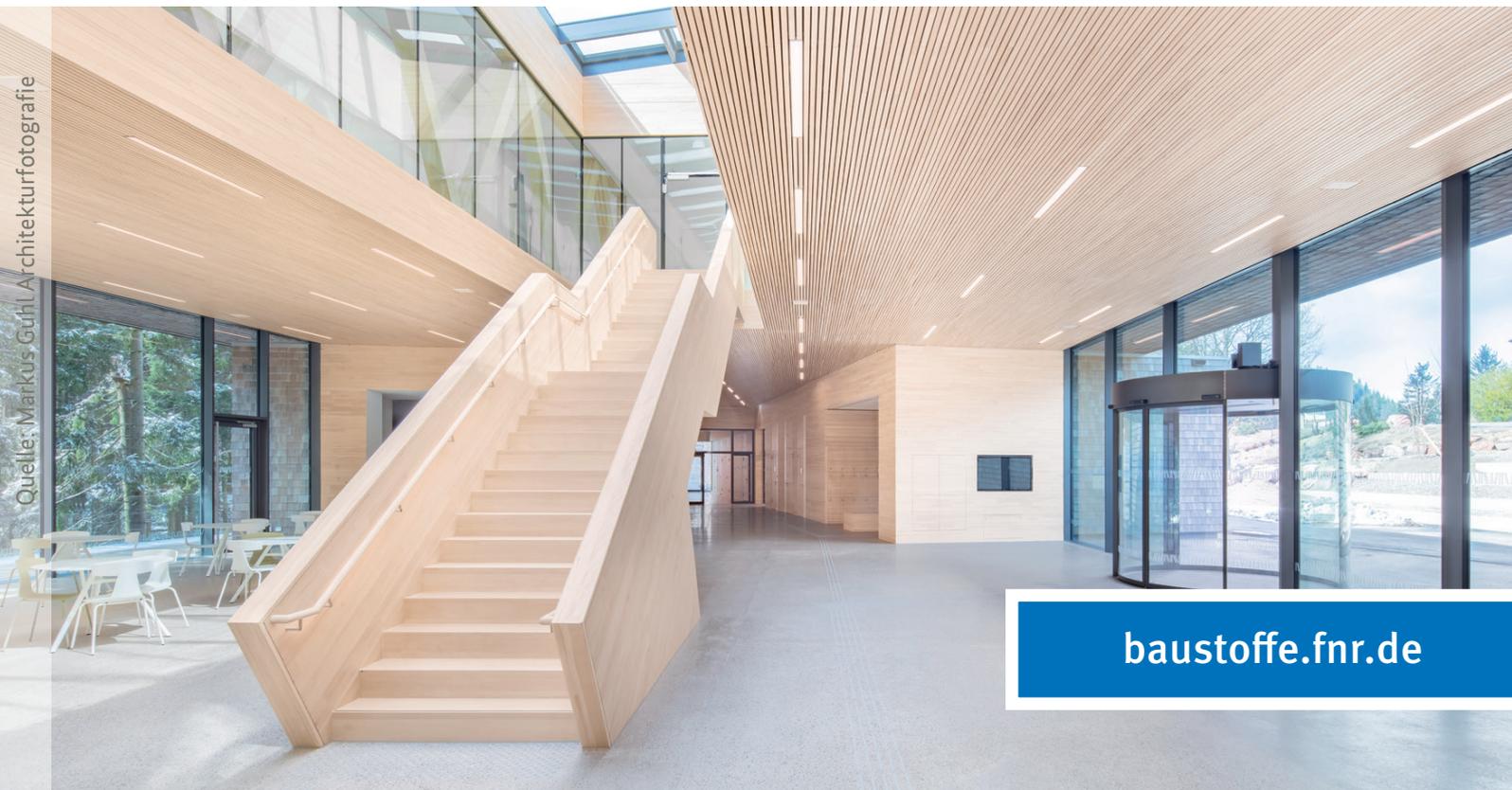
Innovative Holztragwerke:
Stegträger + Furnierschichtholz

STEICO
Das Naturbausystem

#HolzKannDas

Natürlich. Nachwachsend.

Quelle: Markus Guhl Architektur fotografie



[baustoffe.fnr.de](https://www.baustoffe.fnr.de)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

Wir fördern klimafreundliche Innovationen für die holzbasierte Wirtschaft im Auftrag des BMEL

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



**HECO®-Befestiger:
Entwickelt für
den konstruktiven
Holzbau.**



HOLZBAU- SCHRAUBEN

Ein starkes System



FORUM
HOLZBAU
DEUTSCHLAND
BERLIN

4./5. Juli 2023

Software, Holzbauschrauben, Bits & Schrauber aus einer Hand.

Mit einer leistungsstarken Systemkette aus Software, Schrauben, Bits und Nuron Schraubern können sich Holzbauplanerinnen und Zimmerer auf Hilti verlassen. Eine einfach und intuitiv zu bedienende Software unterstützt die schnelle Erstellung wirtschaftlicher Konstruktionen.

ETA zertifizierte Holzbauschrauben mit hoher Qualität, sehr guten Lastwerten und geringen Randabständen helfen dem Anwender schnelle und sichere Schraubverbindungen her. Bits und Nuron Schrauber ermöglichen ein produktives Arbeiten.



KLH[®]

**WIR FREUEN
UNS AUF
IHREN BESUCH
STAND 39**

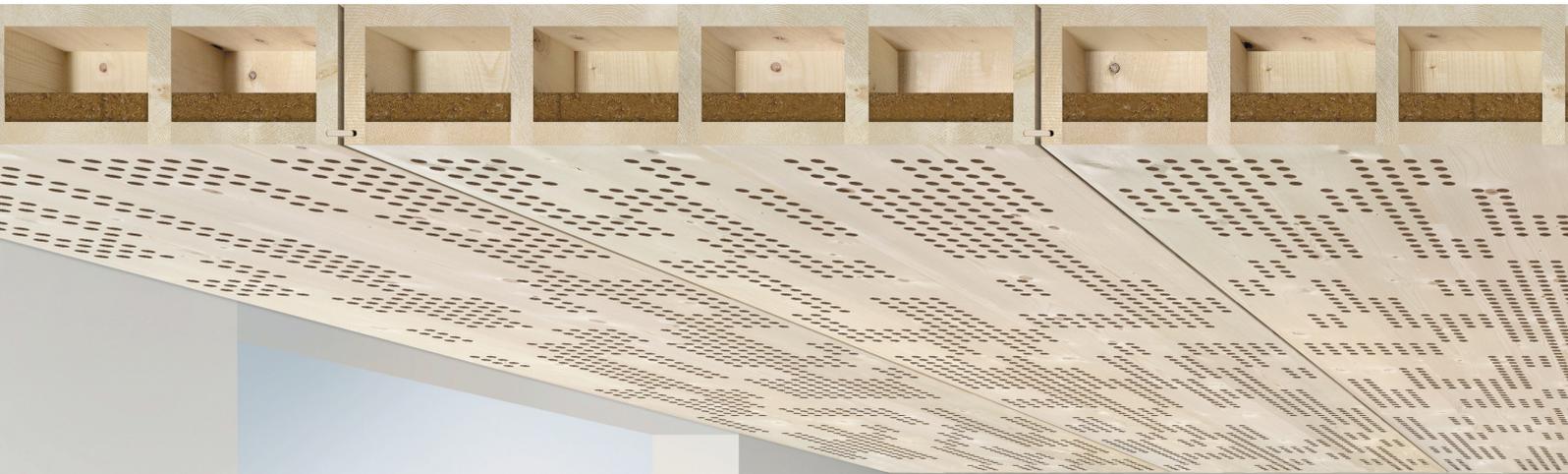
Unser Ansprechpartner für Deutschland:

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 38 000 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



Alles in einem Element:



Statik - tragend



Schallschutz



Feuerwiderstand 90 min



Raumakustik



Ästhetik



Wärmeschutz



Ökologie



Top-Beratung

Interessiert?

Kontaktieren Sie unser
Beratungsteam:

+41 71 353 04 10
beratung@lignatur.ch



Erfahren Sie mehr unter:

www.lignatur.ch

XC® – DAS HOLZ-BETON- VERBUNDELEMENT DER MMK

Die wesentlichen Einsparungen im Bauwesen sind heute nur mehr über die Bauzeit und die Reduktion von Schnittstellen in Planung und Ausführung einzubringen. Montagefertige Bauteile für jedes Holz-Hybrid-Projekt werden in den Werken von Mayr-Melnhof Holz und MMK nach Kundenwünschen hergestellt. Durch präzise Vorfertigung wird Koordinationsaufwand auf der Baustelle minimiert, das bringt Kostenersparnisse durch kürzere Montagezeiten und den Bedarf an weniger Arbeitskräften vor Ort. Zudem fällt die Lärm- und Staubbelastung am Bau wesentlich geringer aus.

Für hybride Projekte in Zusammenhang mit XC® Holz-Beton-Verbundelement bietet die MMK neben standardisierten Hybridelementen Entscheidungsträgern, Planern und Bauherren auch ein Projektconsulting an.



WESENTLICHE PRODUKTVORTEILE VON XC®:

- Vordefinierte Standards für den Planer
- Große Spannweiten für einfaches Grundrisslayout
- Standardisierte Ausschreibungsunterlagen
- Natürliche Holzoptik bleibt durch geprüfte Schallschutzaufbauten erhalten
- Hervorragende bauphysikalische Eigenschaften

LEISTUNGSSPEKTRUM DER MMK HYBRID SOLUTIONS:

- Unterstützung bei der Entwurfsplanung (Variantenstudie)
- Beratung hinsichtlich Einsatz-Optimierung bei Materialauswahl (Bauphysik, Ökologie, Kosten)
- Kalkulation, begleitende Kostenoptimierung
- Unterstützung bei 3D-Planung, und Visualisierung
- Statische Vorbemessung einschließlich Brandschutz- und Schwingungsnachweis (Kosten und Machbarkeit)
- Unterstützung bei Einreich-, Ausführungs- und Detailplanung
- Optimierung der Bauzeit- und Bauablaufplanung
- Je nach Kundenwunsch Abstimmung mit den einzelnen Gewerken
- Unterstützung bei Gebäudezertifizierung (Lebenszyklus)



Holz und Beton verbinden.

MMK
Hybrid
Solutions

www.holzbetonverbund.eu



**Unsere Lösungen für
Ihre Herausforderungen!**

MM crosslam
Brettsperrholz (BSP)



Holz-Beton-Verbundelement
by **MMK**

MM masterline
Brettschichtholz (BSH)

MMHBE

Holzmassivbauelement

Montagefertig!

WHERE
IDEAS
CAN
GROW.

M  **M**
MAYR MELNHOF HOLZ

www.mm-holz.com

Das **Holzverbinder Programm** mit dem **Extra** an **Genauigkeit und Qualität**



Innovative Holzverbindingssysteme für höchste Ansprüche.

Pfostenträger | Verbinder | Balkensäulen | Zaunsäulen | Werkzeuge | Schallschutz | Sonderbau

Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG
Siemensstraße 26, 84051 Altheim
Telefon: +49 8703 93460
www.pitzl-connectors.com





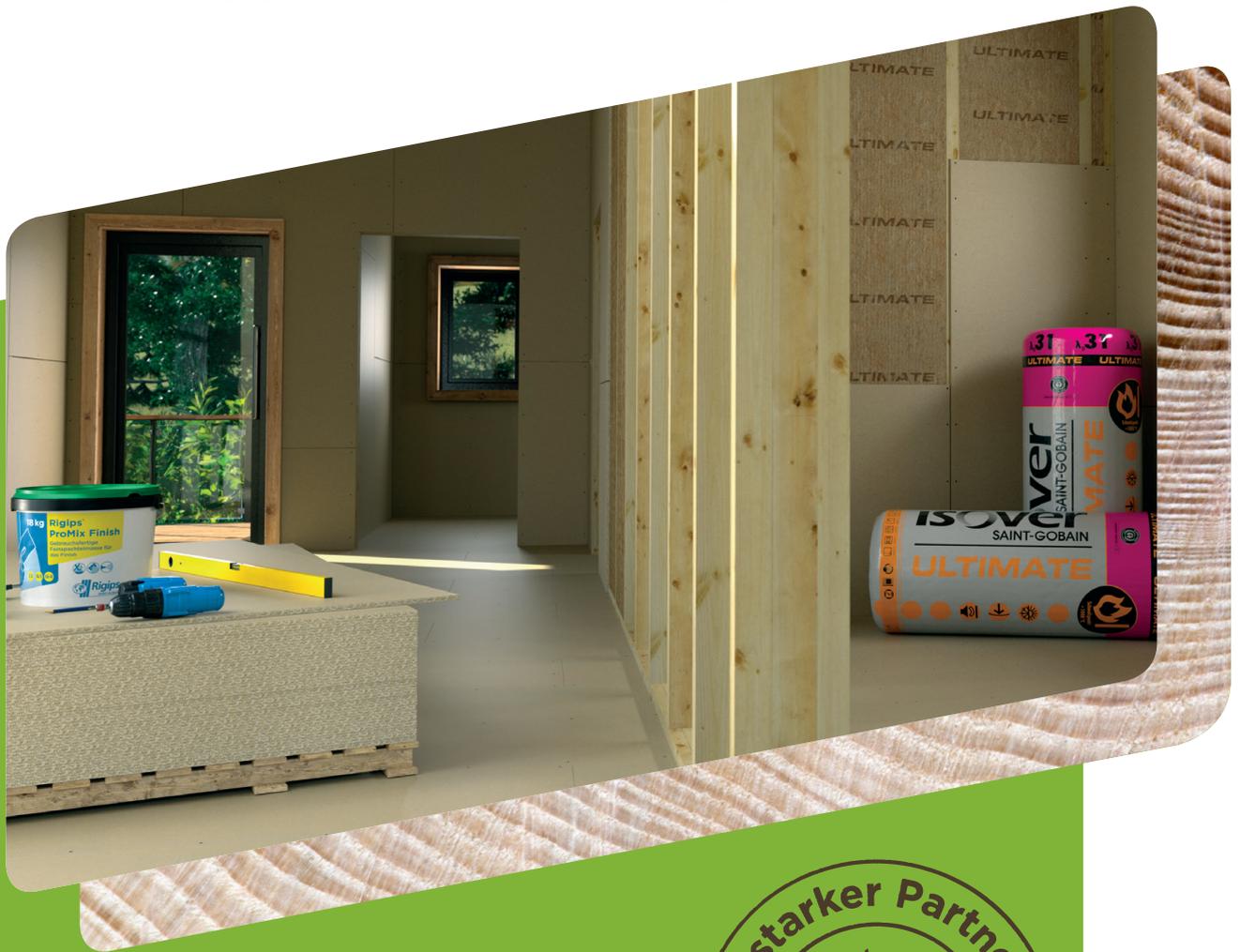
2.770 vorgefertigte Holzbauelemente lassen das Projekt emporwachsen.

Roots, Deutschlands höchstes Holzhochhaus

Holz ist der einzige Baustoff, mit dem sich Hochbauten in der erforderlichen Größe errichten und dabei die durch den Bau verursachten CO₂-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 Ingenieurholzbau von Rubner.



„Roots“ in der Hamburger HafenCity – Deutschlands höchstes Holzhochhaus. 72 m Gesamthöhe, 20 Nutzgeschosse, davon 16 in Holzbauweise.



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



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 schützt 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.



DÄMMSYSTEME AUS DER OBERPFALZ





GEBÜNDELTE HOLZBAU-KOMPETENZ

Innovative Holzbau-Systeme aus einer Hand

Die Unternehmen der Knauf Gruppe bündeln ihre individuellen Kompetenzen, um sowohl kleinen Zimmereien als auch großen Holzbaubetrieben und Fertighausanbietern aufeinander abgestimmte und geprüfte Lösungen aus einer Hand bieten zu können.

So sorgen wir für Planbarkeit, Zuverlässigkeit und Ausführungssicherheit – sowohl auf der Baustelle als auch im seriellen Fertigungsprozess – und bieten Ihnen mit unserem auf den Holzbau spezialisierten Vertriebsteam persönlichen Kontakt auf Augenhöhe.

www.knauf-holzbau.de

KNAUF

3BTEC MAGNUM BOARD



N3XT LEVEL HOLZBAU

SCHNELL



MASSIV



INDIVIDUELL



ÖKOLOGISCH



**MASSIVES
HOLZBAUSYSTEM FÜR
WAND-, DECKEN- &
DACHELEMENTE**



**HERVORRAGENDE
WERTE IN BRAND &
SCHALLSCHUTZ**



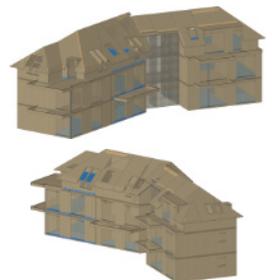
**WELTMEISTER IN
RESSOURCENEFFIZIENZ
BIS ZU 90%
VOM BAUMSTAMM**



**EINFACHE &
SCHNELLE MONTAGE**



**DIMENSIONSSTABIL
QUELL &
SCHWINDUNGSARM
NUR 0,015%**



**MFH BIS
GEBÄUDEKLASSE 5**



**NEUBAU EFH
AUFSTOCKUNG &
GEWERBEBAU**



**DIREKTBSCHICHTUNG
OHNE GIPSKARTON**

3B TEC MagnumBoard GmbH

Gottlieb-Daimler-Straße 17
14974 Ludwigsfelde
www.magnum-board.de

+49 3378 207 755 TELEFON
+49 3378 207 767 TELEFAX
info@magnum-board.de



5D SCAN
WORLDWIDE GMBH

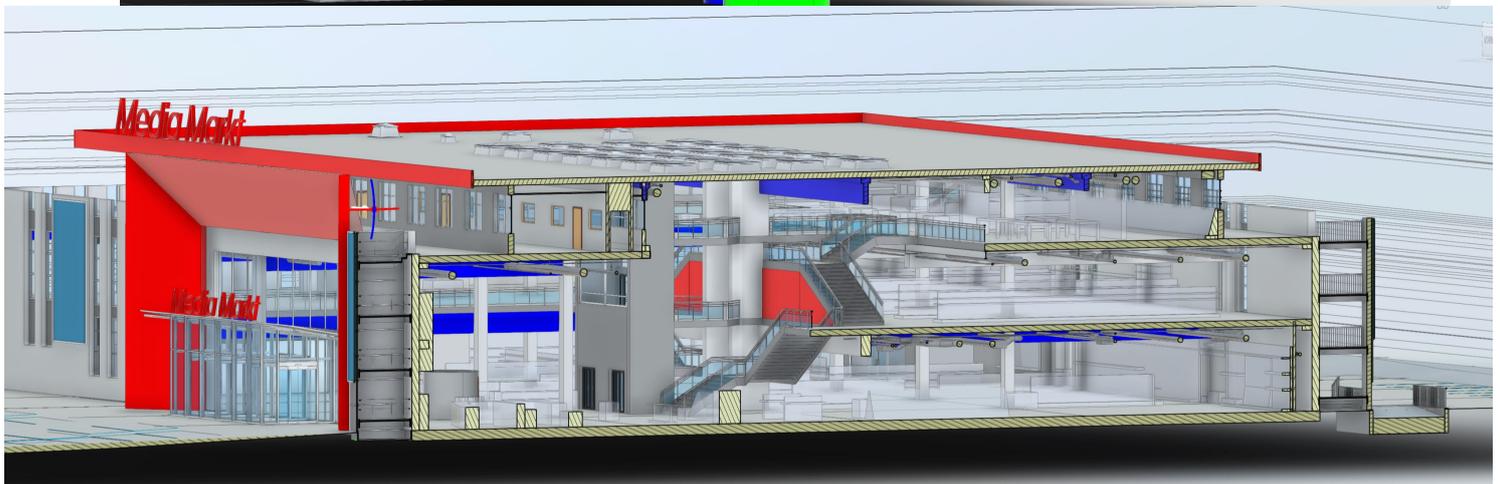
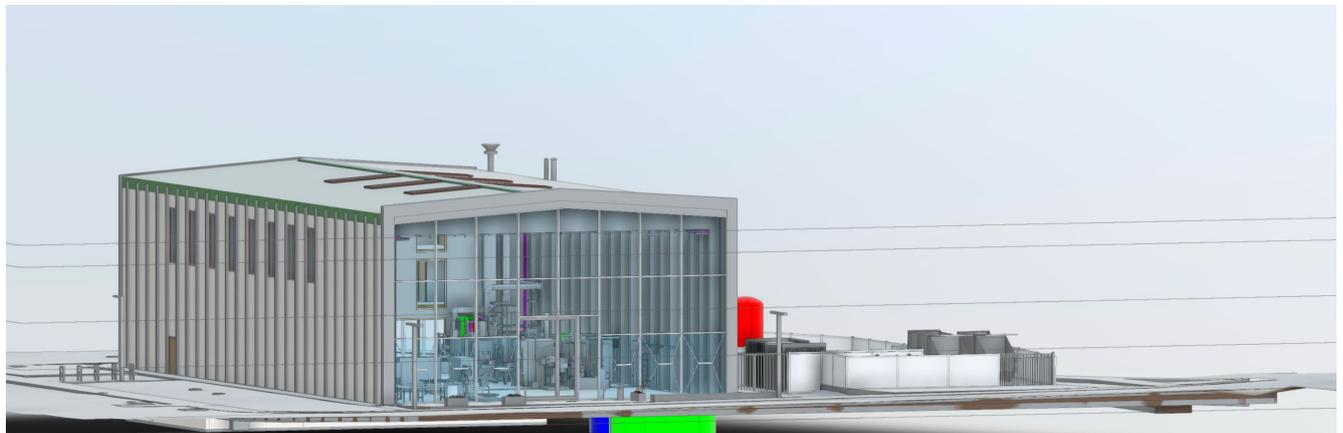
5D Scan Worldwide

Ihr Ansprechpartner für Bestandsgebäude, Geländevermessung und Denkmalschutz. Von der Planerstellung, Punktwolken Erstellung und 3D Modelle nach BIM Standart

Wir befinden uns im Zeitalter der vierten Industriellen Revolution. Sie ist geprägt durch zunehmende Automatisierung und die Verknüpfung der unbegrenzten Möglichkeiten des Internets mit allen möglichen Gegenständen und Systemen. Technische Ansprüche und Komplexität nehmen zu – und damit auch der Kosten- und Zeitdruck. Im Rahmen Ihres Geschäfts müssen große, hochmoderne Industrieanlagen oder weitläufige, unwegsame Gebiete überwacht, gefilmt oder fotografiert werden? Sie möchten den Fortschritt Ihres Bauvorhabens aus der Vogelperspektive kontrollieren und verfolgen? Sie benötigen von Altbauten aktuelle Pläne oder sogar ein 3D-Modell für Ihre weitere Planung?

Wir von 5D Scan Worldwide GmbH sind für Sie da und haben die Lösung, die Sie suchen!

5D Scan Worldwide aus Ingolstadt ist Ihr Partner für die Planerstellung und für den Laserscan von Bestandsgebäuden.



The logo for 81fünf, featuring the text '81fünf' in white on a dark blue square background, with a registered trademark symbol (®) to the right.

81fünf®

© 81fünf high-tech & holzbau AG 2023

IMMER IN BESTER BEGLEITUNG

81fünf - das Netzwerk für den ökologischen Holzbau in Deutschland!

Wir begleiten unsere mehr als 100 Partner in ihrer unternehmerischen Weiterentwicklung - mit Fachtagungen, Workshops, Seminaren und auch mit individueller Beratung vor Ort in den Betrieben. Mit unseren Erfa-Gruppen bieten wir eine moderierte Plattform, auf der sich Unternehmer regelmäßig auf Augenhöhe austauschen und voneinander lernen können.





ANTI-AGING FÜRS HOLZ

ADLER

In unseren Adern fließt Farbe.

LIGNOVIT
INTERIOR
UV 100



So frisch wie am ersten Tag. Damit helles Holz im Innenbereich auch nach Jahren noch aussieht wie neu, haben wir die atmungsaktive Holzlasur Lignovit Interior UV 100 entwickelt. Dank ihres speziellen Vergilbungs- und UV-Schutzes wird die natürliche Holz-Optik perfekt bewahrt – wasserbasiert und umweltfreundlich. Eben nachhaltiges Anti-Aging fürs Holz.

ULM · 07348 4074640-0 | HERFORD · 05221 34202-0 | LANDSHUT · 08703 905995-0

VERKAUF@ADLER-LACKE.COM | [ADLER-LACKE.COM](https://www.adler-lacke.com)



WÜRTH MACHT HOLZBAU EINFACH

Wir sind Ihr Partner rund ums Thema Holzbau.

Das Leistungsspektrum umfasst Holzbrückenbau, industriellen Holzbau, mehrgeschossigen Holzbau, Holzfassadenbau. Ingenieurholzbau, Spezialholzbau ebenso wie konstruktiven Holzbau, Dübeltechnik und Brandschutz.

Bis zur letzten Holzschraube, sind wir für Sie da. Dabei stehen wir Ihnen auch gerne mit der Betreuung von Architekten, Planern und Statikern vor Ort zur Seite.

**Besuchen Sie uns direkt auf dem Stand
des Deutschen Holzbau Kongress in Berlin
am 4./5. Juli 2023**

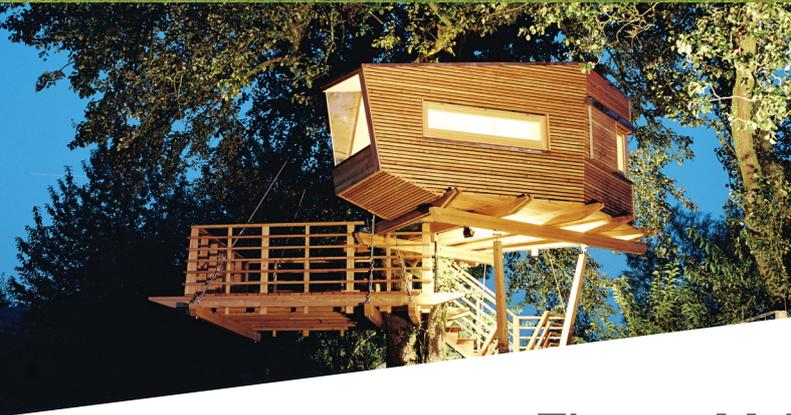
Mehr Informationen zum Holzbau auf
www.wuerth.de/holzbau



Die neue Dimension

beim Wohn- und Objektbau

wohngesund, wirtschaftlich und innovativ



ZimmerMeisterHaus

So geht Holzbau



Maximale Qualität und Vertrauen durch die Manufakturen der
ZimmerMeisterHaus-Gruppe, Deutschlands Nr. 1 beim individuellen Holzhausbau

📍 Olof-Palme-Ring 25, 14822 Borkwalde 📞 033845-40945 ✉ info@arche-naturhaus.de

www.arche-naturhaus.de

NEU

AGEPAN[®] SYSTEM

AGEPAN[®] UDP Inside N+F
DIE ÖKOLOGISCHE UND PRAKTISCHE
HOLZFASERDÄMMPLATTE FÜR DEN INNENAUSBAU

Wohngesundes Raumklima durch diffusionsoffene und feuchteregulierende Eigenschaften. Leicht, besonders stabil und verputzbar. Im praktischen Format 1890 x 610 x 25 mm.

info@agepan.de
www.sonaearauco.com/agepan

SONAE
ARAUCO
Taking wood further

INNOVATION IM HOLZVERBUND

Erhöhung der Tragfähigkeit mit Polymerverguss

GIFAfloor PRESTO

schwimmendes Auflager

COMPONO®

Holzbalken

COMPONO®
kNAUF®
Integral

Alte und geschädigte Holzbalkendecken unter fast vollständigem Erhalt der Originalsubstanz sanieren mit modifiziertem Polymerverguss in Kombination mit der Gipsfaserplatte „GIFAfloor PRESTO“

ZIELE

- Statische Ertüchtigung mit dem Polymervergussystem „Compono®“
- Schallschutz und Brandschutz mit den Gipsfaserdeckenplatten „GIFAfloor PRESTO“

VORTEILE

- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Querstöße ohne Hinterfüterung
- Höhenausgleich
- Kleine Baustelleneinrichtung

www.compono.de
www.balkendecke.de

cadwork®

3D CAD/CAM

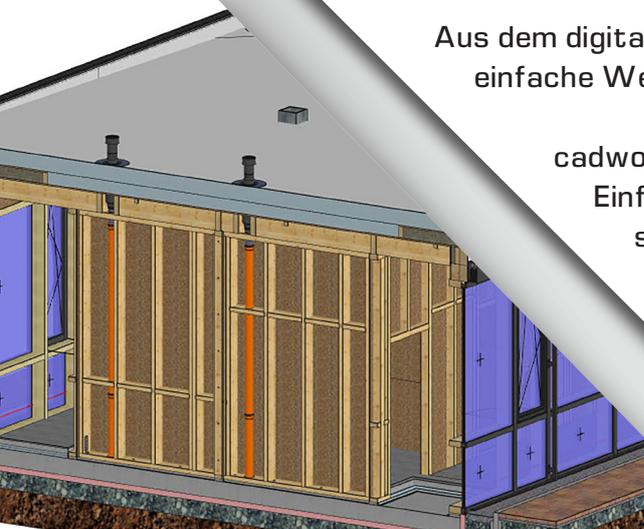
Die 3D-CAD/CAM Referenz im Holzbau

Unter den Konstruktionsprogrammen ist cadwork die treibende Kraft, wenn es um die Entwicklung und Unterstützung neuester Maschinentechнологien 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.

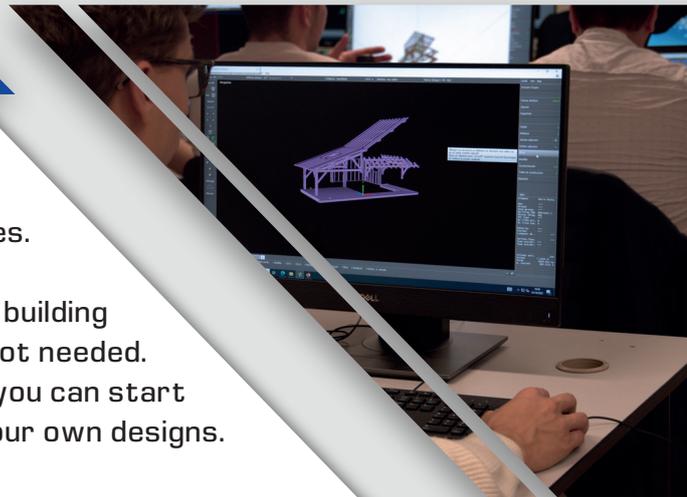


3D CAD/CAM Technology Leader

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 !

Betonhohldecke trifft Holzwand

Mehrgeschossiger Hybridbau – schnell, flexibel, wirtschaftlich

Mit der Hybridbauweise entstehen Gebäude mit optimaler ökologischer und bauphysikalischer Qualität, die die Stärken der Baustoffe Beton und Holz kombiniert – ideal geeignet für hohe Anforderungen und größere Holzgebäude.

Dennert hat dazu die bewährte DX-Decke entscheidend weiterentwickelt. Besonders bei Schallschutz und Schwingungsverhalten sind bei Holzbalkendecken bekanntlich nur mit sehr hohem Aufwand zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Gegenüber diesen herkömmlichen Decken verfügt die bahnbrechende DX-Betonfertigdecke nicht nur über einen ausgezeichneten Schallschutz, sondern auch über eine wesentlich bessere Aufnahme von Einzellasten, größere Spannweiten und einen höheren Brandschutz.

Die in die Decke integrierten Hohlräume sorgen für die besondere Leichtigkeit und Holzbau-Kompatibilität der Geschossdecken. Sie können außerdem bei Bedarf optimal als Versorgungs- und Kabelkanäle verwendet werden, ohne die Statik der Decke zu beeinträchtigen.

Individuell vorproduziert, blitzschnell montiert

Jedes DX-Deckenelement wird individuell und präzise, exakt nach Plan, im Werk gefertigt und just-in-time an die Baustelle geliefert und in kurzer Zeit montiert. Dabei werden alle Besonderheiten – wie beispielsweise integrierte Stürze, Rundungen, Durchbrüche für Versorgungsleitungen,

passgenaue Auflagen für Treppen u. a. – bereits im Werk in die Deckenplatten integriert. Ein speziell entwickeltes Verschlusssystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

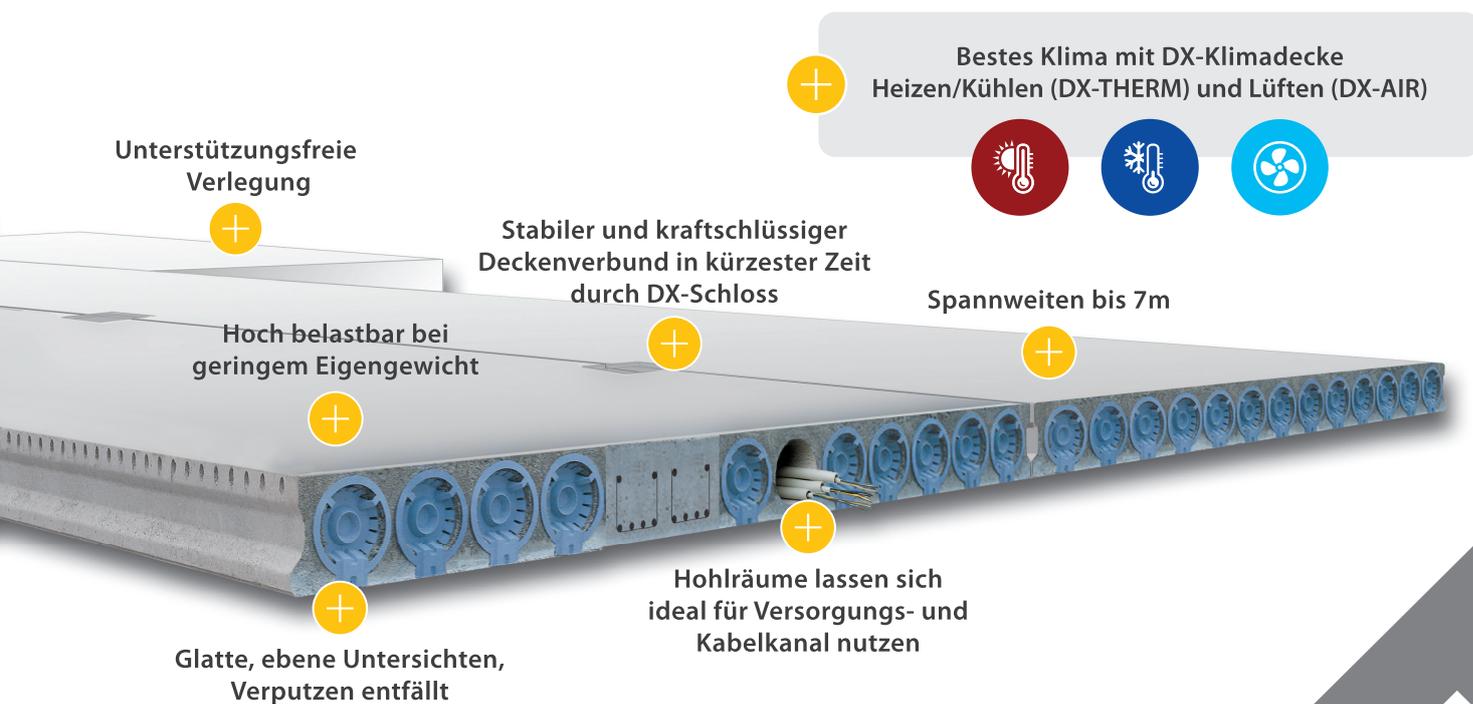
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begebar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

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).



Deutscher Forstwirtschaftsrat e.V.

 Als Dachverband ist der Deutsche Forstwirtschaftsrat (DFWR) das forstpolitische Sprachrohr der gesamten Forstbranche in **DFWR** Deutschland. Der DFWR setzt sich für die Belange von rund zwei Millionen privaten und öffentlichen Waldbesitzern ein und vertritt die Interessen der Forstwirtschaft unter der Maßgabe ökologischer, ökonomischer und sozialer Zielsetzungen. Seine Mitgliedsorganisationen vertreten den Privat-, Staats- und Körperschaftswald, die Forstwissenschaft sowie die mit der Forstwirtschaft verbundenen Verbände und weitere mit der Erhaltung und Förderung des Waldes und der Forstwirtschaft befasste Dienststellen, Verbände und Institutionen.



DFWR-Präsident Georg Schirmbeck

Aktuell setzt sich der DFWR u.a. für folgende Themen ein:

- aktive Waldbewirtschaftung zur Sicherung von Walderhalt und Klimaschutz
- Sicherung der regionalen Rohstoffversorgung der Wirtschaft und Gesellschaft mit Holz
- Gleichberechtigung von Nutz-, Schutz- und Erholungsleistungen des Waldes
- einen forstpolitischen Rahmen, der Motivation und Engagement der Waldbesitzer beim Erhalt zukunftsfähiger Wälder unterstützt und nicht im Ordnungsrecht erstickt
- Erhalt und ausreichende Mittelausstattung etablierter Förderungsmechanismen (GAK-Förderung)



Impressionen aus der forstpolitischen Arbeit des DFWR

Kontakt:

Deutscher Forstwirtschaftsrat e. V.
Claire-Waldoff-Str. 7
10117 Berlin

Tel.: +49 (30) 2359157-60
E-Mail: info@dfwr.de
Instagram: dfwrev





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



AUS GUTEM HOLZ

VIGAM: DAS WELTWEIT EINZIGE BRETTSCHICHTHOLZ AUS EICHE MIT CE-ZEICHEN FÜR TRAGENDE ZWECKE

Ihr Spezialist für hochwertige Holzprodukte

Holzbalken ist nicht gleich Holzbalken. Die langjährige Erfahrung der **GRUPO GÁMIZ** mit Edelhölzern hat dazu geführt, dass wir die Eigenschaften jeder einzelnen Holzart genauestens kennen. Das VIGAM Brettschichtholz aus Eiche eignet sich sowohl für tragende als auch dekorative Zwecke und sorgt für höchste ästhetische Ergebnisse mit ausgezeichneten Festigkeitseigenschaften. Im Jahr 2013 hat die **GRUPO GÁMIZ** als erster Hersteller weltweit das CE-Zeichen für die Herstellung von Brettschichtholz aus Eiche als Holzbauelement erhalten.

www.grupogamiz.com



Immer eine **STARKE VERBINDUNG**

SYSTEMINNENECKE CLT

Eines unserer neuen Produkte ist die Systeminnenecke CLT. In Kombination angewendet ermöglicht sie eine starke Verbindung von Wandknotenpunkten. Zudem ist die Systeminnenecke eine unschlagbare Lösung für Holz – Holz Verbindungen.



Anwendungsbeispiel der **Systeminnenecke CLT** mit der **KonstruX**

KONSTRUX VOLLGEWINDESCHRAUBEN

KonstruX Vollgewindeschrauben maximieren die Tragfähigkeit einer Verbindung durch den hohen Gewindeauszieh Widerstand in beiden Bauteilen. Beim Einsatz von Teilgewindeschrauben begrenzt der wesentlich geringere Kopfdurchzieh Widerstand im Anbauteil die Tragfähigkeit der Verbindung.



KonstruX, Senkkopf verzinkt

HEBEANKER HEBE**FIX** & KUGELTRAGBOLZEN

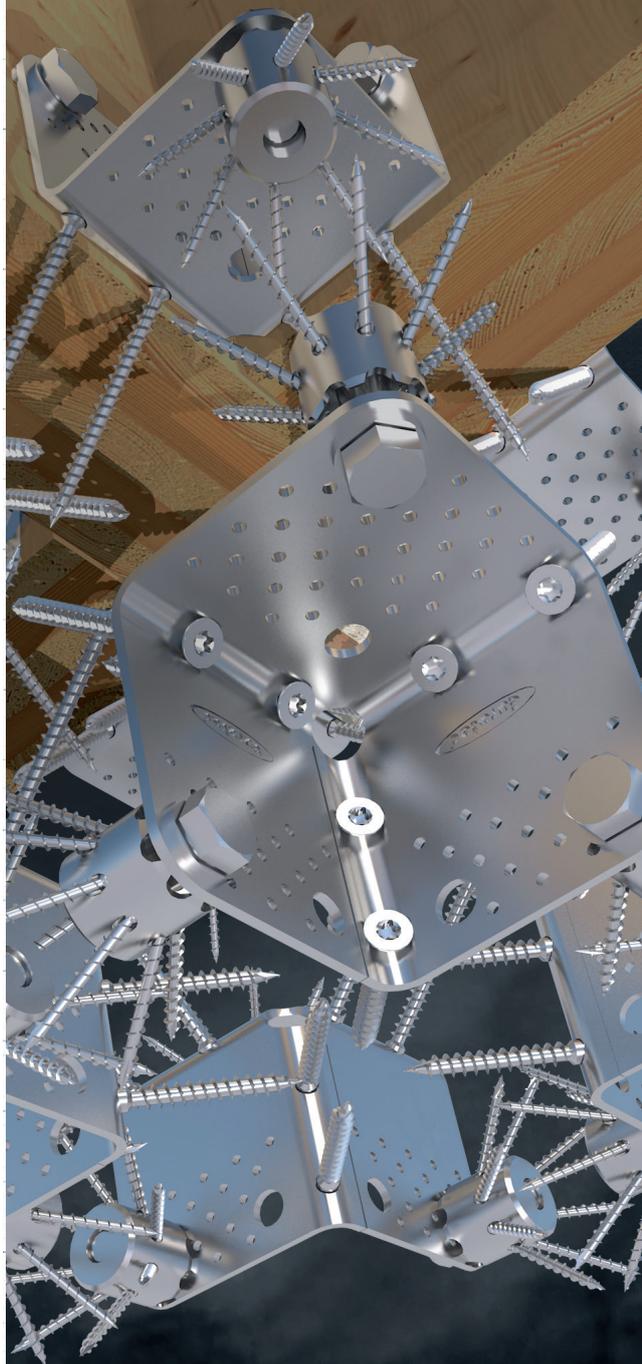
Für die Anwendung mit einem Kugeltragbolzen wurde der ausgeklügelte Hebe**Fix** konzipiert. Vorgefertigte Wandelemente können problemlos mit dem Hebeanker angehoben und transportiert werden. Die Verwendung mit Schrauben erlaubt es den Hebeanker mehrfach einzusetzen.



Anwendungsbeispiel für den Hebe**Fix** in Kombination mit dem **Kugeltragbolzen**

Eurotec®

Der Spezialist für Befestigungstechnik



Erfahren Sie mehr über
unseren Ingenieurholzbau!





Umweltfreundlich bauen und sanieren - und wie sieht es mit der Finanzierung aus?

Bauen mit Holz ist zukunftssicher - Nachhaltigkeit darf beim Bau aber nicht aufhören. Lassen Sie Ihre nachhaltige Immobilie auch sozial-ökologisch finanzieren. Unsere GLS Bank Finanzierungs-Expert*innen begleiten Sie gerne. Profitieren Sie von unserem Know-how und werden Sie Teil des GLS Netzwerks.

Weitere Informationen unter gls.de/holzbau



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.



Gütesicherung im Holzbau

Nutzen Sie die Vorteile für Ihr Bauvorhaben



www.ghad.de



Gütegemeinschaft
Nagelplattenprodukte e.V.
Interessenverband
Nagelplatten e.V.

Tragwerksbau mit Nagelplattenbinder

Zertifizierte
Qualität

—
Industrielle
Produktion

—
Effiziente
Montage

—
Vielfältiges
Einsatzspektrum

Der GIN vertritt mehr als 40 Hersteller und Verarbeiter von Nagelplatten und Nagelplattenprodukten. Diese erwirtschaften einen kumulierten Jahresumsatz von rund 250 Mio. Euro. Im Zentrum der Verbandsarbeit stehen die technisch vorbildlichen, wirtschaftlich vorteilhaften, sicheren und nachhaltigen Einsatzmöglichkeiten von Nagelplatten am Bau.



Schanzenstraße 23
51063 Köln
0800 7112 396
gin@nagelplatten.de

www.nagelplatten.de



GUTEX PYRORESIST

A large, detailed red dragon with dark wings is breathing a massive plume of fire towards a modern, multi-story apartment building. The building has white balconies and red accents. The scene is set in a lush green field with a forest in the background under a blue sky with light clouds.

für den mehrgeschossigen Wohnungsbau
und die urbane Nachverdichtung

Holzfaserdämmung – alles andere als brandgefährlich

Ökologische Holzfaserdämmplatten sind leistungsstarke Dämmstoffe mit vielen positiven Eigenschaften, für die aber bisher galt: Sie glimmen und schwelen. Ganz anders die Innovation GUTEX Pyroresist: Unsere neu entwickelte Produktlinie ist nach DIN EN 13501-1 nicht nur schwerentflammbar (Baustoffklasse C), sondern auch nicht glimmend nach DIN EN 16733. Somit vergrößert GUTEX die Einsatzmöglichkeiten von Holzfaserdämmplatten in Bauteilkonstruktionen enorm!

Erfahren Sie mehr unter www.pyroresist.de

GUTEX Holzfaserplattenwerk

Gutenburg 5 | D-79761 Waldshut-Tiengen | +49 7741 6099-0 | info@gutex.de | www.gutex.de

 **GUTEX**
NACHHALTIG MIT JEDER FASER

ZUKUNFT BAUEN.

MIT HAAS. AUS HOLZ.

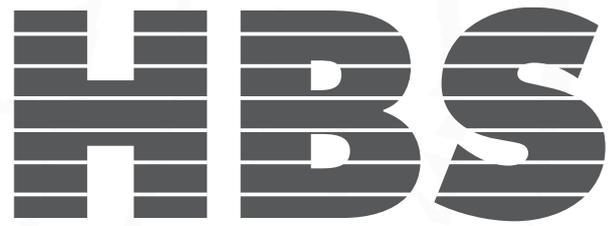
HAUSBAU | INDUSTRIE- & GEWERBEBAU
WOHNBAU | LANDWIRTSCHAFTSBAU



< Entdecke Haas Wohnbau

Haas

besser bauen.



Ein Unternehmen der ante-Gruppe

HOLZBAUSYSTEME



- **Dach-/Wand und Deckenkonstruktionen aus CLT**
- **Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse**
- **Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekte**



Als Hersteller von Brettsperrholz 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, Überlängen sind auf Anfrage möglich. Die Bauteilstärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten. Sonderstärken sind ebenfalls auf Anfrage möglich.



Der montagefertige Zuschnitt der Bauteile erfolgt entsprechend der Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen.

Neben der Herstellung von Brettsperrholz unterstützt HBS auch bei der Planung von Massivholzgebäuden.

Für die statische Bemessung steht eine Bemessungssoftware zur Verfügung und Fragen zur Konstruktion oder Bauphysik werden von einem kompetenten Team beantwortet.

HBS Berga GmbH & Co. KG
Ahornweg 1
06536 Berga - Südharz

hbs-berga.de
Tel: +49 34651 451-0
E-Mail: info@hbs-berga.de

Ist die künstliche Beleuchtung

unverträglich geworden?

Lignum Biancolegno®

bietet die Lösung!

LIGNUM BIANCOLEGNO®

WEISSE HOLZLASUR AUF WASSERBASIS

*Erhellen Sie Ihre Räume mit dem Weiß,
das nicht vergilbt.*



Erfahren Sie mehr auf
www.hdg.it



HELLA

Jalousien. Markisen. Rollläden.

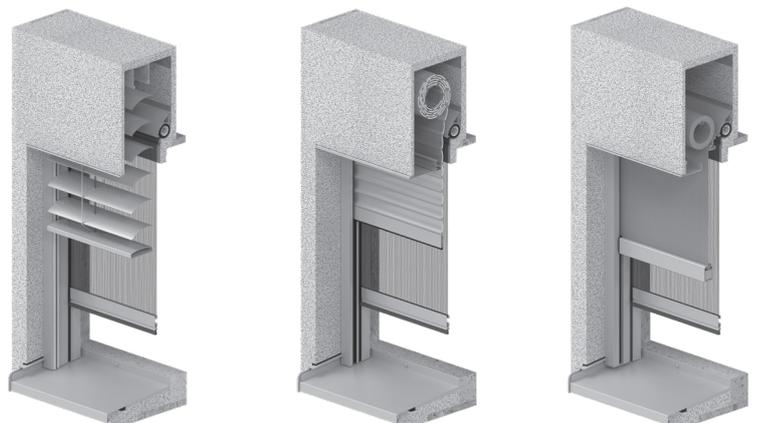


EINFACH PERFECT INTEGRIERT

HELLA TRAV®Integral

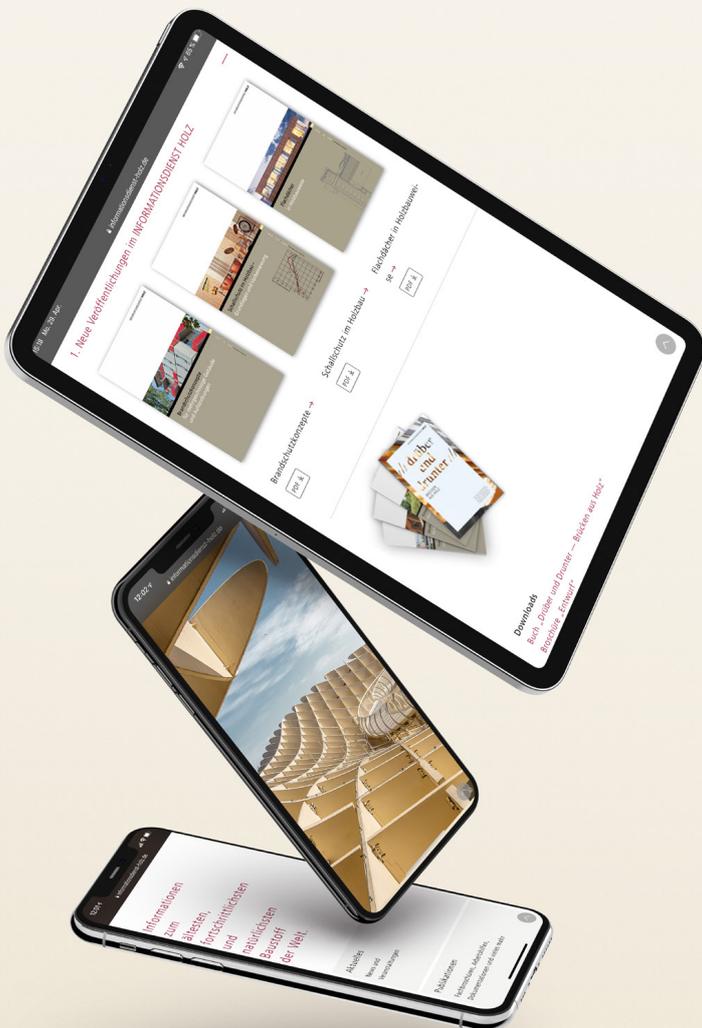
Ob Sonnenschutz, Insektenschutz oder Anschlussprodukte, HELLA TRAV®Integral ist die perfekte Lösung speziell für den Holzbau. In die Wandöffnung wird ein fertiger Baukasten eingesetzt, der das Fenster und den Sonnenschutz nahtlos integriert. Wärmebrücken, Wassereintritt, Putzrisse und andere Konstruktionsfehler sind dabei praktisch ausgeschlossen. Einfach gesagt: das rundum-sorglos-Paket für den Holzbau-Profi.

www.hella.info



FÜR BAUHERREN, ARCHITEKTEN, TRAGWERKSPLANER.

Bewährt seit mehr als 60 Jahren,
nach wie vor up-to-date
und bereit für die Zukunft:
Der Informationsdienst Holz.



WWW.INFORMATIONSDIENST-HOLZ.DE

Neutrales Wissen über den Stand der Technik. Publikationen als kostenfreier PDF-Download, Neuigkeiten und Termine sowie mehr als 180 Dokumentationen Holzbau-Architektur.

FACHBERATUNG

Individuelle und firmenneutrale Auskunft beim Planen und Bauen mit Holz. Kostenfrei von Fachleuten für Fachleute.

Montag bis Freitag
von 9.00 bis 16.00 Uhr
Telefon: (030) 57 70 19 95
fachberatung@informationsdienst-holz.de





XWORKS
Holzkonstruktion Schicht für Schicht



MASSIV BAUEN MIT XWORKS HOLZBAUELEMENTEN

- Nachhaltig, schnell & effizient
- Hohe Formstabilität & Tragfähigkeit
- Individuell & maßgenau
- Elegante Sichtqualitäten bieten modernes & warmes Wohnambiente

XWORKS
Holzkonstruktion Schicht für Schicht

van ROJE

Wir bringen Holz in Form

45
JAHRE
HERSTELLER

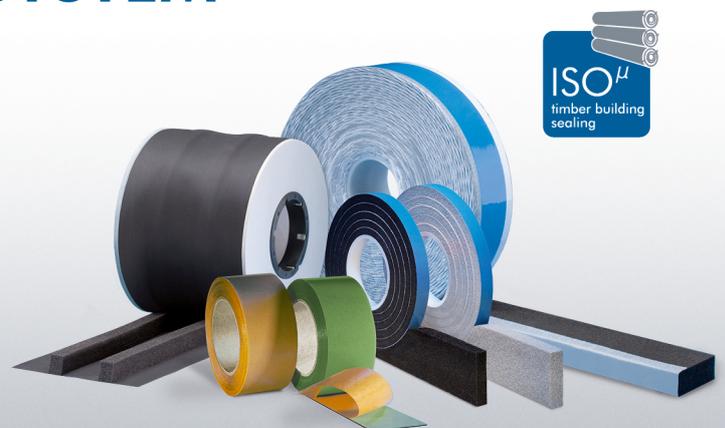
ISO
CHEMIE
Use the blue technology.

**FORUM
HOLZBAU
DEUTSCHLAND
BERLIN**
4. / 5. Juli 2023
BESUCHEN SIE UNS!

ISO^μ-HOLZBAUDICHTSYSTEM

EFFEKTIVER SCHUTZ VOR STEIGENDEN
ENERGIEKOSTEN UND BAUSCHÄDEN

Mit unserem ISO^μ-HOLZBAUDICHTSYSTEM gelingt die Abdichtung von Bewegungsfugen einfach und sicher. Denn unsere qualitätsgeprüften Systemprodukte gleichen Fugenbewegungen sicher aus und sind gleichzeitig für den Einsatz als Feuchte- und Dampfsperre optimiert. Dies ist notwendig, da Fugen im Holzhausbau ganz besonders beansprucht werden.



24/7 ONLINE BESTELLEN: shop.iso-chemie.eu



*Gilt für KEIM Lignosil-Inco und KEIM Lignosil-Verano.



KEIM LIGNOSIL® EIN MEILENSTEIN FÜR HOLZOBERFLÄCHEN

DIE WELTWEIT ERSTE SILIKATFARBE FÜR HOLZ.

- Hervorragender Feuchteschutz
- UV-stabil und absolut lichtecht
- Extrem witterungsbeständig
- Unerreicht langlebig
- Samtmatte Oberflächenoptik
- Einfach zu renovieren

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

www.keim.com



KLEUSBERG 

NATÜRLICH HOLZHYBRID MODULBAU

Als Generalunternehmer bietet KLEUSBERG das Komplettpaket aus Beratung, Entwicklung, Planung – gerne auch mit kundenseitigen Architekten – und der schlüsselfertigen Bauausführung. Die Bauwerke überzeugen mit ihren äußeren und inneren Werten – und auf ganzer Linie hinsichtlich Nachhaltigkeit und Wohlfühlfaktor.

[kleusberg.de](https://www.kleusberg.de)

Verbindungssysteme für Stahl, Beton und Holz Anschlüsse im Holzbau für Wand, Boden und Haupt-Nebenträger

RICON®



RICON® EDELSTAHL



RICON® S



MEGANT®



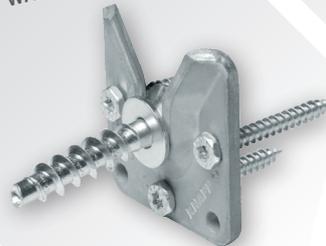
T-JOINT



WALCO® L



WALCO® V



WALCO® Z



WALCO® PIPE

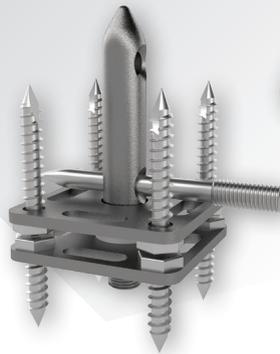


mit Hebe-
vorrichtung

GIGANT



WALCO® BOLT



Verbindungssysteme
für Holzbau, Hausbau und Fassaden



BROSCHÜRE



Vorfertigung
in der Werkstatt



Zulassungen



Unsichtbar



x Minuten Feuer-
widerstand



Holz-Anschluss



Stahl-Anschluss



Beton-Anschluss



Knapp GmbH | Wassergasse 31 | A-3324 Euratsfeld | Tel.: +43 (0)7474 / 799 10 | Fax: +43 (0)7474 / 799 10 99

Knapp GmbH | Vertrieb Deutschland | Föhrenweg 1 | D-85591 Vaterstetten
Tel.: +49 (0)8106 / 99 55 99 0 | E-Mail: info@knapp-verbinder.com | www.knapp-verbinder.com

KNAPP®
verbinder.com

online-store

KNAUF



Die Zukunft des Bauens ist **systemisch.**



HOLZTAFELBAU-ELEMENTE

- Industrielle Vorfertigung
- Digitales Planen
- Nachhaltig und kreislauffähig



STAHLLEICHTBAU

- Industrielle Vorfertigung
- Parametrische Planung
- Tragende Decken und Wände
- Geringes Gewicht



HIGHTECH-ABBUND

- Maßgenauer Holz-Abbund
- Vollautomatisierte Fertigung
- Schnell. Präzise. Punktlich



NAGELPLATTENBINDER

- Hohe Spannweiten bis 35 m
- Kosteneffiziente Bauweise
- Kurze Bauzeit

WWW.KNAUF-ELEMENTS.COM

+49 (0)3391 5196 – 0

Knauf Elements GmbH & Co. KG, Valentin-Rose-Straße 4, 16816 Neuruppin

Ein Unternehmen der Knauf Gruppe

LIGNOPRO®

Holzbeschichtungen für die industrielle Anwendung

LIGNOPRO® 851

CLT-Varnish UV

Hydrophobe Oberfläche

Optimaler UV-Schutz

Hochwertige Optik

...in einem Arbeitsgang!

Kontakt:

Adam Maciejewski

Verkaufsleiter | Sales Manager

+49 171 23 72 832

a.maciejewski@kochundschulte.de

www.kochundschulte.de



OFFSITE-BAU

Ihr Spezialist für das vorelementierte Bauen

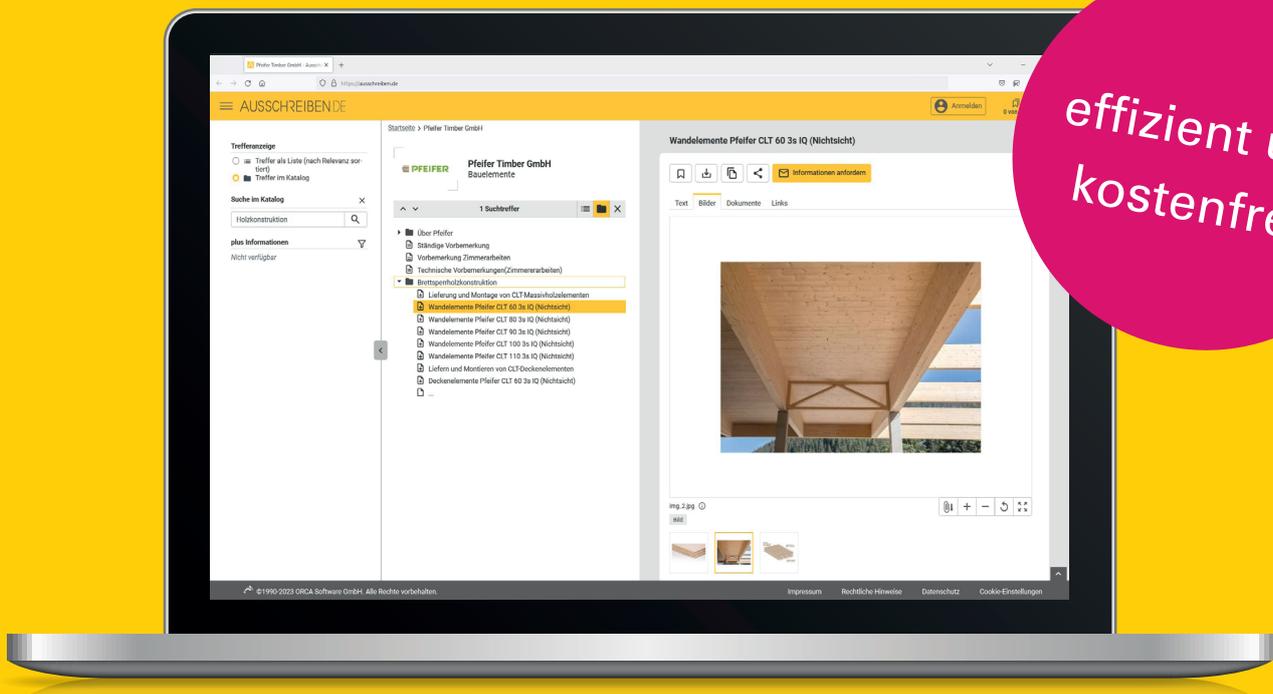
- Softwarelösungen für den Holzbau
- Herstellung und Vertrieb von Verbindungsmitteln aus Stahl für Dach-, Decken- und Wandsysteme
- Von der Projektierung und Statik über die Produktion bis hin zur Montage – ein durchgängiges System

MITEK.DE

MiTek®

AUSSCHREIBEN.DE Ausschreibungstexte **plus**

Ein **plus** an Digitalisierung!



Nutzen Sie **1,1 Mio. Ausschreibungstexte**
und **über 3 Mio. plusInformationen.**

Bauproduktdata finden, wählen, nutzen

Mit **Zusatzinformationen** schneller zum Ziel. Ganz gleich welche Planungsphase.
Neu! Benutzerdefinierte Merkliste erstellen und im gewünschten Format exportieren.





*We connect people,
nature and technology.
For better wood solutions.*

pfeifergroup.com

ORGANIC BOARD

DIE DEKORATIVE PLATTE
MIT OPTIMIERTEM
ROHSTOFFKONZEPT

Neu! Mit biogenem Leim:

OrganicGlue

- > 30 % reduzierter Kohlenstoffausstoß
- spart bis zu 20 m³ Erdgas pro 1 m³

Für Pfleiderer ist Nachhaltigkeit mehr als ein theoretisches Konzept. Wir arbeiten hart dafür, neue Maßstäbe zu setzen. Mit OrganicBoard P2 präsentieren wir eine beidseitig melaminbeschichtete dekorative Platte mit einem wegweisenden Rohstoffkonzept.

Entdecken Sie jetzt die Zukunft im Innenausbau:
pfleiderer.com/organicboard

MAKE
YOUR
VISIONS
WORK.

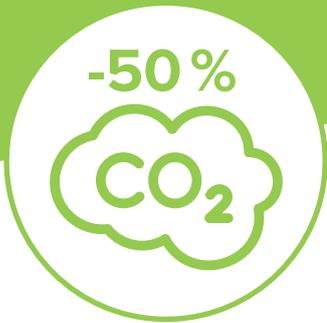
MADE IN GERMANY

DUROPAL

thermopal

 PFLEIDERER

CO₂ reduzieren mit dem GRÜNEN VERBUNDTRÄGER und PUUCO® HOLZVERBINDUNGEN



DELTABEAM® Green im Holz-Beton-Verbund- und Holzbau



Aus über 90% recycelten
Materialien



Materialeinsparung

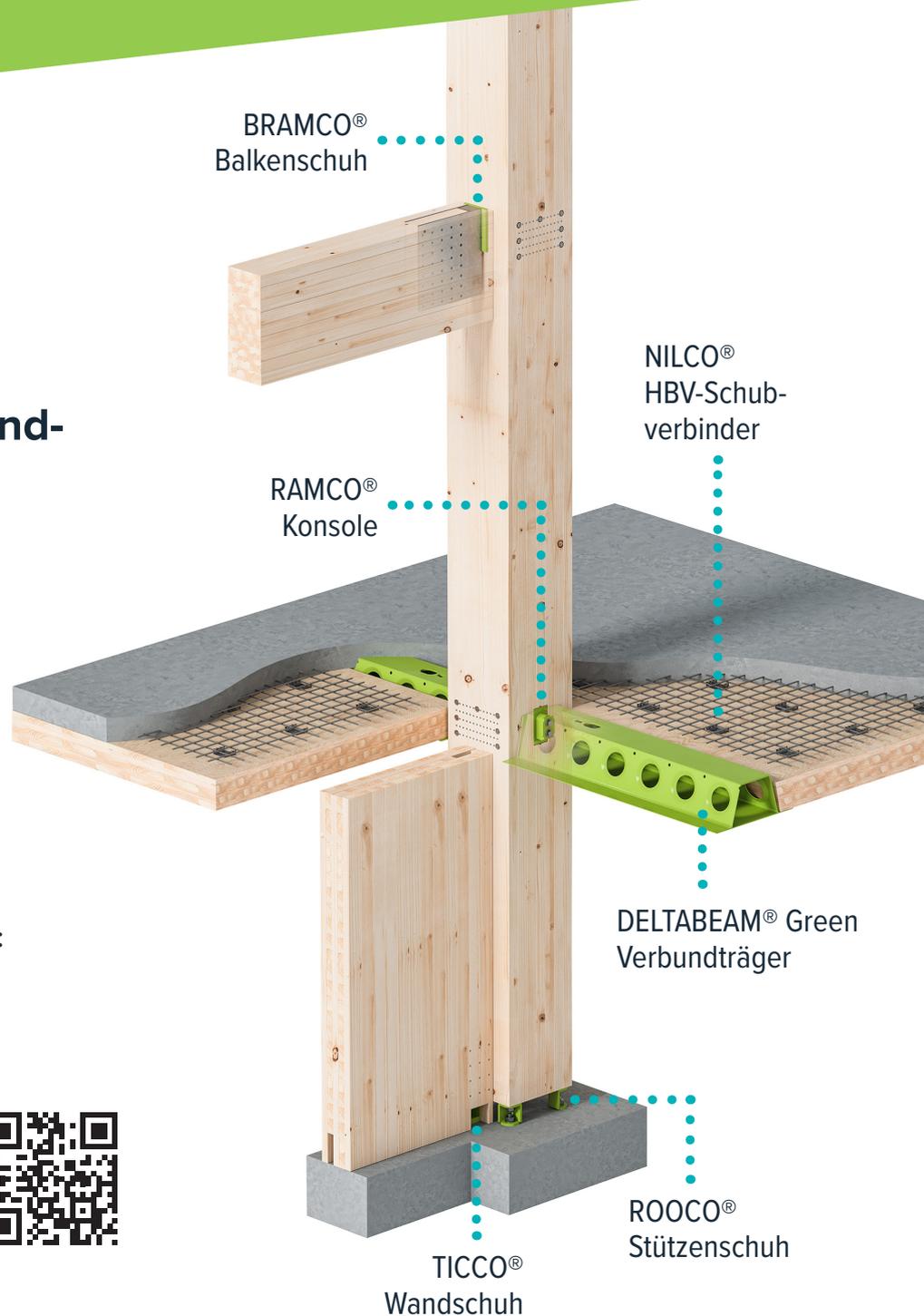


Erneuerbare Energien
in der Produktion



Green Building Kompatibilität:
EPD ▶ LEED / BREEAM

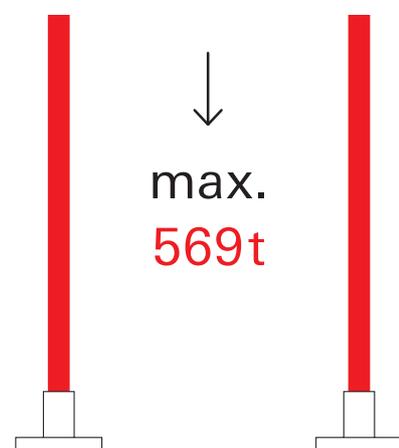
MEHR ERFAHREN





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.



↓
max.
569t



BauBuche GL75 Stütze 32/56
Druckfestigkeit in NK1: 59,4–70 N/mm²



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.

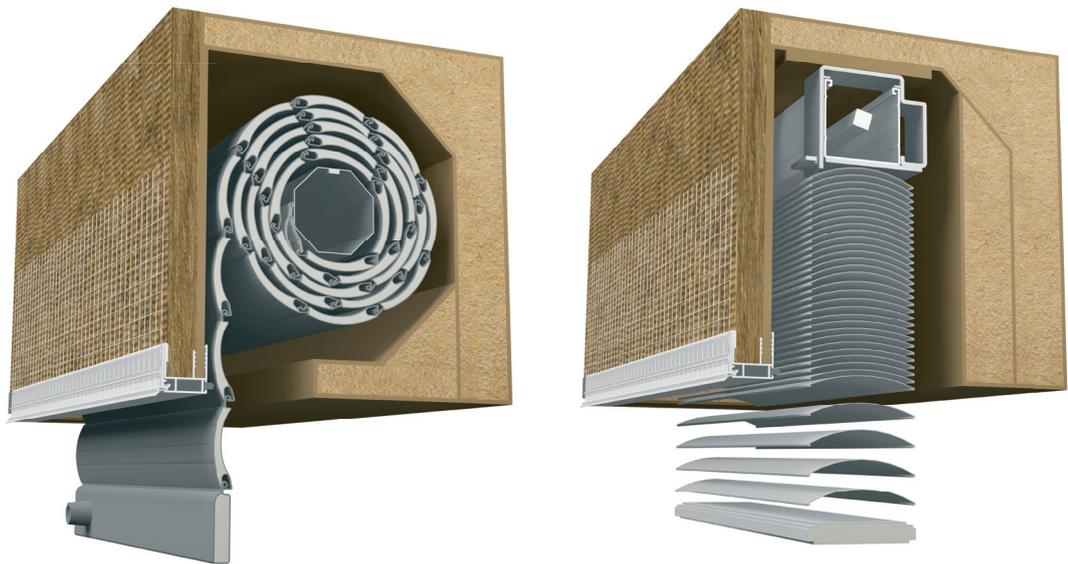
www.derix.de



ÖKO LINE

Die nachhaltige Alternative

Rollladen-
und Raffstore-
kästen speziell
für den
Holzhausbau
entwickelt



- Ökologisch hochwertige Ausführung aus nachwachsenden Rohstoffen
- Stabiles, selbsttragendes Kastensystem
- Hohe Flexibilität des Kastensystems zur einfachen Anpassung an unterschiedliche Wandaufbauten
- Dauerhafter Schutz der Dämmung durch einzigartige Sandwichbauweise
- Hervorragende Schall- und Wärmedämmung
- Statikelemente verfügbar
- Erhältlich als Einbau-, Aufsatz- oder Vorbaukasten



PRIX Systeme GmbH
Tel. 0 82 45 9 98 90-00
www.prix.de

smartex[®]

MONITORING-SYSTEMS

intelligently prevent moisture damages...

for all kinds of massive and wooden constructions ...



DETECT LEAKS AND MOISTURE IN REAL TIME

smartex[®] monitoring systems monitor your building in real time for leaks and wetness, even where you can't look. Around the clock, day by day. This means that damages are detected at an early stage, before long-term damages can occur.

PROGEO MONITORING
SYSTEME UND SERVICES
GMBH & CO. KG



AUTOMATICALLY LOCATE DAMAGES

If damages occur, smartex[®] not only sends an alarm, but also information where the damage occurred. Thus, many damages remain a small bagel, because you do not have to search for long to find them.

HAUPTSTRASSE 2
DE-14979 GROSSBEEREN
PHONE: +49-33701-22-0



CARRY OUT TARGETED REPAIRS

Particularly with moisture damages, the earlier you repair, the less consequential damages occur. With smartex[®] you can repair quickly, which saves trouble and costs. And what doesn't break doesn't need to be repaired. That's sustainable, too.

PROGEO.COM

DAS DACH ALS ERLEBNISRAUM

DARUNTER RUHE.



REGUPOL sound and drain 22

Trittschalldämmung Außenfläche

Messergebnis:

$$L_{n,w} (C_{1,50-2500}) = 41 (+3) \text{ dB}$$



Lösungen für die Holzindustrie/ modulares Bauen? Machen wir!

*Innenbeschichtung mit Remmers
HoHo Holz-Hybrid-Hochhaus, Wien*

Ökologisch und Nachhaltig.
Remmers – Ihr Partner für die
Holzindustrie und modulares Bauen.

**Sie können sich bei
Ihrem Projekt ganz
auf uns verlassen!**



Studenten als Bauherren...



...bauen nachhaltig und realisieren ihre Wohnanlage
„Collegium Academicum“ in Heidelberg für 176 Studenten-Wohneinheiten
mit dem X-fix HOLZ-HOLZ Verbindungssystem.



Die Holzwerkstoffe nach ihren besten Eigenschaften einsetzen,
ist „das Credo“ der Holzbau-Ingenieure von PIRMIN JUNG.

- STÜTZEN aus BAU-BUCHE/BB
- BALKEN aus BRETT-SCHICHTHOLZ/BSH
- WANDSCHEIBEN aus BRETT-SPERRHOLZ/BSP



X-fix C

X-fix[®]
GREENETH[®]C

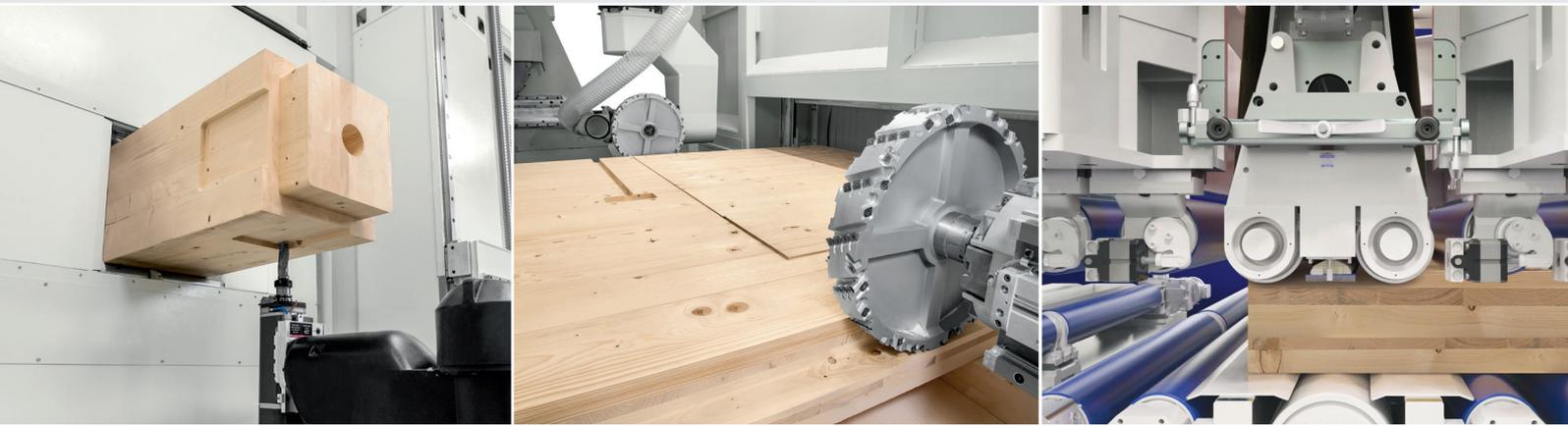
www.x-fix.at



X-fix L



TECHNOLOGISCHE INNOVATIONEN FÜR DEN HOLZBAU TIEF VERWURZELT IN UNSERER DNA



SYSTEME FÜR DEN HOLZBAU: KNOW-HOW UND INNOVATION

SCM ist seit 70 Jahren führend in der Industrie der Holzverarbeitungstechnologie. Zu verdanken ist dieser Erfolg der Bereitschaft, sich stets an neuen Technologien und Fortschritte anzupassen.

Aus dieser Kombination von Erfahrung und Fortschritt entstehen die **CNC-Abbundanlagen OIKOS und AREA Baureihen** und der **Breitbandkalibrier-Feinschliffautomat DMC SYSTEM XL**, die für die Herstellung von **Strukturbalken, BSP-Wandelementen, Decken, Holzrahmenwänden, Dachstühlen und Dämmplatten** bestimmt sind.

Der Ansatz von SCM in der Holzbauindustrie besteht darin, hochtechnologische Lösungen in Übereinstimmung mit den spezifischen Anforderungen der Kunden und den Trends der Branche zu entwerfen und herzustellen.

100% Made in Italy-Technologie, die auf den Werten von Know-How und Innovation basiert.

**FORUM
HOLZBAU**
DEUTSCHLAND
BERLIN
4./5. Juli 2023

SCM Deutschland
Seilerstrasse 2, 72622 Nürtingen
Tel. 07022-92540
info@scmgroup.de / www.scmgroup.de

ERFAHREN SIE MEHR



woodworking technology

is more

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.



Alles was für den modernen mehrgeschossigen Wohnbau in Berlin benötigt wird



storaenso

In Partnerschaft mit:



MAX HOLZBAU



- Building Concept
- Holzbau Planung
- Massivholz Tragwerk
- Gebäudehülle
- Montage

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY

GEWACHSEN ...

...für das Bauen
mit Holz in Berlin/
Brandenburg

Aus der Region für die Region:
Als Hersteller aus Brandenburg produ-
zieren wir mit kurzen Transportwegen
leistungsstarke OSB-Produkte für
den ressourcenschonenden Holzbau.
Zum Beispiel die massive ONE-BLOCK
Wohnungstrennwand aus SWISS KRONO
MAGNUMBOARD® OSB mit $R_w = 66$ dB
– ausgezeichnet mit dem Innovations-
preis Architektur + Bauwesen.

SWISS KRONO
MAGNUMBOARD® OSB

Das massive Holzbausystem



www.blauer-engel.de/uz76

- emissionsarm
- Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft
- in der Wohnumwelt gesundheitlich unbedenklich

570 Mitarbeiter - Ein Ziel - Ein Team für Sie im Einsatz



Schlüsselfertiges Bauen

Wohn- und Gewerbeobjekte
Kindertagesstätten
Schulen
Ein- und Mehrfamilienhäuser
An- und Umbauten
Aufstockungen



Holzbau

Geschlossene Gebäudehülle
Holzrahmenbau
Ingenieur Holzbau
Sanierung / Restauration
Dachkonstruktionen
Dachdeckerarbeiten



Fenster & Fassaden

Holzfenster
Holz-Aluminiumfenster
Aluminiumfenster
Kunststofffenster
Haustüren
Pfosten-/Riegelkonstruktionen



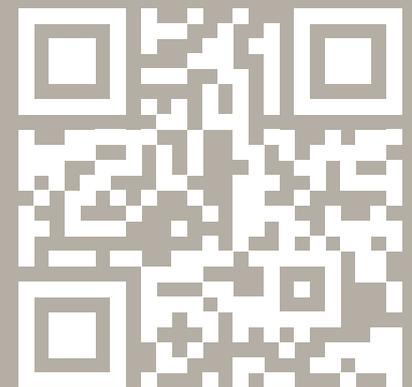
Innenausbau

Objekt- und Ladeneinrichtungen
Wohn- und Objektüren
Möbel
Treppen
Schranksysteme
Bodenbeläge



Stahl- & Metallarbeiten

Bauschlosserei
Stahlbau
Blechbearbeitung
Edelstahlbearbeitung



Unternehmensgruppe Terhalle

Solmsstarße 46
48683 Ahaus-Ottenstein
02561-98 23 0

THERMORY®

Thermory vereint Design und Wissenschaft,
Schönheit und Innovation.

Als größter Hersteller von thermisch
modifiziertem Holz und Saunamaterialien können
wir weltweit auf unzählige Bauprojekte blicken,
die mit unseren nachhaltigen sowie langlebigen
Produkten verwirklicht wurden.

NEU:
Feuerbeständiges Design-Holz von THERMORY

Fassade: Thermory Benchmark Thermokiefer Mix & Match

Foto: Veronika Stuksrud, Wohngebäude in Norwegen

LEAVE A LASTING IMPACT! → thermory.de



ZÜBLIN Timber
Industriestr. 2
86551 Aichach
Tel. +49 8251 908-0
timber@zueblin.de



Ihr Spezialist im Holzbau.

ZÜBLIN Timber steht für anspruchsvolle und zukunftsweisende Lösungen in allen Bereichen des Holzbaus. Aus einer Hand bieten wir die Entwicklung, Produktion, Lieferung und Ausführung hochwertiger Holzbausysteme – von der Bauteillieferung über den komplexen Ingenieurholzbau und Fassadenbau bis hin zur schlüsselfertigen Bauausführung. Gemeinsam mit unseren Kund:innen gestalten wir effiziente Lösungen und nachhaltige Lebensqualität.

www.zueblin-timber.com



ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS