

FORUM HOLZBAU URBAN KÖLN

12. Europäischer Kongress (EBH)

23./24. Oktober 2019

Gürzenich Köln, Deutschland

Bauen mit Holz im urbanen Raum

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

FORUM HOLZBAU URBAN KÖLN

12. Europäischer Kongress (EBH)

23./24. Oktober 2019

Gürzenich Köln, Deutschland

Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum

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

Bearbeitung und Satz: FORUM HOLZBAU, Katja Rossel, Katharina Uebersax

Druck: EBERL PRINT
Kirchplatz 6
87509 Immenstad
Deutschland
T +49 8323 802 200

Auflage: 740 Ex.

© 2019 by FORUM HOLZBAU, Biel/Bienne, Schweiz
ISBN 978-3-906226-27-9

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

Inhalt

Mittwoch, 23. Oktober 2019

Wie Bauen, Wohnen und Leben in der Zukunft

Wohnen in Deutschland

Hanno Kempermann, Institut der deutschen Wirtschaft Consult, Köln, Deutschland

13

BLOCK A1

Gebäude als Rohstoffreserve

Cradle to Cradle in Architektur und Konstruktion

Jörg Finkbeiner, Partner und Partner Architekten, Berlin, Deutschland

23

BLOCK A2

Aufstockungen: das neue Wohnbaupotential

Potential Aufstockungen – Dächer als neue Grundstücke in hochurbanen Lagen

*Matthias Günther, ISP Eduard Pestel Institut für Systemforschung,
Hannover, Deutschland*

31

Aufstockung in GKL4 ganz in Holz – Dank neuer LBO in NRW

Stefan Huf, Cordes Holzbau, Rotenburg, Deutschland

39

Wohnen mit Weitblick: Vom Mehlsilo zum Wohnturm

Florian Willers, Pirmin Jung Deutschland, Sinzig, Deutschland

51

BLOCK B1

Brandschutz im Geschossbau

Brandsichere Holzfaserverputze für die Gebäudeklassen 4 und 5

Björn Kampmeier, Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg, Deutschland

61

Brandschutztechnisch sichere hinterlüftete Holzfassaden – ist das möglich

*Dr. Michael Merk und Thomas Engel, Technische Universität München,
München, Deutschland*

71

Brandschutz im Geschosswohnungsbau. Am Beispiel der Holzhochhäuser Heilbronn und Pforzheim

Prof. Dr. Dirk Kruse, Dehne Kruse Brandschutzingenieure, Gifhorn, Deutschland

79

BLOCK B2

Planen und Planungshilfen im Holzbau

dataholz.eu – Bibliothek für Bauteile, Bauteilfügungen und Referenzprojekte

*Maren Kohaus und Manfred Stieglmeier, Technische Universität München,
München, Deutschland*

89

Praxishandbuch Schallschutz im Holzbau mit wichtigen Erkenntnissen für bewährte Bauweisen

*Adrian Blödt, Ingenieurbüro für Bauphysik und Blödt Holzkomplettbau,
Kohlberg, Deutschland*

105

Wie planen wir den Holzbau

Falk Hoffmann-Berling, Marx Krontal Partner, Hannover, Deutschland

123

Planbar | Machbar | Umsetzbar: der moderne wirtschaftliche Büro- und Wohnungsbau in Holz

- Neue Partnerschaften zur Stärkung der Holzbauweise** 133
André Meyer, Branchenkoordinator der GLS Bank, Bochum, Deutschland
- Holz-Hybrid als wirtschaftliche Systembauweise – 7 Geschosse in 7 Wochen** 137
Heiko Seen, HU-Holzunion, Rotenburg, Deutschland
- Green Office® Enjoy | Paris** 147
Prof. Gerd Jäger, Baumschläger Eberle Architekten, Berlin, Deutschland
- Quartier Weissensee: Berlins grösster Holzbau, ein Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes und klimafreundlich Wohnen in der Stadt** 153
Christoph Deimel, Deimel Oelschläger Architekten, Berlin, Deutschland

Donnerstag, 24. Oktober 2019

BLOCK C1

Erste Erfahrungen mit den Landesbauordnungen

- Verwendbarkeitsnachweise für Holzbausysteme im Geschosswohnungsbau** 159
Johannes Niedermeyer, Holzbau Deutschland Institut, Berlin, Deutschland
- Bauen mit Holz in der GK 4 in Nordrhein-Westfalen** 167
Burkhard Walter, B. Walter Ingenieurgesellschaft, Aachen, Deutschland
- Bauen mit Holz in Baden-Württemberg** 189
Bernd Gammerl, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, Stuttgart, Deutschland
- Leitdetails für Konstruktionen in Holzbauweise in den Gebäudeklassen 4 und 5 gemäß der LBO BW (HolzbauRLBW)** 201
Prof. Ludger Dederich, Hochschule Rottenburg, Rottenburg, Deutschland

BLOCK C2

Privates Baurecht

- Die Bildung einer Bieter- und Arbeitsgemeinschaft** 215
Gerrit G. Garbrecht, Rechtsanwalt, Bielefeld, Deutschland
- Haftung der Arbeitsgemeinschaft** 223
Dr. Matthias Orlowski, Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft, Düsseldorf, Deutschland
- Erste Erfahrungen mit dem neuen Bauvertragsrecht** 231
Andreas Krieter, Koenen Bauanwälte, Bielefeld, Deutschland

BLOCK D1

Konstruktive Lösungen für den Grossvolumigen Holzbau

- Das schnellste Mehrfamilienhaus der Schweiz – Modulbau mit Holz-Stahlhybridkonstruktion** 243
Roman Hausammann, Berner Fachhochschule AHB, Biel/Bienne, Schweiz
- Konstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau** 249
Prof. Stefan Krötsch, HTWG Konstanz, Konstanz, Deutschland

Wärmeschutz durch integrale HBV-Deckensysteme – am Beispiel von Schulprojekten im Frankfurter Raum	257
<i>Thomas Wehrle, ERNE Holzbau, Stein, Schweiz</i>	
...und wenn's höher wird:	267
Dynamik und Aussteifung von Holzhochhäusern	
<i>Prof. Dr. Volker Schmid, Entwerfen und Konstruieren – Verbundstrukturen Institut für Bauingenieurwesen, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland</i>	
BLOCK D2	
Die Holzfassade: Konstruktiv – Funktional – Gestalterisch	
Planung und Konstruktion von Holzfassaden	287
<i>Dr. Heinz Pape, bauart Konstruktions, Lauterbach, Deutschland</i>	
Holzfassaden: Witterung und Schutzmaßnahmen – Möglichkeiten und Grenzen im Überblick	293
<i>Prof. Dr. Thomas Volkmer, Berner Fachhochschule AHB, Biel/Bienne, Schweiz</i>	
Holzfassade und Architektur	307
<i>Prof. Hermann Kaufmann, Technische Universität München, Deutschland; Hermann Kaufmann + Partner ZT, Schwarzach, Österreich</i>	
Eine Frage der Ökologie: Planen, Bauen und Leben im urbanen Raum	
Repetitiver Holzbau: Großprojekt ELMEN / Konzeption und Ausführung der Musterhäuser	313
<i>Gary Kolbach, Société Nationale des Habitations à Bon Marché Luxemburg, Luxemburg</i>	
Repetitiver Holzbau: Großprojekt ELMEN / Konzeption und Ausführung der Musterhäuser	323
<i>Philipp Waldmann, Société Nationale des Habitations à Bon Marché Luxemburg, Luxemburg</i>	
Prinz-Eugen-Park in München – die größte Holzbausiedlung in Deutschland entsteht	331
<i>Ulrike Klar, Stadtdirektorin Landeshauptstadt München, München, Deutschland</i>	
Neckarbogen in Heilbronn – Stadt der Zukunft	339
<i>Barbara Brakenhoff, Bundesgartenschau Heilbronn 2019, Heilbronn, Deutschland</i>	

Referenten

Prof. Dr. Austmann Henning

Hochschule Hannover
Ricklinger Stadtweg 120
DE - 30459 Hannover

Tel.: +49 51 192 961 564
E-Mail: henning.austmann@hs-hannover.de

Dr. Bottermann Heinrich

Staatssekretär im Ministerium für Umwelt,
Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
DE - 40210 Düsseldorf

Prof. Dederich Ludger

Hochschule Rottenburg
Schadenweilerhof
DE - 72108 Rottenburg

Tel.: +49 74 729 511 47
E-Mail: dederich@hs-rottenburg.de

Finkbeiner Jörg

Partner und Partner Architekten
Reichenberger Strasse 124 D
DE - 10999 Berlin

Tel.: +49 30 544 943 77
E-Mail: jf@partnerundpartner.com

Garbrecht Gerrit G.

Rechtsanwalt
Windfang 79 B
DE - 33647 Bielefeld

Tel.: +49 521 400 290 07
E-Mail: gg.garbrecht@t-online.de

Hausammann Roman

Berner Fachhochschule AHB
Solothurnstrasse 102
CH - 2504 Biel/Bienne

Tel.: +41 32 344 03 12
E-Mail: roman.hausammann@bfh.ch

Hoffmann-Berling Falk

Marx Krontal Partner
Uhlemeyerstrasse 9+11
DE - 30175 Hannover

Tel.: +49 51 151 515 417
E-Mail: falk.hoffmann-berling@marxkrontal.com

Prof. Jäger Gerd

Baumschlager Eberle Architekten
Kohlfurter Strasse 41/43
DE - 10999 Berlin

Tel.: +49 30 690 042 327

Blödt Adrian

Blödt Holzkomplettbau GmbH
Ahornweg 3
DE - 92702 Kohlberg

Tel.: +49 37 160 081 33
E-Mail: info@holzbau-bloedt.de

Brakenhoff Barbara

Projektleiterin Stadtausstellung, BUGA Heilbronn
Edisonstrasse 25
DE - 74076 Heilbronn

Tel.: +49 71 312 714 182
E-Mail: Barbara.Brakenhoff@buga2019.de

Deimel Christoph

Deimel Oelchläger Architekten
Wattstrasse 11-13
DE - 13355 Berlin

Tel.: +49 30 209 676 810
E-Mail: deimel@deo-berlin.de

Gammerl Bernd

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und
Wohnungsbau Baden-Württemberg
Schlossplatz 4
DE - 70173 Stuttgart

Tel.: +49 71 112 329 06
E-Mail: bernd.gammerl@wm.bwl.de

Günther Matthias

ISP Eduard Pestel Institut für Systemforschung
Gretchenstrasse 7
DE - 30161 Hannover

Tel.: +49 51 199 09 40
E-Mail: guenther@pestel-institut.de

Prof. Hillebrandt Annette

Bergische Universität Wuppertal
Haspeler Strasse 27
DE - 42285 Wuppertal

Tel.: +49 20 243 940 14
E-Mail: hillebrandt@uni-wuppertal.de

Huf Stefan

Cordes Holzbau GmbH & Co. KG
Waffensener Dorfstrasse 20
DE - 27356 Rotenburg

Tel.: +49 42 689 330
E-Mail: info@cordes-holzbau.de

Prof. Dr. Kampmeier Björn

Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstrasse 2
DE - 39114 Magdeburg

Tel.: +49 39 188 649 67
E-Mail: bjoern.kampmeier@hs-magdeburg.de

Prof. Kaufmann Hermann

Technische Universität München
Arcisstrasse 21
DE - 80333 München
Tel.: +49 89 289 254 92
E-Mail: h.kaufmann@hkarchitekten.at

Klar Ulrike

Stadtdirektorin München
Blumenstrasse 31
DE - 80331 München
Tel.: +89 233 229 60
E-Mail: ulrike.klar@muenchen.de

Kolbach Gary

SNHBM - staatl. Wohnungsbaugesellschaft
2 Rue Kalchesbruck
LU - 1852 Luxembourg
Tel.: +35 244 829 21
E-Mail: gary.kolbach@snhbm.lu

Prof. Krötsch Stefan

HTWG Konstanz
Alfred-Wachtel-Strasse 8
DE - 78462 Konstanz
Tel.: +49 75 312 060
E-Mail: stefan.kroetsch@htwg-konstanz.de

Dr. Merk Michael

Technische Universität München
Arcisstrasse 21
DE - 80333 München
Tel.: +49 89 289 220 46
E-Mail: m.merk@tum.de

Niedermeyer Johannes

Holzbau Deutschland-Institut e.V.
Kronenstrasse 55-58
DE - 10117 Berlin
Tel.: +49 30 203 145 34
E-Mail: niedermeyer@institut-holzbau.de

Dr. Pape Heinz

bauart Konstruktions GmbH & Co. KG
Spessartstrasse 13
DE - 36341 Lauterbach
Tel.: +49 66 419 66 10
E-Mail: pape@bauart-konstruktion.de

Prof. Dr. Schmid Volker

Technische Universität Berlin
Gustav-Meyer-Allee 13
DE - 13355 Berlin
Tel.: +49 30 314 721 62
E-Mail: volker.schmid@tu-berlin.de

Kempermann Hanno

Institut der deutschen Wirtschaft
Köln Consult GmbH
Konrad-Adenauer-Ufer 21
DE - 50668 Köln
E-Mail: kempermann@iwkoeln.de

Kohaus Maren

Technische Universität München
Arcisstrasse 21
DE - 80333 München
Tel.: +49 89 289 254 97
E-Mail: maren.kohaus@tum.de

Krieter Andreas

Koenen Bauanwälte
Ravensberger Strasse 12 B
DE - 33602 Bielefeld
Tel.: +49 52 196 766 380
E-Mail: krieter@bauanwaelte.de

Prof. Dr. Kruse Dirk

Dehne, Kruse Brandschutzingenieure
GmbH & Co. KG
Gustav-Schwannecke-Strasse 13
DE - 38518 Gifhorn
Tel.: +49 531 26 15 79 04
E-Mail: kruse@kd-brandschutz.de

Meyer André

Branchenkoordinator der GLS Bank
Christstrasse 9
DE - 44789 Bochum
Tel.: +49 23 457 971 00
E-Mail: andre.meyer@gls.de

Dr. Orłowski Matthias

Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft GmbH
Trinkausstrasse 7
DE - 40213 Düsseldorf
Tel.: +49 21 188 29 29
E-Mail: orłowski@mkrg.com

Prof. Roswag-Klinge Eike

Natural Building Lab Technische Universität Berlin/
ZRS Architekten Ingenieure
Strasse des 17. Juni 152
DE - 10623 Berlin
Tel.: +49 30 314 218 87
E-Mail: roswag-klinge@tu-berlin.de

Seen Heiko

HU-Holzunion GmbH
Waffensener Dorfstrasse 20
DE - 27356 Rotenburg
Tel.: +49 42 689 33 66
E-Mail: h.seen@holzunion.com

Sprenger Wolf-Dieter

Stadtsiedlung Heilbronn GmbH
Urbanstrasse 10
DE - 74072 Heilbronn

Tel.: +49 71 316 257 50
E-Mail: wolf-dieter.sprenger@stadtsiedlung.de

Stieglmeier Manfred

Technische Universität München
Arcisstrasse 21
DE - 80333 München

Tel.: +49 89 289 254 92
E-Mail: manfred.stieglmeier@tum.de

Prof. Dr. Volkmer Thomas

Berner Fachhochschule AHB
Solothurnstrasse 102
CH - 2504 Biel/Bienne

Tel.: +41 32 344 03 46
E-Mail: thomas.volkmer@bfh.ch

Waldmann Philipp

Société Nationale des Habitations à Bon Marché s.A.
2 Rue Kalchesbruck
LU - 1852 Luxembourg

Tel.: +35 244 829 21
E-Mail: philipp.waldmann@snhbm.lu

Walter Burkhard

B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH
Charlottenburger Allee 60
DE - 52068 Aachen

Tel.: +49 24 194 909 14
E-Mail: walter@ing-walter.de

Wehrle Thomas

ERNE AG Holzbau
Rüchligstrasse 53
CH - 4332 Stein

Tel.: +41 62 866 15 26
E-Mail: thomas.wehrle@erne.net

Willers Florian

Pirmin Jung Deutschland
Entenweiherweg 12
DE - 53489 Sinzig

Tel.: +49 26 429 051 820
E-Mail: florian.willers@pirminjung.de

Mittwoch, 23. Oktober 2019

Wie Bauen, Wohnen und Leben in der Zukunft

Wohnen in Deutschland

Hanno Kempermann
Institut der deutschen Wirtschaft Consult GmbH
Köln, Deutschland



Wohnen in Deutschland

1. Kernergebnisse

Die Studie «Wohnen in Deutschland» bietet umfassende Analysen des deutschen Wohnungsmarktes auf Kreisebene. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die derzeitigen Diskussionen über zu hohe Mieten nur wenige Städte und dort oftmals nur wenige Viertel betreffen. Hier sorgt die große Nachfrage für überdurchschnittliche Preissteigerungen. In fast allen anderen Regionen Deutschlands steigen zwar auch die Immobilienpreise, aber in moderater Art und Weise. So liegt der durchschnittliche Kaufpreis je m² bei 2379 Euro. Die Schere zwischen den Regionen in Deutschland geht weiter auf.

Auch die im Folgenden vorgestellten Daten weisen nicht auf eine Immobilienblase hin, sondern auf erhöhte finanzielle Spielräume aufgrund niedriger Zinsen, Siedlungsdruck in den Großstädten, in denen die Nachfrage durch Zuzug in urbane Räume deutlich höher als das Angebot ist und nicht zuletzt der stetig steigenden Wohnfläche je Einwohner, die seit 1990 um ein Drittel auf 46.5 m² je Einwohner gewachsen ist.

Weitere Kernergebnisse lauten:

- Für den Kauf einer Immobilie in Deutschland wurden 2018 im Durchschnitt 264 000 Euro ausgegeben, davon 20 Prozent über Eigenkapital und 80 Prozent über Fremdkapital.
- 264 000 Euro entsprechen im Schnitt einer Immobiliengröße von rund 111 m². In München reicht diese Summe für lediglich 39 m², im Kyffhäuserkreis können damit gut 300 m² erworben werden.
- Das Niedrigzinsniveau hat als Motiv für den Eigentumserwerb bei den Mietern mit Erwerbsplänen an Bedeutung gewonnen. Die Zinsersparnis liegt im Vergleich zu 2008 für den Kauf einer Immobilie für 264 000 Euro allein bei 72 500 Euro.
- In 396 von 401 Regionen in Deutschland sind die m²-Preise seit 2005 gestiegen.
- Acht der zehn teuersten Regionen Deutschlands befinden sich im Großraum München.
- 5.6 Jahreshaushaltseinkommen kostet ein Eigenheim im Durchschnitt. Die Spannweite reicht von 13.3 Jahreseinkommen für eine Immobilie in München bis 2.6 Jahreseinkommen für eine Immobilie im Kyffhäuserkreis (Nord-Thüringen).

2. Die Ergebnisse im Einzelnen

Aufgrund der enormen regionalen Unterschiede wurden viele Analysen auf kleinräumiger Maßstabsebene durchgeführt. Berücksichtigung findet auch eine Bevölkerungsbefragung des Allensbach Instituts zu Wohnpräferenzen, die im Rahmen der Studie durchgeführt wurde.

2.1. Erschwinglichkeit

Gemessen an der durchschnittlichen Investitionssumme von 264 000 Euro gilt eine Immobilie mit knapp 111 m² als erschwinglich. Je m² liegt der Preis bei 2379 Euro. Dieser Preis variiert erheblich zwischen den einzelnen Regionen. Im Landkreis München lag er 2018 für ein Bestandseinfamilienhaus bei 7586 Euro je m², im Kyffhäuserkreis bei 855 Euro je m², also bei nur fast einem Zehntel des Preises in München.

Insbesondere in Mitteldeutschland und in der Südpfalz sind die Immobilienpreise gemessen an den Jahresnettoeinkommen relativ günstig. Abbildung 1 zeigt die deutschlandweiten Unterschiede. Auffällig ist auch, dass Berlins Ausstrahlungseffekte deutlich kleiner als die Münchens, Stuttgarts, Frankfurts und auch Hamburgs ausfallen.

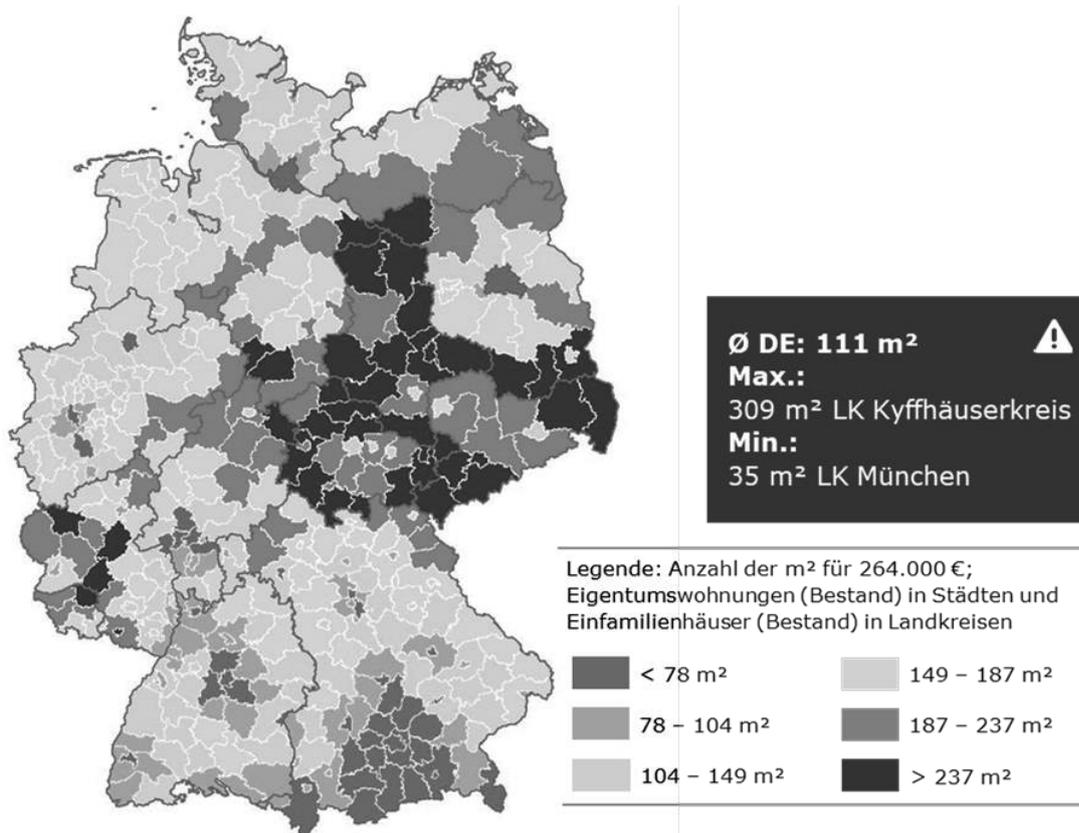


Abbildung 1: Die Größe erschwinglicher Immobilien in Deutschland
 Quelle: Wohnen in Deutschland (2019)

2.2. Ein Blick nach Berlin und Frankfurt am Main

Berlin und Frankfurt am Main wurden besonders detailliert analysiert, da hier die Metropolphänomene eindrücklich dargestellt werden können. Auch innerhalb der Städte besteht eine große Spannweite zwischen einzelnen Vierteln. So gibt es in den Randbezirken Berlins noch Immobilien mit einem m²-Preis von unter 2300 Euro und damit für weniger als im Durchschnitt Deutschlands. Gleichwohl liegen die teuersten Viertel Berlins mittlerweile auf einem ähnlichen Niveau wie in Frankfurt oder Hamburg. In Dahlem liegt der m²-Preis mittlerweile bei über 7000 Euro.

In 13 Stadtteilen Berlins zahlt man mehr als 5000 Euro je m², in 14 Stadtteilen liegt der Preis für einen m² bei unter 3000 Euro. Um in Berlin eine 90 m²-Wohnung für 264 000 € kaufen zu können, muss man etwa 15 km von der Innenstadt aus pendeln. Um die überdurchschnittlich teuren Stadtteile mit Quadratmeterpreisen von mehr als 2400 Euro je m² zu verlassen, ist eine Pendeldistanz von etwa 33 km von der Innenstadt aus zu bewältigen.

Frankfurt am Main hat nicht die Möglichkeiten der geografischen Ausdehnung Berlins. Deshalb sind hier auch die Randgebiete noch verhältnismäßig teuer und liegen bei über 3000 Euro je m². Für eine Immobilie in den teuersten Viertel Frankfurts wie Westend-Süd oder die Altstadt müssen sogar fast 9000 Euro je m² aufgewendet werden. In 18 Stadtteilen liegen die Immobilienpreise bei mehr als 5000 Euro je m². In nur drei Stadtteilen ist ein m² Wohneigentum für unter 3500 € zu haben. Um in Frankfurt am Main eine 90 m²-Wohnung für 264000 Euro kaufen zu können, muss man etwa 17 km von der Innenstadt aus pendeln. Um die überdurchschnittlich teuren Stadtteile mit Quadratmeterpreisen von mehr als 2400 Euro je m² zu verlassen, ist eine Pendeldistanz von etwa 25 km von der Innenstadt aus zu bewältigen.

Die steigenden Immobilienpreise führen zu einer höheren Bereitschaft von Mietern zu pendeln. Gaben 2017 noch zwei Drittel der Mieter an, maximal 30 km pendeln zu wollen, lag dieser Wert 2019 bei 78 Prozent. Mehr als 50 km ist jedoch nur eine kleine Minderheit von drei Prozent bereit jeden Tag zu pendeln.

2.3. Immobilienerwerb

Der Kauf einer Immobilie lohnt sich. Knapp zwei Drittel aller Deutschen, die älter als 16 Jahre alt sind, halten den Kauf einer Immobilie für lohnend. Für lediglich 12 Prozent lohnt sich der Kauf nicht. Dies hat verschiedene Gründe:

- Während nur 24 Prozent der Mieter sehr zufrieden mit ihrer eigenen Wohnsituation sind, trifft dies auf 60 Prozent der Eigentümer zu.
- Für knapp drei Viertel der Deutschen ist der Erwerb von Eigentum ein wichtiger Baustein für die Altersvorsorge. 69 Prozent sehen als Vorteil, nicht mehr von Mietsteigerungen betroffen zu sein.
- In der aktuellen Niedrigzinsphase lässt sich der Immobilienkauf günstig finanzieren. Im Vergleich zu 2008 liegt die Zinsersparnis bei 72 500 Euro, wenn 264 000 Euro für den Kauf bei einer Eigenkapitalquote von 30 Prozent und einer Volltilgung in 20 Jahren eingesetzt werden.
- 56 Prozent der Mieter, die einen Immobilienkauf planen, sehen die niedrigen Kreditzinsen positiv. Nur 25 Prozent sind skeptisch mit Blick auf die Gefahr zukünftiger Zinssteigerungen. 2013 lag dieses Verhältnis nur bei 52 Prozent zu 33 Prozent. Der Rest war jeweils unentschieden.

Aus diesen Gründen planen 31 Prozent der Mieter von im Alter von 16 bis 50 Jahren einen Immobilienkauf in den nächsten Jahren. Dieser Wert ist seit 2013 um zehn Prozent gestiegen. Die größte Kaufinteressentengruppe stellen die 31- bis 40-Jährigen mit 41 Prozent. Über-51-jährige Mieter haben dagegen weitgehend mit dem Kauf einer Immobilie abgeschlossen, nur zwei Prozent dieser Gruppe plant noch einen Kauf.

47 Prozent aller Deutschen gaben in der Befragung an Immobilieneigentümer zu sein. Insbesondere Gutverdiener und Menschen in ländlichen Räumen gehören zu dieser Gruppe. Während 60 Prozent mit einem monatlichen Haushaltsnettoeinkommen von mehr als 3500 Euro Eigentümer sind, liegt der Anteil bei Haushalten mit weniger als 1750 Euro lediglich bei 22 Prozent. Nur 32 Prozent der Großstädter (Städte mit mehr als 100 000 Einwohnern) sind Immobilienbesitzer – in ländlichen Räumen (Städte mit weniger als 5000 Einwohnern) liegt die Quote bei 59 Prozent. Da die Mehrheit der Bevölkerung in den Städten in Wohnungen lebt und auf dem Land in Häusern, dominieren dementsprechend Hauseigentümer im Vergleich zu Wohnungseigentümern: Die 47 Prozent der Immobilieneigentümer verteilen sich zu 38 Prozentpunkten auf Erstere und 9 Prozentpunkten auf Letztere.

2.4. Entwicklung der Immobilienpreise seit 2005

Die Preisentwicklung von Eigentumswohnungen liegt bei durchschnittlich 61.5 Prozent seit 2005. Das entspricht einem jährlichen Anstieg von 3.8 Prozent. Im Anbetracht der niedrigen Zinsen ist diese Entwicklung attraktiv, wenngleich bei der Betrachtung eines solch langen Zeitraums ebenfalls klar wird, dass deutschlandweit bislang keine Anzeichen einer Immobilienblase zu erkennen sind.

Die Landeshauptstadt Berlin verzeichnet eine besonders hohe Preissteigerung von fast 130 Prozent – dies resultiert allerdings auch aus der Tatsache, dass die Preise in Berlin im Jahre 2005 extrem niedrig lagen und dementsprechend Aufholeffekte zu beobachten sind. Noch heute liegen die Immobilienpreise in Berlin mit rund 3400 Euro je m² unter denen der sechs anderen Metropolen. München liegt mit 6798 Euro je m² doppelt so hoch, Frankfurt am Main mit 4555 Euro je m² ein Drittel höher.

Im Bundeslandvergleich liegt Hamburg mit durchschnittlichen Preisen je m² für Eigentumswohnungen mit 4393 Euro am höchsten, in Sachsen-Anhalt sind sie dagegen mit 1118 Euro je m² nur rund ein Viertel so hoch. Mit Blick auf die Flächenländer hat sich Bayern mit einem Wachstum von 86 Prozent besonders positiv entwickelt.

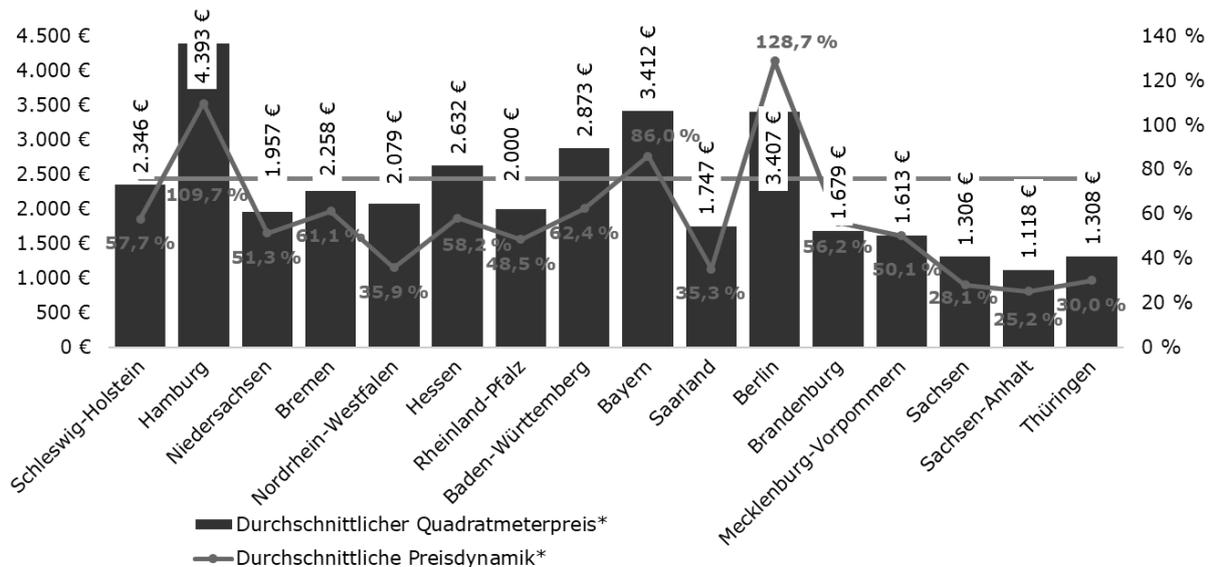


Abbildung 2: Preise und Preisdynamik bei Eigentumswohnungen seit 2005 nach Bundesländern
Quelle: Wohnen in Deutschland (2019)

2.5. Zukünftige Entwicklung

Da sich voraussichtlich in den nächsten Jahren die Rahmendaten nicht radikal verändern werden – die niedrigen Zinsen, der Trend zur Urbanisierung und die Einschätzung, dass sich Kaufen lohnt –, ist mit einer insgesamt positiven Entwicklung des Immobilienmarktes zu rechnen. Gleichwohl wird es neben Gewinnern auch Verlierer geben: Schwer haben werden es die Regionen mit Abwanderung und schwachen wirtschaftlichen Perspektiven, die nicht im Umfeld der wirtschaftlichen Leistungszentren Deutschlands liegen.

Vor diesem Hintergrund wird die zukünftige Entwicklung der Regionen in Deutschland auf Basis zweier Indizes berechnet: Einem Niveauranking von 2018, das den aktuellen Erfolg der 401 Kreise und kreisfreien Städte widerspiegelt und einem Zukunftsranking, das die zukünftige Leistungsfähigkeit von Regionen bewertet.

Das Niveauranking bildet 13 Indikatoren aus den Bereichen Wirtschaftsstruktur, Arbeitsmarkt und Lebensqualität ab. Die Indikatoren werden auf Basis eines ökonometrischen Modells nach ihrer Erklärungskraft für den Erfolg (großer Wohlstand und hohe Arbeitsmarktpartizipation) einer Region gewichtet. Darunter fallen der Anteil wissensintensiver Dienstleistungen, der Anteil hochqualifizierter Beschäftigter oder der Wanderungssaldo der 25- bis 30-jährigen.

Das Zukunftsranking versucht über Indikatoren aus den drei Bereichen Industrien der Zukunft, Forschungsstärke und kreative Dienstleistungen eine Prognose zu geben, wie gut die Zukunftschancen einer Region sind. Berücksichtigung finden sechs Indikatoren, bspw. der Beschäftigungsanteil in Zukunftsbranchen, die Patentintensität der Unternehmen vor Ort oder der Beschäftigungsanteil in Branchen der Kultur- und Kreativwirtschaft.

Die Auswertung zeigt, dass sich insbesondere der Süden und die Metropolen voraussichtlich auch in Zukunft positiv entwickeln werden. Darunter fallen die Rheinschiene um Köln und Düsseldorf, die Großräume Hamburg, Berlin und Frankfurt sowie weiträumige Gebiete um Stuttgart und München.

Problematisch erscheint, dass schon heute schwache Regionen wie das Ruhrgebiet, Mitteldeutschland oder Teile Norddeutschlands auch nicht gut mit Zukunftsfaktoren ausgestattet sind.

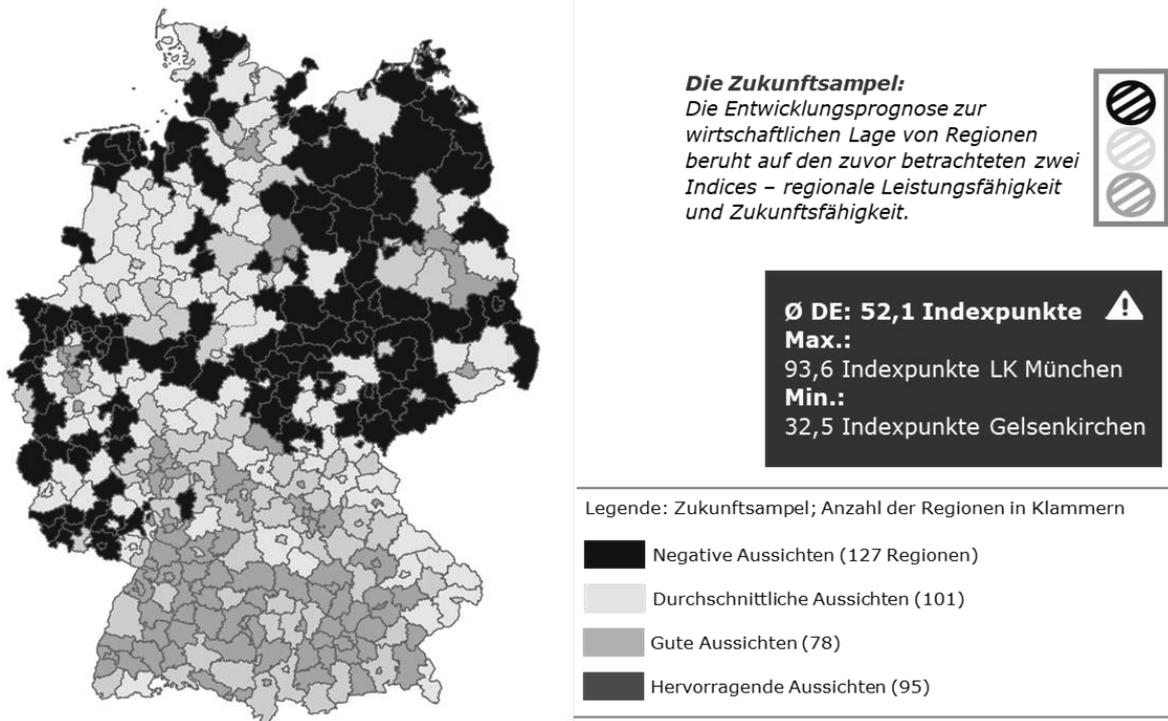


Abbildung 3: Prognostizierte Entwicklungen der Immobilienpreise in Deutschlands Regionen
 Quelle: Wohnen in Deutschland (2019)

Block A1

Gebäude als Rohstoffreserve

Cradle to Cradle in Architektur und Konstruktion

Jörg Finkbeiner
Partner und Partner
Architekten
Berlin, Deutschland



Cradle to Cradle in Architektur und Konstruktion

1. Einführung – Reboot Architecture

1.1. Globale Fakten

Die Welt befindet sich in der größten Transformation der Menschheitsgeschichte: Ressourcenverknappung, Klimawandel und Bevölkerungswachstum mit einhergehender Urbanisierung, die Dynamisierung der Wirtschaft und Lebensmodelle, Digitalisierung etc., sind hinlänglich bekannt und stellen die Bauindustrie vor immense Herausforderungen. Mit der Frage nach zukunftsfähigen Bauweisen rücken innovative Konzepte, die sowohl der zunehmenden Rohstoffverknappung, der notwendigen Energieeffizienz als auch dem Flächenverbrauch gerecht werden, immer mehr in den Fokus gesellschaftlichen Interesses. Die Architektur und die Bauwirtschaft, muss dabei ihre gesellschaftliche Verantwortung in der kommenden postfossilen Welt durch einen notwendigen Paradigmenwechsel in Stadtplanung und Architektur erfüllen. Denn dass die gebaute Umwelt bei diesen Fragen eine wesentliche Rolle spielt, ist unstrittig. Die Frage, ob zirkuläres Bauen lediglich einen Trend darstellt, der bestenfalls eine Nische besetzen wird, erübrigt sich bei der genauen Betrachtung der Fakten:

Die Erde ist ein stofflich geschlossenes System. Gleichzeitig werden in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weltweit neue Mega-Metropolregionen in einem Umfang entstehen, die in etwa der Weltbevölkerung von 1930 entsprechen. Der zusätzliche Ressourcenbedarf ist enorm und wird bei global vernetzten Rohstoffmärkten zu Verteilungsfragen und Preissteigerungen führen. Auch die europäischen Städte werden weiterwachsen, im Wesentlichen aber umgebaut und angepasst werden müssen. Wie gehen wir mit den dort jetzt schon gebundenen Ressourcen um? Ein Übergang vom derzeitigen linearen Wirtschaften zu einem zirkulären System der Wieder- und Weiterverwertung wird unvermeidlich sein.

Allerdings ist es notwendig, genau hinzuschauen: Die bereits verbauten Rohstoffe, die sich teilweise als «urban mining» wiedergewinnen lassen, eignen sich nur sehr eingeschränkt für eine echte Weiterverwertung im Sinne des zirkulären Bauens. Sie wurden nicht für eine spätere Wiederverwendung erzeugt. Dies gilt vor allem für die Bauten der Nachkriegszeit. Viele Baustoffe lassen sich nicht sortenrein voneinander trennen. Sie sind oftmals schadstoffbelastet oder enthalten undefinierte Inhaltsstoffe. Upcycling aus diesen Rohstoffen wird deshalb das Problem der Ressourcenknappheit lediglich verzögern können. Früher oder später erreichen diese Baustoffe ihr End-of-Life und werden Abfall im klassischen Sinne sein, in der Regel ist schon die erste Wiederverwendung ein Downcycling-Prozess in dem Baustoffe in ihrem «zweiten Leben» nicht auf dem selben Qualitätsniveau wiederverwendet werden können.

1.2. Nicht-kreislauffähige Fakten: Von der zirkulären Zukunft weit entfernt

Die Handlungsanforderungen für eine zirkuläre Zukunft liegen auf der Hand: Gebäude und Städte müssen zu Rohstofflagern transformiert werden, in denen sich alle Baustoffe in gleichbleibender Qualität in Kreisläufen führen lassen. Zudem wird den nachwachsenden Baustoffen eine wesentlich höhere Bedeutung zukommen, um die zusätzlichen Bedarfe umweltverträglich bereitstellen zu können. Unsere Energieversorgung muss zu hundert Prozent regenerativ organisiert werden. Davon sind wir heute weit entfernt. Der überwiegende Teil der aktuell in Planung und Bau befindlichen Gebäude wird diesen Anforderungen nicht gerecht. Stattdessen schafft jedes neue Gebäude «nicht-kreislauffähige Fakten» für mehrere Jahrzehnte.

Unsere Architekturpraxis widmet sich deshalb der Frage, wie ganzheitlich zirkuläres Bauen heute möglich ist. Wir verfolgen einen integralen Planungsansatz und legen wesentliche Parameter fest. Das Ziel ist es, «ressourcen-positive» Gebäude zu konzipieren, die maximal kreislauffähig sind. Dazu gehört die größtmögliche Flexibilität der primären

Gebäudestruktur, der zerstörungsfreie Rückbau der wesentlichen Gebäudekomponenten (ohne Minderung der statischen und konstruktiven Eigenschaften) mit dem Ziel, diese wiederverwenden zu können: Bauteile sollten am End of Life wieder in die jeweiligen Kreisläufe rückführbar sein. Fassaden- und/oder Dachflächen müssen zur Energiegewinnung geeignet sein! Natürliche Potenziale des Gebäudes tragen zu einer schlankeren Haustechnik bei und steigern seine Resilienz im Betrieb.

Davon sind wir heute weit entfernt. Der überwiegende Teil der aktuell in Planung und Bau befindlichen Gebäude wird diesen Anforderungen nicht gerecht. Stattdessen schafft jedes neue Gebäude «nicht-kreislauffähige Fakten» für mehrere Jahrzehnte.

1.3. Eine kreislauffähige Zukunft

Die Handlungsanforderungen für eine zirkuläre Zukunft liegen auf der Hand: Gebäude und Städte müssen zu Rohstofflagern transformiert werden, in denen sich alle Baustoffe in gleichbleibender Qualität in Kreisläufen führen lassen. Zudem wird den nachwachsenden Baustoffen eine wesentlich höhere Bedeutung zukommen, um die zusätzlichen Bedarfe umweltverträglich bereitstellen zu können. Unsere Energieversorgung muss zu hundert Prozent regenerativ organisiert werden. Damit Architektur diesen komplexen Anforderungen gerecht werden kann, sind im Wesentlichen drei Voraussetzungen zu erfüllen:

- Abfall wird zu einer Ressource
Alle verwendeten stofflichen Ressourcen lassen sich entweder in den biologischen Kreislauf (Biosphäre) oder den technologischen Kreislauf (Technosphäre) zurückführen und auf gleichbleibendem Qualitätsniveau immer wieder recyceln. Um dies zu gewährleisten, müssen rückbaubare Konstruktionen systemimmanent sein. Verbundwerkstoffe sind zu vermeiden. Inhaltsstoffe der einzelnen Baustoffe müssen transparent verfügbar sein.
- Regenerative Energien nutzen
Die Energieversorgung muss zu 100% aus erneuerbaren Energien stammen. Die Verwendung von fossilen Energieträgern ist zu vermeiden
- Diversität fördern
Gebäude müssen einen Beitrag zur Diversität leisten. Dies umfasst einerseits konzeptionelle Diversität, die sich in kontextbezogener Architektur und baukulturellem einem Diskurs zeigen kann. Darüber hinaus müssen Gebäude einen aktiven Beitrag zur Biodiversität leisten, anstatt diese z.B. durch Versiegelung und Verwendung toxischer Inhaltsstoffe in Bauteilen zu vermindern (z.B. Fungizide in Wärmedämmverbundfasaden oder Weichmacher in Bitumenbahnen)

Zusätzlich ist es unerlässlich, dass wir beim Planen und Bauen lernen müssen, Effizienz- von Effektivitätsstrategien zu unterscheiden. Selbstverständlich ist es wesentlich, Flächen, Energie und stoffliche Ressourcen effizienter zu nutzen. Gleichwohl sollte uns klar sein, dass in den vergangenen Jahrzehnten alle Effizienzstrategien nicht dazu geführt haben, dass die Bedarfe und damit der Verbrauch gesunken wären. Vielmehr wurden durch eine erhöhte Effizienz Ressourcen verfügbar, die direkt für die Steigerung des Konsums verwendet wurden. Der Ressourcenverbrauch sank in der Summe nicht und verschob lediglich den Zeitpunkt der jeweiligen Ressourcenknappheit auf einen späteren Zeitpunkt in der Zukunft. Wir können davon ausgehen, dass im Jahr 2050 – trotz weiter gesteigerter Effizienz – die Nachfrage nach Ressourcen, das vorhandene Angebot um ca. 80 Milliarden Tonnen übersteigen und wird. In einem linearen Wirtschaftsmodell, das Ressourcen lediglich verbraucht und an deren End-of-Life als Müll unbrauchbar zurücklässt und damit vernichtet, wird die Nachfrage nach Ressourcen nicht mehr bedient werden können.

Es ist deshalb wesentlich zu verstehen, dass wir zusätzlich zur Effizienzsteigerung effektive Maßnahmen zum Erhalt von Ressourcen brauchen werden. Dies kann nur über die Entwicklung kreislauffähiger Wirtschaftsstrategien erfolgen und muss beim Planen und Bauen die Grundlage aller konzeptionellen und entwurflichen Strategien sein.

2. (Vor-)Bauen für die postfossile Epoche

2.1. Herausforderung in einem komplexen Umfeld

Gebäude sind komplexe «Produkte», die in der Regel in einem ebenso komplexen Umfeld entstehen. Die Hürden in der Umsetzung liegen dabei nicht an fehlenden technischen Lösungen oder Baustoffen. Problematischer ist vielmehr ein Gesamtsystem, das für eine zirkuläre Zukunft nicht gedacht ist: Pfadabhängigkeiten, etablierte Planungs- und Bauprozesse und eine – wenn auch gut gemeinte – Gesetzgebung verhindern echte Innovation. Neben rein konstruktiven Anforderungen, stellen sich bei der Umsetzung des Prinzips auch grundlegende Fragen an die Finanzierungssysteme, die Einpreisung von Klimafolgekosten in die Errichtung von Gebäuden, sowie an die Organisation der Bepreisung und fehlgeleiteter Subventionen in eine fossile Energieversorgung.

Die Transformation von einem linearen zu einem kreislaufgerechten System ist grundlegend und umfassend und stellt unsere Gesellschaft sowie das Bauen vor große Herausforderungen. Sie betrifft PlanerInnen genauso wie Baustoffindustrie, Entsorgungsunternehmen, Gesetzgebung, BauherrInnen und InvestorInnen. Denn neben einer kreislauffähigen Konstruktion müssen Wertstoffkreisläufe entwickelt werden, sich etablieren und dafür neue Geschäftsmodelle entstehen. Erforderlich ist eine ganzheitliche Planungskultur, die integral und transdisziplinär funktioniert. Wir stehen erst am Anfang einer umfassenden Transformation die notwendig werden wird, wenn die notwendigen baulichen Entwicklungen möglich werden sollen, ohne unsere Ökosysteme und unsere Ressourcenkapazitäten zu überfordern.

2.2. Ressourcenpositives Bauen ist möglich: Beispiel WOODSCRAPER

Nach einer umfassenden Lebenszyklusbetrachtung und Ökobilanzierung bei dem von der Deutschen Bundestiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes «WOODSCRAPER – Kreislauffähige Hochhäuser aus Holz» können wir sagen, dass ein ressourcenpositives Gebäude möglich ist. Die WOODSCRAPER+ belegen mit ihrem ganzheitlichen Ansatz, dass Nachhaltigkeit und Design keinen Widerspruch darstellen, sondern Design ein Schlüssel für die Herausforderungen der Zukunft ist. Mittels rationalisierter und integraler Planung, sowie der Integration von Investitions- und Lebenszykluskosten sowie Ökobilanzanalysen in den Entwurfsprozess, konnte belegt werden, dass ressourcenpositives Bauen mit schlanker Gebäudetechnik selbst in der Typologie Hochhaus ohne Mehrkosten heute schon möglich ist. Ressourcenpositiv bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Gebäude über ihre Lebenszeit mehr Ressourcen erzeugen als sie für ihre Errichtung und Instandsetzung benötigen. Es bedeutet auch, dass die eingesetzten Ressourcen sich sortenrein zurückgewinnen lassen und im besten Fall in dieser Zeit wieder komplett nachgewachsen sind.

Die eingesetzten Ressourcen lassen sich sortenrein zur Weiterverwendung zurückbauen um Stoffkreisläufe zu schließen. Die Entstehung von Müll gehört damit der Vergangenheit an. Darüber hinaus dienen die eingesetzten, nachwachsenden Rohstoffe als Speicher für Klimagase. Schon während der Errichtung speichern die WOODSCRAPER+ mehr Klimagase in ihrer Konstruktion ein, als für ihre Errichtung benötigt wird. Die WOODSCRAPER+ zeigen: «Vom Ende her zu denken» ist die Prämisse für den Beginn des Bauens der Zukunft.



Abbildung 1: Visualisierung WOODSCRAPER, Wolfsburg

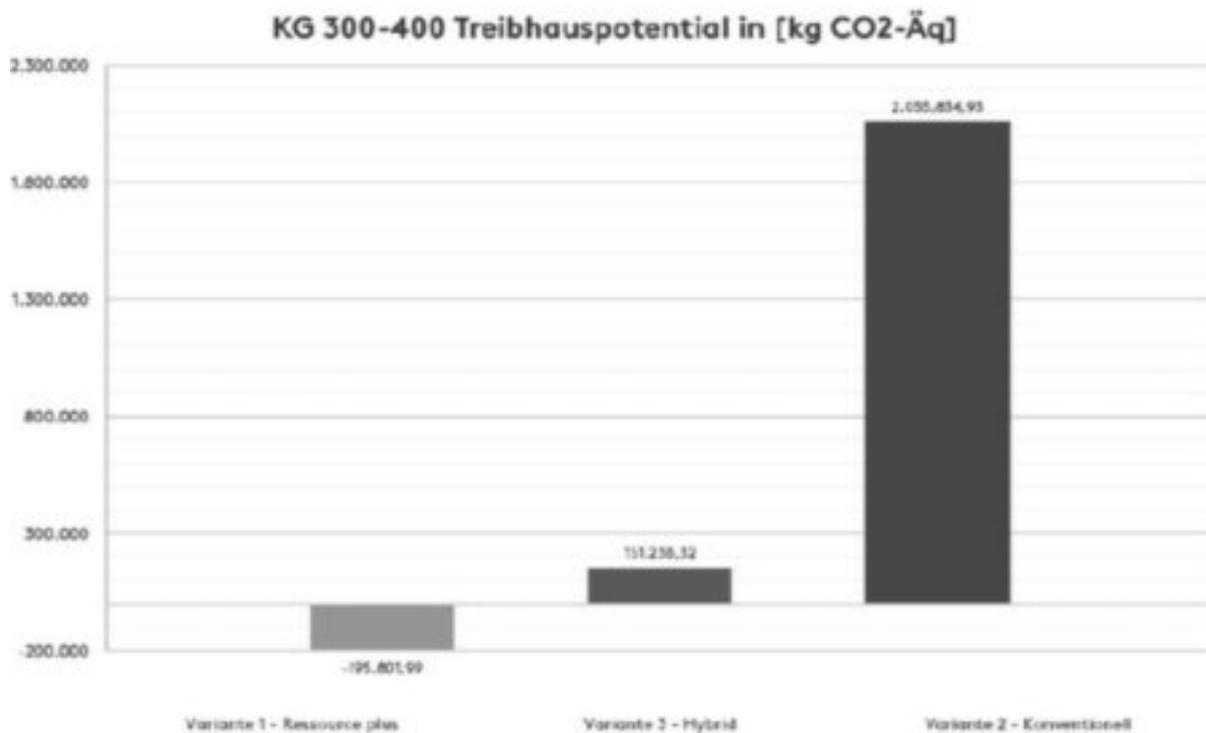


Abbildung 2: Treibhausgaspotential der WOODSCRAPER im Vergleich mit Referenzgebäude

3. Zusammenfassung

Eine zirkulär organisierte Welt wird in der kommenden postfossilen Epoche eine wesentliche Rolle spielen. «Reboot Architecture» steht aus unserer Sicht für den notwendigen Paradigmenwechsel. Dafür ist eine breite Debatte notwendig. Wir verstehen diesen Prozess auch als eine große Chance, der gebauten Umwelt eine neue Sinnhaftigkeit und inhaltliche Tiefe zu verleihen. Nur so kann Architektur ihrer gesamtgesellschaftlichen Verantwortung gerecht werden.

Block A2

Aufstockungen: das neue Wohnbaupotential

Potential Aufstockungen – Dächer als neue Grundstücke in hochurbanen Lagen

Matthias Günther
ISP Eduard Pestel Institut für Systemforschung
Hannover, Deutschland



Potential Aufstockungen – Dächer als neue Grundstücke in hochurbanen Lagen

1. Wohnraumpotenziale ohne Bauland

In Deutschland fehlt es nach wie vor vorrangig in den schnell wachsenden Regionen an bezahlbarem Wohnraum. Zusätzlich führen neue Wandlungsmuster zu einer Umverteilung der Bevölkerung im Bundesgebiet und in den Städten. Die Schätzungen weisen einen Bedarf von 1.2 bis 1.45 Mio. Wohnungen in diesen Regionen aus. Als Regionen mit hohem Wohnungsbedarf wurden dabei alle Gebiete bezeichnet, in denen der Leerstand Ende 2018 unterhalb von 3.0 % des Wohnungsbestandes lag. Diese Grenze berücksichtigt einen notwendigen Fluktuationsleerstand von 2.0 % bis 2.5 % und einen Modernisierungsleerstand, der angesichts der forcierten energetischen Modernisierung mit ca. 0.5 % des Wohnungsbestandes zu veranschlagen ist. Dieser Bedarf betrifft nicht allein die großen Städte, sondern bundesweit auch wachsende ländliche Regionen. Baugrundstücke für Neubauvorhaben gibt es in diesen Ballungsräumen kaum und die vorhandenen können den Bedarf nicht decken.

Wo und in welcher Form soll also kostengünstig der dringend benötigte Wohnraum in diesen Wohnungsmärkten entstehen? Um dem wachsenden Bedarf an Wohnraum bei gleichzeitiger sparsamer Inanspruchnahme der Ressource «Bauland» zu begegnen, sind Strategien der Innenentwicklung und Nachverdichtung notwendig. **Die Deutschlandstudie 2019 gibt eine Antwort auf die Frage, welche Potenziale in den Kernlagen von Deutschlands Städten, Gemeinden und Kommunen liegen, um ein Angebot an bezahlbarem Wohnraum zu schaffen.** Hatte die Deutschlandstudie 2016, vor allem die Aufstockung von Mehrfamilien Wohngebäuden im Fokus, so wurde diese Thematik um die zusätzlichen Potenziale von «Nichtwohngebäuden» in Innenstädten in ungesättigten Wohnungsmärkten erweitert. Neben den Flächenpotenzialen von Aufstockungen wurden auch die zusätzlichen Wohnungen durch die Umnutzung von Büro- und Verwaltungsgebäuden aus den regionalen Überhängen (Leerständen) bei gleichzeitigem Wohnraumbedarf quantifiziert. Hierfür wurden folgende Betrachtungen durchgeführt:

- Quantifizierung der Mengen und Flächen der einzelnen Gebäudetypologien,
- baurechtliche und bauplanungsrechtliche Randbedingungen,
- technische Voraussetzungen

Sie dienen zur Ermittlung:

- des aktivierbaren innerstädtischen Wohnraumpotentials ohne Inanspruchnahme neuer Bauland- und Siedlungsflächen.



Abbildung 1: Thomas Eicken Architekturfotografie, Bearbeitet durch TUD

1.1. Untersuchte Regionen und Gebäudetypologien

Hinsichtlich der Systemgrenzen wurde der Fokus auf Nichtwohngebäude in Städten und Kreisen mit einem indizierten Wohnungsbedarf (ungesättigte Wohnungsmärkte) gelegt. Der Fokus liegt auf «Nichtwohngebäuden», die funktional und strukturell für das Wohnen geeignet sind. Um Potenziale für die Wohnflächengewinnung abzuleiten, werden drei Nachverdichtungsszenarien betrachtet: Aufstockungen, Umnutzungen und Bestandsersatz. Im Wesentlichen sind dies die Nutzungstypologien von Büro- und Verwaltungsgebäuden, eingeschossigen Lebensmittel-, Drogerie- und Getränkemärkten sowie innerstädtischen Parkhäusern. In Regionen mit Überhängen und Leerständen von Büroimmobilien wird außerdem anhand von Fallstudien untersucht, ob Potenziale bestehen, Büros in Wohngebäude umzunutzen.

Bei den empfohlenen Strategien zur Verdichtung unserer Städte geht es nicht nur um die Quantität, also die Deckung des gestiegenen Wohnraumbedarfs, sondern zwingend auch um die Steigerung von Qualität, die Schaffung von qualitätsvollen Wohnstandorten mit synergetischen ausstrahlenden Verbesserungspotenzialen für das Umfeld und die Lebensqualität.

1.2. Erschliessbare Potenziale durch Nachverdichtung und Umnutzung





Abbildung 2: Beispielhafte Fehlstellen mit Aufstockungs-, Entwicklungs- und Verdichtungspotenzial (Darmstadt, Frankfurt, Berlin, Köln, Witten, Bamberg)

Mit konservativen Annahmen von Mengen, Flächen und Verdichtungsschlüsseln stellen sich die Potenziale für bezahlbaren Wohnraum sowie die dazu gehörige soziale Infrastruktur wie folgt dar:

- 1.1 Mio. bis 1.5 Mio. Wohneinheiten auf Wohngebäuden der 1950er- bis 1990er-Jahre (aktualisierter Stand der Deutschlandstudie 2016 [5]).
- 20'000 Wohneinheiten oder soziale Infrastruktur auf Parkhäusern der Innenstädte.
- 560'000 Wohneinheiten durch Aufstockung von Büro- und Verwaltungsgebäuden.
- 350'000 Wohneinheiten durch Umnutzung des Überhangs (Leerstand) von Büro- und Verwaltungsgebäuden.
- 400'000 Wohneinheiten auf den Flächen von eingeschossigem Einzelhandel, Discountern und Märkten, bei Erhalt der Verkaufsflächen.

In der Gesamtheit bieten die betrachteten Gebäudetypologien ein Potenzial von 2.3 Mio. bis 2.7 Mio. Wohnungen.

Ein Potenzial der Innenentwicklung, das beeindruckt – gerade aufgrund der konservativen Annahmen im Hinblick auf Flächen und äquivalenten Wohnraum. Um dieses Potenzial zu aktivieren, ist eine differenzierte Vorgehensweise erforderlich, die auf die besonderen Rahmenbedingungen und den städtischen Kontext eingeht.

1.3. Ökologisches Potenzial I: Freie Flächen bleiben frei

Das ökologische Potenzial durch Aufstockungen, Umwandlungen und Nachverdichtung bereits genutzter/versiegelter Flächen ist vor allem im Bereich der Vermeidung von Flächenverbrauch an Bodenfläche sehr bedeutsam. Im Vergleich zu Neubauvorhaben wird für Aufstockungen und Verdichtung bereits bebauter Flächen kaum neue Siedlungs- und Verkehrsfläche in Anspruch genommen, da vorwiegend auf bestehende Infrastruktur zurückgegriffen werden kann.

Für diese Studie wurde die Vermeidung des Flächenbedarfs für Gebäude-, Frei- und Verkehrsfläche durch Aufstockungen, Umwandlungen und Verdichtungen quantifiziert. Insgesamt lässt sich durch eine solche Schaffung von zusätzlichem Wohnraum in Regionen mit erhöhtem Wohnungsbedarf ein Flächenbedarf für Gebäude-, Frei- und Verkehrsfläche von rund 110 Mio. m² (bei reiner Zeilenbebauung) bis 250 Mio. m² (bei gemischten Stadtraumtypen) vermeiden.



Abbildung 3: Exemplarische Verdichtungspotenziale von 700 Wohneinheiten ohne zusätzliche Flächenversiegelung oder Erweiterung der Verkehrsinfrastruktur (Standort Darmstadt)

1.4. Ökologisches Potenzial II: Reduktion des Energieverbrauchs

Durch die Überbauung vorhandener Dachflächen mit beheiztem Wohnraum kann zur Reduktion des Energiebedarfs ein nachweislicher Beitrag geleistet werden. Das größte energetische Potenzial liegt dabei bei den bis heute nicht sanierten Gebäuden sowie den eingeschossigen Gebäudetypologien des Einzelhandels und der Discounter, die vor allem im Sommer einen hohen Energieverbrauch aufweisen. Neue konzeptionelle Ansätze der mischgenutzten Gebäude und Quartiere können zu erheblichen Energieeinsparungen führen.

Durch eine Aufstockung lässt sich im Obergeschoss von Nichtwohngebäuden eine Reduktion des Energieverbrauchs von bis zu 50 % erreichen sowie eine Reduktion von Kühllasten im Sommer. Die neu aufgestockten Geschosse in Niedrigenergiebauweise weisen nur einen sehr geringen zusätzlichen Energiebedarf auf, der normalerweise durch die existierende Haustechnik mitversorgt werden kann.

1.5. Gesellschaftliche und soziale Revitalisierung von Quartieren

Die Stadteile und Mischgebiete der 1950er- bis 1990er-Jahre, die oftmals die äußeren Randgebiete der Städte bildeten, gehören heute meist zum urbanen Kerngebiet. Die Wohnraumknappheit und die steigende Nachfrage für Wohnraum in den wachsenden urbanen Regionen stellen die gewachsene baukulturelle Attraktivität dieser Quartiere vor eine große Herausforderung. Viele Quartiere verzeichneten über die Jahrzehnte einen deutlichen Schwund an Einwohnern – auch in ungesättigten Wohnungsmärkten. Lebten ehemals 3000 bis 4000 Personen in einem Quartier, so sind es heute häufig weniger als die Hälfte. Gründe dafür sind unter anderem die Auflösung der Mehrgenerationenhaushalte, die gesunkene Geburtenhäufigkeit sowie der Trend zum Singlehaushalten. Im Jahr 2000 lag der durchschnittliche Wohnraum pro Person noch bei 39.5 m² – im Jahr 2016 waren es bereits 46.5 m².

Wenn durch Aufstockungen eine wieder höhere Einwohnerzahl je Quartiersfläche generiert werden kann, so schafft dies auch die Möglichkeit der (Wieder)ansiedlung von haushaltsnahen Dienstleistungsangeboten. Dies erhöht neben der qualitätsvollen architektonischen und städtebaulichen Aufwertung die Attraktivität des Quartiers und die langfristige Vermarktbarkeit. Durch die neue Mieterschaft verbessert sich zudem die soziale Durchmischung. Neuer Wohnraum durch Aufstockungen kann den Prozess der Verdrängung des unteren Mittelstands entgegenwirken, der steigende Wohnungsmarktdruck auf die Bestandswohnungen wird gemindert.

Sensible und qualitätsvolle Nachverdichtung im Zusammenhang mit der Deckung des Wohnungsbedarfs und der Akzeptanz des Umfeldes steigert die lokale baukulturelle Qualität, verbessert die Standorteigenschaften und die Lebensqualität und erhält oder erhöht die Wettbewerbsfähigkeit des Quartiers.

1.6. Wirtschaftlichkeit von Aufstockungen und Nachverdichtungen

Der prinzipielle Vorteil von Aufstockungen und einer verdichteten Ausnutzung bebauter Grundstücke gegenüber dem Neubau liegt im bereits vorhandenen Grundstück einschliesslich der Erschließung und der Außenanlagen. Da mit steigendem Grundstückswert auch die wirtschaftlichen Vorteile anwachsen, sind auch über die aufgezeigten Potenziale hinaus Aufstockungen in hochpreisigen Leerstandsregionen denkbar.

Auch die Verwendung und Verwertung vorhandener externer und interner Infrastruktur, die Vermeidung von Erschließungskosten, und die Reduktion von Nebenkosten für den Mieterbestand durch Umlage auf mehr Wohneinheiten sind ökonomische Vorteile von Aufstockungen gegenüber dem Neubau.

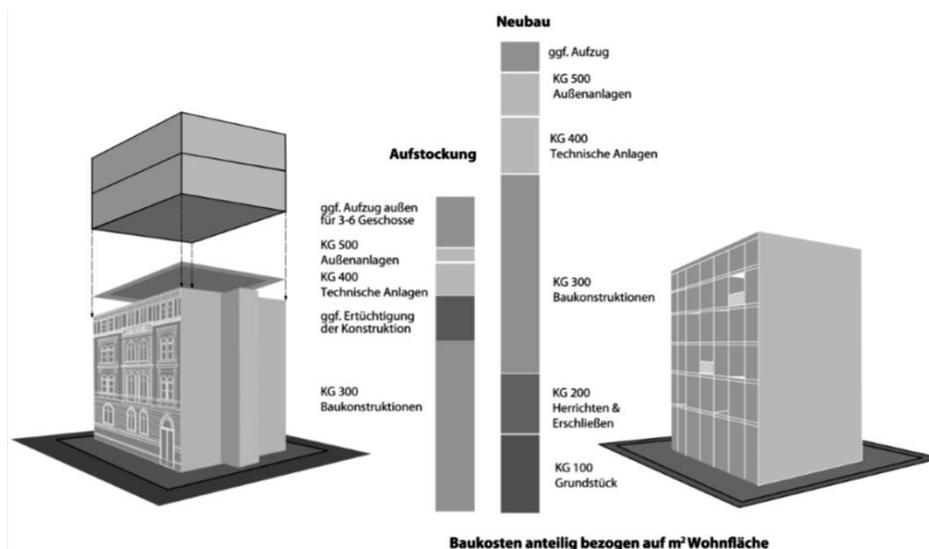


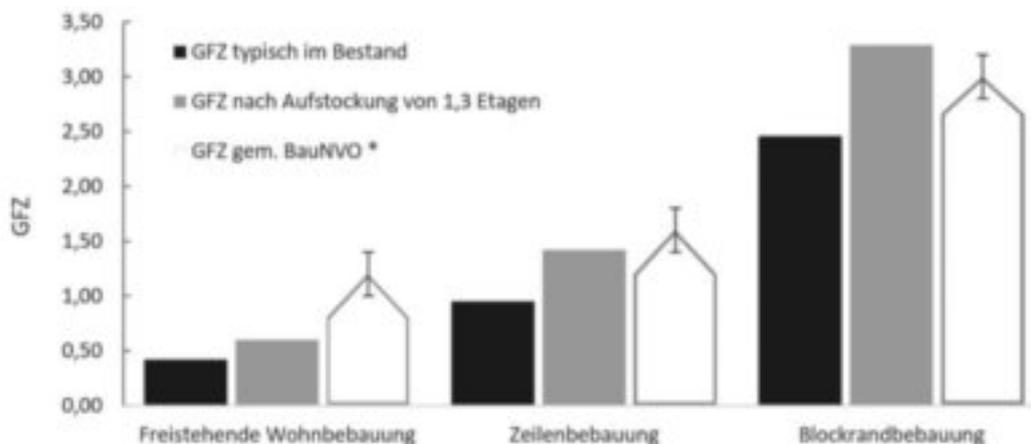
Abbildung 4: Gegenüberstellung der anteiligen Baukosten für Aufstockungen und Neubau

1.7. Stand und Empfehlungen zu baurechtlichen Aspekten

Bauordnungsrechtlich ist bei Aufstockungen und Verdichtungen insbesondere auf die Anforderungen aus dem Brandschutz zu achten, welcher aus dem Wechsel der Gebäudeklasse resultieren kann. Grundsätzlich aber stellen die brandschutztechnischen Anforderungen bei Aufstockungen mit ausreichender Feuerwiderstandsfähigkeit des Gebäudebestandes, mit ausreichenden Aufstellflächen für die Feuerwehr oder bei Herstellung eines zweiten baulichen Rettungswegs kein maßgebliches Anwendungshemmnis dar.

Die gestellten Stellplatzanforderungen im urbanen Raum, vorwiegend in den untersuchten ungesättigten Märkten, sind heute oft nicht mehr zeitgemäß. Flexibel anwendbare Stellplatzforderungen könnten eine Maßnahme sein um Aufstockungen und Verdichtungen attraktiv zu machen und im urbanen Raum neuen Wohnraum ohne zusätzliche Flächenversiegelungen zu ermöglichen. Gleichzeitig ist es eine Empfehlung, die Maßnahme von Aufstockungen in quartiersbezogene Mobilitätskonzepte zu integrieren oder kommunale Mobilitätskonzepte so weiterzuentwickeln, dass Aufstockungen bei einem Verzicht von Stellplatznachweisen ermöglicht werden.

Für die Darstellung der bauplanungsrechtlichen Einflüsse auf das Potenzial durch Aufstockungen wird das Maß der urbanen Dichte genauer betrachtet, welches in dieser Studie über die Geschossflächenzahl GFZ definiert wird. Hierfür werden in den gängigsten Stadtraumtypen des untersuchten Bestands die typischen GFZ dargestellt. Diese werden mit der GFZ nach der Aufstockung und den Obergrenzen gemäß Baunutzungsverordnung gegenübergestellt.



* Werte für reine Wohngebiete, allgemeine Wohngebiete, Mischgebiete, besondere Wohngebiete und Kerngebiete gemäß BauNVO 2013, mit Bandbreite von $\pm 0,2$ zur Darstellung möglicher lokaler Abweichungen.

Abbildung 5: Geschossflächenzahlen GFZ nach Stadtraumtypen im Vergleich (als Indikator für das Maß der baulichen Dichte)

Ergebnis ist, dass in den untersuchten Stadtraumtypen Aufstockungen und Verdichtungen aus Sicht der urbanen Dichte mit dem mittleren Verdichtungsschlüssel von 1.35 Geschossen pro Gebäude vertretbar sind.

Eine gezielte Dichtesteuerung durch flächige Raumordnungsplanung ist nicht möglich. In einem iterativen Prozess des Auslotens einer angemessenen und qualitätsvollen Dichte lassen sich die aufgezeigten Potenziale aktivieren und der Standort weiterentwickeln. Bei dem Großteil der in dieser Studie betrachteten Quartiere handelt es sich um großflächige und noch nicht stark verdichtete innenstadtnahe Bereiche. Hier liegt eine große Chance für die Nachverdichtung. Um dieses Potenzial in den Kommunen zu erfassen und bewerten zu können sind städtebauliche Rahmen- und Potenzialpläne oder Integrierte Stadt(teil) Entwicklungskonzepte ein geeignetes Instrument.

Aufstockung in GKL4 ganz in Holz – Dank neuer LBO in NRW

Stefan Huf
Cordes Holzbau GmbH & Co. KG
Rotenburg, Deutschland



Aufstockung in der GKL4 ganz in Holz – Dank neuer LBO in NRW

1. Bestandsgebäude Essen, Mörikestraße

Zwischen der Mörikestraße und der Kahrstraße in Essen, Rüttenscheid, befinden sich mehrere dreigeschossige Wohnblöcke der Vonovia Modernisierungs GmbH. Im Nachgang der Modernisierungsmaßnahmen mit Erneuerung der Fassade, dem Austausch der Fenster, sowie der Errichtung von Vorstellbalkonen sollten die Gebäude im Laufe des Jahres 2019 um ein zusätzliches Stockwerk erweitert werden.



Abbildung 1: Lageplan Essen, Mörikestraße ©Frank Laux, Ingenieurbüro für Bauwesen

Die Außenwände und die tragenden Bauteile der Bestandsgebäude wurden vormals in massiver Bauweise erstellt. Zunächst sollte das vorhandene Satteldach in zimmermannsmäßiger Konstruktion ebenso wie bestehende Giebel-, Trenn-, und Treppenhauswände des Dachgeschosses rückgebaut werden. Anschließend sollte ein zusätzliches Geschoss mit Pultdachkonstruktion errichtet werden.



Abbildung 2: Grundriss Aufstockung Mörikestraße 1-5 ©Frank Laux, Ingenieurbüro für Bauwesen

Für die Häuser 1-5 und 7-11 wurden die Baugenehmigung im Juli 2018 auf Basis der geltendem BauO NRW erteilt.

Im Februar 2019 wurde die Fischbach Gruppe als Spezialist für Gebäudemodernisierungen mit der schlüsselfertigen Erstellung der Aufstockungen beauftragt. Gemeinsam mit der HU-Holzunion GmbH sowie der Cordes Holzbau GmbH & Co. KG als ausführenden Holzbauer erfolgte ab April 2019 die Umsetzung.



Abbildung 3: Ansicht Mörikestraße ©Frank Laux, Ingenieurbüro für Bauwesen

2. Ausgangslage zum Jahreswechsel 2018-2019

2.1. Zielsetzung der Vonovia SE

Nach den bereits durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudefassade sollte die zusätzliche Belastung aus der Aufstockung für Mieter so gering wie möglich gehalten werden. Durch eine wirtschaftliche Bauweise soll zusätzlicher, bezahlbarer Wohnraum geschaffen werden.

Folgende Ziele wurden vom Eigentümer formuliert:

- Zügiger Bauablauf durch hohe Vorfertigung der Bauteile
- Möglichst hohe Witterungsunabhängigkeit
- Nachhaltigkeit der verwendeten Baustoffe
- Verringerung der statischen Anforderungen an die bestehenden Bauteile durch leichte Bauweise.

Mit Hinblick auf die o.g. Ziele wurde eine Aufstockung in kompletter Holzbauweise favorisiert.

2.2. Baurechtliche Situation und brandschutztechnische Abweichungen nach MBO

Der Fußboden der neu zu errichtenden, obersten Geschosse liegt bei ca. 9.85m über der Geländeoberfläche. Die Gebäude waren nach BauO NRW 2000 als «Gebäude mittlerer Höhe» zu behandeln. Bei beiden Objekten handelt es sich ausschließlich um Wohngebäude. Die Anwendung von Sondervorschriften war nicht erforderlich.

Mit der Bauantragsstellung wurde April 2018 ein brandschutztechnischer Erläuterungsbericht durch den freien Brandschutzsachverständigen Uwe Auth erstellt. Bezugnehmend auf die Musterbauordnung sowie die veröffentlichte, aber noch nicht in Kraft getretene BauO NRW 2016 wurden die Objekte in Gebäudeklasse 4 eingeteilt und folgenden Abweichungen der Landesbauordnung beantragt und genehmigt.

Tabelle 1: brandschutztechnische Abweichungen aus dem Bauantrag

Bauteil	Anforderung nach BauO NRW 2000	geplante Ausführung	Begründung
Tragende Außenwände	F90-AB gemäß § 29 (1)	F 60 hfh	Ausführung nach MBO bzw. BauO NRW 2016
Trennwände zwischen separaten Nutzungseinheiten	F90-AB gemäß § 29 und 30	F 60 hfh	Ausführung nach MBO bzw. BauO NRW 2016
Wände notwendiger Treppenträume	F90-A gemäß § 37 (7)	F 60 hfh + M (stoßfest gegen mechanische Belastung)	Ausführung nach MBO bzw. BauO NRW 2016
tragende und aussteifende Wände, Stützen, Unterzüge, Decken	F90-AB gemäß § 29 (1)	F 60 hfh	Ausführung nach MBO bzw. BauO NRW 2016
Gebäudetrennwand als Brandwand	F90-AB gemäß § 29 und 32	F 60 hfh + M (stoßfest gegen mechanische Belastung)	Ausführung nach MBO bzw. BauO NRW 2016

2.3. Ausschreibungsunterlagen und statische Berechnungen

In den statischen Berechnungen fanden zunächst nicht alle formulierten und genehmigten Abweichungen Einzug. Wie bereits bei vorherigen Aufstockungen in Dortmund praktiziert, wurden die Treppenhauswände als gemauerte Konstruktion vorgesehen. Die Gebäudeaussteifung sollte größtenteils über diese Wände erfolgen.

Der Grundgedanke einer Aufstockung in kompletter Holzbauweise wurde also zunächst für bewährte statische Konstruktionen und Systeme wieder verworfen.

Die Erstellung hochfeuerhemmender Bauteile aus brennbaren Baustoffen ist unter Nachweis der Feuerwiderstandsdauer zulässig. Auf eine K₂60-Kapselung der Holzbauteile kann demnach verzichtet werden. Gleichzeitig muss aber der Nachweis geführt werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchabschnitten, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.

Da zu Beginn des Jahres weder Prüfverfahren für die obigen Anforderungen formuliert waren noch Referenzbauten vorlagen und auch die Diskussionen über detaillierte Prüfkriterien in den obersten Bauaufsichten der Bundesländer erst begonnen hatten, war es in den Gesprächen mit den Planern und Ingenieuren zunächst unklar, wie in letzter Konsequenz mit §26, Abs. 3 umgegangen werden kann und welche Erleichterungen tatsächlich auf den Weg gebracht werden können.

3.3. Definition der Bauteilaufbauten

Die Baumaßnahme war als eingeschossige Aufstockung auf einem Massivbau geplant. Aufgrund der geschlossenen Stahlbetondecke konnte in diesem Bereich eine Übertragung auf andere Geschosse als ausgeschlossen betrachtet werden und ein Nachweis für die Holzbauteile erübrigte sich an dieser Stelle.

Für die Wandbauteile wurde gemeinsam mit dem Brandsachverständigen Uwe Auth in der weiteren Betrachtung wie folgt unterschieden:

- tragende Wände ohne brandschutztechnisch erforderlichen Raumabschluss.
Außenwände und tragende Innenwände innerhalb von Nutzungseinheiten
- raumabschließende Wände zwischen Nutzungseinheiten, Treppenraumwände oder Brandwandersatzwände.
- nichttragende und nichtaussteifende Innenwände innerhalb von Nutzungseinheiten

Für Wände nach Punkt a), die aufgrund ihrer Anordnung im Grundriss des Gebäudes keine Aufgaben hinsichtlich der Vermeidung oder Verhinderung der Rauch- oder Brandausbreitung erfüllen müssen, wurden die Erleichterungen des § 26 Ab. 3 BauO NRW 2018 herangezogen und Aufbauten gewählt, die als beidseitige F60-B Konstruktionen nachgewiesen werden konnten.

Der Außenwandaufbau wurden auf Basis des abP Nr. P-SAC-02 / III-669 und einer nicht wesentlichen Abweichung, formuliert von der Steico SE wie folgt gewählt.

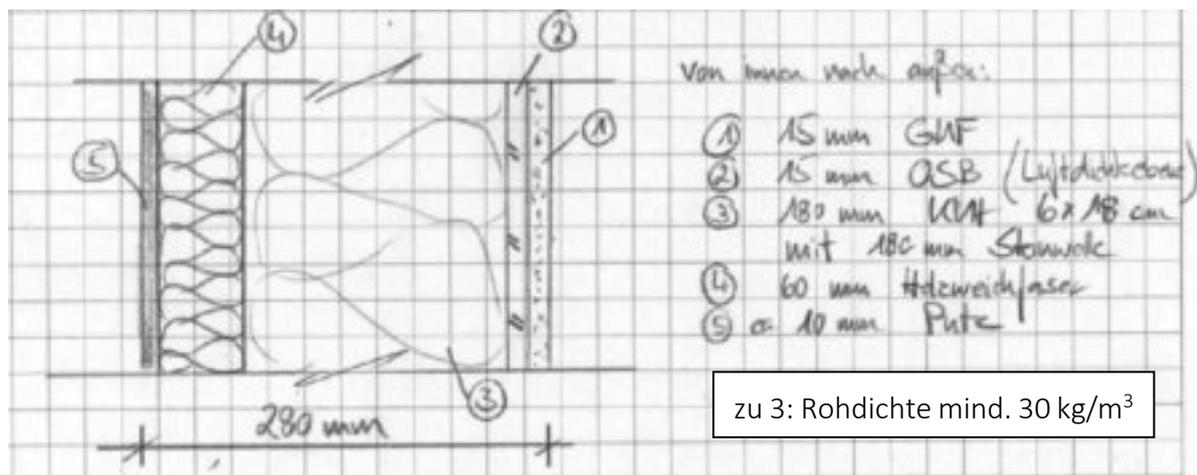


Abbildung 5: gewählter Aussenwandaufbau F60-B

Für tragende Innenwände innerhalb einer Nutzungseinheit ohne Anforderung an den Raumabschluss konnte folgender Aufbau nach abP Nr. P-SAC-02 / III-669, Anlage 2.1 gewählt werden.

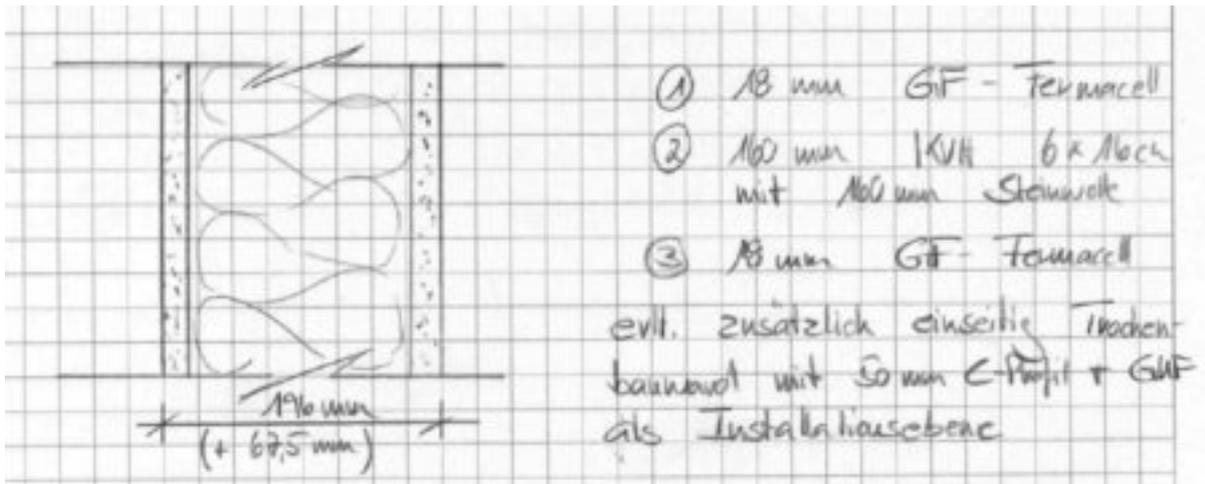


Abbildung 6: gewählter Aufbau tragender Innenwände innerhalb einer Nutzungseinheit in F60-B

Für Wände nach Punkt b) an die sowohl tragenden als auch raumabschließenden Anforderungen im Grundriss gestellt werden, wurden mangels Nachweismöglichkeiten des Raumabschlusses solche Konstruktionen verwendet, die die Vorgaben der HFHHolzR mit der Kapselkasse K260 erfüllen. Brandersatzwände und Treppenhauswände mit der zusätzlichen Anforderung «M» wurden nach abP Nr. P-SAC-02 / III-715 ausgeführt. Nichttragende, raumabschließende Wände wurden als Metallständerwände mit Zulassung ausgeführt.

Alle weiteren Wände nach Punkt c) sind innerhalb einer Nutzungseinheit positioniert und erfüllen weder tragende und aussteifende noch raumabschließende Aufgaben. Diese Wände wurden als Metallständerwände ausgeführt.

4. Produktions- und Montageplanung

4.1. Optimierungen von Anschlüssen

Nach der Festlegung der Bauteilaufbauten wurden im Rahmen der Produktions- und Montageplanung die unter 3.1 definierten Ziele planerisch umgesetzt.

Wie bereits erwähnt, lag ein wichtiger Aspekt der Umsetzung auf einem funktionierenden Montagekonzept inkl. Feuchtmanagement. Wie schon bei vorherigen Aufstockungen sollten die Mieter der unteren Geschosse während der Bauzeit in ihren Wohnungen bleiben und bestenfalls so wenig wie nötig durch die Bauarbeiten gestört werden.

Gemeinsam mit der örtlichen Bauleitung und der technischen Abteilung des Bauherrn konnten Detailanschlüsse geändert und die Vorproduktion sowie die Abläufe vor Ort optimiert werden. So war zunächst geplant, in der Ebene der Dachsparren über der Gebäudemittelachse einen HEB-Träger einzubinden. Die Dachsparren sollen einzeln über Laschen an den Strahlträger angebunden werden.

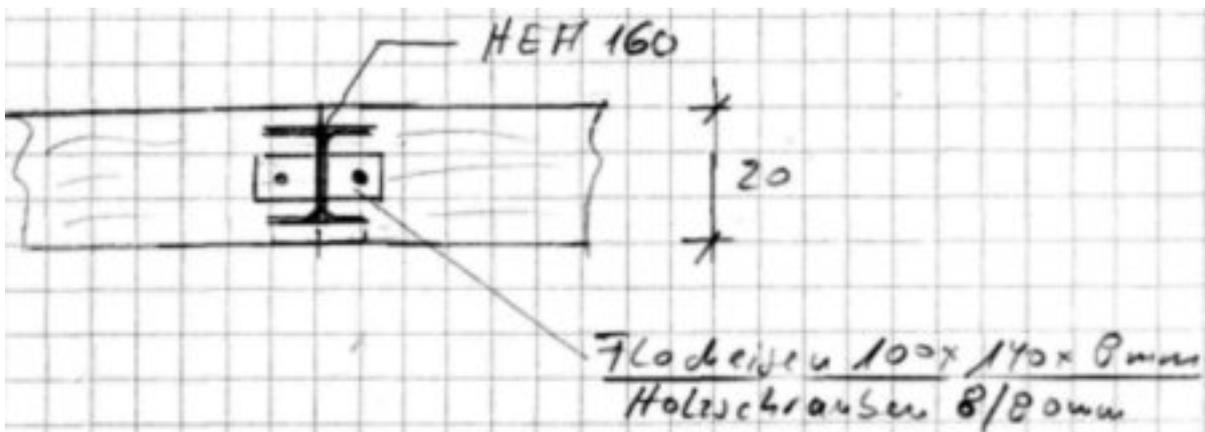


Abbildung 7: Anschluss Dachsparren an Unterzug HEA 160, Cramer Engineering

Der Eisenträger konnte durch einen Unterzug aus BSH substituiert werden. Die Dachsparren konnten darüber durchlaufen und die Dachbauteile somit komplett elementiert werden.

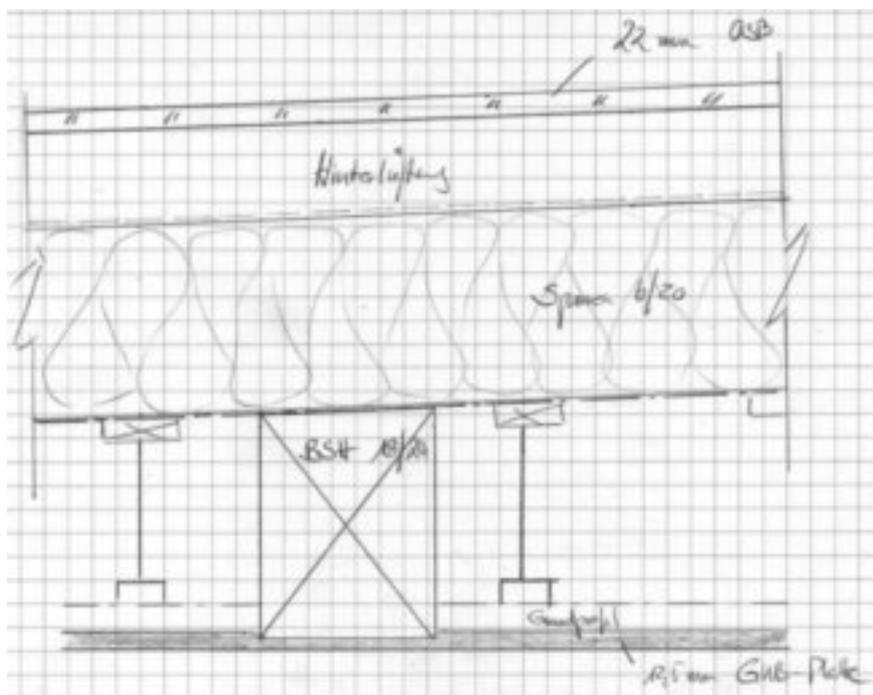


Abbildung 8: Unterzug BSH

4.2. Brandschutztechnisch relevante Anschlussdetails

Ein besonderes Augenmerk in der Planungsphase lag auf den brandschutztechnisch relevanten Anschlussdetails. Neben den bauphysikalischen Anforderungen waren auch Toleranzen der vorhandenen Gebäudestruktur zu berücksichtigen. Nachfolgendes Detail zeigt die Einbindung einer gekapselten Trennwand in die Dachkonstruktion, wobei die Trennwand bis unter die Dachhaut zu führen war. Um den Wandkopf wurde eine umlaufende Dämmschicht aus Steinwolle $>1000^{\circ}\text{C}$ vorgesehen, um die Gebäudetoleranzen ausgleichen zu können.

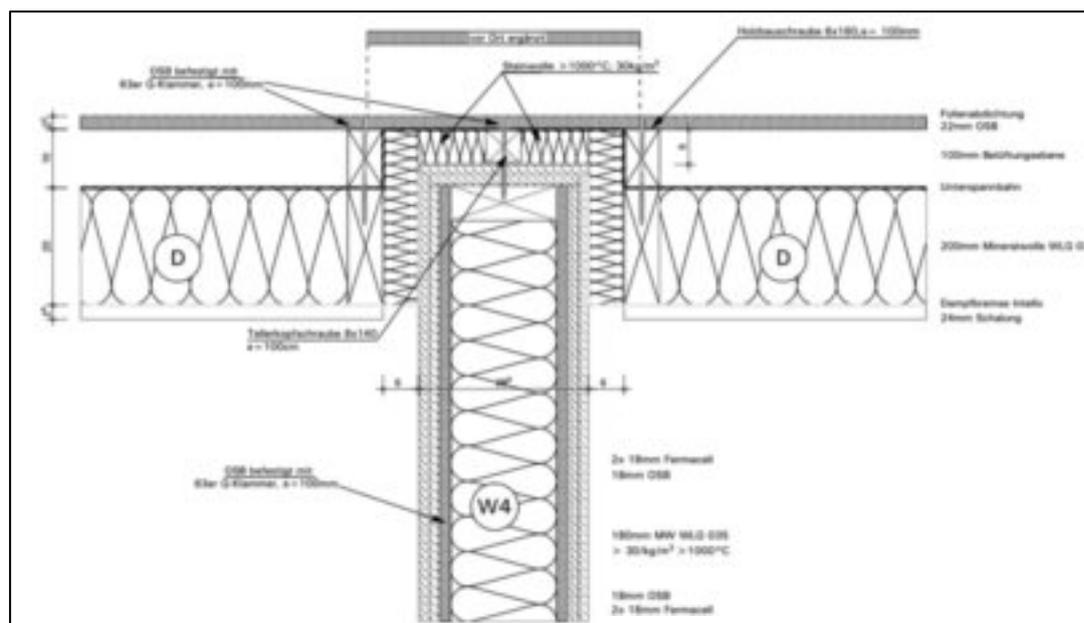


Abbildung 9: Einbindung einer gekapselten Trennwand in die Dachkonstruktion

Ein ähnliches Detail galt es auch für Trennwände in Metallständerbauweise zu konstruieren. Da die Trennwand aber erst im Zuge der Innenausbauarbeiten erstellt werden sollte, also im Montageprozesse noch nicht vorhanden war, wurde ein Teil der brandschutztechnisch wirksamen Schichten in die Dachebene verlegt. So konnte auch in diesem Anschlussbereich eine werkseitige Vorfertigung der Dachelemente ermöglicht und gleichzeitig das Brandschutzziel erreicht werden.

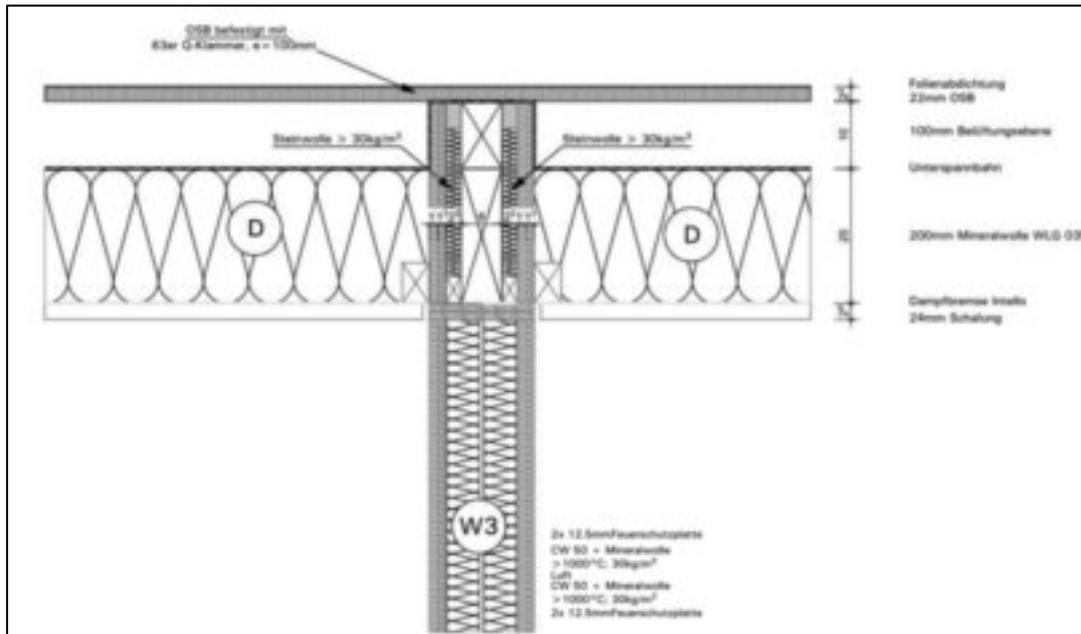


Abbildung 9: Einbindung einer gekapselten Trennwand in die Dachkonstruktion

5. Umsetzung der Aufstockung vor Ort

Nach der Demontage von Dachkonstruktion und Bestandswänden sowie der Abdichtung der obersten Geschossdecke erfolgte die Stellung der Holzbauteile im Mai 2019 für Haus 1-5 und im Juni 2019 für Haus 7-11. Aufgrund eines durchdachten Feuchtemanagements und eines abgestimmten und optimierten Montageablaufes konnten beide Aufstockungen ohne Wassereintritte in die Bestandsgeschosse abgeschlossen werden.

Nach Abschluss der Restarbeiten wurde der Holzbau Mitte Juli 2019 an den Generalunternehmer übergeben. Die Fertigstellung der schlüsselfertigen Gesamtleistung ist für Mitte Oktober 2019 geplant.



Abbildung 10: Mönikestraße 1-5 im Juli 2019

6. Fazit und Ausblick

In der Mönikestraße in Essen konnte erstmal § 26, Abs. 3 der BauO NRW 2018 angewendet werden. Außenwände und tragenden Innenwände der Aufstockung wurden als F60-B Konstruktion ohne Kapselung erstellt. Möglich war dies durch die Bereitschaft von dem Bauherr und dem Planungsteam trotz praktisch fertiger Ausführungsplanung auf die Vorschläge des Holzbauers einzugehen. Vormalig gekapselte Bauteile konnten so durch ökonomischere Aufbauten ersetzt und gleichzeitig Wohnfläche gewonnen werden.

Der Findungsprozess hat aber auch gezeigt, dass es aktuell wenig bis keine Prüfzeugnisse auf mit F60 Aufbauten gibt und auch die Grundlagen der Detailanschlüsse noch weitestgehend fehlen. Mit der Zielsetzung F60-Aufbauten in der Gebäudeklasse 4 und F90-Aufbauten in der Gebäudeklasse 5 zu installieren, gilt es hier weiterführende Aufbauarbeit zu leisten.

Projektbeteiligte Planer:

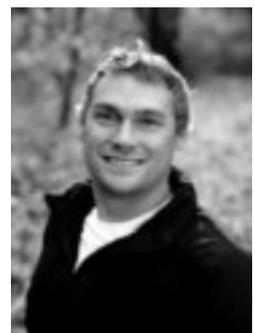
- Bauherr: Vonovia Modernisierungs GmbH, Bochum
- Architektur: IfB Ingenieurbüro für Bauwesen Frank Laux, Elz
- Statik: Cramer Engineering, Ingenieurgesellschaft für Tragwerksplanung mbH, Dortmund
- Brandschutz: Uwe Auth, freier Brandschutzsachverständiger und Brandamtmann a.D., Kamen
- Bauphysik: Ing.-Büro Makel GmbH, Oelde

Ausführende Firmen:

- GU: Klaus Fischbach GmbH, Gelsenkirchen
- Planung und Projektleitung Holzbau: HU-Holzunion GmbH, Rotenburg
- Produktion und Montage Holzbau: Cordes Holzbau GmbH & Co. KG

Wohnen mit Weitblick: Vom Mehlsilo zum Wohnturm

Florian Willers
Pirmin Jung Deutschland GmbH
Sinzig, Deutschland



Wohnen mit Weitblick: Vom Mehlsilo zum Wohnturm

1. Einleitung

Im Rahmen der Umnutzung eines ehemaligen Betriebsgelände zu einem Wohn-Gewerbe-Areal soll aus einem altem Getreidesilo ein 6-geschossiges Wohnhaus entstehen. Dass für das dünnbesiedelte Kirchwerder im Süden Hamburgs untypisch hohe Wohngebäude ist auf die Kubatur des alten Silos zurückzuführen und konnte nur aus diesem Grunde heraus in dieser Geschossigkeit ausgeführt werden. Die urbane Randzone erfährt zunehmender Beachtung, um neuen Wohnraum im Randbezirk Hamburgs zu schaffen und ist somit ein Blickfang auf dem flachen Land.

Auf insgesamt sechs Geschossen sind zehn Wohnungen entstanden mit jeweils ca. 86m², die über einen Aufzug barrierefrei erschlossen sind. Die Grundrisse sind identisch und beinhalten einen offenen Wohn-, Ess- und Kochbereich, sowie Schlafzimmer, Bad, Diele und Balkon.

Im direkten Anschluss des Wohnturms befinden sich ein Supermarkt sowie weitere Gebäude für die öffentliche Infrastruktur. Das Areal wird durch diese Gebäude begrenzt und umschließt die Parkfläche, die auch für Wochenmärkte und andere Veranstaltungen genutzt werden kann.



Abbildung 1: Der Mehlsilo



Abbildung 2: Der Wohnturm

2. Ingenieurleistungen

2.1. Tragwerksplanung

Das statische Konzept beruht auf drei Hauptachsen, bestehend aus den Außenwänden sowie der Wohnungstrennwand in der Mitte des Gebäudes. In diesen Achsen ist der vertikale Lastabtrag übertragende Brettsperrholzelemente definiert.

Der horizontale Lastabtrag infolge Windlasten findet über den massiven Treppenhaukern statt. Die Einwirkungen werden über die Dach- und Deckenscheibe an den massiven Kern weitergeleitet. Zusätzlich werden zwei Wandscheiben aus Brettsperrholz auf der dem Treppenhaus gegenüberliegenden Seite herangezogen, um eine Verdrehung des ungünstig liegenden Aussteifungskerns zu verhindern.

2.2. Übersicht der Bauteile

Die Außenwände sind bei diesem Gebäude als Brettsperrholzelemente geplant worden. Die äußere Bekleidung besteht aus einer vorgehängten, hinterlüfteten Fassade aus HPL-

Platten. Diese Fassade beinhaltet die Dämmebene aus Mineralfaserdämmung. Die innere Bekleidung wurde mit zwei Lagen GFP 18mm ausgeführt. Die tragende Außenwand ist in den unteren Geschossen mit einer 140mm starken Brettsperrholzplatte und in den oberen mit einer nur 100mm dicken BSP-Platte ausgeführt. Die Anpassung der Wanddicke diente der Wirtschaftlichkeit und der Materialeinsparung.

Die Wohnungstrennwand in der Gebäudemitte besteht aus einer zweischaligen Massivholzkonstruktion, die wohnungsseitig ebenfalls mit zweimal 18mm GFP verkleidet ist.

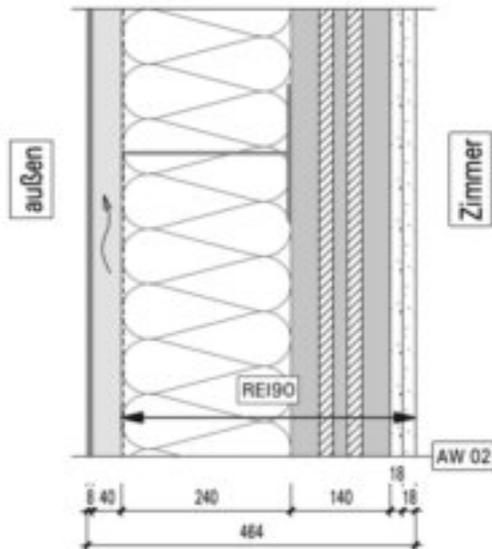


Abbildung 3: Außenwand

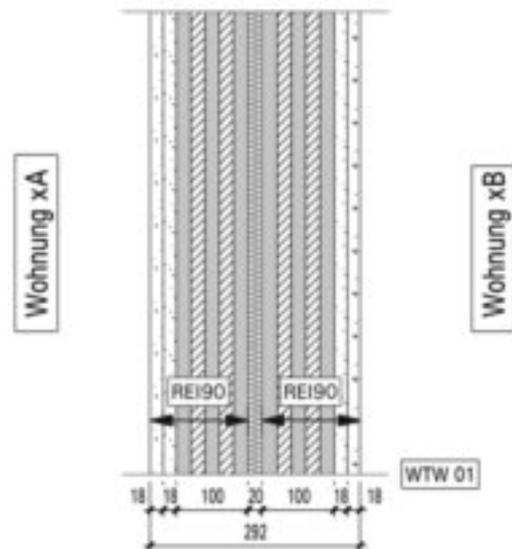


Abbildung 4: Wohnungstrennwand

Als Deckensystem ist eine Holz-Beton-Verbund Decke zum Einsatz gekommen, darauf aufbauend wurde eine mineralische Trittschalldämmung mit 40mm Dicke sowie ein Zementestrich mit 70mm Dicke und der Fußbodenoberbelag aufgebracht.

Das Dach besteht aus einfachen liegenden Brettschichtholzelementen, die die aussteifende OSB-Platte tragen sowie die Dachdämmung und die Dachabdichtung.

Das Erdgeschoss wurde vom bestehenden Getreidesilo übernommen und in seiner Funktion den Bedürfnissen des Bauwerks angepasst. Der Treppenhaukern wurde in Stahlbetonbauweise über alle Geschosse nach oben gezogen.

2.3. Detaillösungen

Der definierte Lastabtrag in den drei Hauptachsen erfolgt über die Brettsperrholzelemente. Die Vertikal-Kräfte werden hierbei über eine Art Zapfenverbindung weitergeleitet. Diese Zapfen dienen als Auflager, der darüber liegenden Wand. Sie wurden aus dem BSP-Element herausgefräst. So entsteht ebenfalls die Auflagertasche für die HBV-Decke. Diese ist in den Bereichen zwischen den Zapfen aufgelegt. Ein Teil des BSP dient zudem als Abschalung für das Betonieren des Betonspiegels der HBV-Decke.

Die Holz-Beton-Verbunddecke (HBV-Decke) überzeugt in diesem Projekt mit ihrem schlanken Aufbau und ihrer Leistungsfähigkeit. Mit einer Holzdicke von 140mm und einer Betondicke von 120mm werden Spannweiten von bis zu 6 Meter überbrückt – bei gleichzeitiger Brandbeanspruchbarkeit von 90 Minuten in Sichtoptik.

Die Decke dient einerseits dem vertikalen Lastabtrag und fungiert durch den Überbeton gleichermaßen aussteifend wie eine Stahlbetondecke. Der Verbund der beiden Werkstoffe wird über Schubkerven (bxt = 160x20mm) hergestellt.

Die aussteifenden Wandscheiben gegenüber dem Treppenhaukern sind mit einer 100mm starken Brettsperrholzwand ausgebildet. Sie nehmen nur einen geringen Teil der gesamten horizontalen Last auf, da die Unterschiede in der Steifigkeit zwischen Beton und Holz signifikant sind. So wird auch deutlich, dass der Beton als aussteifendes Element die Kräfte anzieht. Dennoch musste die Wandscheiben verankert werden, um die auftretenden Kräfte

infolge Torsion bei einseitiger Windbeanspruchung bis in den Baugrund bzw. in das Erdgeschoss einzuleiten. Die einzelnen Wände sind untereinander mittels Nagelblechverbindungen zug- und schubfest miteinander verbunden.

Im Erdgeschoss gestaltet sich der Zuganschluss komplexer, um die auftretenden Zugkräfte aus der Wandscheibe durch den Bestandsbau in die ertüchtigten Stahlbeton-Bestandswände zu leiten. Hierzu werden Schlitzbleche mit selbstbohrenden Stabdübeln verwendet. Diese übertragen die Kräfte an Bewehrungsseisen, die in der Stahlbetonwand integriert sind.

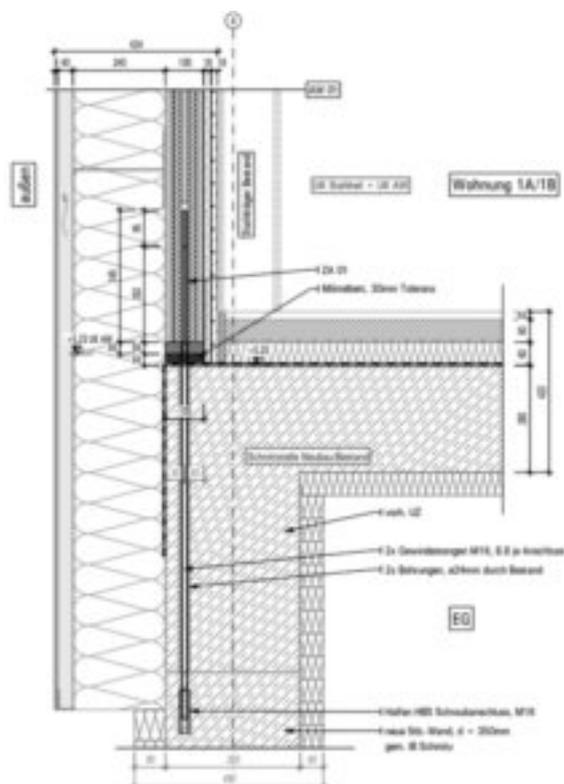


Abbildung 5: Zuganschluss

Die Balkonplatten liegen auf den Seitenwänden auf. Eine Zapfenverbindung stellt den definierten vertikalen Lastabtrag dar. Durch die auskragende Balkonplatte und die schmalere Seitenwand entsteht ein Moment, welches durch ein Kräftepaar in den Deckenebenen aufgenommen wird. Hierfür sind zug- und druckfeste Verbindungen mittels Edelstahl-Gewindestangen erstellt. Diese werden über einen Muffenstab im Beton der HBV-Decke verankert.

2.4. Brandschutz

Das Brandschutzkonzept wurde vom Büro Dehne&Kruse – Brandschutzingenieure erstellt. Der Wohnturm ist mit einer Höhe von 21,5m in die Gebäudeklasse 5 eingeteilt. Die HBauO (Fassung vom 14. Dezember 2005) forderte zu dem damaligen Zeitpunkt für die Gebäudeklasse 5 eine feuerbeständige Bauweise – F90-A.

Durch das Brandschutzkonzept jedoch konnte dargestellt werden, dass der Holzbau in der hier geplanten Weise kein zusätzliches Sicherheitsrisiko darstellt. So sind die Außenwand- und Wohnungstrennwandbauteile auf eine F90-B/K260-Konstruktion ausgelegt. Der massive Treppenhauerkern, der als erster Rettungsweg definiert wird, ist in Brandwandqualität (REI90-M) ausgebildet.

Ausgehend von diesen Anforderungen konnten die einzelnen Bauteile definiert werden. Der Einsatz des gekapselten Brettsperrholzes an den Außen- und Innenwänden erfolgte aus dem Aspekt der Hohlraumbrandvermeidung. In Verbindung mit der in Sichtoptik ausgeführten HBV-Decke kann ein Übergreifen des Brandes auf eine andere Nutzeneinheit ausgeschlossen werden.

Ein wichtiger Aspekt des Konzeptes ist die Sicherstellung des 2. Rettungsweges. Dieser ist in Absprache mit der Feuerwehr über das Anleitern mittels Drehleiter festgelegt. Es sind zwei Aufstellflächen für die Drehleiter vorgesehen. Nur dadurch wird erreicht, dass die Wohnungen auf der Rückseite ebenfalls angeleitet werden können. Hierzu sind die kleinen Balkone auf der Rückseite als Fluchtbalkone definiert, die über die Drehleiter erreicht werden können.

Im Brandschutzkonzept sind weitere Kompensationsmaßnahmen beschrieben wie z.B. eine hausinterne Brandmeldeanlage, um das Kapselkriterium vor allem im Bereich der sichtbaren HBV-Decke aufzulösen. Mittels einer Heiß-Bemessung nach Eurocode 5 ist sichergestellt, dass die Decke die geforderten 90 Minuten im Brandlastfall erfüllen wird.

2.5. Schallschutz

Der Schallschutz ist einer der sensibelsten Bereiche im Bauwesen. Er trägt maßgeblich zum Wohlbefinden der Bewohner bei und wird bei Mängeln in der handwerklichen Ausführung sofort wahrgenommen.

Im Holzbau ist der Schallschutz durch die geringere Masse im Aufbau eine Frage der Detaillösung und der fachgerechten Ausführung dieser Details. Die hier eingesetzten Bauteilaufbauten und Detaillösungen erfüllen die Anforderungen der DIN 4109:1989 Bbl. 2.

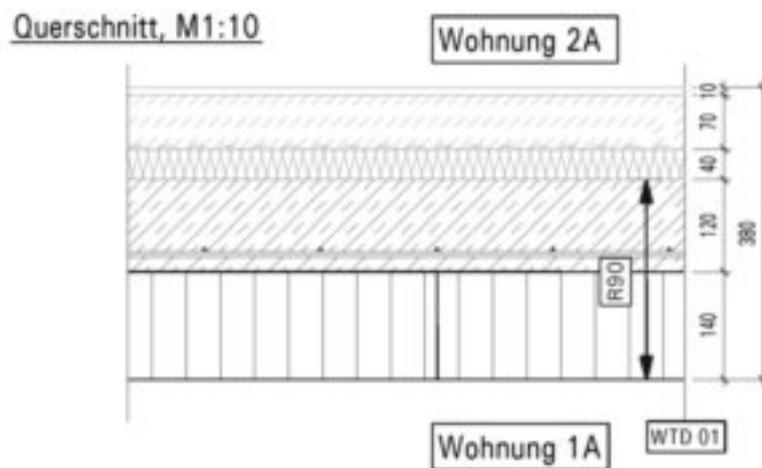


Abbildung 6: Aufbau der eingesetzten HBV-Decke

Die Decke zwischen den Nutzeinheiten besteht aus der HBV-Decke mit 140mm Holz und einem Betonspiegel mit einer Stärke von 120mm. Die 140mm Holz resultieren aus der Heißbemessung, die für einen Abbrand von 90 Minuten geführt wurde. Der Fußbodenaufbau besteht aus einer 40mm starken Trittschalldämmung aus Mineralfaser und einem Zementestrich mit einer Dicke von 70mm.

Durch diesen Aufbau wird der geforderte Trittschallpegel $L_{n,w} \leq 46$ dB erreicht. Ein wichtiges Detail ist die Trittschalldämmung, die als Feder zwischen den zwei Massen wirkt. Bei der Ausführung ist auf den Randdämmstreifen und der vollständigen Entkopplung des Estrichs zur Decke und den angrenzenden Wänden besonders Wert zu legen. Hier kann es bei kleinsten Kopplungen zu enormen Schallbrücken oder zu einer ungewollten Flankenübertragung kommen.

Der Tieftonbereich unter 100 Hz wird von der Norm nicht abgedeckt, aber gerade dieser wird als sehr störend empfunden. Durch den oben genannten Aufbau ergibt sich ein Masse-Feder-Masse System, das auch den tieffrequenten Bereich relativ gut abdeckt und insgesamt für sehr gute Schalldämmwerte sorgt.

2.6. Wärmeschutz

Auf Grund des Außenwandaufbaus mit der VHF und der integrierten Dämmebene ist der Transmissionswärmeverlust gering. Hier konnte die thermische Gebäudehülle den damaligen Standard KFW 55 erreichen, eine dezidierte Wärmebrückenberechnung musste dazu allerdings durchgeführt werden.

Die Gas-Brennwerttherme wird von einer Solarthermieanlage unterstützt. Die Anlagentechnik ist auf dem Stand des damaligen KfW 70-Standards, so dass unter dem Strich das Gebäude die KfW70-Anforderungen erfüllt wird.

3. Fazit/Zusammenfassung

Dieses Projekt wurde von der Grundstücksgesellschaft Süderquerweg Kohpeiss realisiert. Der Inhaber Jens Kohpeiß leitet ebenfalls das Unternehmen Kohbau, das sich auf den Holzbau und -handel konzentriert. Das Unternehmen ist seit 1852 in Hamburg-Kirchwerder ansässig und hat sich den Herausforderungen des Wohnturms gestellt. Das Architekturbüro Joachim Schmidt ist für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung verantwortlich. Die Ausführungsplanung sowie die Bauleitung lag bei der Mennerich GmbH.

Durch eine gute Zusammenarbeit im gesamten Planungsteam und das daraus resultierende lösungsorientierte Handeln aller ist dieser Wohnturm weiterhin ein Orientierungspunkt auf dem neu geschaffenen öffentlichen Platz in Kirchwerder. Es bleibt festzuhalten, dass auch ein relativ kleiner und unerfahrener Holzbaubetrieb die Klippen eines mehrgeschossigen Gebäudes in Holzbauweise in der Gebäudeklasse 5 umschiffen kann. Grundvoraussetzung hierfür ist eine engagierte und offene Zusammenarbeit – und diese war bei allen Beteiligten gegeben.

Block B1

Brandschutz im Geschossbau

Brandsichere Holzfaser-WDVS für die Gebäudeklassen 4 und 5

Björn Kampmeier
Hochschule Magdeburg-Stendal
Magdeburg, Deutschland



Brandsichere Holzfaser-WDVS für die Gebäudeklassen 4 und 5

1. Einleitung

Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) werden zur Dämmung von Gebäudeaußenwänden sowohl bei Neubauten als auch zur energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden eingesetzt. Derzeit werden häufig Dämmstoffe auf Polystyrolbasis oder Mineralwolle verwendet. Aus ökologischen Gründen ist jedoch der vermehrte Einsatz von Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holzfaserdämmplatten anzustreben. Dem stehen jedoch bei Gebäuden mit mehr als drei Vollgeschossen bauaufsichtliche Anforderungen entgegen. So müssen Oberflächen und Dämmstoffe von Fassaden bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 mindestens schwerentflammbar sein. Gängige brennbare Dämmstoffen in diesem Anwendungsbereich sind polymere Hartschäume, die zwar formal eine Zulassung als schwerentflammbarer Baustoff aufweisen, aber dennoch aufgrund vergangener z. T. sehr heftiger Brandereignisse in die Diskussion geraten sind. Hinzu kommt, dass die Dämmstoffe aus ökologischer Sicht als bedenklich anzusehen sind, da Biozide von den Oberflächen ausgewaschen werden und im Falle einer Entsorgung die Dämmstoffe als Sondermüll einzustufen sind. Eine ökologisch sinnvolle Alternative sind WDVS auf Basis von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holzfaserdämmstoffe, die bereits in den Gebäudeklassen 1 bis 3 erfolgreich eingesetzt werden. Bei höheren Gebäuden dürfen sie jedoch nicht eingesetzt werden, da sie aufgrund ihrer Schwelneigung nicht die Baustoffklasse schwerentflammbar erreichen (Abbildung 1).

Gebäudeklassen	1	2	3	4	5
	freistehend OKF $\leq 7\text{m}$ $\leq 2\text{ NE}$ $\leq 400\text{m}^2$	OKF $\leq 7\text{m}$ $\leq 2\text{ NE}$ $\leq 400\text{m}^2$	OKF $\leq 7\text{m}$	OKF $\leq 7\text{m}$	OKF $\leq 13\text{m}$ je NE $\leq 400\text{m}^2$
					
Außenwandbekleidung	normalentflammbar			schwerentflammbar	

Abbildung 1: Bauaufsichtliche Anforderungen an die Oberflächen von Außenwänden

Ziel des durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) geförderten Forschungsvorhabens [1, 2, 3, 4, 5, 6] war es, WDVS auf Basis von Holzfaserdämmstoffen zu entwickeln, mit denen die Schutzziele des Brandschutzes eingehalten werden können.

2. Lösungsstrategien für WDVS der GK 4 und 5

Die Muster-Bauordnung definiert in § 14 als Schutzziele des Brandschutzes, dass

- die Brandentstehung behindert werden muss,
- die Brandausbreitung begrenzt sein muss,
- wirksame Löscharbeiten möglich sein müssen
- und die Rettung von Menschen und Tieren möglich sein muss.

Diese Schutzziele sind selbstverständlich auch an der Fassade einzuhalten und gelten bei Ausführung einer Fassade mit schwerentflammbaren Dämmstoffen für Gebäude der GK 4 und 5 als erfüllt.

Die Brandentstehung und Brandausbreitung kann an der Fassade durch die Wahl des Baustoffs beeinflusst werden. Die Baustoffklassifizierung erfolgt nach dem europäischen System durch Prüfungen im Kleinbrennertest und im SBI-Test in Abhängigkeit der Entzündbarkeit und Brandausbreitungsgeschwindigkeit. Hier können Holzfaserdämmstoffe durchaus die europäische Baustoffklassifizierung C erreichen, was grundsätzlich zur Einstufung als schwerentflammbarer Baustoff genügt. Problematisch ist an dieser Stelle, dass gemäß MVV TB in Deutschland auch ein Nachweis bezüglich der Schwelneigung der Dämmstoffe erforderlich ist (Abbildung 2). Dies bedeutet, dass die Dämmstoffe nach Wegfall des Feuers nicht selbstständig weiterschwellen dürfen und selbstständig verlöschen müssen. Dies betrifft die Schutzziele Brandausbreitung und wirksame Löscharbeiten. Zwar haben Untersuchungen gezeigt, dass die Schwelgeschwindigkeit in Holzfaser-WDVS bei ca. 1 mm/min. sehr langsam verläuft, jedoch kann ein Schwelbrand durch die Feuerwehr nur zuverlässig gelöscht werden, wenn diese die Konstruktion öffnen kann. Dies bedeutet zum einen, dass durch das Schwelen der Personenschutz nicht gefährdet ist, sofern sichergestellt ist, dass die Brandgase nicht ins Innere des Gebäudes gelangen können. Auf der anderen Seite bedeutet dieses Verhalten, dass Fassadenbereiche, die für die Feuerwehr nicht direkt erreichbar sind, nicht wirksam gelöscht werden können. Daher sind unkontrolliert verlaufende Schwelbrände auszuschließen. Hierzu kommen drei Strategien in Frage, die innerhalb des Forschungsvorhabens verfolgt wurden und in diesem Beitrag näher erläutert werden:

- 1) Entwicklung eines nicht schwelenden Dämmstoffes
- 2) Verhinderung eines Schwelbrandes durch die Putzschicht (thermische Schutzschicht)
- 3) Kontrolle eines Schwelbrandes durch Schwelbarrieren



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

2.1. Variante 1: Dämmstoff ohne Schwelneigung

Ein Lösungsweg um das gesetzte Ziel zu erreichen, wäre somit die Entwicklung nicht schwelender Holzfaserdämmplatten: Durch eine brandschutztechnisch optimierte Rezeptur zum Beispiel mit Hilfe von Flammschutzmitteln könnten diese als schwerentflammbarer Baustoff klassifiziert werden und dürften bauordnungskonform in den GK 4 und 5 eingesetzt werden. Während des Projektes wurde dieser Ansatz zwar anfänglich verfolgt, konnte jedoch für gängige Wärmeleitfähigkeiten nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Dabei zeigte sich, dass klassische Flammschutzmittel keinen Mehrwert bringen und zudem ökologisch als bedenklich anzusehen sind. Flammschutzmittel auf natürlicher Basis konnten noch nicht erfolgreich getestet werden. Für ein kürzlich vorgestelltes Produkt auf Basis einer Eigenentwicklung eines Industrieunternehmens konnte dieses Ziel für Materialdichten $\geq 190 \text{ kg/m}^3$ erreicht werden [7].

In Anlehnung an die reale Einbausituation des Dämmstoffes im WDVS wurden ebenfalls Untersuchungen unter einer Putzschicht durchgeführt. Diese aus Holzfaserdämmplatten hergestellten und mit einem Putzsystem verschlossenen Probekörper wurden im Schwelprüfstand, abweichend von DIN EN 16733, solange beflammt bis ein Schwelprozess im Dämmstoff ausgelöst wurde. Entgegen der weitestgehend gleichmäßigen und kompletten Zersetzung der unverputzten Holzfaserdämmplatten im Schwelprüfstand, zeigten die verputzten Probekörper eine oder mehrere Schwelfronten auf, welche den verputzten Dämmstoff nur teilweise zersetzten. Vorder- und Rückseite sowie die Seitenränder wiesen nach Versuchsende stets ungefähr 3 mm unbeschädigte Holzfaserdämmung auf, mit Ausnahme des Initialbereichs. In diesem war der Dämmstoff bis an den Putz zersetzt. Im Vergleich zur identischen, unverputzten Holzfaserdämmplatte wiesen die verputzten Probekörper geringere Schwelgeschwindigkeiten (unverputzt ca. 1,7 mm/min, verputzt ca. 0,2 mm/min bis 0,4 mm/min) und niedrigere Maximaltemperaturen (unverputzt 625 °C bis 650 °C, verputzt 160 °C bis 430 °C) auf. Es wird angenommen, dass das Putzsystem für einen gewissen Luftabschluss sorgt und die Schwelprozesse durch den gesteigerten Sauerstoffmangel beeinflusst werden.

In den Bereichen der schwelenden Holzfaserdämmung (außerhalb des Initialbereichs) reduzierte sich die Temperatur auf der Putzaußenseite erwartungsgemäß mit zunehmender Dicke des Putzsystems. So wurden für ein 6 mm starkes Putzsystem bis zu 135 °C und für ein 40 mm starkes Putzsystem maximal 44 °C auf der Putzoberfläche festgestellt.

Die in Abbildung 3 dargestellten Zersetzungsmuster in Dämmstoffmitte, nach dem selbstständigen Erlöschen der Probekörper, sowie die Temperatureaufzeichnungen im Holzfaserdämmstoff, belegen einen richtungsändernden Fortschritt der Schwelfronten. Bei der Mehrzahl der Probekörper wurden tendenziell vertikal aufsteigende Schwelvorgänge aufgezeichnet. Bis zu ihrem selbstständigen Erlöschen verliefen die Schwelvorgänge im verputzten Holzfaserdämmstoff, bei 12 der 14 bisher untersuchten Probekörper, insgesamt zwischen 46 und 105 Stunden. [3]

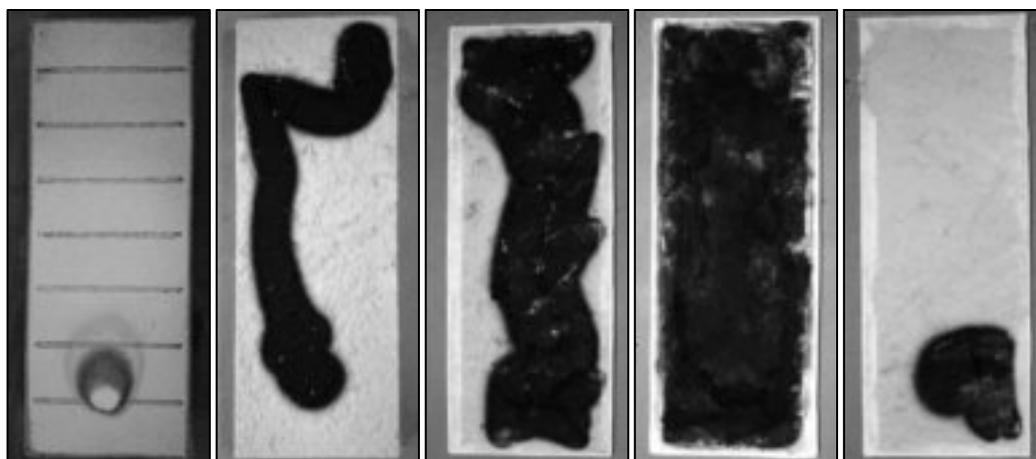


Abbildung 3: verputzter Probekörper nach der Beflammung (links), sowie typische Schwelverläufe nach Versuchsende in Holzfaserdämmstoffmitte

2.2. Variante 2: WDVS mit Dickschichtputzsystem

Der zweite Lösungsweg, der aus Sicht der Forschungspartner ausgewogen zwischen Brandsicherheit und Wirtschaftlichkeit vermittelt, sieht vor, dass die Glimmneigung des Dämmstoffes akzeptiert wird, allerdings ein Dickschichtputzsystem als thermische Schutzschicht im Brandfall die Auslösung von Schwelprozessen im Holzfaserdämmstoff verhindert. Für die Auslegung dieser Putzsysteme wurde für die verwendeten Holzfaserdämmplatten zunächst die Initialtemperatur des Schwelvorgangs unter einer Abdeckung (vergleichbar dem Putz eines WDVS) im Labormaßstab mittels Cone-Kalorimeter bestimmt [2, 5]. Die Initialtemperatur ist die niedrigste Temperatur zwischen Probekörperabdeckung und Dämmstoffoberfläche, bei der ein kontinuierlicher Schwelprozess ausgelöst wurde. Die Untersuchungen zeigten, dass erst bei einer Initialtemperatur von 350 °C ein kontinuierlicher Schwelprozess ausgelöst wurde (Abbildung 4).

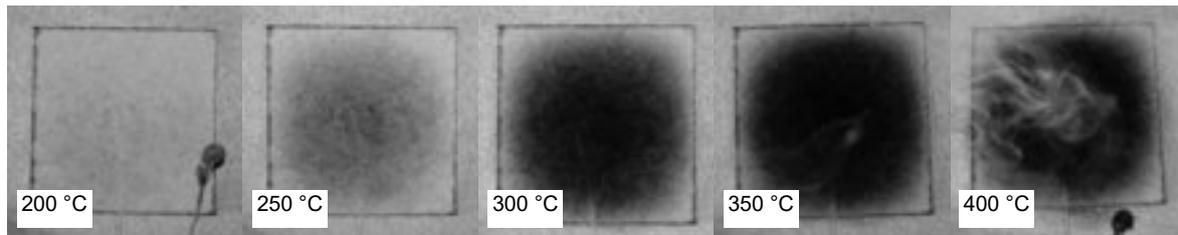


Abbildung 4: Oberfläche des Holzfaserdämmstoffes unter der Abdeckung nach dem Erreichen einer dargestellten Temperaturstufe

Die Auswertung bereits durchgeführter Brandversuche der Forschungspartner führte zu der Entscheidung, dass ein Sturz- und Laibungsschutz aus nichtbrennbaren und nicht-schmelzenden Dämmstoffen zusätzlich zum Dicksicht-Putzsystem im direkt beflamten Fensterbereich erforderlich ist, da eine Auslegung des Putzsystems auf die thermischen Einwirkungen in diesem Bereich unwirtschaftlich erschien. Außerdem zeigten die Versuche, dass sich der Putz im Sturzbereich während der Beflammung öffnen kann. Dieser Mechanismus wurde jedoch bei keinem Brandversuch im Rahmen des Forschungsvorhabens beobachtet. Außerhalb des Sturz- und Laibungsschutzes soll das Putzsystem die Holzfaserdämmung vor einem Temperaturanstieg über die Initialtemperatur von 350 °C hinaus schützen.

Die speziell für das Forschungsvorhaben entwickelten Putzvarianten wurden entsprechend dieses Leistungskriteriums untersucht und optimiert [2, 5]. Im Labormassstab wurden verschiedene Putzdicken untersucht und für die Großbrandversuche eine Mindestputzdicke von 25 mm (Dickschichtputz) ausgewählt, die auch im abschließenden Belegversuch verwendet wurde. Die am Fassadenprüfstand durchgeführten Beleg-Versuche erfolgten in Anlehnung an DIN 4102-20. Hierbei handelt es sich um einen real-maßstäblichen Systemaufbau von ca. 6m Höhe mit einer Brandeinwirkung von 350 kW über 20 min mit einem Gasbrenner. Bei den Großbrandversuchen wurde eine 100 mm starke Holzfaserdämmplatte mit Flammschutzmittel eingesetzt, die die Euroklasse C-d0-s1 erfüllt. Für den Sturz- bzw. Laibungsschutz wurde Steinwolle verwendet.

Während der Beflammung und der anschließenden Beobachtungszeit von insgesamt 65 min bis zur Abkühlungsphase wurde die Initialtemperatur von 350 °C nicht erreicht. Dies zeigt auch das Öffnen des Systems nach der Beflammung (Abbildung 5).



Abbildung 5: Holzfaser-WDVS während der Beflammung im Fassadenprüfstand (links); nach Versuchsende geöffnetes System mit ungeschädigtem Holzfaserdämmstoff im Bereich über der Brandraumöffnung (rechts)

Das Dickschicht-Putzsystem sollte zusätzlich dem sogenannten Sockelbrandversuch unterzogen werden, der insbesondere für Systeme auf Basis von Polystyrol entwickelt wurde im Rahmen von allgemein bauaufsichtlichen Zulassungen durchgeführt wird.

Hierbei erfolgt die Brandeinwirkung über eine 200 kg Holzkrippe, welche einen Müllcontainerbrand mit einer Brandleistung von ca. 2,5 MW repräsentieren soll. Geplant und realisiert wurde der Ausschnitt des Holzfaser-WDVS für den Sockelbrandversuch mit einem 60 cm hohen XPS-Sockelbereich mit 80 mm Dämmstoffdicke. Damit ergab sich zum eigentlichen WDVS ein deutlicher Versprung, der brandschutztechnisch einen kritischen Bereich darstellt und untersucht werden sollte. In diesem Übergangsbereich wurde ein Brandriegel aus Steinwolle eingesetzt, da ein Schmelzen des klassisch, dünn-schichtig verputzten XPS erwartet wurde.

Die Temperaturaufzeichnung während der Beflammung und die anschließenden Beobachtungs- bzw. Abkühlzeiten ließen vermuten, dass keine selbsterhaltenden Schwelprozesse im Holzfaser-WDVS ausgelöst wurden. Dies wurde durch Öffnen des Systems nach der Abkühlzeit bestätigt. In Abbildung 6 ist nach dem Rückbau zu erkennen, dass es zu leichten Verfärbungen auf der Dämmstoffoberfläche im unteren Bereich des Holzfaser-WDVS gekommen ist. Die Putzschichtdicke in diesem Bereich wurde beim Rückbau gemessen und lag bei ca. 30 mm. Das System scheint damit an seiner Auslegungsgrenze.



Abbildung 6: Holzfaser-WDVS während der Beflammung im Sockelbrandversuch (links); Nach Versuchsende geöffnetes System im Sockelbrandversuch, mit leichten Verfärbungen im Bereich der Holzkrippe (rechts)

2.3. Variante 3: WDVS mit Schwelbarrieren

Bei diesem System könnte im Brandfall zwar ein Schwelbrand in der Holzfaserdämmung ausgelöst werden, wäre jedoch durch die Anordnung von horizontalen und vertikalen Schwelbarrieren räumlich begrenzt, um einen Schwelprozess auch in Fassadenbereichen zuverlässig stoppen zu können, die für die Feuerwehr nicht unmittelbar erreichbar sind. Die Wirtschaftlichkeit dieses Systems hängt daher in erster Linie vom erforderlichen Abstand der Schwelbarrieren ab und ist Gegenstand der laufenden Risikoanalyse. Hierbei spielen die Schwelgeschwindigkeit, CO-Freisetzung und Rauchdichtigkeit der Außenwandbauteile eine entscheidende Rolle.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf Forschungsvorhaben, welche durch das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie sowie durch die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft gefördert wurden. Forschungspartner waren die TU Braunschweig, die Hochschule Magdeburg-Stendal, das Fraunhofer Institut für Holzforschung (WKI) und das Institut für Brand- und Katastrophenschutz in Heyrothsberge. Industriepartner waren die Wolfgang Endress Kalk- und Schotterwerk GmbH & Co. KG, die Holzbau Weizenegger GmbH und die HOMANIT Building Materials GmbH & Co. KG.

Basierend auf den in [1, 2, 3, 4, 5] veröffentlichten Grundlagenuntersuchungen wurden Großbrandversuche durchgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, dass WDVS auf Basis von Holzfaserdämmplatten mit entsprechenden Brandschutzmaßnahmen das Schutzziel Begrenzung der Brandausbreitung erreichen. Durch den Dickschichtputz wird sichergestellt, dass sich der brennbare Dämmstoff nicht am Brandgeschehen beteiligt und somit auch kein Schwelbrand ausgelöst wird. Auch beim sogenannten Sockelbrand, der mit 2.5 MW eine deutlich stärkere Brandeinwirkung darstellt und für die meisten Brandszenarien abdeckend ist [8, 9], wurde das Auslösen selbsterhaltender Schwelprozesse verhindert. Das Brandverhalten der Fassade entspricht bei den durchgeführten Brandversuchen damit sogar eher dem einer nichtbrennbaren Fassade. Selbst für den unwahrscheinlichen Fall, dass der thermische Schutz der Putzschicht aufgrund einer ungewöhnlich hohen Brandbelastung oder Ausführungsfehlern nicht funktioniert, ist das daraus resultierende Brandverhalten weiterhin beherrschbar. Der sich dann im System entwickelnde Schwelbrand breitet sich nur sehr langsam aus, sodass der Feuerwehr ausreichend Zeit für die erforderlichen zusätzlichen Löschmaßnahmen bleibt. Es handelt sich daher im Vergleich zu den konkurrierenden Systemen auf Polystyrolbasis um ein äußerst robustes System. Eine derart rasche Brandausbreitung wie bei den Systemen auf Polystyrolbasis (siehe Schadensfälle der letzten Jahre [10]) ist bei den untersuchten Systemen nicht zu befürchten.

Die derzeitige Regelung der Landesbauordnungen, dass keine schwelenden (und damit normalentflammbaren) Dämmstoffe bei mehrgeschossigen Gebäuden verbaut werden dürfen, auch wenn das Gesamtsystem die Anforderungen an eine schwerentflammbare Außenwandbekleidung erfüllt, sind auf Grundlage der Forschungsergebnisse nicht mehr nachvollziehbar. Die Forschungsergebnisse wurden deshalb an die Projektgruppe Brandschutz der Bauministerkonferenz herangetragen um zu prüfen, ob sie zukünftig Einzug in die bauaufsichtlichen Regelungen erhalten können.

Die bisherigen Forschungsergebnisse liefern aber auch jetzt schon wertvolle Erkenntnisse, die beispielsweise für Zustimmungen im Einzelfall zur Realisierung mehrgeschossiger Holzfaser-WDVS genutzt werden können. Referenzobjekte bzw. -fassaden würden den Prozess zur zukünftigen baurechtlichen Regelung unterstützen und könnten zur Verbreitung der Systeme beitragen. Bei Interesse bieten die Autoren gerne ihre Unterstützung bei der Realisierung von Referenzfassaden an.

4. Literatur

- [1] Kampmeier, B.: Fassaden mit brennbaren Dämmstoffen – eine nachhaltige Lösung? In: Tagungsband der 66. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes am 27.- 29. Mai 2019
- [2] Küppers, J.; Steeger, F.: Verwendung brennbarer Dämmstoffe bei mehrgeschossigen Gebäuden. In: Zehfuß, J. (Hg.): Braunschweiger Brandschutz-Tage 21.-22.09.2016, Tagungsband, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, 2016, ISBN 978-3-89288-213-8.
- [3] Steeger, F.; Küppers, J.; Brunkhorst, S.: Untersuchungen zum Schwel- und Glimmverhalten von Holzfaserdämmstoffen zur Verwendung im Wärmedämmverbundsystem. In: Krause, U. (Hg.): 5. Magdeburger Brand- und Explosionsschutz-tage 23.-24.03.2017, Tagungsband, Institut für Apparate- und Umwelttechnik, Magdeburg, 2017.
- [4] Steeger, F.; Küppers, J.; Brunkhorst, S.: Schwel- und Brandverhalten von Wärmedämmverbundsystemen aus Holzfaserdämmplatten. In: Bautechnik 94, Heft 6, S. 361-367, 2017. (<https://doi.org/10.1002/bate.201700027>)
- [5] Küppers, J.; Zehfuß, J.; Steeger, F.; Kampmeier, B.: Fire safety of ETICS with wood fibreboards for multi-storey buildings. In: 2nd International Seminar on Fire Safety of Facades, 11.-13. May 2016, Lund, Schweden. (<http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20164605007>)
- [6] Kampmeier, B.; Zehfuß, J.; Küppers, J.; Steeger, F.: Brandschutzmaßnahmen bei Holzfaser-WDVS, In: Bauen mit Holz, Bruderverlag GmbH & Co. KG; Heft 1/2019 und 2/2019
- [7] Technisches Merkblatt: Gutex Pyroresist ® wall; 12/2018
- [8] Kotthoff, I.: Grundlagen für die Zulassung und Normung des Brandverhaltens von Fassadenbekleidungen, In: Hosser, D. (Hg.): Braunschweiger Brandschutz-Tage 19.-20.09.2012, Tagungsband, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, 2012, Heft 218
- [9] Bachmeier, P.: WDVS mit Polystrol-Dämmstoffen – welche Maßnahmen sind notwendig? In: FeuerTrutz Magazin 1.2015.
- [10] Feuerwehr Frankfurt am Main: Zusammenstellung von Brandereignissen in Verbindung mit WDVS im Auftrag der AGBF-Hessen, AGBF-Bund und des Deutscher Feuerwehrverband e.V. (www.feuerwehr-frankfurt.de/index.php/mediathek/category/31-wdvs?download=145:brandereignisse-in-verbundung-mir-waermedaemmverbundsystemen).

Brandschutztechnisch sichere hinterlüftete Holzfassaden – ist das möglich?

Dr. Michael Merk
Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
München, Deutschland



Thomas Engel
Technische Universität München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
München, Deutschland



Brandschutztechnisch sichere hinterlüftete Holzfassaden – ist das möglich?

1. Einleitung

Bei Gebäuden normaler Art und Nutzung der Gebäudeklasse 4 und 5 müssen nichttragende Außenwände und nichttragende Teile tragender Außenwände aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, oder, sofern sie aus brennbaren Baustoffen bestehen, als raumabschließende Bauteile feuerhemmend sein. An Öffnungen wie Fenster und Türen werden bauordnungsrechtlich keine Anforderungen gestellt. Daraus lässt sich schließen, dass eine Brandweiterleitung durch eine aus einer Öffnung schlagenden Flamme auf die Fassade bauordnungsrechtlich toleriert wird.

Das an Fassadenbauteile bauordnungsrechtlich gestellte Schutzziel soll gebäudeaußenseitig eine zu schnell fortschreitende und damit über mehrere Geschosse reichende Brandausbreitung oberhalb und unterhalb der Brandausbruchsstelle verhindern. Unberührt von dieser Betrachtung bleibt die Brandübertragung von außen über die Geschosse durch nicht klassifizierte Öffnungen (Fenster), die sich je nach Intensität des Initialbrandes (Fensterausbrand, Sockel- bzw. Balkonbrand, etc.) unterschiedlich schnell entwickelt.

Darüber hinaus müssen wirksame Löscharbeiten möglich sein und die Brandstellen für die Feuerwehr erreichbar sein (z.B. Brand in Hinterlüftungsspalt). Aus bauordnungsrechtlicher Sicht werden dementsprechend die Anforderungen zur Begrenzung der Brandausbreitung auf bzw. an der Fassade in § 28 MBO [1] für mehrgeschossige Gebäude wie folgt definiert:

- Absatz 1: Außenwände und Außenwandteile wie Brüstungen und Schürzen sind so auszubilden, dass eine Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt ist.
- Absatz 3: Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen müssen einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein [...]

Eine weitergehende Konkretisierung der Schutzziele ist bis dato weder in der Bauordnung noch in den Technischen Bestimmungen (Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen [2]) aufgeführt.

2. Schutzzieldiskussion: Höhe der Brandausbreitung

Zum aktuellen Zeitpunkt werden in Brandschutznachweisen vermehrt Abweichungsanträge für brennbare Außenwandbekleidungen (aus Holz) mit Verweis auf in Österreich oder in der Schweiz zugelassene Konstruktionen, die in den dortigen landesspezifisch gültigen Regelungen aufgeführt sind, formuliert. Diesen Lösungen liegen jedoch unterschiedliche Schutzziele zu Grunde, die eine Anwendung in Deutschland nicht ohne genauere Bewertung zulassen.

Bei der Betrachtung der bestehenden Anforderungen an Außenwandbekleidungen hat sich gezeigt, dass die in § 14 MBO [1] (Brandschutz) geforderte Begrenzung der Brandausbreitung für den Bereich der Fassaden und Außenwandbekleidungen nicht eindeutig festgeschrieben ist. Selbst in der Literatur und in Expertenkreisen bestehen hierzu unterschiedliche Aussagen. Einerseits wird die maximale Brandausbreitung auf drei Geschosse, andererseits auf zwei Geschosse (jeweils inklusive des Brandgeschosses) bis zum Eintreffen der Feuerwehr begrenzt. Für Deutschland existiert, wie zuvor beschrieben, aktuell noch immer keine klare Definition des zu Grunde liegenden Schutzziels.

In den beiden Nachbarländern Österreich und Schweiz wurden entgegen bereits bauordnungsrechtlich zitierbare Schutzzielanforderungen definiert und in Österreich auch in das entsprechende Normenwerk implementiert.

In Österreich wurde das konkrete Schutzziel für Fassadenbrände in der OIB Richtlinie 2 (2015 Abschnitt 3.5.6) [3] festgeschrieben. Hierin wird konkretisiert:

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5¹ sind vorgehängte hinterlüftete, belüftete oder nicht hinterlüftete Fassaden so auszuführen, dass

- eine Brandweiterleitung über die Fassade auf das zweite über dem Brandherd liegende Geschoß, und
- das Herabfallen großer Fassadenteile wirksam eingeschränkt wird.

Konkret bedeutet dies, dass die maximale Brandausbreitung auf 2 Geschosse einzugrenzen ist (vgl. Abbildung 1).

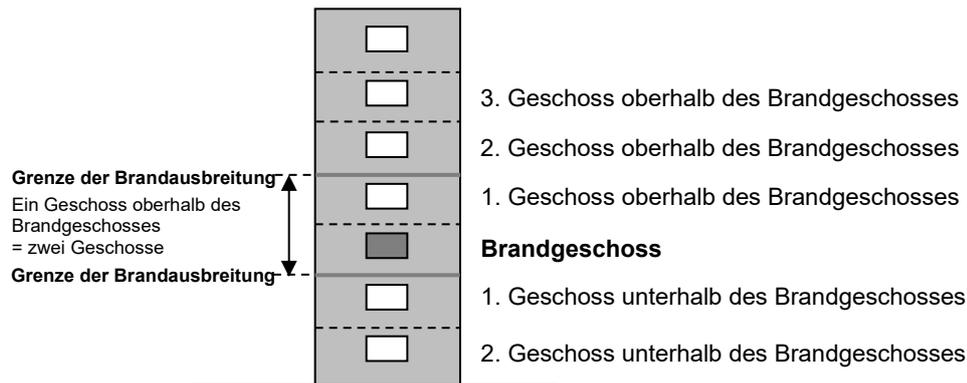


Abbildung 1: Darstellung des Schutzzieles für Fassaden nach (OIB) – «zwei Geschosse» [4]

Basierend auf Forschungsergebnissen der LIGNUM Gruppe wurde für die Schweiz folgendes Schutzziel formuliert [5]:

«Bei einem Brand der Gebäudeaußenwand darf es vor dem Löschangriff der Feuerwehr nicht zu einer Brandausbreitung über mehr als zwei Geschosse oberhalb des Brandgeschosses kommen».

Hieraus ergibt sich eine Begrenzung der Brandausbreitung auf maximal 3 Geschosse (vgl. Abbildung 2).

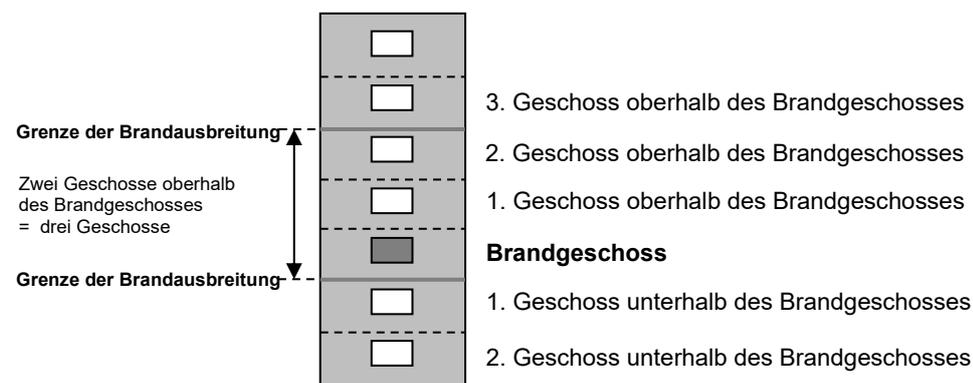


Abbildung 2: Darstellung «generelles Schutzziel für Fassaden» (Schweiz) – «drei Geschosse» [4]

Im Zuge des Forschungsvorhabens TIMpuls [6] wurde bereits begonnen, in Absprache mit der Bauaufsicht sowie anderen Forschungsstellen ein konkretes künftig zitierbares Schutzziel für brennbare Fassaden aus Holz zu definieren. Endgültige Ergebnisse liegen bislang noch nicht vor, jedoch lässt sich der momentane Ansatz aus dem Forschungsprojekt für eine künftige Festlegung wie folgt darstellen [7]:

- Die Flammenhöhen aus der Fensteröffnung des Primärbrandes lassen sich über ein allgemeines Schutzziel nicht definieren oder begrenzen.

¹ Gebäudeklassen der OIB-Richtlinie sind mit denen der MBO im Wesentlichen vergleichbar

- Die vertikale Brandausbreitung soll unterbunden werden. Außerhalb der Flamme aus dem Primärbrandgeschoss darf keine selbständige vertikale Brandausbreitung über die Geschosstrennung (Deckenebene) erfolgen.
- Die horizontale Brandausbreitung an der brennbaren Außenwandbekleidung darf sich nicht wesentlich außerhalb der Flammenbreite aus dem Primärgeschoss ausdehnen.
- Brandabschnittstrennungen dürfen nicht negativ beeinflusst werden.
- Wirksame Löscharbeiten müssen möglich sein.

3. Aktuelle Erkenntnisse auf Basis zuletzt durchgeführter Forschungsarbeiten für hinterlüftete Fassadenkonstruktionen in Holz

Untersucht man die in den Jahren 2003 und 2004 im Auftrag einer Schweizer Forschungsgruppe, unter dem Dach der LIGNUM, durch die MFPA Leipzig durchgeführten Brandversuche an Holzfassaden mit Blick auf das in Kapitel 2 von der Schweiz abweichende Schutzziel « maximale Brandausbreitung auf 2 Geschosse », so lassen sich für den Einsatz in Deutschland ausreichend sichere Systeme ableiten.

Im Zuge einer am Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion der Technischen Universität München im Jahr 2018 durchgeführten Abschlussarbeit [4] wurden die vorhandenen Fassadenbrandversuche entsprechend ihrer Brandschutzmaßnahmen, in verschiedene Versuchsgruppen eingeteilt und in Hinblick auf das zuvor beschriebene veränderte Schutzziel neu bewertet. Anhand vorliegender Unterlagen, wie Foto- und Videoaufnahmen, Schadensaufnahmen, sowie Temperaturmessungen über die Höhe und Breite in verschiedenen Ebenen der Konstruktion wurden die Beobachtungen der einzelnen Brandverläufe analysiert.

Die Auswertung zeigte sowohl Konstruktionen, die die angepassten gestellten Anforderungen vollständig erfüllen, als auch Konstruktionen, die bereits innerhalb der 20 Minuten eine Brandausbreitung in das dritte Geschoss über dem Brandgeschoss zuließen, oder bei denen es zum brennenden Abfallen von Bekleidungsteilen gekommen ist.

Einen Auszug der Untersuchung stellt Tabelle 1 dar, diese stellt alle bestandenen Varianten bzgl. der Brandausbreitung dar.

Tabelle 1: Auszug Bewertung der LIGNUM-Versuche unter Berücksichtigung des angepassten Schutzziels [4]

Versuchsnr. (LIGNUM)	05	09	15	18	20	21	31
Horizontale Maßnahme	Holz	Holz	Holz	Stahl	Holz	Holz und Stahl	Stahl
Vertikale Maßnahme	-	-	Ein Gefach der Unterkonstruktion ist vollständig mit Steinwolle ausgelegt	-	-		
Konstruktion	Horizontal Nut-Feder-Schalung	Dreischichtplatten	Vertikal Boden-Deckel-Schalung	Horizontale Nut-Feder-Schalung	Vertikal Nut-Feder-Schalung	Vertikal Nut-Feder-Schalung	Horizontal Nut-Feder-Schalung
Tiefe Hinterlüftungsspalt	30 mm Unten offen	30 mm Oben und unten offen	90 mm Oben und unten offen	30 mm Oben und unten offen	60 mm* Unten offen	60 mm* Oben und unten offen	30 mm Oben und unten offen
Anzahl und Anordnung der Riegel	3 Riegel Geschossweise	3 Riegel Geschossweise	3 Riegel Geschossweise	3 Riegel Geschossweise	2 Riegel auf 4,40 und 8,40 m Höhe	2 Riegel auf 4,40 und 8,40 m Höhe	3 Riegel Geschossweise

Versuchsnr. (LIGNUM)	05	09	15	18	20	21	31
Auskragung/ Maßnahme	Latte in Hinterlüftung 30 mm x 60 mm	20 mm Dicke: 27 mm	100 mm Dicke: 27 mm	15 mm Dicke: 1,5 mm	10 mm auskragend Dicke: 27 mm	100 mm Dicke Holz: 27 mm Dicke Stahl: 1,5 mm	15 mm Dicke: 1,5 mm
Brennendes / nicht brennendes Abfallen	–	Abfallen brennender Fassadenteile	Abfallen brennender Fassadenteile	Abfallen brennender Fassadenteile	Abfallen brennender Fassadenteile	Abfallen nicht brennender Fassadenteile	Abfallen brennender Fassadenteile
Brandausbreitung	Keine Brandausbreitung über zweiten Riegel	Keine Brandausbreitung über zweiten Riegel	Keine Brandausbreitung über zweiten Riegel	Keine Brandausbreitung über zweiten Riegel	Ausbreitung über ersten Riegel in der 23. Prüfminute	Keine Brandausbreitung über zweiten Riegel	Ausbreitung über zweiten Riegel in der 23. Prüfminute
Löschen ab	21. Prüfmin.	26. Prüfmin.	21. Prüfmin.	21. Prüfmin.	21. und 23. Pm	21. Prüfmin.	31. Prüfmin.
Sonstiges/ Besonderheiten während des Brandgeschehens	Brennendes Abtropfen der HDPE-Folie²⁾	Rauchaustritt aus Hinterlüftungsspalt Brennendes Abtropfen der HDPE-Folie ²⁾	Rauch- und Flammenaustritt aus Hinterlüftungsspalt Brennendes Abtropfen der HDPE-Folie ²⁾	Einsatz einer Beschichtung (Wasser-Dickschicht-Lasur)	Rauch- und Flammenaustritt aus der Hinterlüftung	–	Rauchaustritt aus der Hinterlüftung
Fett gedruckt: Versuch erfüllt die Anforderung « maximale Brandausbreitung auf 2 Geschosse » bzw. die weiter definierten Anforderungen							
Anforderungen eingehalten							
Anforderungen nicht eingehalten							
¹⁾ Eine Überschreitung der in Anlage 2.6/4 zur DIN 18516 empfohlenen Maximaltiefe von 50 mm von 10 mm wird als ausreichend repräsentativ angenommen. Wenn die Brandausbreitung im vorhandenen Hinterlüftungsspalt mit einer Tiefe von 60 mm und außerhalb dessen das Schutzziel für							
²⁾ Das brennende Abtropfen der HDPE-Folie wird hingenommen. Hinzukommend handelt es sich hierbei um eine nahezu vernachlässigbare Menge, welche zur tragenden Außenwand gehört.							
³⁾ Auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Foto- und Video-Aufnahmen während der Versuchsdurchführungen sowie den Protokollen der Versuchsdurchführungen							

4. Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auch auf Basis der aktuellen Schutzzieldiskussion entsprechend brandschutztechnisch sichere Holzfassaden für mehrgeschossige Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 ausführbar sind. Hierfür sind bei nicht hinterlüfteten, hinterlüfteten und belüfteten Außenwandbekleidungen aus Holz besondere Vorkehrungen gegen Brandausbreitung zu treffen. Nachfolgend können diese wie folgt zusammengefasst werden:

- Sämtliche im Fassadensystem verwendeten Baustoffe aus Holz oder Holzwerkstoffen müssen entsprechend ihrem Brandverhalten mindestens als D-s2, d0 entsprechend DIN EN 13501-1 oder normalentflammbar (B2) nach DIN 4102-1 klassifiziert sein.
- Fassadenbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen können als eines der vier nachfolgenden Bekleidungstypen, horizontal oder vertikal angeordnet, ausgeführt werden:
 - flächiger Holzwerkstoff
 - formschlüssige Schalung
 - kraftschlüssige Schalung oder
 - offene Schalung
 Die Art der Oberfläche (geschliffen, gehobelt, sägerau oder gebürstet) ist dabei für jeden Bekleidungstyp frei wählbar.
- Dämmstoffe in der Außendämmebene müssen mindestens in der Klasse A2-s1, d0 entsprechend DIN EN 13501-1 oder der Baustoffklasse A2 entsprechend DIN 4102-1 klassifiziert sein. Sie sind mit ausreichendem Übermaß in die Unterkonstruktion einzubauen und an ihren Fugen dicht zu stoßen.
- Sofern der Abschluss von Außenwänden/Kernwänden nicht aus mineralischen Baustoffen besteht, muss außenliegend eine geeignete nicht brennbare Bekleidung aufgebracht werden. Geeignete Bekleidungen sind:
 - 2 x 12,5 mm bzw. 1 x 18 mm Gipsplatte Typ F nach EN 520 oder Gipsfaser nach EN 15283-2 bzw.

- 1 x 12,5 mm Gipsplatte Typ F nach EN 520 oder Gipsfaser nach EN 15283-2 mit 40 mm davorliegendem Dämmstoff Klasse A2-s1, d0 entsprechend DIN EN 13501-1 oder der Baustoffklasse A2 entsprechend DIN 4102-1.
- Einlagige Abdeckungen mit folienartigen Fassadenbahnen sind zulässig.
- Eine Brandweiterleitung bei Holzfassaden kann durch auskragende, geschoßweise angeordnete Brandsperrn (vgl. Abbildung 3) wirksam eingeschränkt werden. Durch diese Brandsperrn wird die Brandausbreitung über mehrere Geschosse wirksam eingeschränkt. Mit dem Einsatz von konstruktiven Brandsperrn werden die definierten Schutzziele erreicht.

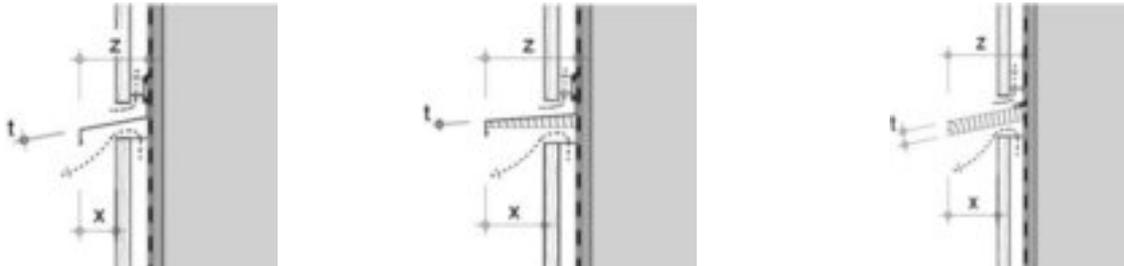
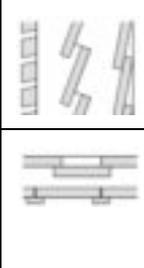


Abbildung 3: Beispiele für die Ausbildung geschossweiser Brandsperrn

- Horizontale Brandsperrn sind geschoßweise jeweils in Höhe des Geschosswechsels über die gesamte Fassadenbreite durchgehend auszuführen. Bei Fassaden mit über mehrere Geschosse durchgehenden Belichtungssäulen (vertikale Lichtbänder) sind die Brandsperrn ebenfalls geschoßweise in Höhe des Geschosswechsels anzuordnen und jeweils bis zur Belichtungssäule bündig abschließend heranzuführen.
- Vertikale Brandsperrn sind zur Unterbrechung der Hinterlüftungsebene anzuordnen im Bereich von Brandwänden bzw. Wänden die anstelle von Brandwänden gemäß MBO §30 (3) Satz 2 Nr. 1 zulässig sind. Sie sind ebenfalls erforderlich im Bereich von Außenwandecken.
- Die geschoßweisen horizontalen Brandsperrn sind gemäß nachfolgender Tabelle 2 auszuführen. Das Maß X des horizontalen Überstandes der Brandsperrne über die Fassadenoberfläche ist entsprechend des eingesetzten Fassadentyps gemäß Tabelle 2 zu wählen. Es sind die gemäß Tabelle 2 angegebenen Mindesteigenschaften der Fassadenbekleidung zu berücksichtigen.

Tabelle 2: Mindestauskragung der horizontalen Brandsperrne - Maß X

Bekleidungsstyp	Baustoff/ Bauteil	Schema-skizze	Ausführungsbeispiele	Ausrichtung	Maß X
Flächiger Holzwerkstoff	<ul style="list-style-type: none"> • Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ • Fläche geschlossen • Plattendicke $\geq 22 \text{ mm}$ • Kantenlänge $\geq 625 \text{ mm}$ • Plattenfläche $\geq 1,0 \text{ m}^2$ 		<ul style="list-style-type: none"> • Massivholzplatten • Brettsperrholz • Furniersperrholz • Furnierschichtholz 	horizontal / vertikal	$\geq 50 \text{ mm}$
Formschlüssige Schalung	<ul style="list-style-type: none"> • Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ • Beplankungsdicke $\geq 22 \text{ mm}$ • Brettbreite: Kern frei $\leq 160 \text{ mm}$ • Entlastungsnuten: <ul style="list-style-type: none"> - Restdicke $\geq 14 \text{ mm}$ - Breite $\leq 5 \text{ mm}$ - Achsabstand $\geq 30 \text{ mm}$ 		<ul style="list-style-type: none"> • Deckleistenschalung mit Profil • Nut und Feder 	horizontal / vertikal	$\geq 50 \text{ mm}$
Kraftschlüssige Schalung	<ul style="list-style-type: none"> • Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ • Beplankungsdicke $\geq 22 \text{ mm}$ • Brettbreite frei • Entlastungsnuten: <ul style="list-style-type: none"> - Restdicke $\geq 14 \text{ mm}$ - Breite $\leq 5 \text{ mm}$ - Achsabstand $\geq 30 \text{ mm}$ 		<ul style="list-style-type: none"> • Schalung überfälzt • Stülpschalung • T-Leistenschalung 	horizontal	$\geq 100 \text{ mm}$
				vertikal	$\geq 150 \text{ mm}$

Offene Schalungen	<ul style="list-style-type: none"> • Rohdichte $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ • Beplankungsdicke $\geq 22 \text{ mm}$ • Brettbreite frei • Brettquerschnittsfläche $\geq 1000 \text{ mm}^2$ • Brettrestdicke $\geq 14 \text{ mm}$ bei Entlastungsnuten • Dicke Abdeckleisten $\geq 14 \text{ mm}$ • Brettbreite frei 		<ul style="list-style-type: none"> • Offene Schalung • Leistenschalung • Deckelschalung • Stülpchalung • Deckleisten-schalung 	horizontal	$\geq 200 \text{ mm}$
				vertikal	$\geq 250 \text{ mm}$

- Die Befestigung der horizontalen Brandsperren ist bis auf die Konstruktionshölzer der Außenwand zu führen, ggf. sind zusätzliche Füllhölzer einzubauen. Abstand und Größe der Verbindungsmittel sind hierfür so zu wählen, dass im Brandfall auftretende thermische Beanspruchungen nicht zu Verformungen führen, die einen Verlust der Funktion der Brandsperre für die Ableitung des Plume auf der Fassade als auch Abschottung der Hinterlüftungsebene zur Folge haben.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Massnahmen lassen sich brandschutztechnisch sicherer Fassadensysteme aus Holz im Rahmen bauordnungsrechtlicher Abweichungen definieren.

Sämtliche Erkenntnisse, beginnend mit dem Schweizer Forschungsprojekt der LIGNUM 2000 bis 2005 [8], dem darauf aufbauenden Projekt im Rahmen der HighTechOffensive Zukunft Bayern 2006 [9] und allen weiteren in Folge durchgeführten Untersuchungen, konnten jetzt dazu genutzt werden, einen konkreten Vorschlag für die bauordnungsrechtliche Verwendung von brennbaren Fassaden in Deutschland zu definieren. Dieser Vorschlag wurde in dem Anfang Juni 2019 veröffentlichtem Entwurf zur «Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzBauRL» [10] bereits aufgenommen und soll damit künftig den Planern und Ausführenden mehrgeschossiger Holzfassaden als planungssichere Grundlage für ihre individuellen Projekte zur Verfügung stehen.

Literatur

- [1] Musterbauordnung – MBO –. Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016
- [2] Deutsches Institut für Bautechnik: Veröffentlichung der Muster - Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen Ausgabe 2017/1 mit Druckfehlerkorrektur vom 11. Dezember 2017
- [3] OIB-Richtlinie 2: OIB-330.2-011/15.
- [4] Ansel L. «Prinzipien zur Anwendbarkeit von brennbaren Außenwandbekleidungen in Deutschland» Masters Thesis, Technische Universität München, 12.03.2018.
- [5] Arbeitsgruppe Brandschutz bei Holzfassaden, «Grundsatzpapier für die Rahmenbedingungen von Originalbrandversuchen», Wiederkehr, Bart et al. März 2003
- [6] [timpuls.tum.de](http://www.timpuls.tum.de): Forschungsprojekt TIMpuls; in: Webseite des Forschungsprojekt TIMpuls, URL: <http://www.timpuls.tum.de>, (abgerufen am: 06.08.2019).
- [7] Engel T., Heumann F. (2019) Deutsches Schutzziel im Hinblick auf eine Brandausbreitung über die Fassade für brennbare Außenwandbekleidungen, München
- [8] Schweizer Forschungsprojekt der LIGNUM 2000 bis 2005, diverse Forschungsberichte, –dokumentationen und Veröffentlichungen
- [9] HighTechOffensive Zukunft Bayern, Teilprojekt 2, Brandsicherheit mehrgeschossiger Holzbau, Merk 2008
- [10] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzBauRL. Stand: 23.05.19; (Anhörungsverfahren)

Brandschutz im Geschosswohnungs- bau. Am Beispiel der Holzhochhäuser Heilbronn und Pforzheim

Prof. Dr. Dirk Kruse
Dehne Kruse Brandschutzingenieure
Gifhorn, Deutschland



Brandschutz im Geschosswohnungsbau. Am Beispiel der Holzhochhäuser Heilbronn und Pforzheim

1. Einleitung

Der moderne Architekturstil führt zu einer stetig steigenden Komplexität und immer grösseren Dimensionen der Bauwerke. Am eindrucksvollsten lässt sich dies an der Entwicklung der weltweit projektierten Wolkenkratzer belegen. Der erste Wolkenkratzer moderner Prägung in Stahlskelettbauweise, das Home Insurance Gebäude in Chicago aus dem Jahr 1885, wies noch 10 Stockwerke auf. Der 2010 eröffnete Burj Chalifa weist dagegen 163 Etagen bei einer Höhe von 828 m auf.

Dieser Trend ist auf beliebige Gebäudenutzungen übertragbar und auch am modernen Holzbau nicht vorüber gegangen. Bis 2004 war der Holzbau vergleichsweise kleinteilig mit überwiegend ein und zwei Familienhäusern. Vereinzelt wurden auch dreigeschossige Mehrfamilienhäuser geplant und errichtet.

Mit der im Jahre 2004 veröffentlichten Richtlinie für brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHolzR) [1] hat die moderne Holzbauweise den Massenmarkt des mehrgeschossigen Bauens entdeckt.

Anfang 2019 wurde das erste Hochhaus in Holzbauweise in Heilbronn in Betrieb gehen. Das Gebäude verfügt genauso wie das Home Insurance Gebäude über 10 Geschosse. Man darf gespannt sein, wie die Entwicklung im Holzbau voran schreitet. In Pforzheim befindet sich ein weiteres Projekt mit 14 Geschossen in der Genehmigungsplanung.



Abbildung 1: Hochhäuser Skaio, Heilbronn und Carl, Pforzheim (Quelle: Kaden und Lager, Berlin und Peter W. Schmidt, Pforzheim)

Mit der steigenden Komplexität und den Dimensionen heutiger Projekte sind Abweichungen von den Anforderungen der Landesbauordnungen sowie ergänzender Musterrichtlinien und Verordnungen eher die Regel als die Ausnahme. Die allgemeinen Schutzziele des Baurechts jedoch nicht ausser Acht gelassen werden. Dazu gehören:

- die Vorbeugung der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch
- die Gewährleistung der Flucht und Rettung von Personen
- die Ermöglichung wirksamer Löscharbeiten
- die Standsicherheit auch im Brandfall

Um diese Schutzziele zu erreichen, müssen die gewählten brandschutztechnischen Massnahmen mittels individuell erstellter ganzheitlicher Brandschutzkonzepte in sich schlüssig und nachvollziehbar dargestellt werden.

Die Rechtsgrundlage der Notwendigkeit von Brandschutzkonzepten ist über §§ 66 MBO (entsprechend in den jeweiligen Landesbauordnungen) geregelt. Die Möglichkeit der Abweichung ergibt sich § 67 MBO.

2. Abweichung

Die Landesbauordnungen basieren fast ausschliesslich auf dem baulichen Brandschutz. Sie stellen ein Standardbrandschutzkonzept dar. Das Anforderungsniveau orientiert sich am maximal zulässigen Risiko der jeweiligen Gebäudeklasse. Die Risiken können im Einzelfall (immer projektbezogen beurteilen) auch innerhalb einer Gebäudeklasse signifikant unter dem Niveau des maximal zulässigen Risiko liegen.

Durch die Anfertigung eines Brandschutzkonzeptes im Rahmen der Genehmigungsplanung ist es möglich, die Anforderungen an den baulichen Brandschutz durch geeignete Kompensationsmassnahmen zu reduzieren. Bei jeder Abweichung muss nachgewiesen werden, dass keine Bedenken hinsichtlich des Brandschutzes bestehen. Insbesondere muss dargestellt werden, wie die Schutzziele des Baurechts trotz der Abweichung z.B. durch Kompensationsmassnahmen erfüllt werden.



Abbildung 2: Abweichungen im Rahmen der Genehmigung und Ausführung (Bildquelle: Holzbau DeutschlandInstitut e.V.)

Übliche Abweichungen im mehrgeschossigen Holzbau betreffen oft die folgenden Anforderungen:

- die Baustoffklasse der verwendeten Dämmstoffe,
- den Feuerwiderstand der tragenden, aussteifenden und raumabschliessenden Bauteile,
- die Kapselklasse der brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung und
- die Abschottung von Öffnungen für die Durchführung von Installationen in raumabschliessenden Bauteilen.

Als Kompensationsmöglichkeiten für diese und ähnliche bauliche Brandschutzanforderungen kommen streng genommen ausschliesslich Massnahmen in Frage, die beim betreffenden Objekt baurechtlich nicht explizit gefordert sind. Bei wohnungsähnlichen Nutzungen und kleineren Geschäftshäusern, die nicht in den Bereich der Sonderbauten fallen, sind das in erster Linie anlagentechnische Massnahmen wie Brandmelde- und Alarmierungsanlagen sowie Sprinkler.

Über diese anlagentechnischen Möglichkeiten hinaus können jedoch auch bestimmte Massnahmen des baulichen und abwehrenden Brandschutzes, die baurechtlich ohnehin gefordert sind, kompensatorisch eingesetzt werden. Sie müssen über das baurechtlich und feuerwehr-technisch erforderliche Mass hinaus vorgesehen werden, um ein Defizit in anderen Bereichen auszugleichen.

Das betrifft zum Beispiel:

- das Rettungskonzept (horizontale und vertikale Rettungswege)
- die Grösse der Nutzeinheiten
- die Bauart der Brandwände sowie der notwendigen Treppen und Treppenräume
- die Ausführung der Bauteilanschlüsse
- die Anordnung von Feuerwehrflächen
- die Löschwasserversorgung
- zusätzliche feuerwehrtechnische Massnahmen

Im Rahmen der Landesbauordnungen besteht zurzeit formal nicht die Möglichkeit des Austauschs von baulichen und anlagentechnischen Massnahmen. Bei einer schutzzielorientierten Betrachtung erscheint es jedoch analog zu den Sonderbauverordnungen sinnvoll, das Zusammenwirken und die Kompensation von baulichen und anlagentechnischen Brandschutzmassnahmen zuzulassen [2].

Für die Bewertung entscheidend ist, dass mit den Kompensationsmassnahmen in der ganzheitlichen Betrachtung das gleiche Sicherheitsniveau erreicht wird und die Schutzziele des Brandschutzes erfüllt werden.

Grundsätzlich abzulehnen ist der Ansatz, Einzelbetrachtungen aus einem Projekt auf ein anderes Projekt zu übertragen.

3. Praxisbeispiel

Im Rahmen der Bundesgartenschau 2019 (BuGa) wurden am Neckarbogen acht individuelle Neubauten errichtet. Diese sind über einen gemeinsamen Innenhof und eine gemeinsame Tiefgarage miteinander verbunden.

Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Wohnnutzungen (Miet- und Eigentumswohnungen). Eines dieser Gebäude (SKAIO) ist mit 10 Geschossen und einer Gesamthöhe von 34m Höhe das erste Hochhaus in Holzbauweise in Deutschland.

Das Gebäude «SKAIO» ist als Hybridkonstruktion mit einem überwiegenden Anteil des Werkstoffes geplant. Das Treppenhaus und das Sockelgeschoss werden aus Stahlbeton gefertigt. SKAIO enthält neben Gewerbe- und Nebenräumen im Erdgeschoss insgesamt 60 Wohneinheiten verteilt auf die 9 Obergeschosse.

Die im Standard kleinteiligen 1 bis 2-Zimmer-Wohnungen werden über das innenliegende Sicherheitstreppehaus erschlossen, sind zwischen 40 und 70m² gross und können Dank des Gebäudekonzeptes je nach Bedarf zusammengeschaltet werden. Alle Wohnungen verfügen über eine Loggia bzw. grosse, bodentiefe Fenster. Eine der Wohngemeinschaften im 6.OG hat direkten Zutritt auf eine Dachterasse auf dem westlichen Teil des Gebäudes, auf dem Dach des zehnten Geschosses gibt es eine gemeinschaftliche Dachterasse für alle Bewohner.

Die Muster-Hochhausrichtlinie ist in Baden-Württemberg bauaufsichtlich nicht eingeführt. Sie wird daher nur orientierend herangezogen. Grundlage für die brandschutztechnische Beurteilung des Bauvorhabens ist daher im Wesentlichen die Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) mit der dazugehörigen allgemeinen Ausführungsverordnung (LBOAVO) in der jeweils aktuellen Fassung. Nach § 2 Abs. (4) der LBO wird das Gebäude aufgrund einer Fussbodenhöhe von mehr als 13 m der obersten Aufenthaltsräume in die Gebäudeklasse 5 eingestuft. Diese Gebäudeklasse beinhaltet

alle Gebäude, die nicht unter die Gebäudeklassen 1-4 fallen. Die Grundfläche der grössten Nutzungseinheit liegt bei ca. 236 m² (Wohngemeinschaft). Die sonstigen Nutzungseinheiten liegen bei Flächen von ca. 40 m² bis 130 m².

Die LBO erlaubt in Gebäuden der Gebäudeklasse 5 anstelle von feuerbeständigen Bauteilen die Ausführung aus brennbaren Baustoffen ohne eine allseitige brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen, wenn baulich sichergestellt ist, dass gemäss § 26 eine Brandweiterleitung insbesondere über die Geschosstrennung hinaus ausgeschlossen werden kann. Ist das der Fall, dann liegt gemäss der LBO kein erhöhtes Risiko durch eine brennbare Bauweise vor.

Im vorliegenden Fall kommt die Holzbauweise erst ab dem 1. Obergeschoss zum Einsatz. Die Konstruktion wird dabei in der Holzmassivbauweise (Brettsperrholz bzw. Brettschichtholz) ausgeführt. Alle tragenden und aussteifenden Wände werden entsprechend den Anforderungen der LBO in Verbindung mit der LBOAVO für die Gebäudeklasse 5 in der Feuerwiderstandsklasse R 90 gemäss DIN EN 13501 errichtet.

Die Massivholzdecken sind im Brandfall günstig zu bewerten. Im Gegensatz zu einer Holzbalkendecke sind keine Hohlräume möglich. Dementsprechend kann es auch zu keinem Einbrand und zu den von Feuerwehreinsatzkräften gefürchteten Hohlraumbränden kommen. Konstruktionsbedingt genügen diese Decken den Anforderungen des § 26 der LBO ohne weiteren Nachweis in der Fläche. Hinsichtlich der Verhinderung einer Brandweiterleitung stellen die Anschlüsse erwartungsgemäss die Schwachpunkte dar. In der Auslegung des § 26 kursieren in den Fachkreisen durchaus unterschiedliche Meinungen. Eine weit verbreitete Ansicht ist, dass die Konstruktionen absolute Gasdichtheit aufweisen müssen. Dies geht aber nach der Einschätzung des Verfassers über die Anforderungen des § 26 deutlich hinaus.

In Anlage A 1.2.3/3 der VwV TB B-W vom 20.12.2017 wird zu Eurocode 5 (DIN EN 1995 «Bemessung und Konstruktion von Holzbauten») folgendes bekannt gemacht:

«Für spezielle Ausbildungen (z.B. Anschlüsse, Fugen etc.) sind die Anwendungsregel nach DIN 4102-4:2016-05 zu beachten, sofern die Eurocodes dazu keine Angaben enthalten».

Die DIN 4102 in der Fassung Mai 2016 stellt damit grundsätzlich eine Beurteilungsgrundlage dar. Im vorliegenden Fall wurden alle relevanten Anschlüsse und Fugen vor dem Hintergrund einer erhöhten Sicherheit für ein Hochhaus über die Vorgaben der DIN 4102 deutlich hinausgehend abgesichert.

Am Beispiel eines Deckenstosses soll dies erläutert werden. Unmittelbar über dem Stoss wird eine 18 mm Gipsfaserplatte in einer Nut (beidseitig 3 cm überlappend) angeordnet. Die seitliche Fuge aufgrund von Passungenauigkeiten zwischen GF-Platte und Brettsperrholzdecke wird mittels eines Brandschutz-Acryls gesichert. Die Fugen der Gipsfaserplatte wiederum werden mit einer Holzwerkstoffplatte überlappt. Auf den Fugen zwischen Holzwerkstoffplatte und Brettsperrholzdecke erfolgt noch eine Abklebung mit einem (kaltliegenden) Klebeband. Oberhalb der Brettsperrholzdecke liegt ein durchgehender Bodenaufbau mit einem 100 mm hohen mineralischen Randdämmstreifen, der komprimiert eingebaut wird. Alleine mit dem Bodenaufbau in Verbindung mit dem Mineralwollgedämmstreifen wird eigentlich schon eine hinreichende Rauchdichtheit erreicht. Der Aufbau ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

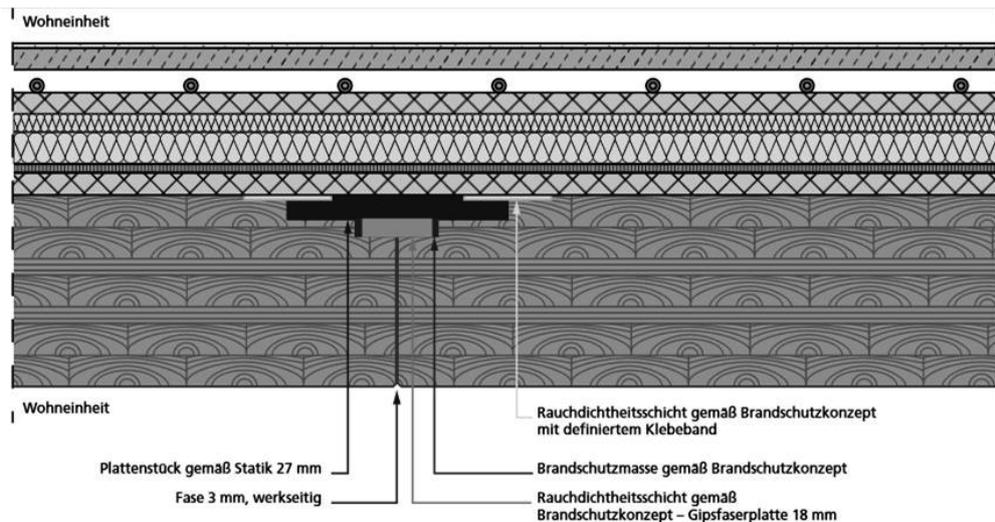


Abbildung 3: Detail Deckenstoss (Quelle: Holzbau Deutschland-Institut nach Kaden + Lager GmbH, Ed. Züblin AG, bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, Dehne Kruse Brandschutzingenieure GmbH & Co KG)

Die Konstruktion kann bei korrekter Ausbildung als absolut rauchdicht eingeschätzt werden. Der Mitbrand der Decke von unten ab Brandbeginn beeinflusst lediglich das Brandszenario (höhere Energiefreisetzung) in der brandbeaufschlagenden Nutzungseinheit. Da die Nutzungseinheiten aber zusätzlich mit einer automatischen Wassernebellöschanlage (System Hochdruck) geschützt werden, kann sich ein Vollbrand (eine korrekte Funktion der Anlage vorausgesetzt) gar nicht entwickeln. Das durch die Feuerwehreinsetzkkräfte abzulöschende Brandszenario bewegt sich daher in einem absolut vertretbaren Rahmen. Die Anlage wird auch als Kompensation für die Ausbildung der geschosshohen Verglasungen in der Fassade herangezogen.

Die Notwendigkeit einer Löschanlage ergab sich im vorliegenden Fall im Übrigen nicht aus der Holzbauweise. Die Fenster sind teilweise Geschosshoch ausgebildet, d.h. eine feuerbeständige Brüstungswand existiert nicht überall. Als Alternative zur Verhinderung des Brandüberschlags wird üblicherweise eine Löschanlage mit verdichteter Leistung im Bereich der Fassadenöffnungen eingesetzt. Die vorhandene Auskragung im Bereich des Deckensturzes ist hierzu nicht ausreichend (vgl. Abb. 4).

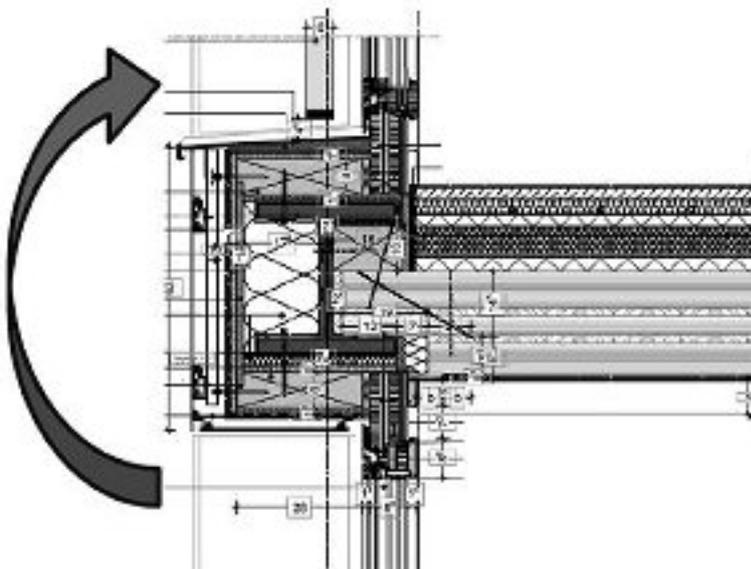


Abbildung 4: Gefahr des Brandüberschlags (Quelle: Kaden + Lager GmbH)

Die sonstigen Anforderungen an Hochhäuser gemäss MHR wurden im Regelfall beachtet. Ein erhöhtes Risiko, dass nicht durch die baden-württembergische Bauordnung (LBO) abgedeckt wäre, besteht damit im vorliegenden Fall nicht.

Block B2

Planen und Planungshilfen im Holzbau

dataholz.eu – Bibliothek für Bauteile, Bauteilfügungen und Referenzprojekte

Maren Kohaus,
Dipl. Ing. Architektin
Technische Universität München
Fakultät für Architektur
Professur Entwerfen und Holzbau
München, Deutschland



Manfred Stieglmeier
M. Eng. Architekt
Technische Universität München
Fakultät für Architektur
Professur Entwerfen und Holzbau
München, Deutschland



dataholz.eu – Bibliothek für Bauteile, Bauteilfugungen und Referenzprojekte

dataholz.eu¹

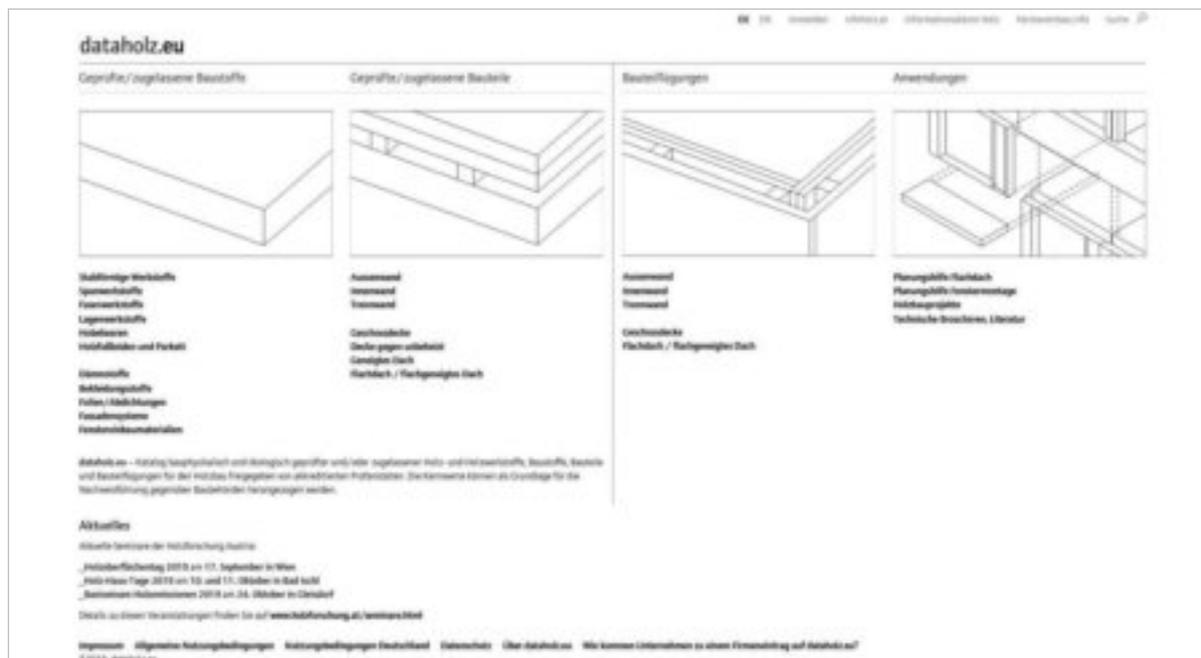


Abbildung 1: Darstellung der Startseite, www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

1. Ausgangssituation

1.1. Anlass

Der Holzbau – insbesondere der mehrgeschossige Holzbau – hat sich in den europäischen Ländern in den vergangenen Jahren zu einer hochleistungsfähigen Bauweise entwickelt und gewinnt zusehends weiter an Bedeutung. Eine außerordentliche Produkt- und Konstruktionsvielfalt über die unterschiedlichen Bauweisen, wie Holztafel-, Holzskelett- und Holzmassivbau bietet den Planern und ausführenden Firmen aktuell jedoch auch eine derart große Variantenvielfalt, dass sich dies für eine intensive Marktdurchdringung in Verbindung mit der vielschichtigen Verknüpfung von Leistungsnachweisen als hinderlich herausstellt. Für sämtliche Varianten müssen zur Planungs- und Genehmigungssicherheit sowie zur Bauwerkserstellung baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise und Leistungsnachweise für Bauphysik, Brandschutz und Tragwerk vorliegen. Hierfür ist eine Vielzahl an Produktregelungen auf Basis nationaler und europäischer Normen und Zulassungen zu beachten.

Zur Lösung dieser Situation wurde im Nachbarland Österreich 2004 durch die Holzforschung Austria (HFA) ein interaktiver Bauteilkatalog mit nahezu 1500 Holzkonstruktionen und Bauteilanschlüssen entwickelt, deren nationale Verwendbarkeitsnachweise durch akkreditierte Prüfstellen erstellt und durch die HFA auf der Plattform dataholz.com öffentlich und kostenfrei zur Verfügung gestellt wurden.

¹ Auszüge aus dem Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: dataholz.de - Anpassung des österreichischen Kataloges geprüfter Holzbauteile www.dataholz.com auf die Rahmenbedingungen in Deutschland, Erstellen einer Plattform mit in Deutschland baurechtlich verwendbaren Bauteilaufbauten www.dataholz.de. Gefördert von: Deutschen Bundesstiftung Umwelt DBU. Forschungsstelle: Technische Universität München, Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt und Fakultät für Architektur, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, Professur für Entwerfen und Holzbau, Prof. Hermann Kaufmann; Informationen unter www.dataholz.eu

Die österreichischen Behörden erkennen eine Zitation dieser Nachweise als bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis im baurechtlichen Genehmigungsverfahren an. Eine derartige Informationsquelle war bis jetzt in Deutschland noch nicht vorhanden.

Im Rahmen von «dataholz.de» wurde dieses Prinzip auf die in Deutschland geltenden Rahmenbedingungen übertragen. Hierzu wurden für häufig verwendete Konstruktionsvarianten Angaben zu Bauphysik (Wärme-, Schall- und Feuchteschutz) sowie Brandschutz und ökologische Kenndaten erarbeitet und digital auf der interaktiven Plattform «dataholz.eu» kostenfrei zur Verfügung gestellt. Die Bauteile wurden hinsichtlich ihrer Leistungseigenschaften beurteilt und nationale baurechtliche Verwendbarkeitsnachweise u.a. in Zusammenarbeit mit externen Spezialisten und akkreditierten Prüfanstalten erarbeitet, um eine direkte Anwendbarkeit zu gewährleisten. Bauteilanschlüsse und Bauteilfügungen, ergänzt durch technische Konstruktionsgrundlagen, erweitern die Plattform zu einem umfangreichen Werkzeug für Planer und Ausführende im Holzbau. Spezifisch ausgewählte Referenzbauwerke mit Grundrissen, Schnitten und Details sowie grundlegenden Informationen zu Abmessungen, Kosten und Projektbeteiligten vervollständigen die neue Online Plattform.

Durch «dataholz.eu» wird eine Standardisierung erreicht, die zu einer gesteigerten Übersichtlichkeit, Planungssicherung und Kalkulierbarkeit von Holzbauten führt. Häufig wiederholende, objektbezogene Diskussionen und Problemstellungen werden einheitlich gelöst und ermöglichen hierdurch einen erheblichen Zeitgewinn im Planungs-, Genehmigungs- und Ausführungsprozess. Für versierte als auch neue Anwender wurde durch die Onlineplattform ein praxisorientiertes Informationsangebot zur Realisierung von Holzbauwerken geschaffen. Dadurch soll die Akzeptanz des Baustoffes Holz bei Bauherren, Investoren, Planern und Behörden steigern und eine erhebliche Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber alternativen Baustoffen bewirken. Durch die erleichterte Anwendung wird ein steigender Marktanteil des ökologischen und nachhaltigen Rohstoffes Holz in Deutschland erwartet. Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung beim Bauen wird für die Zukunft die BIM-tauglichkeit im Sinn einer Bauteilbibliothek angestrebt.

1.2. Die Plattform dataholz.eu

Der Name des Forschungsprojektes «dataholz.de» soll die Anwendbarkeit der zukünftigen Plattform in Deutschland hervorheben. Das Ergebnis des Gemeinschaftsprojektes zwischen der Technischen Universität München und Holzforschung Austria stellt aber nicht zwei unterschiedliche Plattformen dar, sondern vielmehr eine länderübergreifende Plattform mit komplett überarbeitetem Layout, die ausgehend von Deutschland und Österreich im europäischen Raum eine hohe Akzeptanz erreichen soll. Der Name wurde aus diesen Gründen von ursprünglich dataholz.com auf dataholz.eu abgeändert. Dabei teilt sich die Plattform in folgende vier Bereiche auf:

- Geprüfte / zugelassene Baustoffe
- Geprüfte / zugelassene Bauteile
- Bauteilfügungen
- Anwendung / Referenzprojekte

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde der Bereich «Bauteile», «Bauteilfügungen» und «Anwendung» auf die deutschen Rahmenbedingungen angepasst. Der Bereich «Baustoffe» enthält europäisch harmonisierte und herstellereinspezifische Baustoffe, die entsprechend in Deutschland verwendet werden können. Der Abschnitt «Geprüfte / zugelassene Bauteile» wurde aufgrund der baurechtlichen Diskrepanz zwischen den Ländern durch nationale Nachweisdokumente und somit einer Anwendung für Deutschland überarbeitet und durch die Ergänzung neuer Aufbauten aktualisiert. Der Bereich «Bauteilfügungen» wurde länderübergreifend aktualisiert und durch für die Praxis relevante Anschlüsse inklusive technischer Hinweise ergänzt. Abschließend steht dem Nutzer unter «Anwendung» ein komplett neu erarbeiteter Teil mit realisierten «Referenzprojekten» inklusive projektspezifischer Daten und Darstellungen zum Montageablauf zur Verfügung. Durch weitere Verlinkungen auf aktuell gültige technische Dokumentationen wird dem Anwender ein Informationsangebot zu holzbauspezifischen Lösungen angeboten.

2. Bauteile

2.1. Grundlagen

Die bestehende Plattform dataholz.com hat sich seit deren Einführung 2004 stetig weiterentwickelt. Fortlaufend wurden neue Bauteile ergänzt, um einen sehr großen Anteil aller in Österreich gebräuchlichen Holzbaukonstruktionen abzudecken. Praktisch häufig benötigt und angewendet wird von dieser Anzahl naturgemäß nur ein Bruchteil.

Aus diesem Sachverhalt ergibt sich, dass es für eine sinnvolle Anwendbarkeit von dataholz in Deutschland nicht erforderlich ist, alle Bauteile mit in Deutschland gültigen baurechtlichen Verwendbarkeitsnachweisen auszustatten. Diese Überlegung ist gerade auch vor dem Hintergrund relevant, dass die Erstellung von in Deutschland gültigen Verwendbarkeitsnachweisen mit einem hohen Aufwand verbunden ist. Ein Ziel des Projektes lag daher darin, sich zunächst auf die wichtigsten und am häufigsten nachgefragten Bauteile zu beschränken. Durch die gezielte Bauteilauswahl und die enge Abstimmung mit dem Projektbeirat wird dem praktischen Anwender ein Portfolio von in Deutschland üblichen Bauteilen zur Verfügung gestellt.

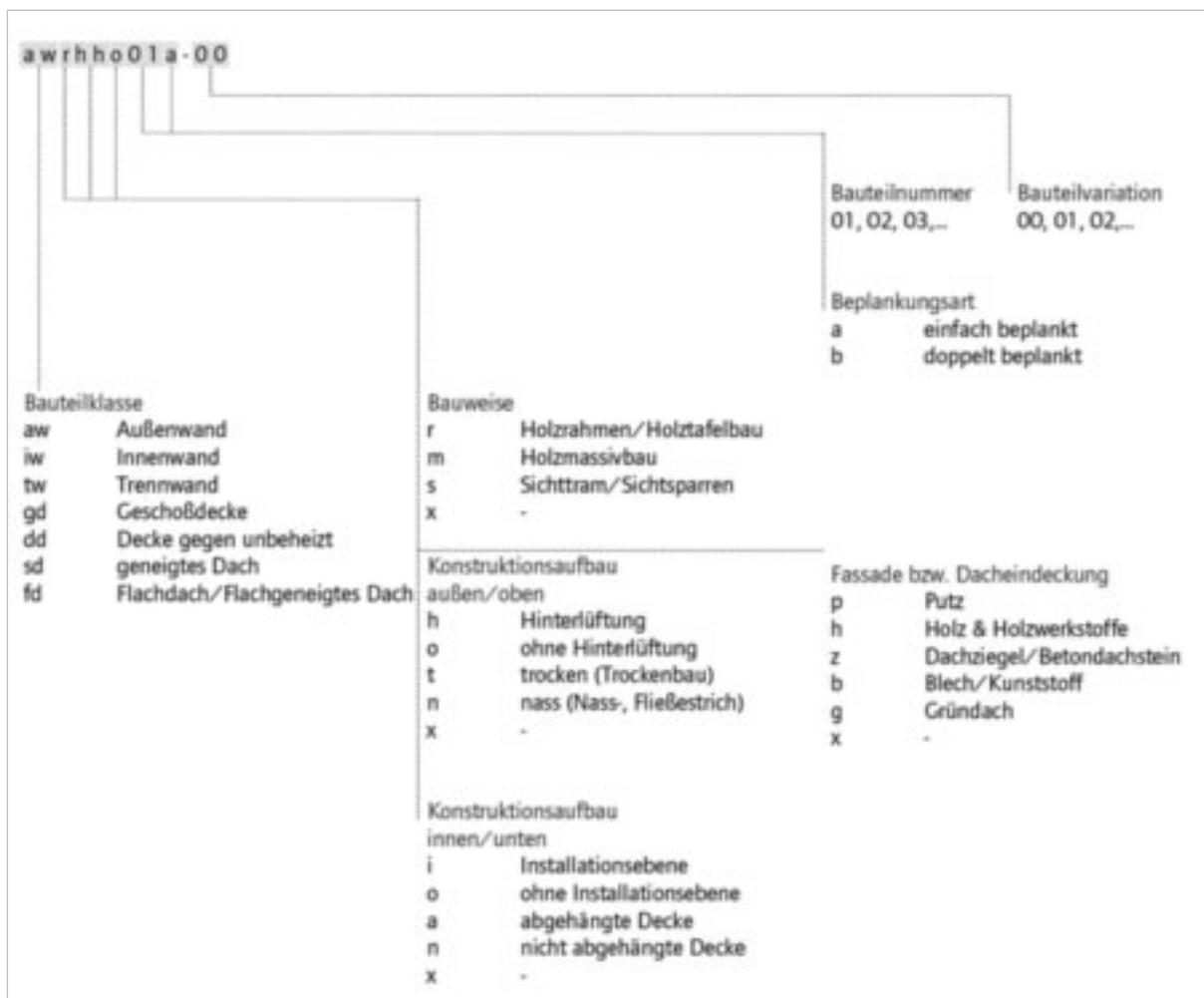


Abbildung 2: Darstellung der Übersicht der Nomenklatur, Stand 23.08.2019

Die im vorgenannten Prozess ausgewählten Bauteile wurden auf der Plattform dataholz.eu implementiert und nach «Wände», «Decken», «Geneigtes Dach» und «Flachdach» und dazugehörigen Unterkategorien z. B. Außen-, Innen- und Trennwände und Geschoßdecken, usw. kategorisiert. Die Kategorien basieren auf der bestehenden Systematik von dataholz in Österreich und wurde im Rahmen der Projektbearbeitung aktualisiert. Somit konnten die bestehenden Bauteile eingruppiert und die Nomenklatur, die die Gliederung widerspiegelt, größtenteils beibehalten werden.

Unterschiedliche Materialien und Dicken führen zu identischen Bauteilen hinsichtlich des Schichtenaufbaus. Aus diesem Grund wird in dataholz zwischen Bauteil und Bauteilvariante unterschieden. Zu jedem Bauteil gibt es unterschiedliche Varianten, die hinsichtlich der Dicke, der Dämmstoffe und folglich auch der brandschutztechnischen und bauphysikalischen Leistungseigenschaften variieren.

Durch die Filterfunktion können Untervarianten mit spezifischen Eigenschaften ausgewählt werden, die nicht der Auswahl entsprechenden Varianten werden grau hinterlegt.

The screenshot shows the 'dataholz.eu' interface. On the left, there is a cross-section diagram of a wall with layers labeled A through G. On the right, there is a table titled 'Bauteilvarianten' (Component Variants) for 'Außenwand zertho1a'. The table lists various material options and their corresponding technical properties.

Varianten	Material	Brand	Wärme	Schall	Ök	Wärme
zertho1a 01	Mineralfaser (DIN EN 12767)	BR1	0,02	gering	47 (+/- 5)	100
zertho1a 02	Mineralfaser (DIN EN 12767)	BR1	0,02	gering	47 (+/- 5)	100
zertho1a 03	Mineralfaser (DIN EN 12767)	BR1	0,02	gering	47 (+/- 5)	100
zertho1a 04	Mineralfaser (DIN EN 12767)	BR1	0,02	gering	47 (+/- 5)	100
zertho1a 05	Mineralfaser (DIN EN 12767)	BR1	0,02	gering	47 (+/- 5)	100

Abbildung 3: Darstellung der Bauteilvariante mit zugehörigen Untervarianten, www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

2.2. Anforderungen an die Bauteile

Eine Plattform wie dataholz kann nicht den objektspezifischen Gesamtnachweis zur Verfügung stellen, sondern soll dem Planer und Ausführenden Bauteilnachweise zur Verfügung stellen, die in den Gesamtnachweis implementiert werden können. Aus dem Gesamtnachweis, z.B. dem Nachweis der Standsicherheit oder dem Brandschutznachweis resultierend die geforderten Leistungseigenschaften der Einzelbauteile wie z.B. Wände, Decken, die auf einer Plattform wie dataholz zur Verfügung stehen.

In dataholz werden pro Bauteil die Leistungseigenschaften Brand, Schall, Wärme und Ökodata dargestellt, die baurechtlich in privatrechtliche und bauaufsichtlich einzuhalten Anforderungen aufgeteilt werden. Abhängig davon ergibt sich der notwendige Nachweis zur Bestätigung der Leistungseigenschaft für den Planer oder Ausführenden. Die Bauregellisten und Liste der eingeführten Technischen Baubestimmungen, bzw. in Zukunft die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen regelt hierzu, welche technischen Baubestimmungen eingeführt sind und welcher Nachweise zu erbringen ist, falls keine technischen Regeln zur Verfügung stehen.

3. Referenzprojekte

3.1. Allgemeines

Die Idee des Forschungsantrages dem Nutzer einen direkten Bezug zu realisierten Projekten in Holzbauweise aufzuzeigen, wurde aufgegriffen und hinterfragt. Daraus resultiert die Annahme, dass der direkte Bezug zur Praxis am deutlichsten durch die Darstellung anhand der Zeichnungen des ausführenden Holzbauunternehmens zu vermitteln ist. Abweichend von anderen «Best Practice Plattformen», wurde vorgeschlagen, keine sogenannten «Leuchtturmprojekte», zu zeigen, die in der Regel Sonderlösungen im Detail beinhalten, sondern sogenannte «Schwarzbrotprojekte», die in der Praxis am häufigsten realisiert werden.

Der Fokus liegt hier auf einer vertieften Darstellung der relevanten Detailanschlüsse. Basis der Zeichnungen soll nicht die Architektenzeichnung sein, die häufig nicht der Realisierung entspricht, sondern eine neu aufbereitete Zeichnung in der Detailtiefe eines Architektendetails, jedoch basierend auf der Holzbauplanung. Für die Erstellung der Details wurden bei jedem Projekt eine intensive Recherche des tatsächlichen Montageablaufs durchgeführt.

Derzeit sind 15 Projekte mit textlicher Erläuterung, Fotos, 2D Zeichnungen und 3 Detailanschlüssen sowie der jeweils zugehörigen 3D Grafik auf der Plattform abgebildet.

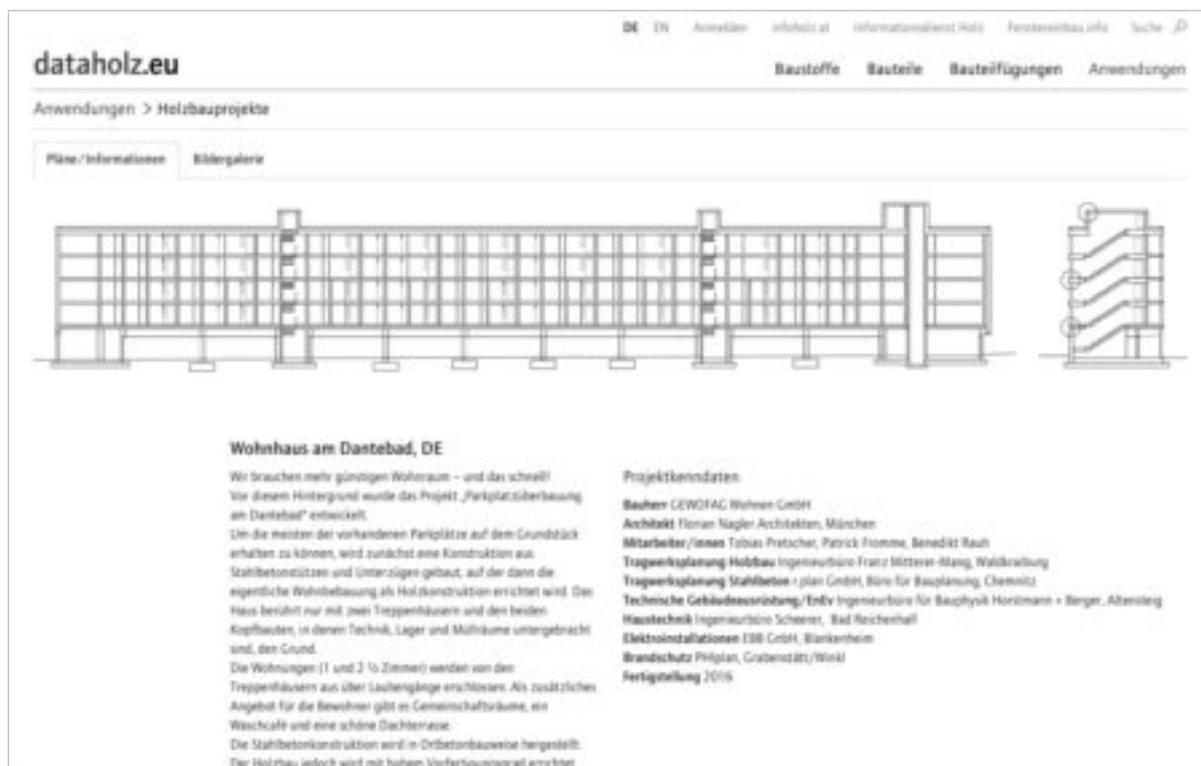


Abbildung 4: Darstellung der Startseite eines Holzbauprojekts mit Erläuterungen, www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

3.2. Projektauswahl

Bevor eine Auswahl von Projekten getroffen werden konnte, wurden Kriterien festgelegt, die für alle Projekte gleichermaßen gelten sollten. Hervorzuheben ist das Kriterium der Konformität mit den Bauteilen aus dataholz.eu. Es muss jedoch einschränkend festgestellt werden, dass Projekte exakt mit Details gemäß den Aufbauten aus dataholz.eu und der Erfüllung der übrigen Kriterien kaum zu finden sind.

Die Auswahlkriterien im Einzelnen:

- Weitgehende Konformität der Bauteilaufbauten mit dataholz.eu
- Standardlösungen, keine Sonderkonstruktionen
- Keine Bauweisen, die in dataholz.eu nicht enthalten sind, z. B. Hybridbauweisen
- Projekte aus dem Gültigkeitsbereich von dataholz.eu, also A und D
- Hohe architektonische Qualität
- Mehrgeschossige Gebäude, jedoch keine Einfamilienhäuser

3.3. Inhalt und Darstellung

Jedes Referenzprojekt wird anhand eines Lageplans, Grundriss EG, einem Schnitt und einer Projektbeschreibung beschrieben und dargestellt. Vertiefte Information bieten die jeweiligen Projektkennwerte zum Gebäude: neben Angaben zu den ausführenden Firmen, den Baukosten und der Bauzeit werden technische Kenndaten (z.B. U-Werte...), Angaben zur jeweiligen Bauweise und Angaben zur Tragwerkskonzeption gemacht.

Im Weiteren erfolgen zeichnerische und textliche Angaben zur Detailausführung bzw. Bauteilfugung im Bereich Attika, Wand-Decke-Wand und Sockel des jeweiligen Projekts: Das jeweilige Detail wird zunächst als 2D-Grafik dargestellt. Neben der Beschriftung der unterschiedlichen Materialien werden die jeweiligen Fugungen stichpunktartig in ihrer Ausführung beschrieben um den Aufbau der Gebäudehülle/ der Geschosdecke oder des Dachaufbaus zu verdeutlichen. Das Bedienmenü sieht an dieser Stelle eine direkte Verlinkung mit dem entsprechenden oder vergleichbaren Bauteil der Bauteilsammlung dataholz.eu vor.

Über einen weiteren Reiter kann der Anwender den 3D Aufbau / Montageablauf aufrufen. Hier wird mittels einer isometrischen Explosionszeichnung der Montageablauf erläutert und der jeweilige Vorfertigungsgrad verdeutlicht.

Die 2D und 3D Zeichnungen wurden auf Grundlage der Werk- und Detailplanung der jeweiligen Architekten bearbeitet. Gleichzeitig wurde die Werkstattplanung der ausführenden Firma hinzugezogen, um die tatsächliche Ausführung und den jeweiligen Vorfertigungsgrad und den Montageablauf zu verifizieren.

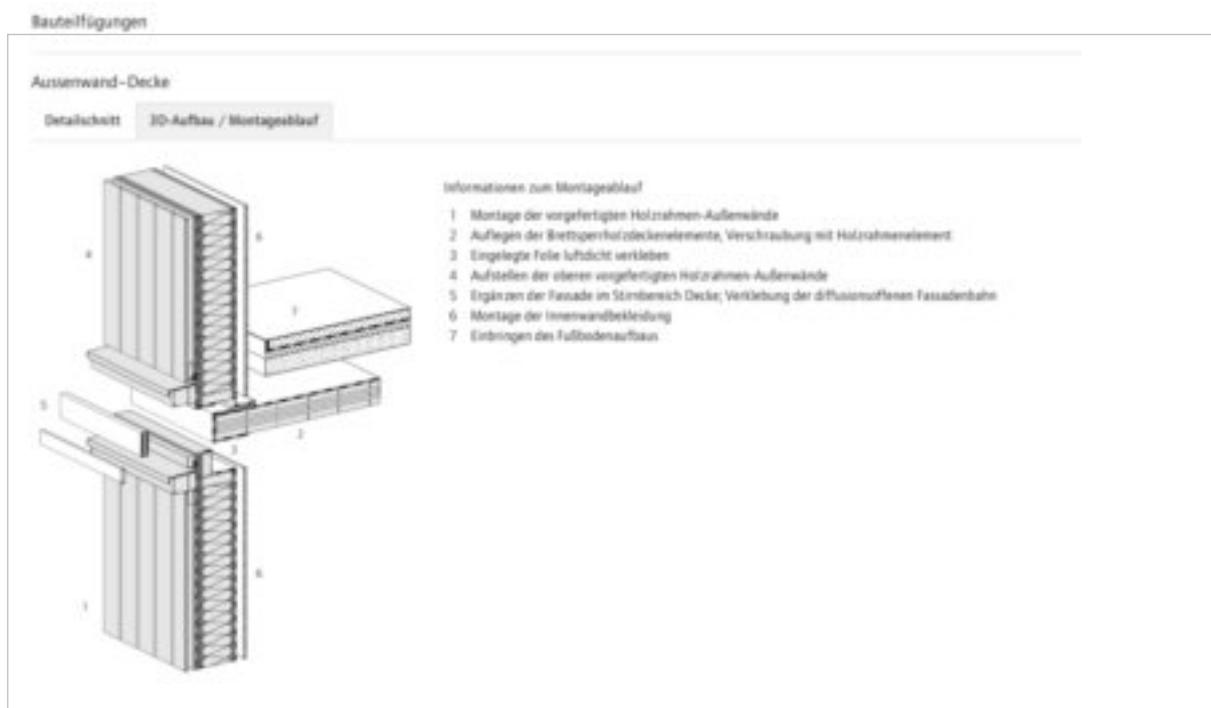


Abbildung 5: Darstellung eines Detailpunktes mit Montageablauf, www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

4. Bauteilfugungen

4.1. Einleitung

Die Rubrik «Bauteilfugungen» der Online-Datenbank zeigt typische Fügepunkte von exemplarisch ausgewählten Bauteilen der Datenbank im Maßstab 1:10. Durch die gewählte zeichnerische und grafische Darstellung sowie die textlichen Hinweise, aufgeteilt in «Anmerkungen» und «Leistungseigenschaften», ist beispielhaft ersichtlich, worauf bei der Fügung zu achten ist, um die Kontinuität des Schichtenverlaufs im Fügepunkt zu wahren.



Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung der Datenblätter mit Grafik, textlichen Anmerkungen (unten links) und den Leistungseigenschaften (unten rechts), siehe hierzu auch Abb. 11, www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

Mit Hilfe eines Filters erfolgt die Eingrenzung von Bauteilkombinationen auf den gewünschten Detailpunkt. Der Detailname gibt gemäß der Nomenklatur (Abb.2) Aufschluss über die Konstruktionsart der gefügten Bauteile (z.B. awm=Aussenwand Massivholz, gdm=Geschossdecke Massivholz).



Abbildung 7: Darstellung der Übersicht mit Filteroptionen, www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

Das Konzept für die Erstellung der Bauteilfugungen und der Datenblätter ist an der Technischen Universität München, Professur Entwerfen und Holzbau, Prof. Hermann Kaufmann (Fakultät für Architektur) entwickelt worden und gemeinsam mit den anderen Projektbeteiligten – der Holzforschung Austria und dem Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, Prof. Stefan Winter (Fakultät Bau Geo Umwelt) – im Laufe der Projektlaufzeit inhaltlich immer wieder abgeglichen worden.

In einem «Praktikerworkshop» haben Beiratsmitglieder des Forschungsprojektes praxisrelevante Hinweise gegeben, die in die finalen Datenblätter der Fügepunkte mit eingeflossen sind. Die Bewertung der einzelnen bauphysikalischen Leistungsnachweise erfolgte am Lehrstuhl von Prof. Stefan Winter.

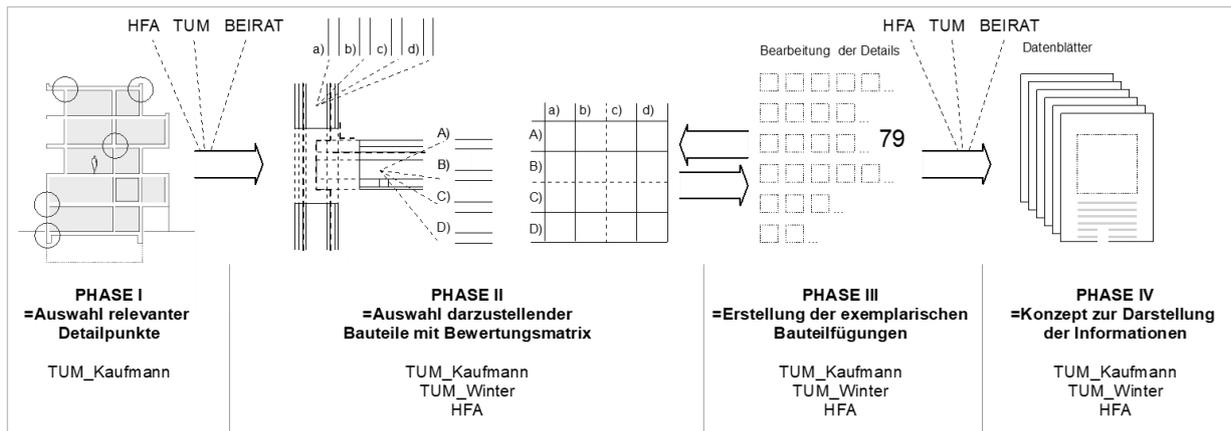


Abbildung 8: Überblick über den Erstellungsprozess der Datenblätter und der beteiligten Institutionen, Quelle: Forschungsbericht, Grafik: M. Kohaus

4.2. Dargestellte Detailpunkte

Die folgenden Detailpunkte (Abb.9), sind bisher im Rahmen des Forschungsprojektes für die Darstellung innerhalb der Bauteilfugungen ausgewählt worden:

- Einbindung der Geschosdecke in die Außenwand (AW+GD)
- Außenwand + Trennwand (AW+TW)
- Außenwand + Innenwand (AW+IW)
- Trennwand + Geschosdecke (TW+GD)
- Innenwand + Geschosdecke (IW+GD)
- Attika (AW+FD)
- Sockel (AW+Boden)

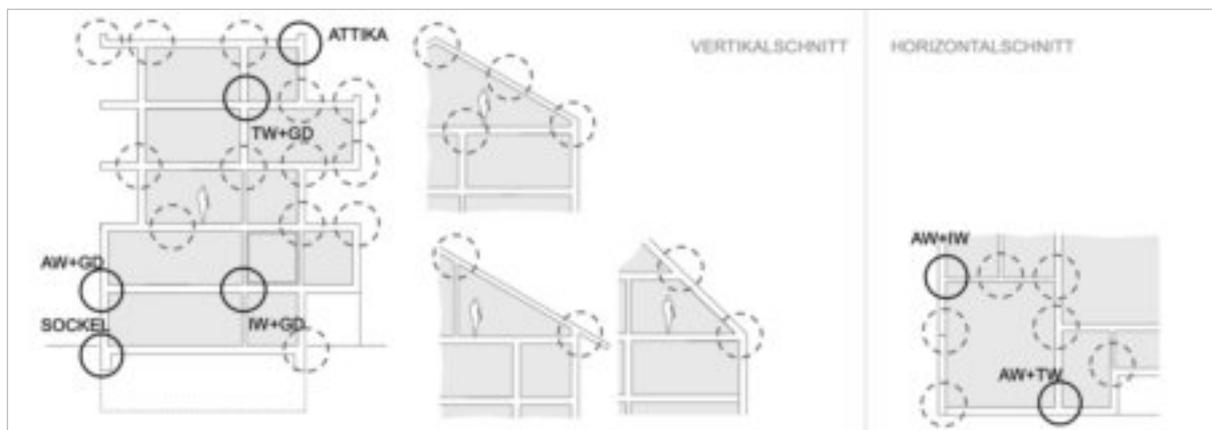


Abbildung 9: Ausgewählte (schwarz) und zukünftig noch zu bearbeitende Detailpunkte (grau) in Schnitt und Grundriss, Quelle: Forschungsbericht, Grafik: M. Kohaus

Für vorstehende Detailpunkte wurde ein Konzept entwickelt, welche Bauteilaufbauten der Datenbank in welchen Kombinationen in welcher Detailtiefe dargestellt werden.

Die in der Grafik grau dargestellten Detailpunkte sollen zum Teil zu einem späteren Zeitpunkt in die Plattform eingearbeitet werden.

4.3. Auswahl darzustellender Bauteile

In der Online-Datenbank soll mit den ausgewählten Bauteilfugungen didaktisch aufgezeigt werden, welche Bauteilkombinationen üblich sind und nach welchen Kriterien eine Bauteilerauswahl bei der Planung eines Projektes erfolgen kann.

Für jeden Detailpunkt wurde eine Matrix erstellt (Abb.9), die ausgewählte Bauteilkombinationen aufzeigt. Analog zu den Filtermöglichkeiten der Datenbank wurde stets zwischen Massivholzbauteilen und zwischengedämmten Bauteilen (Holztafelbauweise / Rahmenbauweise) unterschieden.

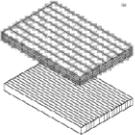
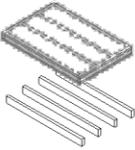
DETAILPUNKT AW-GD =EINBINDUNG DER GESCHOSSDECKE IN DIE AUSSENWAND							
		AW_HOLZMASSIVBAU			AW_HOLZTAFEL-/RAHMENBAU		
		AW_Massiv sicht	AW_direkt beplankt	AW_mit Inst.	AW_Holztafel sicht	AW_direkt beplankt	AW_mit Install
	GD_MASSIVHOLZBAU	GD_Massiv sicht	awm x gdm 01 awmoho03a-00 + gdmnxn02-04	awm x gdm 02 awmoho03a-04 (opt. mit Inst.) + gdmnxn03-00	awm x gdm 14 awmohi02a-04 + gdmnxn03-00	awr x gdm 05 awrho05a-11 + gdmnxn02-04	awr x gdm 06 awrho01a-12 (opt. mit Inst.) + gdmnxn03-00
		GD_direkt beplankt	awm x gdm 03 awmoho03a-00 + gdmnxn01a-00 + Abhangvariante	awm x gdm 04 awmoho03a-04 (opt. mit Inst.) + gdmnxn01a-00 + Abhangvariante	awm x gdm 13 awmohi02a-04 + gdmnxn01a-00 + Abhangvariante		
		GD_Massiv mit Abhang.				awr x gdm 07 awrho04b-09 + gdmnxn02b-00	awr x gdm 08 awrho01a-12 (opt. mit Inst.) + gdmnxn02b-00
	GD_HOLZTAFEL-/RAHMENBAU	GD_Balken sicht				awr x gds 09 awrho05a-11 + gdstxx01-00	awr x gds 10 awrho05a-11 (mit opt. Inst.) + gdstxx01-00
		GD_direkt beplankt					
		GD_Balken mit Abhang.				awr x gdr 11 awrho01a-12 + gdmxa07b-04	awr x gdr 12 awrho04b-09 (mit opt. Inst.) + gdmxa07b-13

Abbildung 10: Überblick über die Auswahl der Bauteile (Holzmassivbau und Holztafel-/Rahmenbau) in den jeweiligen Füge­details für den Detailpunkt AW-GD, Quelle: Forschungsbericht, Grafik: M. Kohaus

Um in den Bauteilkombinationen unterschiedliche bauphysikalische (z.B. Brandschutz, Schallschutz, Feuchteschutz, Luftdichtheit), baupraktische (Auflagersituation, Leitungsführung, Montageprozess) und/oder auch ästhetische Anforderungen (Oberflächenmaterialität, Detaillierung) zu berücksichtigen, wurden für jeden ausgewählten Detailpunkt exemplarische Bauteile mit den folgenden Kriterien ausgewählt:

- sichtbar belassene Holzbauteile/Konstruktion
- Bauteile mit direkten Beplankungen (z.B. um Oberflächenbeschaffenheiten und/oder Kapselkriterien, wie z.B. K₂60 bei Holztafelbauteilen, bzw. «K₂60-Äquivalent» bei Holzmassivbauteilen, variieren zu können)
- Bauteile mit zusätzlicher, bzw. optionaler Installationsebene zur Leitungsführung

Hierbei sollte bei den Fügepunkten immer «kostengünstigere», «höherwertigere» und «hochwertige» Varianten dargestellt werden, um so unterschiedlichen ökonomischen und bauphysikalischen Anforderungen entsprechen zu können.

- «kostengünstiger»
- = z.B. für 1-2 Nutzungseinheiten, mit geringeren Schall- und Brandschutzanforderungen
- «höherwertiger»
- = z.B. für mehrere Nutzungseinheiten, in einer höheren «Gebäudeklasse», mit höheren Schall- und Brandschutzanforderungen
- «hochwertig»

= z.B. für mehrere Nutzungseinheiten, in einer höheren Gebäudeklasse mit hohen Schall- und Brandschutzanforderungen, wie z.B. K260-Kapselung, sowie z.B. zusätzlichen Installationsebenen für eine verdeckte Leitungsführung

Für jeden Detailpunkt wurden somit 9-14 unterschiedliche Bauteilkombinationen ausgewählt, so dass insgesamt 79 Bauteilfügungen ausgearbeitet wurden:

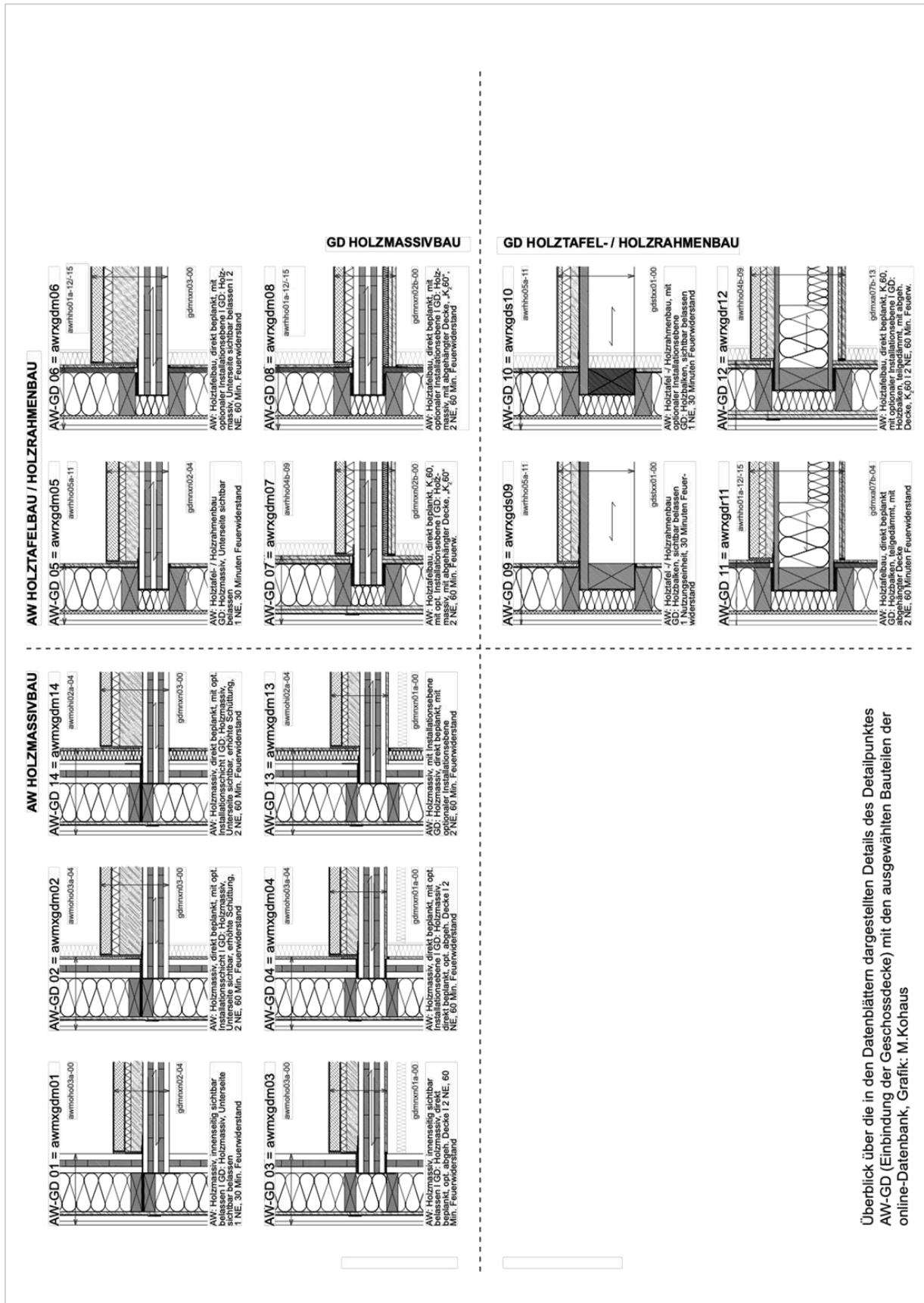
- AW+GD: 14 Varianten
- AW+TW: 13 Varianten
- AW+IW: 13 Varianten
- TW+GD: 9 Varianten
- IW+GD: 10 Varianten
- Attika: 10 Varianten
- Sockel: 10 Varianten

=insgesamt 79 Bauteilfügungen

Diese Vielzahl von Varianten zeigt ein breites Anwendungsspektrum und gibt in der vergleichenden Darstellungsweise dem Anwender die Möglichkeit baupraktische Besonderheiten (z.B. Verminderung der Flankenübertragung durch Elastomerlager und z.B. Ausführungsart der luftdichten Ebene) zu erkennen, nachzuvollziehen und auf das eigene Projekt zu übertragen.

Prämisse für die Bauteilauswahl war, dass Bauteile in mehreren Detailpunkten Verwendung finden sollten, und in den relevanten Fügepunkten, wie z.B. bei dem Verlauf der Gebäudehülle mit den Detailpunkten «Attika», «Einbindung der Geschossdecke» und «Sockel», mit denselben Bauteilen nachvollziehbar dargestellt werden (Abb.4 und Abb.6). In einem iterativen Prozess wurden die Beiträge der projektbeteiligten Institutionen der TUM, der Holzforschung Austria und den Experten des Projektbeirats immer wieder zusammengeführt, abgestimmt und in die Details eingearbeitet (Abb.8).

Die für jeden Detailpunkt erstellten Bewertungsmatrizen (Abb.9) mit Angabe der ausgewählten Bauteile, sowie die dazugehörige grafische Übersicht (Abb.10) ist im Forschungsbericht einsehbar.



Überblick über die in den Datenblättern dargestellten Details des Detailpunktes AW-GD (Einbindung der Geschosdecke) mit den ausgewählten Bauteilen der online-Datenbank. Grafik: M.Kohaus

Abbildung 11: Um Bauteilfugungen auszuwählen, die für die Praxis einen hohen Nutzen haben, wurden primär Bauteilfugungen gewählt, die im mehrgeschossigen Holzbau angewendet werden können. Aus diesem Grund wurden z.B. Kombinationen von «Balkendecken/Holztafelbau» mit massiven Holzwänden nicht näher betrachtet, sondern vermehrt Varianten mit Massivholzdecken dargestellt, Quelle: Forschungsbericht

dataholz.eu

Bezeichnung: awrxgdm06
 Stand: 01.09.2018
 Quelle: Technische Universität München
 Holzforschung Austria
 TLAM: KON, WEN
 Bearbeiter: HFA: POS, PLB

Detailpunkt awrxgdm06

AW: Holztafel-/Holzrahmenbau, direkt beplankt, mit optionaler Installationsebene
GD: Holzmassiv, Unterseite sichtbar belassen
 2 Nutzungseinheiten, 60 Minuten Feuerwiderstand

Anmerkungen

Werden Leitungen innerhalb der Außenwand geführt, ist hinsichtlich der Luftdichtheit ein hoher Vorfertigungsgrad notwendig, um Fehlerquellen zu minimieren. Anforderungen an den Brandschutz und die Luftdichtheit sind auch im Durchdringungsbereich sicherzustellen (DIN 4102-4).

Bei der Planung einer zusätzlichen Installationsebene kann die luftdichte Abbleibung auch auf der äußeren GK-Bekleidung erfolgen (Anschluss Decke/ Außenwand OG).

Erfüllt die äußere Bekleidung der Installationsebene auch bauphysikalische, z.B. luftdichte oder brandschutztechnische Anforderungen, kann auf die direkte GK-Bekleidung des Bauteils verzichtet werden.

Leistungseigenschaften

Die detaillierten Bauteilaufbauten und Materialien sowie die Leistungseigenschaften der Einzelbauteile sind den jeweiligen Bauteildatenblättern zu entnehmen (siehe LINK in der Zeichnung). Bei dem dargestellten Detail werden unter der Verwendung von den oben beispielhaft genannten Bauteilen die folgenden Prognosewerte erreicht. Die luftdichte Ausführung auch im Bereich der Bauteilanschlüsse ist sicherzustellen. Ein genauer Nachweis der Leistungseigenschaften ist immer projektspezifisch zu erbringen.

Wärmeschutz
 Längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient (W/1mK)
 $\Psi = 0,033$; eine luftdichte Gebäudehülle wird vorausgesetzt.

Schallschutz
 Das bewerte Bau-Schalldämm-Maß (R_{w}) sowie der bewerte Norm-Trittschallpegel ($L_{T,w}$) müssen entsprechend DIN 4109-02 bzw. ÖNORM B 8115 objektspezifisch ermittelt werden. Eine Abschätzung zur Vorplanung kann durch die unten angeführten pauschalen Zu- bzw. Abschläge getroffen werden.

$R_{w(Bauort)} - 5dB = R_{w(Bauort)}$
 $R_{w, awrhh01a-12} 48dB - 5dB = 43 dB$
 $R_{w, gdmxx03-00} 74 dB - 5 dB = 69 dB$

$L_{T,w(Bauort)} + \text{Korrektursummand (DIN 4109-02)} = L_{T,w(Bauort)}$
 $L_{T,w, gdmxx03-00} 45 dB + 6 dB = 51 dB$

Feuerwiderstand
 Bei Ausführung analog der dargestellten konstruktiven Randbedingungen wird die Feuerwiderstandsfähigkeit der rächigen Bauteile auch im Bereich der Bauteilfugungen sichergestellt. Bei sichtbar belassenem Brettsperrholz sind die konstruktiven Randbedingungen zum Schichtenaufbau der Bauteildatenblätter zwingend einzuhalten.

dataholz.eu – Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter und/oder zugelassener Holz und Holzwerkstoffe, Bausteine, Bauteile und Bauteilanschlüsse für den Holzbau

Seite 1/2

Abbildung 12: Darstellung Datenblatt awrxgdm06, Einbindung der Geschosdecke in die Aussenwand, (AW-GD), www.dataholz.eu, Stand 23.08.2019

4.4. Inhaltliche und grafische Umsetzung

Themenbereiche, die nicht explizit für die Fügungen von Holzbauteilen relevant sind, wie z.B. exakte Spenglerdetails oder Ausführungsarten von Unterkonstruktionen etc., werden in den Datenblättern nicht vertieft gezeigt, sondern als Grundlagenwissen vorausgesetzt. Gleiches gilt auch für die Materialisierung der Fassadenbekleidung. Diese wird in den Details grafisch lediglich abstrakt dargestellt, um die Materialisierungsart offen zu lassen und auch andere Ausführungsarten zu ermöglichen. Folgende Informationen werden in den Datenblättern der Bauteilfugungen gegeben (Abb.11):

- Zweidimensionale Zeichnung, M1:10 mit Angabe der exemplarisch dargestellten Bauteile (mit direkter Verlinkung zur Datenbank), und Benennung der Bauteilschichten
- grafisch hervorgehobener, kontinuierlicher Verlauf der funktionalen Schichten
- keine projektspezifischen Angaben, wie z.B. exakte Masse von Auflagern, Bemaßung von Dämmschichtdicken, Angaben zu Verbindungsmitteln, etc.
- Darstellung des Montageprozesses unter Annahme eines möglichst hohen Vorfertigungsgrades der gewählten Bauteile, wie z.B. bei der Überlappung von Folien, die Art der Abklebungen und Elementierungen einzelner Bauteilschichten. Da es sich jedoch nur um eine mögliche Art des Montageprozesses handelt, die sich projektspezifisch durchaus verändern kann, wurde bei den Bauteilfugungen keine zusätzliche dreidimensionale Sprengzeichnung mehr hinzugefügt. Dieser Aspekt des Vorfertigungsgrades und der damit zusammenhängenden Montagereihenfolge wird in den Referenzprojekten, an konkret ausgeführten Beispielen, visualisiert (Abb.5)
- Textliche «Anmerkungen», die auf Besonderheiten der Fügung hinweisen
- Angabe einer bauphysikalischen Bewertung des Fügepunktes hinsichtlich Wärme-, Schall-, Brandschutz in den «Leistungseigenschaften». Ziel ist es dem Anwender den Einfluss der Fugen und der konstruktiven Elemente auf die Leistungsfähigkeit der flächigen Bauteile aufzuzeigen und so Auswirkungen von Wärmebrücken oder Schallnebenwegen bereits innerhalb der frühen Planungsphase abschätzen zu können. Die Bauteilfugungen sind so ausgebildet, dass im Anschlussbereich mindestens die gleiche Feuerwiderstandsfähigkeit wie für die flächigen Bauteile erreicht wird und so die geforderte Begrenzung zur Ausbreitung von Feuer und Rauch für die gesamte Konstruktion gegeben ist.
- Anzumerken bleibt, dass die aufgeführten Kennwerte als Planungsinstrument anzusehen sind und im objektspezifischen Nachweis unter Kenntnis der realen Ausführung, Abmessung und weiterführender Randbedingungen jeweils abschließend zu prüfen sind.

5. «Ausblick» – weiteres Vorgehen – Aktualisierung

Nicht zuletzt die Bearbeitung der Bauteilfugungen hat gezeigt, dass neben den im Rahmen des Forschungsantrages bearbeiteten Detailpunkten in der Online-Datenbank noch weitere Anschlüsse dargestellt werden sollten (Abb.9), wie z.B. AW-AW, TW-TW, GD-GD, TW-FD. Ferner sind auch Sonderpunkte, wie Anschlüsse an Dachterrassen, Fenster-/Türanschlüsse, Loggien, Balkone und Anschlüsse an Stahlbetonbauteile, wie Stahlbetontreppenhauskernen, für den Holzbau von zentraler Bedeutung. Werden zukünftig auch die für den mehrgeschossigen Holzbau an Bedeutung gewinnenden Hybridbauteile, wie z.B. Holzbetonverbunddecken, in die Datenbank mit aufgenommen, müssen schließlich auch diese Bauteilfugungen dargestellt werden.

Eine laufende Ergänzung der beispielhaft verwendeten Bauteile, Bauteilfugungen und geeignete Referenzprojekte muss zwingend erfolgen, um den Überblick über die Möglichkeiten des zeitgenössischen Holzbaus auf der Plattform aktuell zu halten.

Praxishandbuch Schallschutz im Holzbau mit wichtigen Erkenntnissen für bewährte Bauweisen

Adrian Blödt
Ingenieurbüro für Bauphysik und
Blödt Holzkomplettbau GmbH
Kohlberg, Deutschland



Praxishandbuch Schallschutz im Holzbau mit wichtigen Erkenntnissen für bewährte Bauweisen

1. Ziel und Inhalt der Schrift

1.1. Zielsetzung

«Holzbau Handbuch Reihe Bauphysik Teil 1 Schallschutz im Holzbau: Grundlagen und Verbesserung» des INFORMATIONSDIENST HOLZ ist der erste Teil einer dreiteiligen Reihe rund um den Schallschutz im Holzbau. Mit Teil 1 soll Architekten und Holzbauunternehmern die Möglichkeit gegeben werden, bereits in einer frühen Phase der Planung gemeinsam mit dem Bauherrn Zielwerte und Konstruktionen auszuwählen die dem Schall- und Brandschutz gerecht werden. Um dies zu ermöglichen, wurden neben rein akustischen Werten auf brandschutztechnische (www.dataholz.eu) Hinweise gegeben. Grosser Wert wurde bei der Wahl der Aufbauten auf hochfeuerhemmende Bauteile gelegt, um den Zugang zu grösseren Geschosswohnbauten zu ermöglichen. Die Nachweisführung im bauordnungsrechtlichen Sinn wird durch diese Schrift nicht abgedeckt und folgt im geplanten Teil 2 der Schriftenreihe. Durch Messungen am ift in Rosenheim wurden die verfügbaren Bauteildaten im Vergleich zum Bauteilkatalog der DIN 4109-33:2016 erheblich erweitert. Es wurden Decken, Flachdächer/Dachterrassen sowie Aussen- und Trennwände in Holzbaueise, für welche bisher keine Datenvorlagen bauakustisch bewertet. Dabei wurde sowohl die klassische Holztafelbauweise sowie im speziellen auch die Massivholzbaueise betrachtet. Aus diesen Messdaten und den Messdaten weiterer Projekte wurde im Kapitel 6 der Schrift an der HS Rosenheim ein umfangreicher Bauteilkatalog erarbeitet. Zusammen mit den geplanten Folgeschriften entsteht ein umfassendes Schallschutzkompendium für den Holzbau. Mit Teil 1 wird die bauakustische Grundausrichtung eines Bauvorhabens festgelegt, während sich Teil 2 an die bauakustischen Fachleute in der Nachweisführung richtet. Mit Teil 3 wird schliesslich auch der Bestandsbau gewürdigt.

1.2. Inhalt und Aufbau

In Abbildung 1 wird der Aufbau des Teil 1 dargestellt, dabei sind in rot die bemerkenswertesten Neuerungen der Schrift hervorgehoben.

Abschnitt 2:

Im Abschnitt 2 werden rechtliche Grundlagen zur Auswahl des Niveaus für ein Bauobjekt gegeben. Aufgrund der sehr heterogenen Rechtslage und diverser BGH Urteile ist im Schallschutz die Festlegung von Ziel- und Anforderungswerten die erste Pflicht bei der Planung. Dies wird in Abschnitt 2 gewürdigt. Zu diesem Zweck wird auch ein dreistufiges Zielwertkonzept vorgestellt, welches sich an der subjektiven Wahrnehmung von Schall in Wohnbauten orientiert. Dabei war es das erklärte Ziel mit erhöhten Zielwerten auch eine subjektiv wahrnehmbare Verbesserung für die Nutzer zu erzielen, siehe Abschnitt 1.3. Allerdings lassen sich Zielwerte nicht ohne Grundkenntnisse der Bauakustik vereinbaren. Dazu wurden im Abschnitt 2 auch Grundlagen der Bauakustik erläutert. Damit wird es den Planern mit akustisch wirksamen Mitteln ermöglicht, verbindliche und erreichbare Zielwerte zu vereinbaren.

Abschnitt 3:

In Abschnitt 3 werden für die wichtigsten Bauteile die bauakustischen Wirkmechanismen und Verbesserungsmassnahmen dargestellt. Dabei wird in Referenz zu den Erkenntnissen aus den Messungen zu dieser Schrift dargestellt, wie die verschiedenen Bauteiltypen Decke, Wand und Dach bauakustisch bewertet werden können. So wird beispielsweise dargestellt, wie sich das Fehlen der Dämmung im Gefach einer Holzbalkendecke auf deren Trittschallpegel auswirkt. Gleiches gilt für die Art der Abhängung von Unterdecken. Die teilweise überraschenden Ergebnisse der Messungen lassen einen etwas anderen Blick

auf bisher als gesetzt geltendes Wissen zu. Diese Erkenntnisse flossen nun bereits wieder in erste Objekte in der Praxis ein. Die Ergebnisse der Messungen im Labor konnten durch Messungen am Bau bestätigt werden.

INFORMATIONSDIENST

HOLZ

Holzbau Handbuch Reihe

3 Bauphysik

	Hauptkapitel	Unterkapitel
Teil 1: Schallschutz im Holzbau: Grundlagen und Vorbemessung	1 <i>Vorbemerkungen</i>	
	2 <i>Grundlagen</i>	Nachweis des Schallschutzes - Vorgehensweise Mindestanforderungen an den Schallschutz <i>Berücksichtigung tiefer Frequenzen</i> <i>Zielwerte im Holzbau</i> Technische Grundlagen der Bauakustik
	3 <i>Konstruktive Einflüsse auf die Schalldämmung</i>	Wände Decken Stalldächer Flachdächer
	4 <i>Bauakustische Vorbemessung von Holzbauteilen</i>	<i>Trenndecken</i> <i>Trennwände</i> Trennwände für Doppel- und Reihenhäuser Treppen in Geschößwohnbauten Wohnungseingangstüren Laubengänge und Dachterrassen Balkone Haustechnik und Sanitärgegenstände <i>Außenbauteile</i>
	5 <i>Hinweise für die Bauüberwachung</i>	Falsches Einbringen der Rohdeckenbeschwerung Offene Fugen zwischen Dachfläche und Trennwand Hoher Anpressdruck bei Aufdachdämmungen Einbaukuchen und Mobilar
	6 <i>Bauteilkatalog</i>	Decken <i>Flachdächer und Dachterrassen</i> Wände
	<i>Anhang und Literaturverzeichnis</i>	A1 Verbale Beschreibung der Luftschalldämmung A2 Herleitung der Anforderungen an den Trittschall Literaturverzeichnis
Teil 2: Schallschutz im Holzbau: Nachweisführung		
Teil 3: Schallschutz im Holzbau: Altbau		

Abbildung 1: Aufbau des Teils 1 der INFORMATIONSDIENST HOLZ Schrift / in roter Schrift sind die wichtigsten Neuerungen dargelegt

Abschnitt 4:

Um den Planern die Möglichkeit zu geben bereits zu Beginn der Entwurfsplanung die richtigen Bauteile zu wählen, wurde sowohl für den Luft-, und Trittschall als auch für den Aussenlärm ein Vorbemessungsverfahren entwickelt. Die Gliederung spiegelt dabei die Bauteile wieder an welche auch in der Normenreihe DIN 4109-1:2016/2018 Anforderungen gestellt sind. Neben einfachen rechnerischen Vorbemessungsverfahren sind auch für Bauteile und Einbauten die nicht durch Rechnung zu beurteilen sind, konstruktive Hinweise enthalten, welche die Arbeit für den Praktiker erleichtern. Parallel zu den rechnerischen Vorbemessungsverfahren sind auch Auswahlmatrizen dargestellt, aus denen für gängige Bauteil – Flanken – Kombinationen das bewerte Luftschalldämmmass und der bewertete Normtrittschallpegel abgelesen werden können. Neu ist, dass die Massivholzbauweise eine deutlich grössere Würdigung erhält als dies bisher im Normenkontext geschah. Dafür wurden auch Erkenntnisse aus anderen Forschungsvorhaben gesammelt und durch die HS Rosenheim in einem Rechenverfahren und dem Bauteilkatalog dargestellt. Daneben werden auch Hinweise zur Ausführung von Flanken im Holzbau gegeben.

Abschnitt 5:

Ergänzend zur Vorbemessung und Planung wurde ein Abschnitt der Bauüberwachung gewidmet. Typische Schwachstellen werden aufgezeigt, um es den Bauüberwachern zu ermöglichen auf kritische Stellen ein besonderes Augenmerk zu legen.

Abschnitt 6:

Der Bauteilkatalog stellt das Herzstück des Handbuches dar. Der bereits in DIN 4109-33:2016 enthaltene Bauteilkatalog wurde um wichtige Bauteile erweitert. Dabei wurde nicht nur der Schallschutz betrachtet, sondern auch brandschutztechnische Aspekte. Dem Anwender werden wichtige Hinweise zum Brandschutz wie Feuerwiderstanddauer, Kapselung und Literaturquellen zur Brandschutztechnischen Beurteilung dargestellt. Bauteile die bisher in DIN 4109-33:2016 nicht berücksichtigt wurden sind nun dargestellt oder um weitere Aufbauten ergänzt. Dies gilt insbesondere für folgende Bauteile:

- Aussenwände im Massivholzbauweise
- Erweiterung der Trennwände in Massivholzbauweise
- Dachterrassen mit verschiedenen Gehbelägen
- Erweiterung der Flachdächer mit Abdichtung auch in Massivholzbauweise
- Dächer mit Blecheindeckung
- Erweiterung der Holzbalkendecken zusätzlich mit optimiert entkoppelten Unterdecken
- Erweiterung Massivholzdecken mit und ohne Unterdecken
- Systemdecken wie Rippen- oder Hohlkammerdecken
- Beurteilung nachwachsender Rohstoffe als Dämmstoffe im Deckenaufbau

Speziell die Massivholzbauweise erhält die Würdigung, die diese Bauweise bereits im modernen Holzbau einnimmt.

1.3. Ziel- und Anforderungswerte

Für das Handbuch wurde gemeinsam mit den folgenden Verbänden und Institutionen ein Klassifizierungssystem für den Schallschutz entwickelt:

- Holzbau Deutschland
- Holzbau Deutschland Institut
- DHV Deutscher Holzfertigbau-Verband e.V.
- BDF Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.
- Hochschule Rosenheim
- Studiengemeinschaft Holzleimbau

Für die Planung ist es unerlässlich mit dem Bauherrn vor der Baumassnahme ein Schallschutzniveau festzulegen. Dabei wird sehr häufig von Mindestschallschutz, mittlerer Art und Güte und erhöhtem Schallschutz gesprochen. Um diesen Abstufungen gerecht zu werden, wird in der Schrift ein dreistufiges Konzept mit den Stufen BASIS, BASIS+ und KOMFORT dargestellt. Neu dabei ist, dass beim Trittschall nun auch die tiefen Frequenzen in die Betrachtung mit einbezogen werden. Gleiches gilt für Reihenaustrennwände. Dies ist auf die in der Praxis immer wieder vorgebrachten Beschwerden hinsichtlich des «Dröhnens» von Bodenaufbauten sowie Reihenaustrennwänden zurückzuführen. Dazu wurden zwei Qualitätsstufen die über den Mindestanforderungen der DIN 4109-1:2016/2018 (\cong BASIS) liegen mit einem ergänzenden Bauteilkriterium für tiefe Frequenzen versehen. Für die Stufen BASIS+ und KOMFORT sind sowohl für den Trittschallpegel als auch das bewerte Schalldämmmass von Reihenaustrennwänden die Spektrumanpassungswerte $C_{1,50-2500}$ und $C_{50-5000}$ anzuwenden, Abbildung 2 Zeile 2 und Zeile 4. Diese Betrachtungsweise ist neu und spiegelt die subjektive Wahrnehmung des menschlichen Gehörs bezüglich Trennbauteilen besser wider. So lassen sich tatsächliche Komfortstandards im Wohnbau erreichen, die dem heutigen Ruhebedürfnis entsprechen, die Beschwerden von Nutzern der letzten Jahre tatsächlich aufgreifen und beseitigen. Dabei sind die Zielwerte nicht nur für den Holzbau anwendbar, sondern sicherlich auch in anderen Bauweisen zielführend.

		Schallschutzniveau			
		1	2	3	4
		Bauteil / Übertragungs- weg:	BASIS ± DIN 4109-1:2018	BASIS +	KOMFORT
1	Wohnungstrenn- wand		$R'_{w} \geq 53\text{dB}$	$R'_{w} \geq 56\text{dB}$	$R'_{w} \geq 59\text{dB}$
2	Reihenhaustrenn- wand		$R'_{w} \geq 62\text{dB}$	$R'_{w} \geq 62\text{dB}$ $R_{w} + C_{50-5000} \geq 62\text{dB}$ 1) 5)	$R'_{w} \geq 67\text{dB}$ $R_{w} + C_{50-5000} \geq 65\text{dB}$ 1) 5)
3	Wohnungstrenn- decke		$R'_{w} \geq 54\text{dB}$	$R'_{w} \geq 57\text{dB}$	$R'_{w} \geq 60\text{dB}$
4	Wohnungstrenn- decke Trittschallpegel		$L'_{n,w} \leq 53\text{dB}$ 3)	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$ $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 50\text{dB}$ 2)	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$ $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 47\text{dB}$ 2)
5	Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen		$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$
6	Decken unter Laubengängen (in alle Schall- ausbreitungs- richtungen)		$L'_{n,w} \leq 53\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$
7	Treppenlauf und Treppenpodest		$L'_{n,w} \leq 53\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$
8	Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109			Anforderungen nach DIN 4109 inkl. Berücksichtigung $C_{0,20-0000}$ für das opake Bauteil 4)	
9	Weitere Bauteile	nach DIN 4109- 1:2018	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-5:2019 6)	

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

Abbildung 2: 3-stufiges Zielwertsystem für den Holzbau

2. Vorbemessungsverfahren

Mit dem Handbuch soll dem Anwender eine schnelle Vorauswahl von Bauteilen anhand akustischer und brandschutztechnischer Parameter ermöglicht werden. Dies kann auf zweierlei Weisen geschehen. Einerseits durch ein vereinfachtes, auf der sicheren Seite liegendes Rechenverfahren, andererseits durch die Auswahl aus vier Matrizen für gängige Bauteil-Flanken-Kombinationen.

2.1. Vorbemessung

Luftschallschutz

Die Vorbemessung für den Luftschall knüpft an die bereits bekannte Regel « $R_w + 5\text{dB}$ » an. Jedoch wird nun noch der im Rechenverfahren der DIN 4109-2:2016 geforderte Prognoseaufschlag $U_{\text{prog}} = 2\text{dB}$ hinzugefügt.

<p>Vorbemessung: Bauteil: $R_{w,Bauteil} \geq R'_{w,Zielwert} + 7dB$ Flanken: $D_{n,f,w} \geq R'_{w,Zielwert} + 7dB$</p>

Für die Flanken kann in der Schrift aus zahlreichen Tabellen deren Bewertung entnommen werden. Diese werden komprimiert in der Schrift dargestellt, ohne diese aus mehreren Regelwerken entnehmen und suchen zu müssen. Die Angabe weiterer Flankenwerte ist für den zweiten Teil der Schrift geplant. Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen Auszug aus der Schrift für die Vorbemessung einer Trennwand für die Stufe BASIS+.

	1	2	3	4
Vorbemessung Trennwände				
	Zielwert	$R'_{w,Zielwert} =$ 56dB / BASIS+	Vorbemessungs- aufschlag = 7dB	63 dB
	Bauteil / Übertragungs- weg:	$R_w / D_{n,f,w}$	Ausführung	Bewertung
1	Bauteil direkt	$R'_{w,Bauteil} =$ 63dB		63dB = 63dB → ✓
2	Außenwand- flanke / Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68dB$ DIN 4109-33:2016 Tabelle 28 Zeile 1		68dB > 63dB → ✓
3	Treppenraum- flanke / Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68dB$ DIN 4109-33:2016 Tabelle 28 Zeile 1		68dB > 63dB → ✓
4	Decke Trennwand unterbricht Unterdecke	$D_{n,f,w} = 67dB$ DIN 4109-33:2016 Tabelle 36 Zeile 8		67dB > 63dB → ✓
5	Boden Trennwand unterbricht Estrich	$D_{n,f,w} = 62dB$ Abschnitt 5.3.1.1 DIN 4109- 33:2016		67dB > 63dB → ✓

Abbildung 3: Beispielhafte Vorbemessung für eine Trennwand in Holztafelbauweise

Trittschallschutz

Für den Trittschallschutz kann die Vorbemessung anhand von Tabellenwerten ohne weitere Berechnung erfolgen. Abbildung 4 zeigt die Auswahltabelle des Handbuchs. Dabei ist die Vorgehensweise umgekehrt zur üblichen Herangehensweise. Anhand des vereinbarten Zielwertes wird in der Tabelle der maximal mögliche $L_{n,w}$ für das Bauteil in der konkreten Einbausituation angezeigt. Der aus der Tabelle abgelesene Wert ist sodann die Grundlage für die Auswahl einer Deckenkonstruktion in einem Bauteilteilkatalog. In Abbildung 4 ist ein Auswahlvorgang farblich hinterlegt. Die Prüfung des Kriteriums $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$ ist jedoch dann noch gesondert durchzuführen.

				1	2	3	4	5
Trittschallvorbemessung für Trenndecken für die Klassen Basis+ und Komfort								
				Holzbalkendecke mit entkoppelter 2-lagiger Unterdecke 	Holzbalkendecke entkoppelter 1-lagiger Unterdecke 	Holzbalkendecke mit direkter Gipsbeplankung 2) 	sichtbare Holzbalkendecke 	Massivholzdecken
				erforderlicher $L_{n,w}$ für das Trennbauteil				
1	Holztafelbauwand mit HWS und Gipsbeplankung 	Estrichaufbau	A	Basis+	$L_{n,w} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	
				Komfort	4)	4)	4)	
			B	Basis+	$L_{n,w} \leq 40 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				Komfort	$L_{n,w} \leq 34 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	
			C	Basis+	$L_{n,w} \leq 40 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				Komfort	$L_{n,w} \leq 30 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	
2	Holztafelbauwand mit Gipsbeplankung 	Estrichaufbau	A	Basis+	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 40 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	
				Komfort	4)	4)	4)	
			B	Basis+	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 42 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				Komfort	$L_{n,w} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 36 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	
			C	Basis+	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 42 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				Komfort	$L_{n,w} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	
3	Holztafelbauwand mit HWS Beplankung oder Massivholzwände 3) 	Estrichaufbau	A	Basis+	$L_{n,w} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	
				Komfort	4)	4)	4)	
			B	Basis+	$L_{n,w} \leq 34 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	
				Komfort	4)	4)	4)	
			C	Basis+	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 42 \text{ dB}$	
				Komfort	4)	4)	4)	
1) Basis+ $L'_{n,w} \geq 50 \text{ dB}$ und Komfort $L'_{n,w} \geq 46 \text{ dB} / L_{n,w} + C_{50-500}$ gesonderter Nachweis 2) Hier auch Gipsbeplankungen auf Holztafelung ohne weitere Entkopplungsmaßnahmen 3) Auch direkt Beplankte Massivholzwände 4) Besondere Maßnahmen erforderlich siehe Abschnitt "Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung bei Balkenlagen"								
A ZE/WF: Zementestrich oder Gussasphalt auf Holzfaser-Trittschalldämmplatten B ZE/MW: Zementestrich oder Gussasphalt auf Mineralfaser- oder EPS Trittschalldämmplatten C Trockenestrich auf Mineralfaser-, EPS- oder Holzfaser-Trittschalldämmplatten								

Abbildung 4: Auswahltabelle für die Vorbemessung des Trittschallpegels von Holzdecken in den Klassen BASIS+ und KOMFORT

Aussenlärm

Analog zu den Vorbemessungsverfahren für Luft- und Trittschall wurde auch ein einfaches Vorbemessungsverfahren für den Aussenlärm dargestellt. In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind zwei Diagramme dargestellt, mit Hilfe derer die Auswahl von Aussenbauteilen durchgeführt werden. So kann in 4 Schritten und mit Hilfe von zwei Diagrammen für einfache Raumsituation mit einer lärmbelasteten Fassade die Wahl von Fenstern und Aussenbauteilen geschehen. Das Ziel ist es nicht einen Nachweis im Sinne der DIN 4109-2:2016/2018 zu ersetzen. Vielmehr soll dem Planer die Möglichkeit gegeben werden, mit möglichst geringem Aufwand die Aussenlärmsituation bewerten zu können. Dies hat in der Praxis sehr grosse Bedeutung, da der Kosteneinfluss schalldämmender Fenster auf die Bau- summe einen beträchtlichen Anteil erreichen kann. Für Planer ist es deshalb bereits in der Entwurfsphase wichtig, den grundlegenden Fenster- und Wandtyp richtig zu wählen. Einen detaillierten Nachweis kann das Verfahren nicht ersetzen. Es dient einer schnellen einfachen Vorbemessung für einfache Fragestellungen.

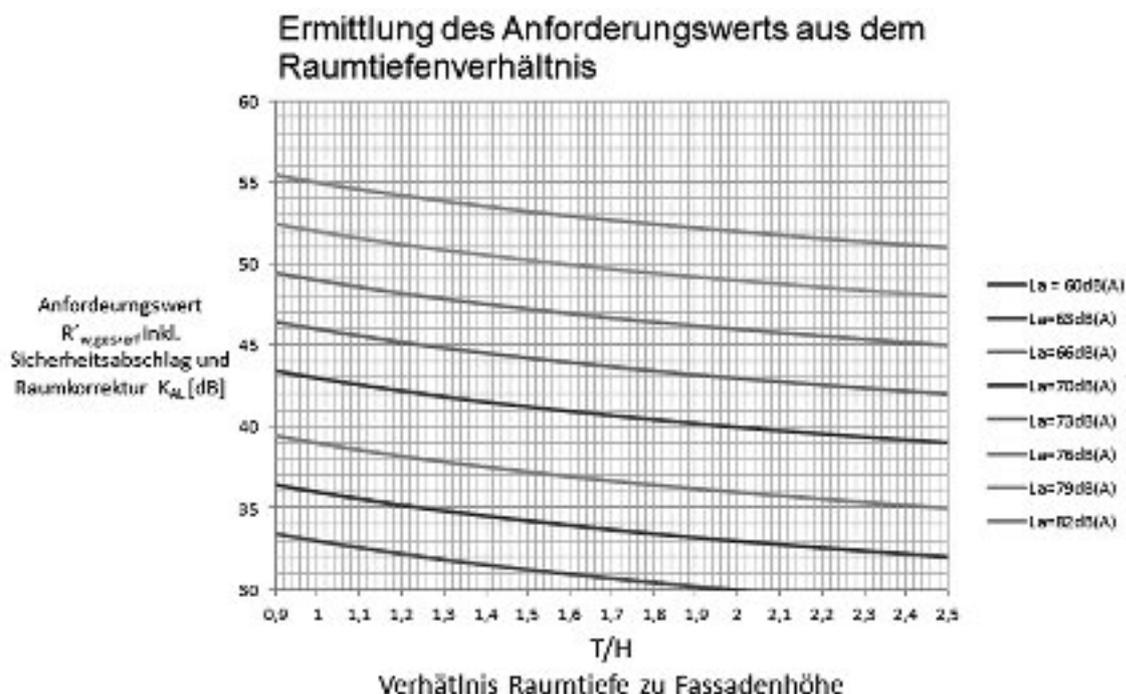


Abbildung 5: Diagramm aus dem Schallschutzhandbuch für den Aussenlärm für die Abhängigkeit zur Raamtiefe (Referenz zu K_{AL} aus DIN 4109)

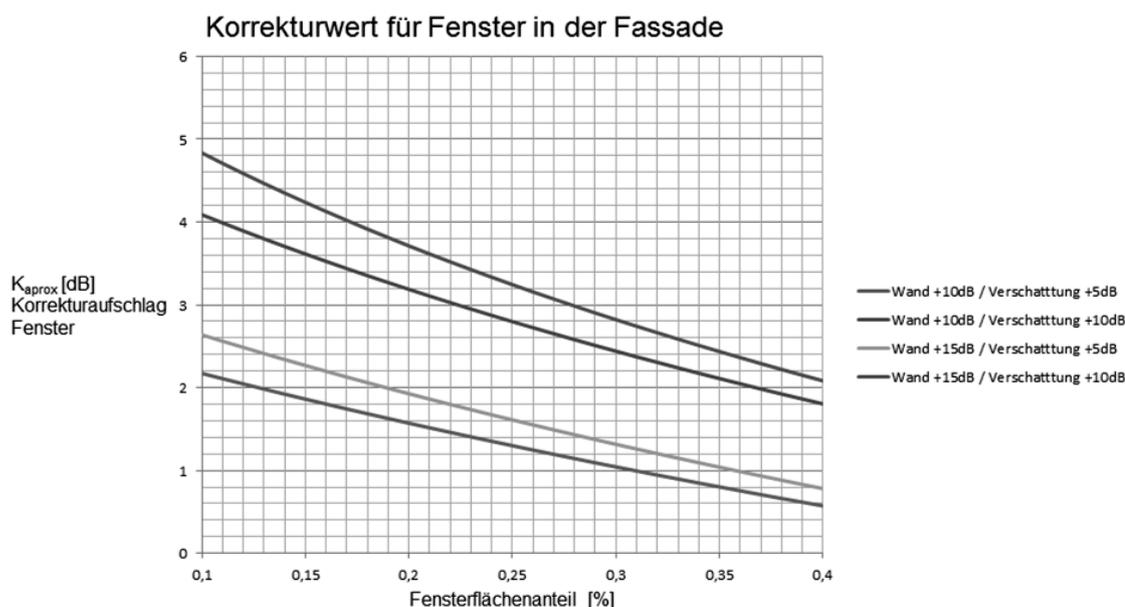


Abbildung 6: Diagramm aus dem Schallschutzhandbuch für den Aussenlärm mit dem Approximationssummanden

Vorbemessung durch Matrizen:

Neben dem Rechenverfahren stehen dem Anwender auch Bemessungsmatrizen zur Verfügung. Dabei sind folgende Bauteile durch die Matrizen erschlossen worden:

- Holztafelwände mit flankierenden Leicht- und Holzbauwänden und Decken in Massivholzbauweise
- Massivholzwände mit flankierenden Massivholzbauteilen sowie Leicht- und Holztafelbauwänden (Auszugsweise in Abbildung 8)
- Holzbalkendecken im Holztafelbaugebäuden mit 4 seitig unterschiedlicher Flankensituation (Auszugsweise in Abbildung 7)
- Massivholzdecken in Holztafelbaugebäuden und in Massivholzgebäuden und mit 4 seitig unterschiedlicher Flankensituation

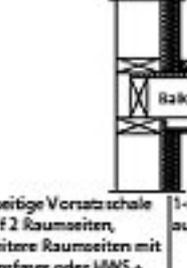
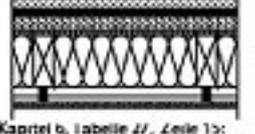
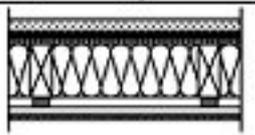
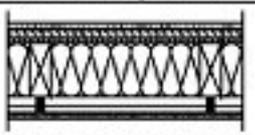
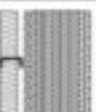
		1	2	3	4	
<p>$L'_{n,w}$ und R'_{w} für verschiedene Holzbalkenlagen- und Wandkombinationen ¹⁾</p>						
<p>Wand- und Stoßstellenausbildung</p>		<p>Holztafelbauwände mit HWS + GK- oder 1-lagig GF-Beplankung</p> 	<p>Holztafelbauwände innenseitig mit 2 x 18 mm GF-Platte, K₂60 ³⁾</p> 	<p>Holztafelbauwände innen mit Vorsatzschale oben und unten $\Delta R_w \geq 5dB$ ²⁾</p> 		
<p>Deckenausbildung</p>				<p>1-seitige Vorsatzschale auf 2 Raumseiten, weitere Raumseiten mit Gipsfaser oder HWS + GK-Beplankung</p> 	<p>1-seitige Vorsatzschale auf 4 Raumseiten</p> 	
1	 <p>Kapitel 6, Tabelle 47, Zeile 13: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 30$ MN/m³ - ≥ 90 kg/m³ Schüttung - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 30$ Hz</p>	<p>$L'_{n,w} \leq 32$ dB $C_{150-2500} = 14$ dB</p> <p>$R_w = 82$ dB</p>	<p>$L'_{n,w} < 48$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 46$ dB</p> <p>$R'_{w} > 60$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 46$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 46$ dB</p> <p>$R'_{w} > 65$ dB KOMFORT</p>	<p>$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 46$ dB</p> <p>$R'_{w} > 62$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 44$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 46$ dB</p> <p>$R'_{w} > 67$ dB KOMFORT</p>
2	 <p>Kapitel 6, Tabelle 27, Zeile 17: - ≥ 50 mm ZE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 8$ MN/m³ - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 20$ Hz</p>	<p>$L'_{n,w} \leq 37$ dB $C_{150-2500} = 12$ dB</p> <p>$R_w = 82$ dB</p>	<p>$L'_{n,w} < 48$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 49$ dB</p> <p>$R'_{w} > 60$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 49$ dB</p> <p>$R'_{w} > 65$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 47$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 49$ dB</p> <p>$R'_{w} > 62$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 44$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 49$ dB</p> <p>$R'_{w} > 67$ dB BASIS+</p>
3	 <p>Kapitel 6, Tabelle 27, Zeile 27: - ≥ 22 mm TE - ≥ 30 mm TS-Dämmung mit $s' \leq 30$ MN/m³ - ≥ 90 kg/m³ Schüttung - entkoppelte Unterdecke mit 2 x 12,5 mm GKF, $f_0 < 30$ Hz</p>	<p>$L'_{n,w} \leq 34$ dB $C_{150-2500} = 16$ dB</p> <p>$R_w = 80$ dB</p>	<p>$L'_{n,w} < 45$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 50$ dB</p> <p>$R'_{w} > 60$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 44$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 50$ dB</p> <p>$R'_{w} > 65$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 45$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 50$ dB</p> <p>$R'_{w} > 62$ dB BASIS+</p>	<p>$L'_{n,w} < 42$ dB $L_{n,w} + C_{150-2500} = 50$ dB</p> <p>$R'_{w} > 67$ dB BASIS+</p>
<p>1) Trennbauteilfläche $\geq 10,0$ m² / lichte Raumhöhe $\geq 2,60$ m, alle Flanken gleich hoch; quadratischer Raumgrundriss 2) Vorsatzschale mit $\Delta R_w \geq 5$ dB z.B. Installationsebene; bauakustische Bemessung der Vorsatzschale ist erforderlich (Verbesserung geg. Spalte 1) 3) Verbesserung von 2 x 18 mm GF gegenüber Beplankung mit 1 x 12,5 mm GF $\Delta R_w \geq 3,5$ dB</p>						

Abbildung 7: Auszugsweise Bemessungsmatrix für Holzbalkendecken mit verschiedenen Wandkombinationen

R _w ' für verschiedene Massivholztrennwand-Flankenkombinationen				
Wandbauteil 1)				
	Tabelle 8 Zeile 5: 2x MH-Wand 90mm mit je 2 x 12,5mm GKF und 60mm gefülltem Schaumstoff GKF R _s = 41dB	Tabelle 8 Zeile 1: MH-Wand 75mm und freistehend Vorsatzschale mit 2 x 12,5mm GKF R _s = 43dB	MH-Wand 140mm 2x18mm GF beidseits freistehend Vorsatzschale mit 2 x 12,5mm-GF R _s = 63dB	200mm MH-Wand / 50mm MW +10mm MH Trennung / 90mm MH-Wand / 60mm Lattung auf Schwinglatten 12,5mm GF R _s = 63dB
Flankenkombination				
Massivholzdecke sichtbar mit Tremschnitt über Wand 2) Massivholzdecke Estrich getrennt Wand auf Decke 2)3) Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand 4) Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand 4)				
	R _w ' ≥ 56dB	R _w ' ≥ 48dB	R _w ' ≥ 54dB	R _w ' ≥ 57dB
	BASIS+	Mindestanforderung nicht eingehalten	BASIS	BASIS+
Massivholzdecke sichtbar mit Tremschnitt über Wand 2) Massivholzdecke Estrich getrennt Wand auf Decke 2)3) Kopplungstyp 4: Holztafelwand mit getrennter Installationsebene D _{1,2k} = 68dB Kopplungstyp 5: Holztafelwand mit getrennter Beplankung D _{1,2k} = 63dB				
	R _w ' ≥ 55dB	R _w ' ≥ 54dB	R _w ' ≥ 56dB	R _w ' ≥ 57dB
	BASIS	BASIS	BASIS+	BASIS+
Massivholzdecke + 2x 12,5 GF Beplankung getrennt mit Tremschnitt über Wand 4) Massivholzdecke Estrich getrennt Wand auf Decke 2)3) Kopplungstyp 4: Holztafelwand mit getrennter Installationsebene D _{1,2k} = 68dB Kopplungstyp 6: Kreuzstoff mit Trocken- oder Holztafelwand D _{1,2k} = 67dB				
	R _w ' ≥ 57dB	R _w ' ≥ 56dB	R _w ' ≥ 59dB	R _w ' ≥ 60dB
	BASIS+	BASIS+	BASIS+	KOMFORT

1) Trennbauteilfläche > 10,0m² / lichte Raumhöhe ≤ 2,60m ρ_{max} = 800kg/m³ / ρ_{max} = 450kg/m³ / ρ_{max} = 1150kg/m³
 Das Berechnungsverfahren beruht auf aktuellen Forschungsergebnissen und ist bisher nicht normativ festgelegt
 2) Mindestbeschwerung durch Schüttung = 90kg/m³ Massivholz d_{max} = 140mm m' = 153kg/m² R_s = 54dB (aus Messung)
 3) ΔR_{w,flank} ≥ 14dB 50mm ZS auf Mineralfaser
 4) 90mm MH + 2 x 12,5 GKF m' = 61kg/m² / GKF od. GF Beplankung nicht durchlaufend
 5) ΔR_{w,flank} ≥ 16dB freistehend mit 1x12,5mm GKF Abstand 70mm
 6) Sonderdeckenausführung nach Detail ΔR_w ≥ 3dB+ 2x12,5GF direkt beplankt sonst wie 2)
 Beplankung HWS oder GK
 Wand oder Deckenkörper
 Estrichaufbau Trocken oder Nass
 Trennung der Ebenen

Abbildung 8: Verkürzte Bemessungsmatrix für Massivholzwände in verschiedenen Einbausituationen

Dabei wurden in den Matrizen folgende Neuerungen berücksichtigt:

- Unterschiedliche Flankensituation je Wandseite bei der Berechnung des Trittschallpegels (nicht nur die ungünstigste Situation wie in DIN 4109-2:2016/2018 dargestellt)
- Berücksichtigung von Elastomeren als Zwischenlage bei Massivholzkonstruktionen
- Bauakustische Werte für die Massivholzbauweise und der dazugehörigen speziellen Flankenausbildungen

Durch die Matrizen ist eine schnelle Auswahl von Bauteilen in praxistauglichen Einbausituationen möglich. Die Matrizen beziehen sich immer auf ungünstige Geometriesituationen (Trennbauteilfläche S_s = 10,0m²) und liegen damit auf der sicheren Seite.

3. Messergebnisse und neue Erkenntnisse

In Abbildung 9 ist auszugsweise die Vorgehensweise für die Messung von Holzbalkendecken dargestellt. Es wurde durch Parametervariation eine gezielte Untersuchung der massgeblichen Einflussparameter auf den bewerteten Normtrittschallpegel von Holzbalkendecken ermöglicht. Während der Messserie wurden auch neue, optimierte und praxistaugliche Abhängesysteme für Unterdecken getestet.

Holzbalkendecken

Balkenraster 833mm	Variation der Estrichmasse von 120 kg/m ² - 180kg/m ²	
	Einfluss der Abhängung mit Federschiene und oder Befestigungsdips bei einlager Beplankung	
	Verbesserung durch Schüttungen bei einlager Beplankung	
Balkenraster 625mm	Variation der Dämmstoffe im Balkengefach / Dichte 15kg/m ² und 34 kg/m ² / Art der Einbringung Volle Befüllung, keine Befüllung und U-förmige Befüllung	
	Variation der Trittschalldämmung mit 2-lagiger Unterdecke Steinwolle im Vergleich zu Glaswolle	
	Variation der Unterdeckeneigenfrequenz bei 1-lagigen Unterdecken unterschiedlicher flächenbezogener Massen	
	Variation der Unterdeckeneigenfrequenz in Verbindung mit schweren Unterdecken / Optimierung des Trittschallpegel bei tiefen Frequenzen Messungen mit neuen Abhängesystemen / Suche nach optimal Systemen	K₂₆₀ Deckenvarianten

Abbildung 9: Grundsätzliches Messablauf für die Holzbalkendecken

Neben den Deckenmessungen wurden folgende Messserien durchgeführt und im Bauteilkatalog dargestellt:

Wandmessungen:

- Massivholzaussenwände mit WDVS
- Trennwände in Holztafelbauweise mit freistehenden Vorsatzschalen oder direkt beplankten Vorsatzschalen

Flachdächer und Dachterrassen:

- Holzbalkendecken mit Plattenbelägen in Splitt
- Holzbalkendecken mit Holzrosten
- Massivholzdecken mit Plattenbelägen in Splitt
- Massivholzdecken mit Holzrosten
- Hohlkasten und Sonderdecken
- Dachvarianten mit Blechdächern und Dachabdichtung

Aus parallel durchgeführten Forschungsvorhaben flossen Daten für Massivholzdecken und die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen als Dämmstoff ein.

In Abbildung 10 sind auszugweise Ergebnisse der Messung für Dachterrassen dargestellt. Diese waren im Bauteilkatalog der DIN 4109-33 nur teilweise und für Massivholzdecken gar nicht vorhanden.

Tab. 33: Flachdach mit Dachterrasse

Bauweise	1		2		3		4		5	
	Bauteil		Dicke in mm	Grundbauteil	Dicke in mm	Aufbau	$L_{w,1}$ (C _{1,2500})	R_w (C _{1,2500})	$L_{w,1}$ (C _{1,2500})	R_w (C _{1,2500})
1		≥ 140 EPS 085 DAA dh ≥ 25 Holzwerkstoffplatte ≥ 220 Balken 80/220, l _e ≥ 625 mm ≥ 40 Hohlraumdämmung 28 Foderschiene, l _e ≥ 500 mm 12,5 Gipsplatte, m ² ≥ 10 kg/m ²	78 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager	31*	64*	1,5 Dachbahn				
		40 Betonplatten 40 Beulager 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz 1,5 Dachbahn	38*	52*						
2		≥ 200 EPS 085 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Breitschichtholz m ² ≥ 68 kg/m ²	78 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager 1,5 Dachbahn	44*	70*	1,5 Dachbahn				
40 Betonplatten 30 Splitt, m ² ≥ 40 kg/m ² 1,5 Dachbahn				44*	70*					
3		≥ 200 EPS 085 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Breitschichtholz m ² ≥ 68 kg/m ²	78 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager 1,5 Dachbahn	45*	51*	1,5 Dachbahn				
40 Betonplatten 30 Splitt, m ² ≥ 40 kg/m ² 1,5 Dachbahn				45*	51*					
4		≥ 200 EPS 085 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Breitschichtholz m ² ≥ 68 kg/m ²	78 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager 1,5 Dachbahn	58*	53*	1,5 Dachbahn				
40 Betonplatten 30 Splitt, m ² ≥ 40 kg/m ² 1,5 Dachbahn				58*	53*					
5		≥ 200 EPS 085 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Breitschichtholz m ² ≥ 68 kg/m ²	78 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager 1,5 Dachbahn	52*	58*	1,5 Dachbahn				
40 Betonplatten 40 Beulager 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz 1,5 Dachbahn				52*	58*					
6		≥ 200 EPS 085 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Breitschichtholz m ² ≥ 68 kg/m ²	26 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager 1,5 Dachbahn	51*	72*	1,5 Dachbahn				
40 Betonplatten 40 Beulager 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz 1,5 Dachbahn				51*	72*					
7		≥ 200 EPS 085 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Breitschichtholz m ² ≥ 68 kg/m ²	26 Belagbretter 44 Lattung, e ≥ 500 mm 12 Beulager, f ₂ ≥ 20 Hz l _e ≥ 600 x 520 mm 40 Splitt, m ² ≥ 60 kg/m ² Betonplatten unter Beulager 1,5 Dachbahn	51*	72*	1,5 Dachbahn				
90 Dineinrichtungsbänder l _e ≥ 700 x 500 mm, f ₂ ≥ 28 Hz CD Profil e ≥ 500 mm 12,5 Gipsplatte, m ² ≥ 10 kg/m ² 12,5 Gipsplatte, m ² ≥ 10 kg/m ²				51*	72*					

Abbildung 10: Auszug aus dem Bauteilkatalog für Dachterrassen

3.1. Die Entkopplung der Unterdecke als Auslegungsparameter

Über Jahrzehnte hinweg hat es sich als probates Mittel erwiesen, Holzbalkendecken durch eine Beschwerung in Verbindung mit einer Unterdecke hinsichtlich des Trittschalls zu verbessern. Tatsächlich ist es unumstritten, dass der bewertete Normtrittschallpegel durch beide Massnahmen erheblich verbessert wird. Wird jedoch das erweiterte Frequenzspektrum ab 50Hz beginnend durch den C_{1,50-2500} ergänzend betrachtet, so ist durch eine Zusatzbeschwerung erstaunlicherweise keine wesentliche Verbesserung zu erwarten. Für die Verbesserungen war es bisher üblich mehr Masse auf die Decke zu bringen, was zu statischer Zusatzlast führt. Dies führt zu Mehrkosten durch eine zusätzliche Bauteilschicht sowie durch die grössere statische Belastung.

In Abbildung 11 ist zu sehen, dass die Beschwerung für die Minderung der tieffrequenten Trittschallübertragung keine Verbesserung bringt. Wird dagegen die Masse und die Federungseigenschaft der Unterdecke verändert, tritt eine Verbesserung im Frequenzbereich unter 100Hz ein, siehe Abbildung 12. Die Eigenschaften wurden im Zuge der Messserien für das Handbuch explizit untersucht und mit praxistauglichen Konstruktionen belegt.

Dabei wurde für die Messungen ein optimierter Abhänger entwickelt, welcher speziell die tiefen Frequenzen anspricht und gleichzeitig dem Vorfertigungsgedanken der Holzbauweise entspricht.

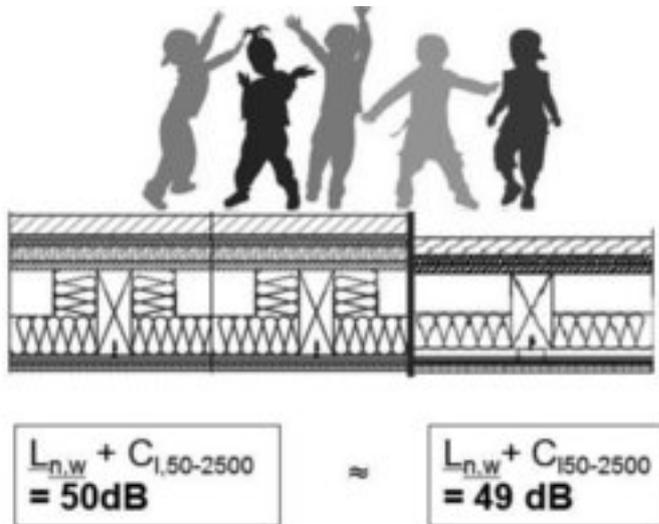


Abbildung 11: Decke links mit Schüttung / Decke rechts ohne Schüttung mit optimierter Unterdecke

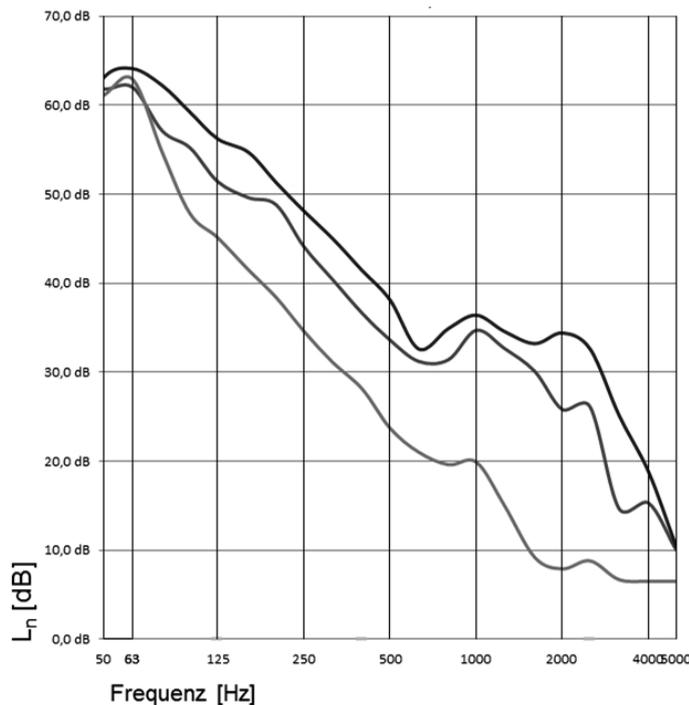


Abbildung 12: Schematischer Verlauf des Normtrittschallpegels für Decken mit und ohne Beschwerung / Rote Kurve: Holzbalkendecke mit 1-lagiger Unterdecke und optimierter Abhängung / Blaue Kurve: wie rote Kurve jedoch mit 2-lagiger Unterdecke / Grüne Kurve: Holzbalkendecke mit Schüttung und Unterdecke auf Standardfederschiene

Als wichtige Erkenntnis für Praxis kann festgehalten werden, dass die Erhöhung der Masse der Decke allein nicht ausreichend ist. Es kommt vielmehr darauf an, wo im Deckenpaket diese Massenerhöhung angeordnet wird. Dazu werden im Bauteilkatalog des Handbuchs die Eigenfrequenzen der jeweiligen Unterdeckensysteme, als zusätzliches bauakustisch quantifizierendes Kriterium angegeben. Zielsetzung war es, die Decken mit einer subjektiv wahrnehmbaren Verbesserung bei tiefen Frequenzen darzustellen und damit mit wirtschaftlichen Lösungen die Einhaltung der Zielwerte in Abbildung 2 zu erreichen.

3.2. Praktische Umsetzung und Messung auf der Baustelle

Das oben dargestellte optimierte Abhängesystem einer Unterdecke wurde im Mai – Juli 2019 bereits bautechnisch in der Praxis eingesetzt. In Abbildung 13 und Abbildung 14 ist eine bauliche Umsetzung der Deckenabhängung sowie der Einbau der Trittschalldämmung nebst Randdämmstreifen zu sehen.

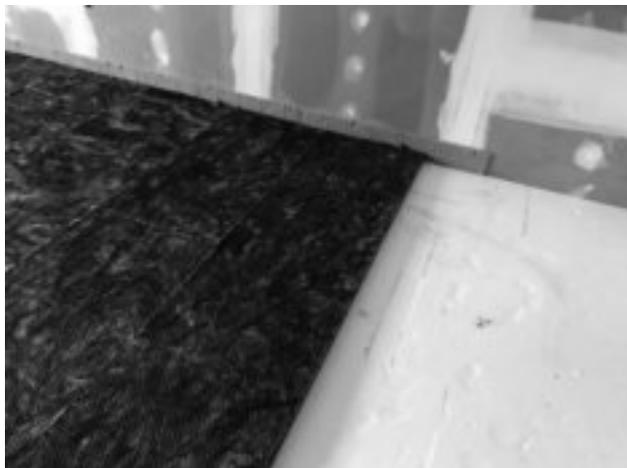


Abbildung 13: Ausführung der Trittschalldämmung mit Mineralfaser in gleicher Weise der Randdämmstreifen

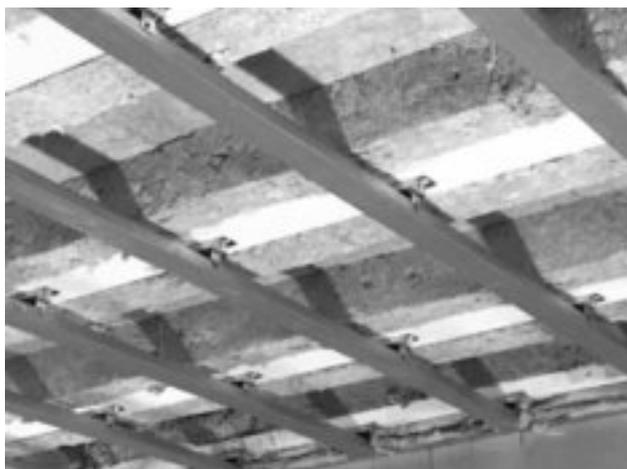


Abbildung 14: Deckenabhängung mit optimierten Elastomeren und CD-Profilen

Der Aufbau der Decke wurde wie folgt ausgeführt:

- 60mm Fliessestrich
- Trittschalldämmung Mineralfaser $s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$
- EPS Ausgleichschicht für Installationen
- OSB 22mm Scheibe
- 8/22 Balkenlage mit Mineralfaser Gefachdämmung 200mm
- VF-Abhänger optimiert
- 18mm GKF Platten
- 18mm Hartgipsplatte

Es handelt sich um eine übliche Holzbalkendeckenkonstruktion wie diese sich seit Jahrzehnten bewährt hat. Dabei wurde nur besonderer Wert auf die elastischen Eigenschaften der Abhängung gelegt.

In Abbildung 15 ist die Baumessung in der orangen Kurve zu sehen. Es zeigt sich, dass die etwas schwere Unterdecke mit 18mm GKF und 18mm Hartgips im Vergleich zu 2 x 18mm GKF günstige Auswirkung im Bereich der Spuranpassungsfrequenz bewirkt. Ausserdem scheinen im Vergleich zum Bemessungsverfahren die Flanken weniger stark ins Gewicht zu

fallen. Die Flanken wurden beim ausgeführten Objekt detailliert geplant und sehr hochwertig ausgeführt. Dabei kamen an den Flankenwänden mindestens 2 x 15mm Hartgipsplatten zum Einsatz und häufig wurden mindestens 2 Flankenseiten mit einer Vorsatzschale belegt.

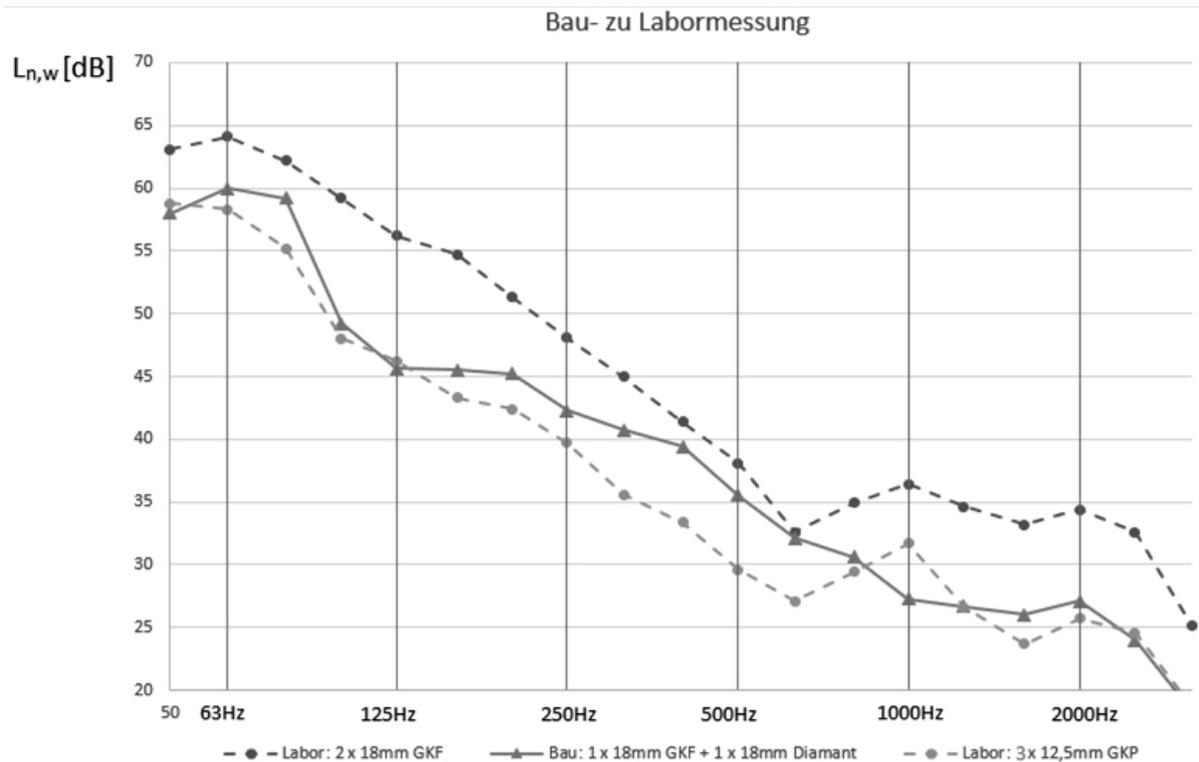


Abbildung 15: Baumesung orange im Vergleich zu den Labormessungen mit ähnlichen Aufbauten

Die Decke der Baumesung (orange Kurve

Abbildung 15) erreicht folgende Werte:

$$\begin{aligned}
 L'_{n,w} &= 37\text{dB} \\
 C_{I,50-2500} &= 11\text{dB} \\
 L'_{n,w} + C_{I,50-2500} &= 48\text{dB}
 \end{aligned}$$

Der im Labor gefundene günstige Zusammenhang zwischen einer geringen Eigenfrequenz der Unterdecke und positiver Auswirkung bei der tieffrequenten Trittschallübertragung liessen sich bei zwei Baumesungen Messungen bestätigen. In diesem Zuge kann auch erwähnt werden das für Wohnungstrennwände in Holztafelbauweise mit Standardaufbauten einer Dicke von $d = 26\text{cm}$ am selben Objekt Luftschalldämmmasse $R'_w \geq 66\text{dB}$ erreicht wurden. Bei allen Aufbauten wurde Wert daraufgelegt, dass es sich praxiserprobte und bewährte Konstruktionen mit markt gängigen Produkten handelt.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Teil 1 der Schriftreihen wird der Grundstein für weitere Teile hinsichtlich der Bewertung des Schallschutzes in Holzbauweise gelegt. Die Schrift enthält ein durchgängiges Konzept von der Zielwertvereinbarung über die Vorbemessung bis zu den verwendbaren Bauteilen. Wesentlich dabei ist, dass nicht nur das bisher bekannte zusammengefasst wird, sondern auch neue und teilweise erstaunliche Erkenntnisse gewonnen wurden. Ergänzend wurde ein Bauteilkatalog dargestellt, welcher die vorhandenen Lücken in anderen Bau-teilkatalogen für den Holzbau schliesst. Dabei wurde neben dem Schallschutz auch der Brandschutz als bemessungsmassgebendes Element bei der Planung von Gebäuden berücksichtigt. Durch die längst überfällige Berücksichtigung der tiefen Frequenzen beim Trittschallpegel wird nun endlich auch die subjektive Wahrnehmung der Nutzer in ausreichender Weise gewürdigt. Dies führt zu einer erheblichen Steigerung des akustischen Komforts in Wohngebäuden und einer massiven Aufwertung der Holzbauweise. Mit dem geplanten Teil 2 und Teil 3 der Schriftreihe wird der Ansatz eines durchgängigen

Konzepts komplettiert. Hier werden Flankenkennwerte und Rechenverfahren dargestellt, welche die schnell voranschreitende Entwicklung im Holzbau abbilden. Zudem werden die aufgezeigten Zielwerte mit der Berücksichtigung der tiefen Frequenzen einer psychoakustischen Validierung unterzogen, um die Wirksamkeit der Berücksichtigung wissenschaftlich zu untermauern. Erste Baumessungen zeigen, dass die vorgeschlagenen Massnahmen ihre volle Wirksamkeit entwickeln.

5. Danksagung

Holzbau Deutschland Institut für die Koordination des Projekts

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt für Förderung des Projekts

DHV Deutscher Holzfertigbau-Verband e.V. für die Mitfinanzierung des Projekts

BDF Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. die Mitfinanzierung des Projekts

Studiengemeinschaft Holzleimbau die Mitfinanzierung des Projekts

HS Rosenheim für die mühevollen und umfangreichen Ausarbeitungen der Bauteilkataloge

IFT Rosenheim für die Durchführung der Messungen

Begleitende Arbeitsgruppe für anregende Gespräche und Gedankenaustausch

6. Autoren der Schrift

Dipl. Ing. (FH) Johannes Niedermeyer, Holzbau Deutschland Institut e.V.

Prof. Dr. Ing. Andreas Rabold, Hochschule Rosenheim

Thomas Ecker, Anton Huber, Lukas Huissel, Sebastian Löffler Michael Scheuerpflug,

Hochschule Rosenheim (Bauteilkatalog)

Dipl. Ing. (FH), M.Sc. Bauphysik Adrian Blödt

Wie planen wir den Holzbau

Falk Hoffmann-Berling
Marx Krontal Partner, MKP GmbH
Hannover, Deutschland



Wie planen wir den Holzbau

Der Holzbau heute ist weit mehr als Image- und Marketinginstrument von Auftraggebern und beweist seine Leistungsfähigkeit im mehrgeschossigen Bauen im urbanen Raum durch stetig wachsende Marktanteile.

Hinzu kommt das zuletzt gewachsene Interesse der Politik am Bauen mit Holz und einer damit verbundenen breiteren öffentlichen Wahrnehmung.

Technische Schwierigkeiten und Nachteile gegenüber anderen Bauweisen sind abgebaut und ein «**guter**» Holzbau kann die gleichen Anforderungen hinsichtlich Gestaltung, Tragfähigkeit, Dauerhaftigkeit, Schallschutz, Wärmeschutz und Brandschutz erfüllen.

Dies eröffnet die Möglichkeit das Potenzial des Holzbaus weiter zu nutzen und die Entwicklung hin zu mehr Holzbau fortzusetzen.

Diese Entwicklung stellt gleichzeitig aber auch Herausforderungen an die Tragwerksplaner und Bauingenieure, denn im Unterschied zum konventionellen Massivbau sind im Holzbau die tragenden und aussteifenden Bauteile immer im Zusammenwirken mit den weiteren Funktionen zu betrachten. Insbesondere die Aspekte des Schall- und Brandschutzes sowie der Feuchte- und Wärmeschutz sind zu berücksichtigen, da im Holzbau die mehrere Anforderungen in der Regel von gleichzeitig von mehreren Schichten eines Bauteils erfüllt werden. Dies erfordert eine Abstimmung oder gemeinsame Planung der Bauteilaufbauten.

Die klassische Trennung zwischen Rohbau, Ausbau und Fassade ist im Holzbau kaum noch vorhanden.

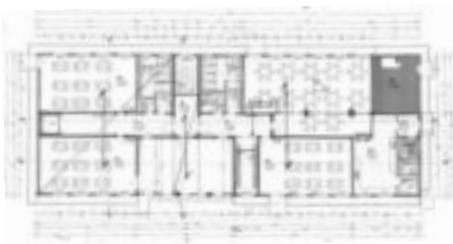
Die Planung eines guten Holzbaus erfordert ein holzbauspezifisches Wissen im Planungsteam. Für die Tragwerksplanung heisst dies: Das Wissen um und die Sensibilität für die Besonderheiten des Baustoffes Holz sowie die Berücksichtigung der Vorfertigung sind die entscheidenden Voraussetzungen für eine holzbaugerechte Tragwerksplanung.

1. Tragwerksplanung im Holzbau

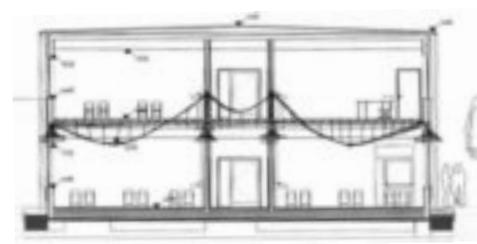
Grundsätzlich ist die Planung eines Tragwerkes ein kreativer Prozess. Dazu müssen Bauingenieure das Entwerfen und Konstruieren, also mehr als Berechnung und Bemessung, beherrschen.

Nur auf diese Weise sind oder werden wir ernstzunehmende Partner in den immer interdisziplinärer werdenden Planungsteams im Hochbau und im speziellen im Holzbau. Und nur so lassen sich Holzbauprojekte im integralen Planungsteam entwickeln und wirtschaftlich realisieren.

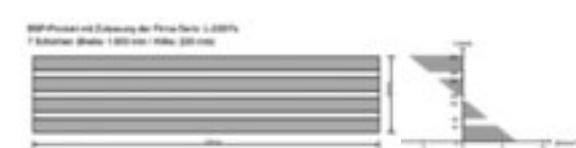
Entwerfen



Modellieren



Bemessen



Konstruieren

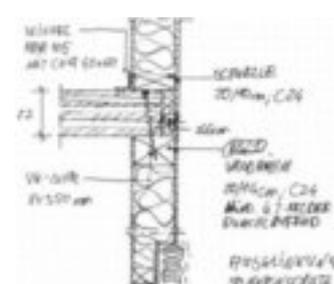


Abbildung 1: Entwerfen-Modellieren-Bemessen-Konstruieren

Die Grundbausteine dieses Prozesses sind die tägliche Arbeit des Tragwerkplaners.

- **Entwerfen:** in diesem ersten und deshalb ganz wichtigen Schritt der Planung werden das Konzept des Tragwerkes sowie signifikante Details festgelegt.
- **Modellieren:** Abstraktion des Konzeptes. Modellbildung für die statische oder dynamische Berechnung, Festlegung der Lasten sowie Bestimmung der Schnittkräfte und Verformungen.
- **Bemessen:** Bestimmung der Querschnittsabmessungen in Abhängigkeit von der Art und der Kombination der gewählten Werkstoffe.
- **Konstruktives Durchbilden:** Endgültige Detaillierung aller Verbindungen und Knoten des Tragwerkes und deren zeichnerische Darstellung.

1.1. Entwerfen

Der Entwurf stellt die wichtigste Phase dar. Funktionstüchtigkeit, Wirtschaftlichkeit, äussere Erscheinung, Bauausführung, Bauzeit und vieles andere müssen bedacht werden, wenn Materialien, System und Abmessungen gewählt werden. Dabei müssen bereits beim Entwurf alle späteren Schritte vorausgedacht werden, d. h. man muss im Voraus bereits abschätzen, wie die spätere Bemessung und konstruktive Durchbildung gelingt.

Im Rahmen der Vorplanung werden gemeinsam mit dem Architekten unterschiedliche Tragwerkskonzepte entwickelt und diskutiert. Dabei geht es darum, abgestimmt auf die geplante Architektur, eine Vorzugslösung für das Tragsystem zu erarbeiten.

Für den Holzbau bedeutet dies zunächst die grundsätzliche Entscheidung zwischen Element- und Modulbauweise zu treffen. Ziel der Raummodulbauweise ist es häufig wiederkehrende Elemente rationell herzustellen und mit einem sehr hohen Vorfertigungsgrad zu versetzen. Dafür bieten sich insbesondere Grundrisse mit standardisierten Räumen und typisierten Bauteilen, wie sie beispielsweise häufig in Hotels, Schulen, Kranken- und Pflegeeinrichtungen sowie Bürogebäuden vorkommen, an. Mit der Elementbauweise können frei gestaltete Grundrisse und eine «anspruchsvolle» Architektur realisiert werden.

Für beide Bauweisen ist zwischen Skelett-/Rahmenbauweise oder Massivholzbauweise (Brettsperrholz) für die Wandkonstruktionen abzuwägen. Die einzelnen Wandsysteme können wiederum mit unterschiedlichen Deckensystemen kombiniert werden; Holzbalckendecken, Massivholzdecken, Holzbetonverbunddecken, Rippen- und Kastendecken bis zu vorgefertigten Element- oder vor Ort gegossenen Betondecken.

Entscheidend in der Diskussion des Entwurfes ist die Kenntnis des Tragwerkplaners über die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Wand- und Deckensysteme.

Die erste Betrachtung des Tragwerkskonzeptes gilt in der Regel dem vertikalen Lastabtrag. Anzustreben ist ein «einfacher» Entwurf, in dem ein direkter Lastabtrag möglich ist. Das bedeutet die Achsen tragender und aussteifender Wände und Stützen stehen übereinander, was zu einer wirtschaftlichen Konstruktion führt.

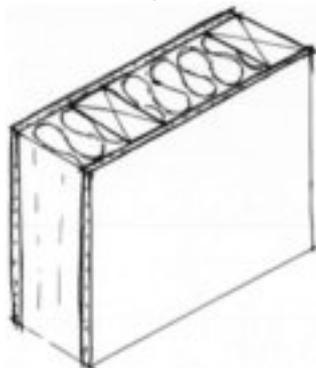
Im Holzbau ist natürlich auch die Umsetzung aus tragwerkplanerischer Sicht anspruchsvollerer Architektur möglich, dies hat fast immer einen erhöhten Planungs- und Materialaufwand zur Folge.

Bei den Überlegungen zur Ausbildung tragender Wandachsen müssen immer auch die Aspekte des Brand- und Schallschutzes berücksichtigt werden. Für den Brandfall ist neben der Anforderung die Funktion des Tragwerkes für einen gewissen Zeitraum sicherzustellen auch zwischen nicht- und raumabschliessenden Wänden zu unterscheiden. Aus der schallschutztechnischen Trennung zwischen Räumen kommen zusätzliche Anforderungen an eine Wandkonstruktion. Je mehr Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit, Brandschutz und Schallschutz eine Wand gleichzeitig erfüllen muss, desto komplexer wird nicht nur der Aufbau der Konstruktion, sondern auch die Ausbildung der konstruktiven Anschlussdetails. Bei steigenden Anforderungen an die Wände empfiehlt es sich im Entwurf eine Trennung der Funktionen zu untersuchen, da komplexe und vielschichtige Aufbauten in der Regel auch kostenintensiver sind. Beispielsweise können tragende

Wände durch Unterzüge und Stützen ersetzt werden. Die Anpassung der Deckenspannrichtung kann unter Umständen trotz einer gering erhöhten Deckenspannweite zu einer wirtschaftlichen Konstruktion führen, wenn so in tragende Wände ohne und nicht tragenden Trennwände mit Schallschutzanforderungen unterschieden werden kann.

Tabelle 1: Übersicht Wandkonstruktionen

Holzrahmenbauweise/ Holztafelbauweise



- Einsatz bei geringer bis mittlerer Vertikal- Horizontallast bei gleichzeitigem gutem Wärmeschutz
- weniger Materialverbrauch
- grössere Vorfertigung, Wertschöpfung im Holzbaubetrieb
- bei hohen Schallschutzanforderungen als Doppelwand

Massivholzbauweise Brettsper Holz



- Einsatz bei grösseren Vertikal- und Horizontallasten
- grösserer Materialverbrauch
- in der Regel geringere Vorfertigung
- wenige Hersteller/ Lieferanten
- bei hohen Schallschutzanforderungen als Doppelwand
- auch als Brandwandersatzwand

Diese Abwägungen und Überlegungen im Rahmen der Vor- und Entwurfsplanung ist eine Aufgabe, die nur in einem Planungsteam gelingt das über die spezialisierte Holzbaukompetenz für den mehrgeschossigen, vorgefertigten Holzbau hinsichtlich Tragwerksplanung und Holzbaukonstruktion, Brandschutz, Schall- und Wärmeschutz sowie Haustechnik verfügt.

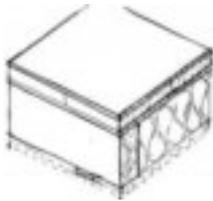
1.2. Modellieren

Um die Gesamttragwerke von Gebäuden mit sinnvollem Aufwand berechnen zu können, werden sie gedanklich in überschaubare einzelne (häufig ebene) Tragwerke gegliedert. Diese wiederum müssen zu Systemen idealisiert werden. Für übergeordnete Tragwerksfunktionen, z. B. die horizontale Aussteifung eines Gebäudes die durch das Zusammenwirken von Decken, Wänden und Kernen erfüllt werden, sind dabei andere, gröbere Systeme zweckmässig als für die Bemessung einzelner Bauteile wie Stützen, Träger oder Deckenplatten.

Für einen Grossteil der Gebäude ist die Schnittgrössenermittlung für die Decken, Unterzüge und Stützen an einfachen statischen Systemen und mit geringem Aufwand möglich. Für Stützen und Unterzüge sollte/muss in der Vorbemessung grundsätzlich von «schweren» Decken ausgegangen werden. Auf Grund des Trittschallschutzes ist entweder eine Deckenbeschwerung erforderlich oder es kommen Holz-Beton-Verbunddecken mit einem höheren Eigengewicht zur Anwendung. Zu berücksichtigen sind weiter bei hohen Schallschutzanforderungen erforderliche Deckentrennfugen. Zur Unterbrechung der Schalllängsleitung erfolgt die Trennung und Auflagerung auf zwei getrennten Wänden (Doppelwand).

Tabelle 2: Übersicht Deckenkonstruktionen

Holzbalkendecke

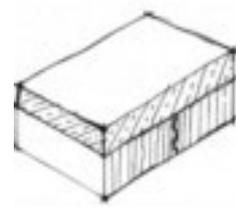


- Einsatz bei leichten Decken und Dachdecken
- Einsatz bei geringen bis mittleren Schallschutz Anforderungen
- Deckenbeschwerung für Trittschallschutz erforderlich

Kastendecke

Massivholzdecke
Brettstapel- und
Brettsperrholzdecken

- Geringe Deckenstärke erforderlich
- Höhere Längs- und Quersteifigkeit; besseres Schwingungsverhalten
- Einsatz bei mittleren bis hohen Schall- und Brandschutzanforderungen

Holz-Beton-
Verbunddecken

Ein Vorteil von Massivholzdecken aus Brettsperrholz ist die Möglichkeit des Querlastabtrages. So sind beispielsweise Deckendurchbrüche ohne zusätzliche Wechselhölzer möglich oder lassen sich «deckengleiche Unterzüge» ausbilden. Für Wandkonstruktionen kann dieser zweiachsige Lastabtrag zur Umsetzung von Stürzen genutzt werden. Neben dem feineren statischen Modell, welches sich je nach Beanspruchung von einfachen Stab-/Balkenmodellen über Trägerrostmodelle hin zu Finite-Element-Modellen entwickeln kann, sind bereits beim Entwerfen von Brettsperrholzkonstruktionen die materialspezifischen und fertigungstechnischen Randbedingungen zu berücksichtigen. Abgestimmt auf die maximal liefer- und bearbeitbaren Plattengrößen ist die Elementierung zu planen und die Elementstöße in dem statischen Modell zu integrieren.

1.3. Bemessung

Nachdem die Schnittgrößen am statischen System ermittelt sind, wird schliesslich mit der Bemessung und konstruktiven Durchbildung das statische System wieder materialisiert. Um die Schnittgrößen aufnehmen zu können, muss die Systemlinie durch einen Stab oder Balken mit ähnlicher Dicke und Breite ersetzt werden. Baustoffunabhängig sind ergänzend zur Bemessung der wesentlichen Tragwerksbestandteile an den massgebenden Stellen, sind auch Detailpunkte beispielsweise zur Lastein- und -ausleitung zu betrachten.

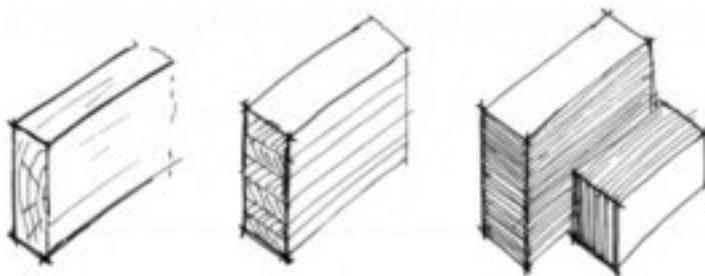


Abbildung 2: Materialübersicht

Für den Holzbau bedeutet dies, dass besonders sensibel auf Querzug und Querdruckbeanspruchungen geachtet werden muss. Insbesondere mit zunehmender Geschosshöhe und grösseren Spannweiten gewinnt dieser Aspekt an Bedeutung. Mit den heute im Holzbau zur Verfügung stehenden Materialien kann gezielt auf unterschiedliche Beanspruchungen reagiert werden. Brettstapelholz aus Laubholz, Brettsperrholz oder Furnierschichtholz sind Beispiele für Materialien die in ihren technischen Eigenschaften wesentlich leistungsfähiger sind als normales Vollholz.

1.4. Konstruktives Durchbilden

Neben der Wahl geeigneter Materialien ist das materialgerechte Konstruieren ein weiterer entscheidender Aspekt bei der Planung von Holzbautragwerken. Das konsequente und detaillierte Planen sowie konstruktive Durchbilden ist Grundvoraussetzung für die Planung eines robusten Holzbaus.

Allgemein besteht die Aufgabe beim Konstruieren darin, die Knotenbereiche sowie Auflager- und Krafteinleitungsbereiche so auszubilden, dass alle auf sie einwirkenden Kräfte dort ihren Ausgleich finden können.

Im Holzbau materialgerecht zu konstruieren bedeutet hoch querdruckbeanspruchte Konstruktionen zu vermeiden. Neben der verhältnismässig geringen Drucktragfähigkeit quer zur Faser sind solche Beanspruchungen immer auch mit Setzungen verbunden. Durch die heute für den Abbund und die Bearbeitung zur Verfügung stehenden technischen Anlagen können Anschlussdetails konstruiert werden welche diese Anforderung berücksichtigen.

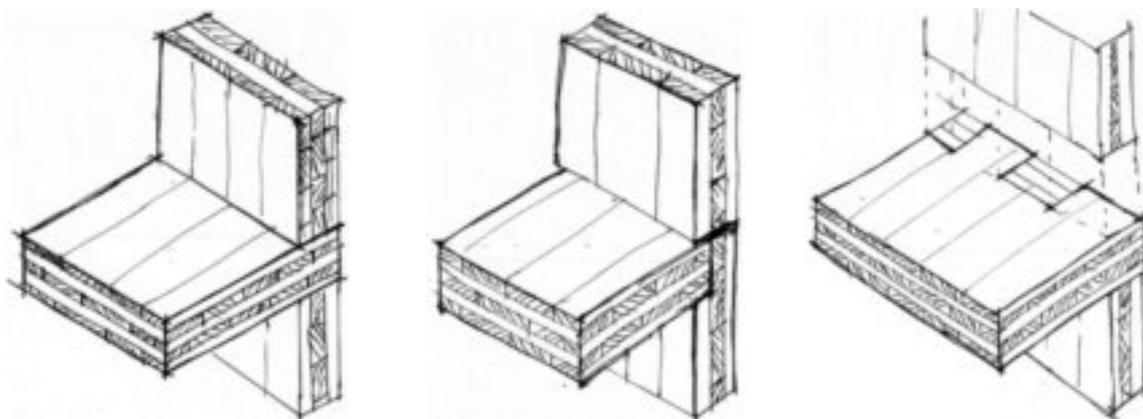


Abbildung 3: Materialgerechtes Konstruieren; Setzungs- und verformungsarm

Robuste Holztragwerke zu planen erfordert zum einen Setzungen zu begrenzen und zum anderen verformungsarme Knoten- und Verankerungspunkte zu konstruieren. Auch hierfür stehen im heutigen Holzbau weit mehr als nur auf Abscheren beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel zur Verfügung. Die Anwendung axial beanspruchter Verbindungsmittel ermöglicht die Übertragung hoher Anschlusskräfte bei gleichzeitig geringen Verformungen. Insbesondere mit selbstbohrenden Vollgewindeschrauben die in zahlreichen unterschiedlichen Durchmessern und Längen verfügbar sind, können heute leistungsfähige Knotenpunkte konstruiert werden.

2. Ausblick

Die Entwicklung im Bereich der Verbindungs- und Fügetechniken sind längst nicht abgeschlossen. Die Herstellung hybrider Bauteile als Kombination aus Holz, Holzwerkstoffen, Beton und Stahl durch Kleben wird möglich. Daher werden sich das Potenzial vergrössern und die Einsatzmöglichkeiten erweitern.

Holz kann mehr als nur im wirtschaftlichen Vergleich zu anderen Baustoffen bestehen und besitzt eine enorme Akzeptanz. Als ein wesentlicher Teil unserer Natur und als nachwachsender sowie umweltfreundlicher Rohstoff ist es vertraut und geschätzt. Für eine weitere Verbreitung und Weiterentwicklung muss der Holzbau seine Exklusivität überwinden und darf nicht das Spezialgebiet einiger (Architekten und) Ingenieure sein. Daher sollte er auch in der Ausbildung einen wichtigen Platz einnehmen. Die generelle Förderung des Entwurfsdeckens im Bauingenieurwesen; ein konstruktiv geprägter Entwurfsprozess und ein materialgerechtes Konstruieren führen auch zukünftig zu **guten** Holzbauten.

3. 10 Thesen für gute Holzbauten

(nach den 10 Thesen für gutes Design von Dieter Rams)

1. Gute Holzbauten sind innovativ.

Die Möglichkeiten für Innovationen sind noch längst nicht ausgeschöpft. Die technologische Entwicklung im Holzbauwesen bietet immer wieder neue Ausgangspunkte für innovative Konzepte, die die Eigenschaften eines Holztragwerks optimieren. Innovationen im Bauwesen entstehen im Zusammenhang mit den Anforderungen aus den Projekten und sind niemals Selbstzweck. Innovation bedeutet immer ein abzuwägendes Risiko – aber ohne Innovation gibt es keine Entwicklung.

2. Gute Holzbauten sind zweckmässig.

Bauwerke sind da, um bestimmte Funktionen zu erfüllen – Primärfunktionen (Bewohnen, Befahren, Begehen) ebenso wie ergänzende psychologische und ästhetische Funktionen (Weite, Raum, Gestalt, Einpassung). Gute Holzbauten optimieren ihre Funktionalität und lassen alles unberücksichtigt, was nicht diesem Ziel dient oder ihm gar entgegensteht.

3. Gute Holzbauten sind ästhetisch.

Die ästhetische Qualität eines Bauwerkes ist integraler Aspekt der Akzeptanz seiner Benutzer. Denn Holzbauten, die man täglich benutzt, prägen das persönliche Umfeld und beeinflussen das Wohlbefinden. Unästhetische Bauten zerstören die natürliche Umwelt und die menschliche Seele.

4. Gute Holzbauten zeigen ihr Tragverhalten.

Sie verdeutlichen klar die Struktur des Bauwerks. Mehr noch: Ein gutes Tragwerk kann das Bauwerk zum Sprechen bringen. Im besten Fall erklärt sich die Struktur des Bauwerkes dann selbst.

5. Gute Holzbauten sind ehrlich.

Ein Bauwerk kann nicht innovativer, leistungsfähiger, wertvoller erscheinen, als es in Wirklichkeit ist. Es versucht nicht, durch schmückende Elemente die Umwelt zu manipulieren.

6. Gute Holzbauten sind unaufdringlich.

Holzbauten, die einen Zweck erfüllen, sind weder dekorative Objekte noch Kunstwerke. Ihre Gestaltung sollte deshalb neutral und unabhängig vom Zeitgeist sein und dem Menschen Raum zur Selbstverwirklichung geben.

7. Gute Holzbauten sind langlebig.

Holzbauten sind dauerhaft und müssen deshalb auch zukünftige Anforderungen erfüllen. Langlebige Bauwerkskonzepte vermeiden modisch zu sein und wirken deshalb nie antiquiert.

8. Gute Holzbauten sind konsequent bis ins letzte Detail.

Nichts darf der Willkür oder dem Zufall überlassen werden. Gründlichkeit und Genauigkeit des Entwurfs und der Konstruktion sind letztlich Ausdruck des Respekts den Menschen und der Umwelt gegenüber.

9. Gute Holzbauten sind umweltfreundlich.

Gute Holzbauten leisten einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Umwelt. Sie beziehen die Schonung der Ressourcen ebenso wie die Minimierung von physischer und visueller Beeinträchtigung der Umwelt sowohl während der Bauzeit als auch der Lebensdauer ein.

10. Gute Holzbauten sind so wenig Bauten wie möglich.

Weniger Bau ist mehr.

**Planbar | Machbar | Umsetzbar:
der moderne wirtschaftliche
Büro- und Wohnungsbau in Holz
für den Holzbau in NRW**

Neue Partnerschaften zur Stärkung der Holzbauweise

André Meyer
Branchenkoordinator der GLS Bank
Bochum, Deutschland



Neue Partnerschaften zur Stärkung der Holzbauweise

Holzbau ist in aller Munde. Egal ob Baufinanzierer, umweltbewusste Privatkunden, innovative Stadtplaner oder überzeugte Klimaschützer: Holz erobert nach und nach das kollektive Bewusstsein als wertvolles und omnipotentes Naturgut. Unterstützt durch den Blick auf die Wohnungsnot und dem Kampf gegen den Klimawandel regt sich in der Politik ein Sinneswandel hin zu den Chancen der Holzbauweise. Hohes Potenzial im Vorfertigungsgrad, schneller Aufbau, Förderung nachhaltiger Forst- und Holzwirtschaft, langfristige Kohlenstoffbindung, geringere Umweltwirkungen im Herstellungsprozess. Kein Wunder also, dass erst kürzlich Politiker zur Stärkung der Holzverwendung aufriefen und nun teilweise sogar einen Holz-Mindestanteil für staatlich gebaute Gebäude fordern.

Mit einem Anteil von 20.6 Prozent an den Baugenehmigungen für Ein- und Zweifamilienhäusern in Deutschland ist bereits ein signifikanter Anteil erreicht, der aber noch deutliches Wachstumspotenzial bietet. Die GLS Bank hat das Potenzial erkannt. Mehr als 7% aller Baufinanzierungen seit 2016 waren Häuser in verschiedenen Holzbauweisen, Tendenz steigend. Es lohnt sich, Interessierte mit Informationen zu versorgen, denn Holzbau ist zwar in der Szene für seine altbekannten (oben selektiv genannten) Komponenten geschätzt, Verbraucher und Häuslebauer aber sind vermutlich noch längst nicht ausreichend aufgeklärt, auch weil es an vielen Stellen an aktiver Beratung zu den verschiedenen Bauweisen fehlt bzw. die teilweise höheren Baukosten einiger Holzalternativen nicht ins Verhältnis zu deren Wertigkeit und längerfristigen Nutzungsdauer gesetzt werden. Auch viele Banken tun sich schwer, die Werthaltigkeit von Holzhäusern richtig einzuschätzen und nehmen aus diesem Grund Abschlüsse, die nicht dem Stand der Technik im Holzbau entsprechen.

Nicht nur das CO₂-Einsparpotenzial von 35 bis 56 Prozent bei holzbasierten Einfamilienhäusern ist im Vergleich zu Häusern konventioneller Bauweise ein schlagendes, vor allem gesellschaftliches Argument für die Förderung der Holzbauweise. Auch die (je nach Bauweise) bessere Dämmleistung, ein gesundes Raumklima und die Reduktion bzw. der vollständige Verzicht auf schädliche Wohngifte aus Baustoffen und Möbeln sollten Familien, Bauherren und Gewerbetreibende von den Vorteilen der Holznutzung überzeugen. Das Nachhaltigkeitsaudit der GLS Immowert, der nWert, berücksichtigt die vielen positiven Eigenschaften von Immobilien in Holzbauweise schon heute. Holz ist ein zukunftssicheres Baumaterial, das Antworten auf die dringenden Fragen der Immobilienwirtschaft liefert. Nur gut also, wenn Landwirtschaftsministerin Julia Klöckner die Wohnungsnot unter anderem mit Holzhäusern bekämpfen will.

Dem Verdrängungsdruck im urbanen Wohnungsmarkt wird dieser Lösungsansatz natürlich nicht allein Herr werden können. Schätzungen der Technischen Universität Darmstadt und des Pestel-Instituts Hannover allerdings gehen davon aus, dass mehr als 1.5 Millionen Wohnungen alleine durch Dachaufstockungen in Holzbauweise entstehen könnten und das Verdichtungspotential der Städte somit eine große Chance für diesen Bautyp darstellt. Immer neue Innovationen im Bereich der Materialien und Verarbeitungsweisen sowie schrittweise überarbeitete Brandschutzgesetze ermöglichen zudem immer höhere Holzbauten. Die Stadtplanung der Zukunft kann somit hoffentlich nach und nach viel aktiver auf die Vorteile des nachwachsenden Rohstoffs setzen.

Aber nicht nur für Wohnungen ist der Holzbau eine Alternative. Auch Gewerbekunden entdecken den vielseitigen Baustoff für sich. Vom Campus mit Schule und Kindertagesstätte über Supermarktfilialen bis hin zu Schweineställen hat die GLS Bank bundesweit Projekte begleitet. In vielen Fällen sind die Kosten höher als bei konventioneller Bauweise und es fehlen Referenzprojekte, an denen man sich orientieren kann. Trotzdem liegen die Vorteile auf der Hand und sie spiegeln sich nicht nur in der besonderen Nachhaltigkeit, sondern auch in der ökonomischen Betrachtung der Immobilien wider. Für die weitere Stärkung der Akteure der Holzbauwirtschaft sowie deren gesamter Wertschöpfungskette braucht es neben fixen Ideen der Politik eine balancierte Konstellation aus finanziellen

Anreizen, regulatorischen Vorgaben und einer Bankinfrastruktur, die mit kompetenten Beratungsleistungen und Angeboten ihren Kunden attraktive Lösungen anbieten kann. So arbeitet die GLS Bank z.B. daran, passende Gebäudeversicherungen speziell für Häuser in Holzbauweise zu finden.

Doch das ist nur ein erster Baustein. Vielmehr braucht es nun auch Kooperationen zwischen den Akteuren, die glaubwürdige Ökosysteme schaffen und immer mehr innovative Materialien und Verarbeitungsweisen entwickeln, die gänzlich auf Verbundstoffe verzichten, chemie-, metall- und abfallfrei errichtet und abgebaut werden können und so den Druck auf die Politik erhöhen, diese Fakten nicht mehr nur fallweise anzuerkennen sondern als einzig logischen Schritt für die Zukunft des Wohnungsmarktes manifestieren. Ein Beispiel für solch eine Kooperation ist die Zusammenarbeit der GLS Bank mit der Thoma Holz GmbH, die seit 2019 gemeinsam daran arbeiten, die Überzeugungen der beiden Partner für eine nachhaltige Immobilienwirtschaft, einen konsequenten Umwelt- und Klimaschutz sowie attraktive und vor allem gesunde und Freude-bringende Wohnlösungen noch stärker in die Tat umzusetzen!

Parallel zu den oben genannten Aktivitäten prüft die GLS Bank seit September 2019 nun auch verstärkt ihren eigenen Beitrag zu sogenannten Zukunftsbildern in den durch sie begleiteten Branchen. Für den Bereich Wohnen & Bauen hat sie sich die Messung ihrer Wirkung auf folgende Zukunftsbilder vorgenommen: Mitbestimmung, bezahlbarer Wohnraum, soziale Vielfalt, Nutzungsrechte und natürlich nachhaltiges Bauen. Bei allen vergebenen Krediten wird gemeinsam mit dem Kunden über diese Zukunftsbilder gesprochen, der Beitrag des zu Grunde liegenden Vorhabens eruiert, über qualitative und quantitative Indikatoren gemessen und gemeinsam über Möglichkeiten der Stärkung der Ziele gesprochen. So sollen zum einen Maßnahmen abgeleitet werden, die die eigenen Zielsetzungen stützen und kritisch reflektieren können und zum anderen die Wertebasis der GLS Gemeinschaft weiter stärken, um die positive gesellschaftliche Wirkung zu erhöhen. Mit konkreten Zukunftsbildern, einem gemeinschaftlichen Prozess und einer transparenten Offenlegung von Zielkonflikten und benötigten Rahmenbedingungen. Denn Innovation und Transformation braucht konkrete Beispiele des Erfolgs und des Möglichkeitsraums, um die Kraft der Veränderung zu verstetigen – lassen Sie uns das gemeinsam angehen.

Holz-Hybrid als wirtschaftliche Systembauweise – 7 Geschosse in 7 Wochen

Heiko Seen
HU-Holzunion GmbH
Rotenburg (Wümme), Deutschland



Holz-Hybrid als wirtschaftliche Systembauweise – 7 Geschosse in 7 Wochen

1. Systembauweise

1.1. System

Im ersten Schritt macht es evtl. Sinn den Begriff «Systembauweise» für dieses Projekt bzw. für diese Bauweise zu definieren. Es wird sehr viel über die Begriffe «Modulbauweise», «Elementbauweise», «Hybridbauweise» oder «Systembauweise» geschrieben, aber aus unserer Sicht ist diese Begriffswahl sehr subjektiv und somit versteht jeder Planer, Architekt oder Bauherr auch etwas anderes darunter.

Einfacher dagegen ist der Begriff «System», da er klar definiert und leicht zu erläutern oder abzugrenzen ist:

Als System wird im Wesentlichen ein Gebilde oder Objekt zusammenhängender Teile bezeichnet, die durch Beziehung oder Verknüpfung ein gemeinsames Gebilde oder Objekt ergeben. Dieser Systemgedanke kann als ein struktureller, funktionaler oder zweckgebundener Zusammenhang angesehen werden.

Aus dem System / Systemgedanken wird dann bezogen auf die Bauindustrie oder in diesem Fall einem bestimmten Bauvorhaben/Auftraggeber eine Systembauweise.

Die Grundidee für diese Systembauweise ist aus diversen Holzbauprojekten aus über 10 Jahren Erfahrung entstanden und die damit gewonnenen, nicht nur positiven Erkenntnisse, wie man diese Bauweise wirtschaftlicher und schneller ausführen kann.

Mitte 2015 erhielt die HU-Holzunion GmbH mit Hauptsitz in Rotenburg (Wümme) den Auftrag für den ersten 5-Geschosser in Holz- / Hybridbauweise im Bundesland Hessen von der B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz als Auftraggeber und der Stadt Offenbach als Bauherr. Dieses Gebäude war der Start der Zusammenarbeit zwischen den beiden Unternehmen und wie sich später herausstellte, auch der Start in der Entwicklung einer «Systembauweise».



Abbildung 1: © B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz / Fotograf BUCK Fotodesign

1.2. Bauweise

Das erste Projekt in der Zusammenarbeit der B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz und der HU-Holzunion GmbH wurde vom Auftraggeber zusammen mit den Büros Hirschmuellerschmidt Architektur GmbH und PIRMIN JUNG Ingenieure für den Holzbau geplant und ausgeschrieben. In der Leistungsphase 5 und/oder auch in unserer Werkstattplanung hat die HU-Holzunion GmbH diese Planung dann für den modernen Holzbau modifiziert und bzgl. der Vorfertigung, des Vorfertigungsgrads und der Montage angepasst und optimiert.

Um die Bauweise nur kurz zu beschreiben, wurden die Außenwandbauteile in Massivholz (BSP) als tragende Konstruktion/Ebene inkl. innenseitiger K₂60 Kapselung und einer davor gelagerten Dämmebene ebenfalls mit der Anforderung K₂60 als Holz- oder Putzfassade ausgeführt. Zusätzlich wurden sämtliche Fenster- / Türelementen im Werk eingebaut und luft- bzw. brandschutztechnisch an den Elementstößen auf der Baustelle ergänzt. Die tragenden Wohnungstrennwände wurden in Massivholz (BSP) zweischalig und mit der Anforderung K₂60 von innen bzw. REI90 über den gesamten Aufbau ausgeführt.

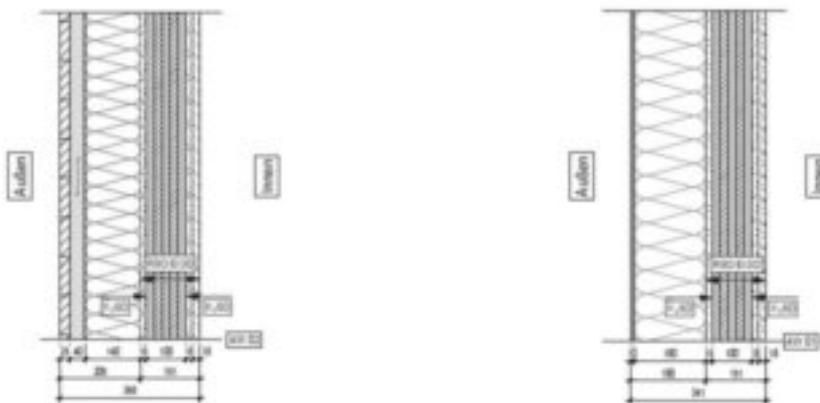


Abbildung 2: Bsp. Außenwandaufbauten © B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz / PIRMIN JUNG

Die Decken wurden als HBV (Holz-Beton-Verbund) Decken in Brettschichtholz ausgeführt und geschossweise zusammen mit den Treppenhausdecken aus Stahlbeton-Halbfertigteile betoniert. Geplant war ursprünglich eine Montage des gesamten Holzbaus über fünf Stockwerke (ohne das Betonieren der HBV-Decke) und ein späteres Betonieren der Decken über alle Geschosse in einem Zug. Dies wurde aber aufgrund des engen Zeitplans und der «Unsicherheit» in der Ausführung bzgl. der Aufständigung der gesamten Konstruktion auf «Klötzen» verworfen und man hat sich auf die geschossweise Montage des Projektes geeinigt.

Entstanden ist die Idee des Systemhauses dann am Ende der Montage der geschlossenen Gebäudehülle, als ein Mitarbeiter der B&O Wohnungswirtschaft Chemnitz sich bei uns «bemängelt» warum wir das nachfolgende Detail wieder anders ausgeführt haben, als es schon bei anderen Bauvorhaben der B&O erprobt und als gut befunden wurde!?

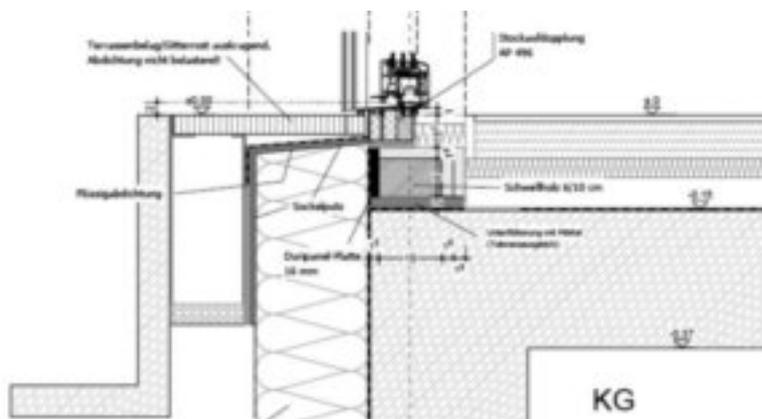


Abbildung 3: Hinweis: Das Detail wurde in der Anbindung des «Gitterrostes» an das Fenster anders ausgeführt.

Wie man an dem vorher gezeigten Detail unschwer erkennen kann, ist die statische Anbindung des Gitterrostes an die Terrassentür und die Befestigung in Kombination mit der zweiten wasserführenden Ebene nicht ausreichend geplant gewesen, so dass es in der Schnittstelle zwischen der geschlossenen Gebäudehülle und dem ausführenden Gewerk für die Außenanlagen zu Problemen und Nachträgen gekommen ist.

Am Ende muss man diese eher negative Erfahrung positiv bewerten, denn es hat in Kombination mit der Gesamtkostenentwicklung dieses Projektes dazu geführt, dass sich die B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz entschieden hat, zusammen mit der HU-Holzunion GmbH eine Systembauweise bzw. Systemhäuser zu entwickeln.

2. Entwicklung einer Systembauweise / eines Systemhauses

2.1. Die ersten Schritte

Ende 2015, im Anschluss an die Fertigstellung diverser Bauvorhaben in ganz Deutschland, ist die B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz auf die Holzunion zugekommen und hat angefragt, ob wir als deutschlandweit agierendes Holzbauunternehmen Interesse hätten, ein kostengünstiges und vor allem schnelles Bausystem zu entwickeln und in der Praxis zu Testens, auch wenn dieses System nicht in allen tragenden Elementen (Wand, Decke Dach) aus Holz bestehen würden. Zu diesem Zeitpunkt war aber noch in keiner Weise klar, um was für ein System und um welche Baustoffe es sich handeln würde. Man hat aber um ca. 12 Monate Planungszeit gebeten und ggf. um eine Unterstützung bei der Entwicklung entsprechender Ausführungs- & Montagedetails.

12 Monate später kam die Anfrage/Ausschreibung für 3 identische Punkthäuser (Grundriss 15 x 15 m) in Erlangen, die in einer Holz-Hybridbauweise ausgeführt werden sollten. Diese Hybridbauweise besteht aus vorgefertigten Massivholzwänden (BSP) mit vorgelagerter Dämmstoffebene (ähnlich des ersten Projektes in Offenbach) mit eingebauten Fensterelementen und Holz- oder Putzfassade. Weiter wurden Decken/Dach aus Beton-Fertigteildecken (Spannbetondecken) mit Hohlkammern (siehe Abbildung Firma Dennert) geplant und anteilig Stahlträger als primäre Unterzüge geplant.

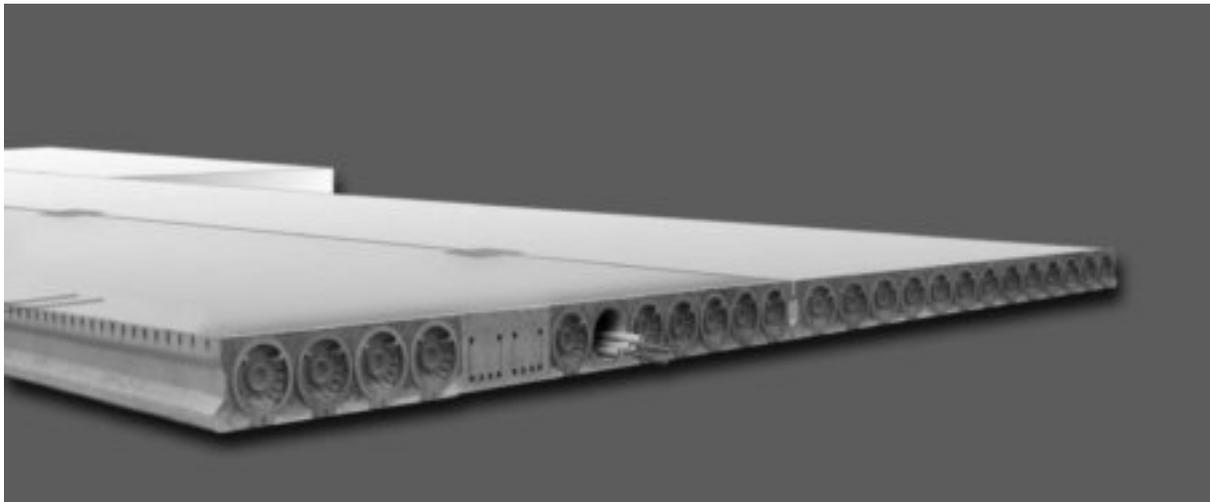


Abbildung 4: www.dennert.de

Die nichttragenden Innenwände und Wohnungstrennwände wurden in Trockenbauweise vorgesehen und die Treppenhauswände aus zweischaligen Betonfertigteilen mit Halbfertigteildecken (Filigrandecken) zur Einbindung der horizontalen Aussteifung des gesamten Gebäudes.

2.2. Die Planung und das Planungsteam

Wie schon bei dem ersten Projekt in Offenbach, setzt B&O bei der Planung und Ausführung Ihrer Systemhäuser auf die Zusammenarbeit mit «Partnern». So wurde die Statik und Bauphysik erneut durch das Ing.-Büro PIRMIN JUNG und die geschlossene Gebäudehülle von der HU-Holzunion GmbH ausgeführt.

Lediglich beim Arch.-Büro hat man aus Kapazitätsgründen zwischen dem «Systemhaus Leipzig» und «Systemhaus Offenbach» optimiert und die Punkthäuser (Systemhaus Leipzig) wurden von der freien Architektin Susanne Wötzel geplant.

Eine sehr wesentliche und für den Erfolg äußerst wichtige Erkenntnis ist die widerkehrende Zusammenarbeit und Abstimmung der Planer und später auch der ausführenden Unternehmen «miteinander». Die ganze Diskussion über Wettbewerbsvorteile für den Auftraggeber bei einer freien Ausschreibung/Vergabe, kann die Vorteile einer Systembauweise mit widerkehrenden Partnern nicht aufwiegen. Wenn Leitdetails und Bauweise sich wiederholen und die Zusammenarbeit zwischen Planer und Ausführenden gut funktioniert, dann sind die Kosten für die Bauteile leicht zu standardisieren und Nachträge auf ein Minimum zu reduzieren, da allen Beteiligten der Ablauf und die Bauweise bekannt ist.

Mindestens genauso wichtig wie elementar für die Entwicklung von Systemhäuser bzw. einer Systembauweise ist die widerkehrende und identische Planung. Hier müssen die Anforderungen des Kunden/Bauherren an den Wohnungsmix und die Flexibilität des Baukörpers für den Auftraggeber (B&O) gegeben sein, dass diese Systemhäuser möglichst in jede Baulücke zu platzieren sind. Weiter sind die wiederkehrenden Bauteilaufbauten / Details für die ausführenden Unternehmen Grundvoraussetzung, damit man die Vorteile in der Arbeitsvorbereitung, Produktion und auch Montage nutzen kann.

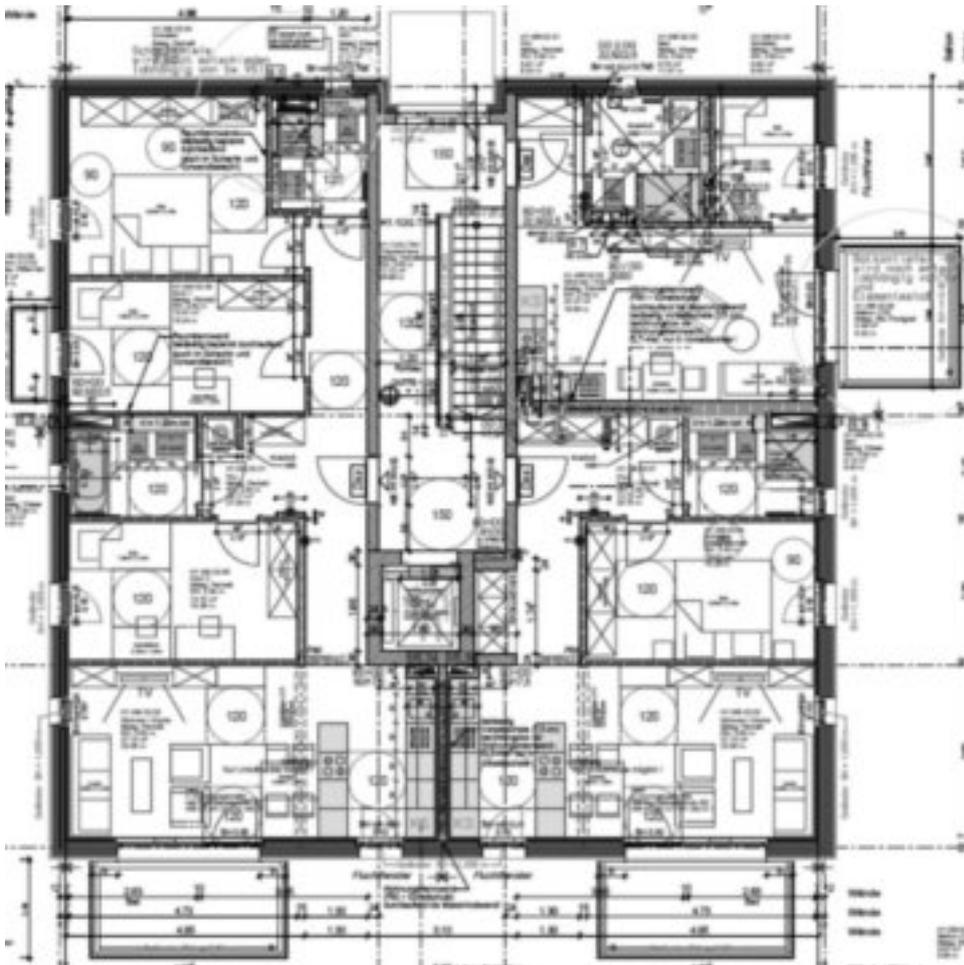


Abbildung 5: Grundriss Regelgeschoss © B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz / Arch.-Büro Susanne Wötzel

3. Neubau von fünf 7-geschossigen Mehrfamilienwohnhäusern in Erlangen

3.1. Zielsetzung

Die Zielsetzung für dieses Projekt war, weitestgehend alle Details und die Ausführungsplanung von dem vorherigen Projekt (drei 5-Geschosser) zu übernehmen, aber diese bzgl. der Kosten und Bauzeit/Vorfertigung zu optimieren.

Selbstverständlich war der Auftraggeber auch an einer Kostensenkung/Optimierung aufgrund der wiederkehrenden Ausführung der Systemhäuser interessiert, was sich in erster Linie auf die Vermeidung von Nachträgen (welche vereinzelt im zweiten Projekt angefallen sind) und gestiegene Material- & Lohnkosten konzentriert hat.

Eine weitere Zielsetzung war die Fertigstellung des geschlossenen Rohbaus inkl. Holzfasade aller fünf 7-geschossigen Gebäude bis Ende des Jahres 2018, welches aufgrund des verspäteten Baustarts Anfang August als eine große Herausforderung erschien. Wenn man grob eine Woche pro Geschoss Mal sieben Geschosse und 5 Gebäuden annimmt, kommt man auf insgesamt 35 Arbeitswochen, was mit Start in der KW31 2018 nicht mehr zur Verfügung stand. Daher wurde der Bauablauf von zwei Gebäuden parallel (mit je einem Montageteam pro Gewerk) geplant und ausgeführt, was dann zu insgesamt ca. 18 Arbeitswochen führt ($31 + 18 = \text{KW}49$), aber nur mit Unternehmen funktioniert, die sich gegenseitig unterstützen und nicht bei jeder Möglichkeit eine «Behinderung» gegenüber dem Auftraggeber anzeigen.

Abschließend noch die Herausforderung der Baustellenlogistik / Baustelleneinrichtung. Die Zeit von Neubauten auf der grünen Wiese ist endgültig vorbei und wenn man oft nach einem BE-Plan gefragt hat, dann war dies reine Formsache, damit man ungefähr weiß wo die Elektro- & Wasseranschlüsse sind, wo man den Mannschafts- und/oder Materialcontainer aufstellen kann und wo der Sanitärcontainer steht. So einfach ist es bei einer innerstädtischen Bebauung nicht mehr und neben den sehr engen Baustellenlager- und Nebenflächen, kommt dann noch die Situation mit den Anliegern / Bewohner hinzu, wo man alles von neugierigen aber hilfsbereiten, zurückhaltenden und einfach nur schwierigen Personen hat. Die größere Herausforderung ist die eigentliche Baustellenlogistik mit den vorgefertigten Wand- & Deckenelementen die mit großen 30 Tonnen Sattelschleppern kommen und diese über eine eher kleine Zufahrt Just-In-Time anliefern müssen, da immer nur ein Lkw pro Gebäude Platz vor der Baustelle hat.



3.2. Das Gebäude

Die fünf Gebäude waren mit Ausnahme der «Hausnummer» absolut identisch und wurden daher in der Arbeitsvorbereitung nur einmal konstruiert. Die Werkstattplanung wurde anteilig für jedes Haus separat erstellt, da hieraus auch die Materialbestellung und Produktions- und Montageplanung gesteuert wurde (BIM).

In der Umsetzung wurde lediglich in Erdgeschoss (Anbindung an den Keller / Sockelanschluss), Regelgeschoss (1. bis 5.OG) und Dachgeschoss (Geschossübergang mit Anschluss an Attika) unterschieden.



Abbildung 6: Grundriss Regelgeschoss © B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz / Arch.-Büro Susanne Wötzel

Kleine Rückschläge in der Umsetzung / Planung gab es lediglich dann, wenn durch Bauherren, Auftraggeber oder Planungsbüro Änderungen in der Systembauweise vorgeschlagen wurden und das Prinzip «Systemhaus» nicht bis zum Ende bedacht wurde:

*Als System wird im Wesentlichen ein Gebilde oder Objekt zusammenhängender Teile bezeichnet, die durch **Beziehung oder Verknüpfung** ein gemeinsames Gebilde oder Objekt ergeben. Dieser Systemgedanke kann als ein struktureller, funktionaler oder zweckgebundener Zusammenhang angesehen werden.*

Hier liegt sicherlich auch ein «Nachteil» diese Bauweise, denn was bei anderen Projekten problemlos anzupassen ist, hat bei dieser Systembauweise einer optimierten und standardisierten Planung weitreichende Änderungen und mögliche Kostenerhöhung zur Auswirkung.

3.3. Die Fassade

Unabhängig von der Herausforderung einer brennbaren Holzfassade in der Gebäudeklasse 5, überwiegen die Vorteile einer Holzfassade aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades im Werk, der schnellen und weitestgehend witterungsunabhängigen Fertigstellung der Fassade nach der Montage des «Rohbaus», die hohe Qualität der vorgefertigten Bauteile und die Verwendung eines «nachhaltigen» und ökologischen Baustoffes.

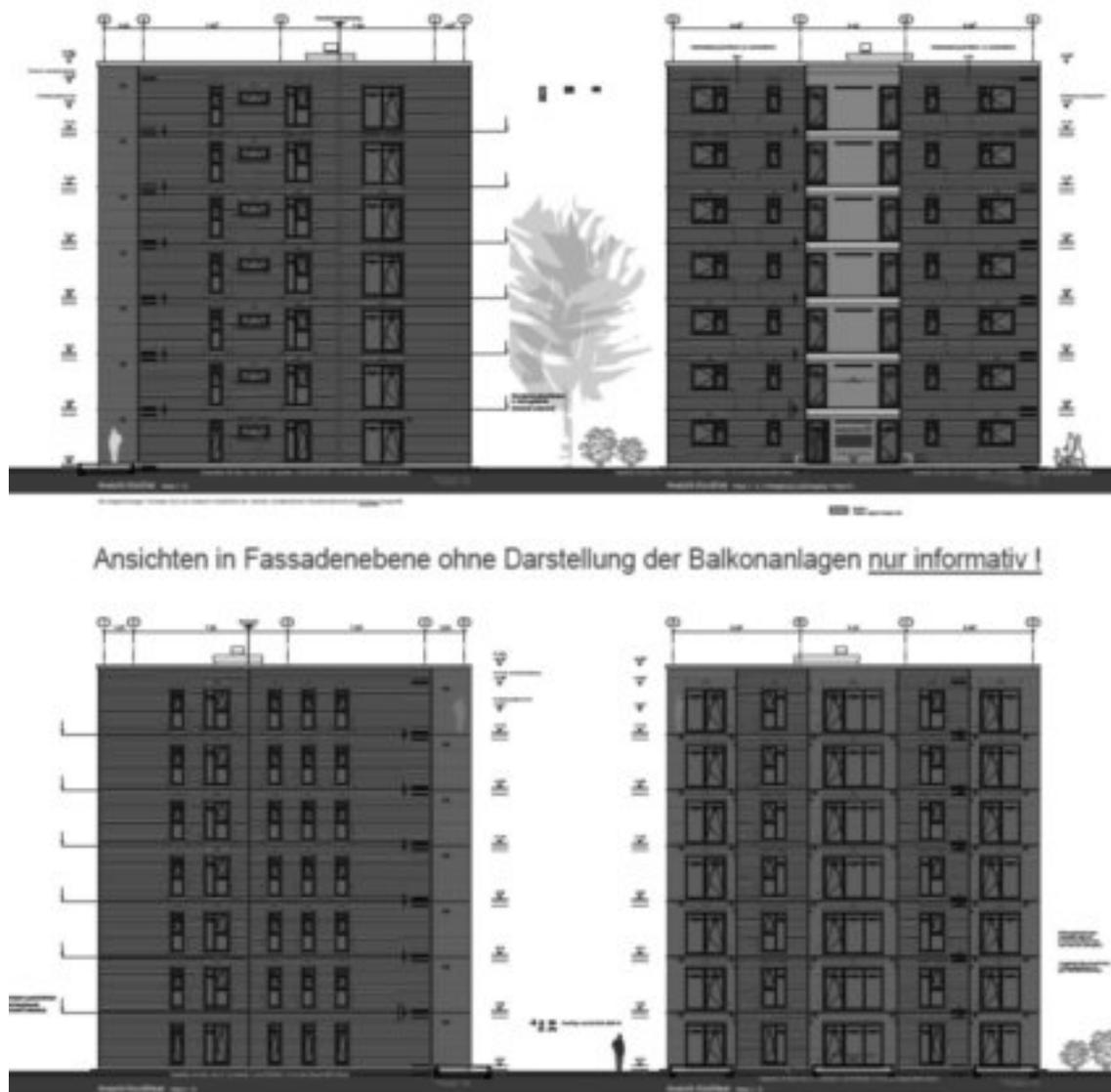


Abbildung 7: Ansichten © B&O Wohnungswirtschaft GmbH Chemnitz / Arch.-Büro Susanne Wötzel

3.4. Das Fazit

Die wesentlichen Faktoren für die Entwicklung und Umsetzung von Systemhäusern ist nicht allein die Planung solcher, sondern folgende Punkt:

- Einen Auftraggeber der keinen Nachteil in der Festlegung von «Partnern» vor der finalen Vergabe von Leistungen sieht.
- Die Zusammenarbeit von Planern und ausführenden Unternehmen, die das gemeinsame Ziel eines Projektes verfolgen.
- Mindestens 2-3 Projekte mit den gleichen «Partnern» und der gleichen «Systembauweise», um die ursprüngliche Planung zusammen mit der Erfahrung aus der Ausführung zu einem System zu entwickeln.
- Ein ehrlicher und offener Umgang auf gleicher Augenhöhe miteinander!

Green Office® Enjoy | Paris

Prof. Gerd Jäger
Baumschlager Eberle Architekten
Berlin, Deutschland



Green Office® Enjoy | Paris

1. Abstract

Unter hybriden Konstruktionen verstehen wir die Fügung unterschiedlicher Baustoffe mit dem Ziel der Optimierung ihrer jeweiligen Eigenschaften einerseits und ihrer Verbundwirkung auf der anderen Seite. Ziel ist die Leistungsstärkung der Konstruktion insgesamt durch die Kombination verschiedener Baustoffe.

Dies jedoch ist nicht neu. Bereits vor mehr als 2000 Jahren errichteten die Römer Bauwerke in Holz und Stein. Die tragende Konstruktion der Fachwerkhäuser, nicht weniger alt, besteht i. d. R. aus Holz, die Ausfachung aus Mauerwerk oder einem Geflecht, teils aus ungebranntem Ziegel, Stroh als Trägermaterial und einem Putz als Schutzschicht. Oder betrachten wir die Gebäude der Gründerzeit, deren Deckenkonstruktionen grösstenteils aus Holzbalken und -dielen in Verbindung mit Schlacke gefertigt sind und deren Aussenwand aus einer Kombination von Holzständerwerk und Mauerwerk besteht. Und bei den traditionellen Häusern in der Alpenregion sind die Sockel meist in Stein und die Obergeschosse komplett in Holz errichtet.

Sie stellen Hybridkonstruktionen dar, auch wenn sie bisher nicht als solche bezeichnet wurden.

Ergänzen möchte ich, dass die Bezeichnung «Hybridkonstruktion» oder noch mehr «Holzkonstruktion» gegenwärtig gerne synonym verwendet wird mit dem Begriff der «Nachhaltigkeit». Dies ist jedoch nicht zwangsläufig der Fall. Gerade in jüngster Zeit entstehen unterschiedliche Gebäude mit monolithischem Aussenwandaufbau ohne, dass diese dadurch weniger nachhaltig sind als die vorgestellte Hybridkonstruktion unseres Bürogebäudes «Green Office ENJOY» in Paris.

Im Falle des Bürohauses in Paris, das vor ca. drei Jahren fertiggestellt werden konnte, handelt es sich um ein Bauwerk, für dessen Tragkonstruktion vorwiegend Holz und Stahlbeton zum Einsatz gekommen sind. Während das Erdgeschoss und alle Kerne in Stahlbetonkonstruktion errichtet wurden, bestehen die sechs bis acht Obergeschosse aus einer Holzkonstruktion. Typologisch kommt es damit dem Alpenhaus nahe.

Entscheidend für die Wahl der beiden Baustoffe war ein städtebaulicher Aspekt. Das gesamte neu zu beplanende Areal galt zuvor als Brache der Bahn, und insbesondere das uns zugewiesene Grundstück galt als schwer bebaubar. Da sich die mögliche zu bebauende Fläche zu 85 % auf einer Brückenkonstruktion über der Pariser Eisenbahntrasse befindet und nur zu 15 % direkt mit öffentlichem Grund in Berührung kommt, war die Gesamtlastaufnahme des Brückenteils durch die Tragfähigkeit des Bestandsbaus limitiert.

Ursprünglich war auf diesem «Grundstück» demzufolge eine niedrige, d. h. vier- bis fünfgeschossige Bauweise vorgesehen. Aus unserer Sicht fehlte dadurch gerade im Eingangsbereich des neuen Stadtquartiers die städtebaulich notwendige Dominante. Wir konnten uns nicht vorstellen, an dieser Stelle das niedrigste Gebäude des neuen Quartiers zu errichten. Für uns stellte sich die Frage: Wie kann ich hoch und gleichzeitig leicht bauen? Die Minimierung der Konstruktionslasten war zunächst das ausschlaggebende Kriterium für die Wahl der Konstruktion.

Die gewählte Leichtbauweise in Stahlbeton und Holz ermöglichte eine Erhöhung des Gebäudes um zwei bis drei Geschosse. In seiner Nordspitze ist das Gebäude daher nunmehr sieben Geschosse hoch, und nach Süden wächst es um zwei weitere Geschosse. Der Übergang geschieht gleitend über eine schräge Dachlandschaft.

Während das Sockelgeschoss aus Gründen der Lastverteilung in Stahlbeton errichtet wurde, bestehen sämtliche Geschosdecken sowie die Innen- und Aussenstützen der darüberliegenden Geschosse aus Massivholz (Brettschichtholz). Die Trittschallfunktion der Decken übernimmt eine Fermacell-Platte. Zwischen den Unterzügen aus Holz sind Kühldecken montiert. Die Holzstützen und -träger sind im Innenraum sichtbar gelassen.

Die Stützen der Fassade wurden aussenseitig mit cappuccinofarbenen changierenden Aluminiumtafeln ummantelt. Sie spielen mit der Farbigkeit der für Paris typischen Haussmann-Häuser.

Während der Bauherr bei diesem Bauwerk noch von der Sorge getragen wurde, zu viel «Holz-Zeigen» könnte sich nachteilig auf die Vermarktung auswirken, hat in der Zwischenzeit eine Umkehrung im Denken und in der Wahrnehmung dieses Baustoffes stattgefunden.

Unterstützend für die Auswahl der Baustoffe kam hinzu, dass Paris im Laufe der Projektentwicklung, d. h. bereits im Jahre 2014, das Thema «Nachhaltige Stadtentwicklung» für sich entdeckt hatte.

Das relativ kleine Projekt mit einer Nutzfläche von ca. 18300 qm auf einer Grundstücksfläche von nur 3450 qm erhielt später insbesondere durch die Wahl der Konstruktion und der Baustoffe sowie durch die zahlreichen Zertifizierungen und Auszeichnungen grosse öffentliche Aufmerksamkeit. 2016 erhielt der Bau als erstes Bürogebäude Frankreichs das BBKA-Low-Carbon-Footprint-Label, die eingebauten 2800 cbm Holz speichern 520 Tonnen CO₂. Wäre das Bauwerk herkömmlich in Stahlbeton errichtet worden, würde die Gesamt-CO₂-Belastung 2380 Tonnen höher ausfallen.



Abbildung 1: Green Office® Enjoy | Paris© Luc Boegly



Abbildung 2: Green Office® Enjoy | Paris© Luc Boegly



Abbildung 3: Green Office® Enjoy | Paris© Luc Boegly



Abbildung 4: Green Office® Enjoy | Paris© Luc Boegly



Abbildung 5: Green Office® Enjoy | Paris© Luc Boegly

Quartier Weissensee: Berlins grösster Holzbau, ein Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes und klimafreundlich Wohnen in der Stadt

Christoph Deimel
Deimel Oelschläger Architekten
Berlin, Deutschland



Quartier Weissensee: Berlins grösster Holzbau, ein Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes und klimafreundlich Wohnen in der Stadt

1. Quartier Weißensee: Berlins größter Holzbau

1.1. Modell für gemeinschaftliches, sozial ausgewogenes und klimafreundliches Wohnen in der Stadt

Im Berliner Stadtteil Weißensee ist ein Wohnquartier entstanden, das als Modell für künftiges qualitativ hochwertiges Wohnen in der Stadt dienen kann.

Gebaut wird vorwiegend mit Holz: Mit rund 12.000m² Nutzfläche ist das Stadtquartier derzeit eines der größten Holzbauprojekte Deutschlands und ein wichtiger Beitrag für nachhaltiges Bauen.

Die Häuser werden im KfW-40-Standard für eine gute Gesamtgebäudeenergiebilanz errichtet. Auf der Basis der Idee, ein soziales und nachhaltiges, funktionsgemischtes Stadtquartier im Herzen Berlins zu schaffen, entstand das Konzept von Wohnhäusern für rund 250 Menschen und Räume für genossenschaftliches und nachbarschaftliches Leben, angereichert um öffentliche Angebote für den Kiez.

Die kleine Siedlung aus fünf Häusern mit jeweils vier bis fünf Geschossen entsteht auf der ehemaligen Erweiterungsfläche eines angrenzenden jüdischen Friedhofs in Berlin-Weißensee. Ziel war es, das Quartier als Stadtmodell für soziales Miteinander zu entwickeln und einen Beitrag zu leisten zu einer lebendigen und lebenswerten Nachbarschaft mit vielfältigen und auch erschwinglichen Wohnungsangeboten.

Die Architekten Christoph Deimel und Iris Oelschläger betonen: «Wir haben eine architektonische und nachhaltige Antwort für das Anliegen des Bauherren gefunden, ein sozial orientiertes Stadtquartier zu entwickeln».

Ressourcen schonen und Energie sparen – das sind die weiteren Prämissen, die der Planung zu Grunde liegen. Durch die Konstruktion in Massivholz, das Fassadensystem als Holztafelbauweise mit Zellulosefüllung und einer Lüftungsanlage und Wärmerückgewinnung erreichen die Gebäude den KfW-40-Standard – d.h. sie verbrauchen 60% weniger Energie als ein vergleichbarer Neubau. Dazu die Architekten: «Nachhaltiges Bauen bedeutet für uns die Entwicklung von Konzepten, die sowohl ökologisch als auch sozial auf Dauer tragfähig sind».

Auch wirtschaftlich hat die Bauweise mit Holz viele Vorzüge. Durch die Standardisierung von Haustypen, Stützraster und Fassadenelementen wird eine Einsparung von Baukosten wie in der Bauzeit erreicht. Errichtet wird der Holzbau von der im westlichen Münsterland beheimateten Terhalle Unternehmensgruppe. «Aufgrund der eigenen Fertigungsanlagen für den Holzbau und der Fensterproduktion sowie der Durchführung aller Dachdeckerleistungen können wir die geschlossene Gebäudehülle durch den hohen Vorfertigungsgrad am Produktionsstandort Ahaus-Ottenstein optimal vorbereiten und somit effektiv auf der Baustelle in Berlin montieren», erläutert Josef Terhalle für sein Unternehmen.

Damit stellt die Verwendung des nachwachsenden Baustoffs Holz in einem Mix aus tradierter und hochmoderner Konstruktionsweise den Schlüssel dar für eine nachhaltige Bauweise – und bietet die Chance für die Entwicklung von innerstädtischem, grünen und zukunftsorientierten Wohnraum.



Abbildung 1: Blick in den gemeinschaftlichen Hof

Aufzählung:

- Holzbauquartier mit 12.000 m² Nutzfläche
- Wohnen und öffentliche Einrichtungen; Schwimmbad, Kiezküche, Kita
- Holzhybridbau im KfW40 Standard
- Holzskelettbau mit Massivholzdecken und Holztafelbaufassaden
- Wohnungsangebote für soziale Träger in Clusterwohnungen
- Fertigstellung September, Oktober 2019

Donnerstag, 24. Oktober 2019

Block C1

Erste Erfahrungen mit den Landesbauordnungen

Verwendbarkeitsnachweise für Holzbausysteme im Geschosswohnungsbau

Johannes Niedermeyer
Holzbau Deutschland Institut
Berlin, Deutschland



Verwendbarkeitsnachweise für Holzbausysteme im Geschosswohnungsbau

1. Einleitung

Für den Holzbau eröffnet sich seit einigen Jahren zunehmend das Marktsegment des Geschosswohnungsbaus. Während man 2011 mit den Genehmigungszahlen noch bei 1.8% für Mehrfamilienhäuser in Holzbauweise lag, entwickelten sich die Genehmigungen in 2016 bereits auf über 4%. Eine stetig wachsende Entwicklung, da insbesondere in den regionalen Ballungszentren der Bedarf an neuen Wohneinheiten groß ist. Allein in der Gebäudeklasse 4 haben Holzbauprojekte 2018 bundesweit eine 40- prozentige Steigerung erfahren.

Diese Situation stellt alle Akteure in der Planung und Ausführung vor die Aufgabe für die Verwendung in den höheren Gebäudeklassen geeignete und zugelassene Bauprodukte und Bauarten zu wählen. Zur Qualitätssicherung und zur Begrenzung von Haftungsrisiken müssen Hersteller und Ausführende über die Verwendbarkeit von Bauprodukten und Bauarten Nachweise führen.

Mittlerweile werden durch Produkthersteller zunehmend europäisch klassifizierte Bauprodukte in den Verkehr gebracht. Zusätzlich wurden seit Juli 2016 die Landesbauordnungen mit jeweiligen landespezifischen Verwaltungsvorschriften technischen Baubestimmungen (VV TB) überarbeitet und ergänzt, so dass das etablierte System der Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte und Bauarten zunehmend komplexer für die Anwender erscheint.

2. Bauordnungsrechtliche Grundlagen

Grundsätzlich wird in der Musterbauordnung (MBO) bei der Anwendung zwischen Bauprodukt (§ 16 b MBO) und Bauart (§ 16 a MBO) unterschieden.

2.1. Verwendbarkeitsnachweis

Nach Musterbauordnung (MBO) § 17 ist für ein Bauprodukt ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich, wenn

- es keine Technische Baubestimmung und keine allgemein anerkannte Regel der Technik gibt,
- das Bauprodukt von einer Technischen Baubestimmung (§ 85a Abs. 2 Nr. 3) wesentlich abweicht oder
- eine Verordnung nach § 85 Abs. 4a es vorsieht.

Ein Verwendbarkeitsnachweis ist nicht erforderlich für ein Bauprodukt,

- das von einer allgemein anerkannten Regel der Technik abweicht oder
- dass für die Erfüllung der Anforderungen nach MBO nur eine untergeordnete Bedeutung hat.

2.2. Bauprodukt

Unter Bauprodukte versteht man Produkte, Baustoffe, Bauteile und Anlagen sowie Bauteile, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden, bzw. um mit dem Erdboden verbunden zu werden.

Hinsichtlich der Verwendbarkeit von Bauprodukten, die von einer technischen Regel bzw. Baubestimmung abweichen, unterscheidet die Musterbauordnung (MBO) zwischen

- **allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung (abZ)**
Eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung wird durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) ausgestellt. Sie gilt in der Regel für fünf Jahre. In der Zulassung können durchaus Angaben zum Einbau enthalten sein. Ob zusätzlich eine Bauartgenehmigung erforderlich ist, kann nicht pauschal beurteilt werden.
Beispiel: Kabelabschottung

- **allgemeinem bauaufsichtlichen Prüfzeugnis (abP)**
Das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis gilt für Bauprodukte, die nach allgemein anerkannten Prüfverfahren beurteilt werden. Die Prüfungen und die Ausstellung des abP erfolgt durch die Materialprüfanstalten.
Beispiel: Wand in Holzständerbauweise mit biogenen Dämmstoffen
- **Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten im Einzelfall (ZiE)**
Mit Zustimmung der obersten Bauaufsichtsbehörde dürfen im Einzelfall Bauprodukte verwendet werden, wenn ihre Verwendbarkeit nachgewiesen ist. Die Zustimmung ist zu beantragen.
Eine Zustimmung im Einzelfall darf nicht auf andere Einbauorte desselben Bauvorhabens und nicht auf andere Bauvorhaben übertragen werden.

2.3. Bauart

Unter einer Bauart versteht man das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen.

Bei Bauarten unterscheidet die Musterbauordnung (MBO) zwischen

- geregelter Bauart nach technischen Baubestimmungen
- **allgemeinen bauaufsichtlichem Prüfzeugnis für Bauarten (abP)**
Das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis gilt für nicht geregelte Bauarten, für die es allgemein anerkannte Prüfverfahren gibt. Die Prüfungen und die Ausstellung des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (abP) erfolgt durch die Materialprüfanstalten.
- **allgemeinen bauaufsichtlichem Prüfzeugnis für Bauarten (abP)**
Das allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnis gilt für nicht geregelte Bauarten, für die es allgemein anerkannte Prüfverfahren gibt. Die Prüfungen und die Ausstellung des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (abP) erfolgt durch die Materialprüfanstalten.
- **vorhabenbezogener Bauartgenehmigung (vBG)**
Die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung wird durch die zuständige oberste Baubehörde im jeweiligen Bundesland erteilt. Sie kommt für Bauarten zur Anwendung, die von Technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen oder für die es keine allgemein anerkannte Regel der Technik gibt.

In der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen werden insbesondere in den Teilen C und D Regelungen zu der Verwendbarkeit von Bauprodukten und Bauarten aufgeführt.

- Teil C enthält Regelungen für die Verwendung von Bauprodukten, die nicht die CE Kennzeichnung nach der Bauproduktenverordnung tragen. Weiterhin werden Festlegungen zu Bauprodukten und Bauarten getroffen, für die ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis vorgesehen ist.
- Teil D enthält Informationen zu Bauprodukten, für die kein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich ist. Ferner enthält dieser Teil Regelungen zu freiwilligen Herstellerangaben in Bezug auf wesentliche Merkmale harmonisierter Bauprodukte, die nicht von der CE-Kennzeichnung der zugrundeliegenden technischen Spezifikation erfasst sind.

Hinweis zur Europäischen Technischen Bewertung (ETA):

ETA's erfüllen nicht grundsätzlich die nationalen Anforderungen nach den Landesbauordnungen (LBO) und den zugehörigen Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen (VV TB). In eine ETA können aber länderspezifische Leistungsmerkmale aufgenommen werden, um die nationalen Bauwerksanforderungen zu erfüllen. Bei ETA's ist daher immer ein Abgleich zwischen der ausgewiesenen Leistung und der nationalen Anforderungen notwendig.

Bauarten und Bauprodukte/Bausätze gemäß MVV TB			
Bauarten – 3. Teil MBO Bauarten ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen		Bauprodukte – 4. Teil M § 16 b MBO - Allg. Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten	
§ 16a MBO		Bauprodukte und Bausätze mit CE-Kennzeichnung - § 16 c MBO	Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 MBO
Anwendbarkeit der Bauart		Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (MBO / VwV TB) entsprechen	„Geregelte Bauprodukte“
„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“	Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA	„Nicht geregelte Bauprodukte“
Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung	Hersteller erstellt Leistungserklärung (DoP) mit Angabe mind. einer Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hENEAD; werden weitere wesentliche Merkmale nicht erklärt, müssen diese als NPd (No Performance Determined) deklariert werden.	Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / technischen Baubestimmung
	VwV TB C4		Bauprodukt abweichend von techn. Regel bzw. Baubestimmung bzw. ohne techn. Regel
	aBG, abP, vBG		VwV TB C2
			kein Verwendbarkeitsnachweis
			abZ, abP, ZIE
Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16a Abs. 5 MBO		<ul style="list-style-type: none"> Nachweis von zus. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB [ehem. LT8 II] 	Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller
			Ü-Zeichen

Abbildung 1: Bauarten und Bauprodukte gemäß MVV TB, Stand 12/2018, INFORMATIONSDIENST HOLZ Holzbau Handbuch Reihe 3, Teil 5, Folge 1 «Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen», Prof. Dr.-Ing. Dirk Kruse

2.4. Abweichungen

Hinsichtlich der unterschiedlichen Arten von möglichen Abweichungen im Rahmen des Bauordnungsrechts, besteht in der Praxis häufig Unklarheiten, wie eine Abweichung im bauaufsichtlichen Sinne korrekt einzuordnen ist. Die korrekte Einordnung der Art der Abweichung ist aber entscheidend für die weitere Nachweisführung im bauaufsichtlichen Verfahren. Die folgende Übersicht stellt die verschiedenen Verfahren gegenüber.



Abbildung 2: Umgang mit Abweichungen im bauaufsichtlichen Verfahren, INFORMATIONSDIENST HOLZ Holzbau Handbuch Reihe 3, Teil 5, Folge 1 «Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen», Prof. Dirk Kruse

Die entscheidende Frage bei dem zuvor dargestellten Prozedere ist: handelt es sich um eine wesentliche Abweichung, ja oder nein? Sie bestimmt den Aufwand in der Ausführungsplanung.

Für die Anforderungen an den Brandschutz ist eine nicht wesentliche Abweichung von den im Verwendbarkeitsnachweis zugesicherten Eigenschaften der Konstruktion derart charakterisiert, dass durch sie die Feuerwiderstandsfähigkeit der Konstruktion nicht negativ beeinflusst wird. Diese Beurteilung sollte i.d.R. durch einen Brandschutzexperten vorgenommen und durch den Ausführenden bestätigt werden. Letzterer trägt die Verantwortung.

3. Anwendung

Im Geschosswohnungsbau werden ab der Gebäudeklassen 3 zunehmend Holztafelbauwände mit Massivholzdecken in der Anwendung kombiniert. Damit befindet man sich aktuell in den meisten Bundesländern schon im Bereich der Abweichung von der aktuellen technischen Baubestimmung, der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHolzR (2004). Eine Anpassung an den Stand der Technik im Holzbau und die Erfordernisse der planenden und ausführenden Praxis ist unabdingbar.

3.1. Holztafelbau

Üblicherweise werden im Holztafelbau insbesondere Außenwände als Einzelelemente beidseitig geschlossen vorgefertigt und vor Ort montiert. Hierzu gibt es folgende Regelung in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB).

Lfd. Nr.	Bauprodukt	Technische Regeln /Ausgabe	Übereinstimmungsbestätigung
C 2.3.1.4	Beidseitig bekleidete oder beplankte nicht geklebte Wand-, Decken- und Dachelemente, z. B. Tafелеlemente für Holzhäuser in Tafelbauart	DIN 1052:2008-12 und DIN 1052/Berichtigung 1:2010-05 Zusätzlich gilt sinngemäß: Richtlinie für die Überwachung von Wand-, Decken- und Dachtafeln für Holzhäuser in Tafelbauart nach DIN 1052 Teil 1 bis Teil 3 (1992-06) Je nach Bauprodukt gilt: DIN 4102-4:1994-03, DIN 4102-4/A1:2004-11 und DIN 4102-22:2004-11 In Verbindung mit Anlage 0.1.1	ÜZ, gilt auch für Nichtserienfertigung

Abbildung 3: Auszug aus der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen MVV TB: 08-2017, Teil C 2.3.1.4

3.2. Anforderungen an den Brandschutz

Zusätzlich sind nach der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHolzR (2004) konstruktive Anforderungen an das Bauprodukt der gekapselten Holztafelbauweise (K₂₆₀) zu stellen.

C 3.21	Hochfeuerhemmende Bauteile, deren tragende, aussteifende und raumabschließende Teile aus Holz oder Holzwerkstoffen bestehen und die allseitig eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen (Brandschutzbekleidung) und Dämmstoffe aus nichtbrennbaren Baustoffen haben	für die Anforderungen des Brandschutzes: Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise - HFHHolzR (2004-07) unter Beachtung von A 2.2.4 für den Schallschutz: DIN EN ISO 10140-1:2014-09, DIN EN ISO 10140-2, -4:2010-12, DIN EN ISO 10140-3:2015-11, DIN EN ISO 10140-5:2014-09, DIN EN ISO 717-1, -2:2013-06 für die Absturzsicherung: ETB-Richtlinie „Bauteile, die gegen Absturz sichern“ (1985-06)	02
--------	--	--	----

Abbildung 4: Auszug aus der Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen MVV TB: 08-2017, Teil C 3.21

4. Weitere Entwicklung

In Bezug auf die zuvor genannten Regelungen wurde eine Weiterentwicklung und Fortschreibung in den entsprechenden Normungsgremien und bauaufsichtlichen Gremien angestoßen, so dass für 2020 mit wesentlichen Neuerungen gerechnet werden darf.

4.1. Entwurf der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzbauRI

Der Entwurf wurde im Mai 2019 veröffentlicht und hat in der breiten Fachöffentlichkeit große Resonanz hervorgerufen. Gegenwärtig werden die zahlreichen Stellungnahmen bearbeitet und für eine in 2020 neuerscheinende Fassung bearbeitet.

Bereits jetzt darf man davon ausgehen, dass man sich bei Erarbeitung des zukünftigen Regelwerks an den Möglichkeiten der Landesbauordnungen Berlin und Baden-Württemberg sowie der aktuell laufenden Forschungsprojekte TIMpuls und Holzbaurichtlinie Baden-Württemberg orientiert, um bestmöglich den Stand der Technik im Holzbau 2020 abzubilden.

5. Literatur

- [1] Gütegemeinschaft Holzbau Ausbau Dachbau e.V.: Erläuterung zum Bauprodukt nach MVV TB, Teil C, Lfd. NR. C 2.3.1.4 «Beidseitig bekleidete oder beplankte nicht geklebte Wand-, Decken- und Dachelemente, z.B. Tafелеlemente für Holzhäuser in Tafelbauart», <https://www.ghad.de/>
- [2] Gütegemeinschaft Trockenbau e.V. Merkblatt 01/ 3. komplett überarbeitete Neuauflage
- [3] INFORMATIONSDIENST HOLZ Holzbau Handbuch Reihe 3, Teil 5, Folge 1 «Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen»: <https://informationsdienst-holz.de/publikationen/>
- [4] INFORMATIONSDIENST HOLZ spezial «Baustoffe für den konstruktiven Holzbau»: <https://informationsdienst-holz.de/publikationen/>
- [5] Lagebericht 2018 von Holzbau Deutschland: https://www.holzbau-deutschland.de/aktuelles/lagebericht_und_statistiken/
- [6] Mikado plus, Themenmagazin für Zimmermeister Juli 2019 «Baurechtskonformes Planen und Bauen in Holz – So geht’s richtig»
- [7] Musterbauordnung MBO mit Änderungen vom 13.05.2016: <https://www.bauministerkonferenz.de>
- [8] <https://www.feuertrutz.de/richtiger-umgang-mit-verwendbarkeitsnachweisen-und-abweichunge/150/25277/>

Bauen mit Holz in der GK 4 in Nordrhein-Westfalen

Burkhard Walter
B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH
Aachen, Deutschland



Bauen mit Holz in der GK 4 in Nordrhein-Westfalen

Nach etlichen Jahren sind seit Januar 2019 auch in NRW aufbauend auf der MBO Gebäudeklassen eingeführt worden. Hiernach werden 5 Gebäudeklassen unterschieden.

Tabelle 1: Gebäudeklassen nach MBO 2002 [holzbauhandbuch | Reihe 3 | Teil 5 | Folge 1 | S.11]

GK 1a	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
freistehende Gebäude OKF ≤ 7 m ≤ 2 Nutzungseinh. Σ NE ≤ 400 m ² 	nicht freistehende Gebäude OKF ≤ 7 m ≤ 2 Nutzungseinh. Σ NE ≤ 400 m ² 	sonstige Gebäude mit einer OKF ≤ 7 m 	OKF ≤ 13 m Nutzungseinh. mit jeweils ≤ 400 m ² 	sonstige Gebäude 
GK 1b freistehende Gebäude land- und forstwirtschaftl. genutzt 				
Feuerwehreinsatz mit Steckleitern möglich			Feuerwehreinsatz mit Drehleitern nötig	

Mit Ausnahme der **Gebäudeklasse 1**, für die keine Anforderungen an den Brandschutz bestehen, d.h. **F0** oder **R0**, sind an alle weiteren Gebäudeklassen Anforderungen an den Brandschutz gestellt.

Vorsicht ist bei ausgedehnten landwirtschaftlichen Gebäuden und Industriehallen geboten. Je nach Brandschutzkonzept sind hier Brandschutzwände erforderlich. **Ein brandlastfreier Bereich von ≥ 6m entspricht einer Brandwand**. Dies ist bei vielen ausgedehnten landwirtschaftlichen und industriellen Gebäuden eine wirtschaftliche Alternative, die zudem die Nutzung kaum beeinträchtigt.

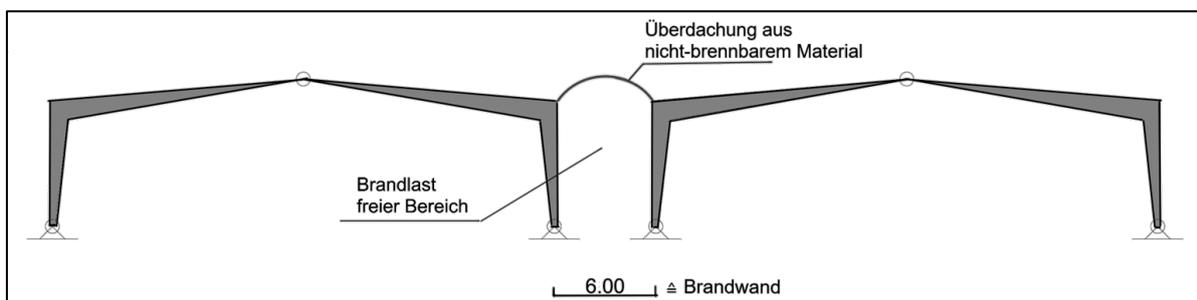


Abbildung 1: Zwei verbundene Lagerhallen, Querschnitt [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

Für die **Gebäudeklasse 2** bestehen Anforderungen an den Brandschutz von 30 Minuten. Hier ist zu beachten, dass die Nutzungseinheiten ≤ **400m²** und die maximale Höhe **OKF ≤ 7m** beträgt.

Die **Gebäudeklasse 3** entspricht im Wesentlichen der alten Gebäudeklassifikation «niedriger Höhe». Bei diesen Gebäuden ist eine Begrenzung der oberen Geschosswohnungshöhe (**OKF**) von **maximal 7m** einzuhalten. Für diese Gebäude ist ebenfalls eine Brandschutzdauer von 30 Minuten einzuhalten.

Sind bei diesen Gebäuden der GK 3 **Brandwände erforderlich**, sind diese Wände **hochfeuerfest, ohne mechanische Beanspruchung** ausführbar. Die hochfeuerfesten Wände sind bis unter die Dachhaut zu führen!

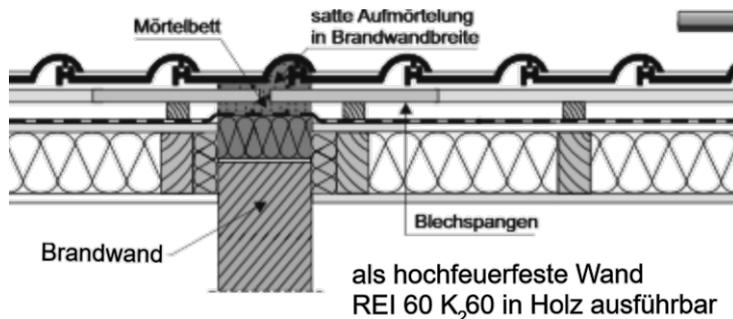


Abbildung 2: Dachanschluss einer ungedämmten Brandwand [FeuerTRUTZ GmbH | Brandschutzatlas]

Die wesentliche Änderung bezogen auf den Holzbau, ist die **Einführung der Gebäudeklasse 4**. Diese Gebäudeklasse beinhaltet Gebäude, die eine maximale Fussbodenhöhe von **13m** nicht überschreiten. Die jeweiligen Nutzungseinheiten dürfen nicht grösser als **400m²** sein.

In der LBO NRW ist erstmalig bezugnehmend auf die MBO die Feuerwiderstandsdauer hochfeuerhemmend aufgeführt. Gebäude der **GK 4 müssen hochfeuerhemmend** ausgeführt werden. Hochfeuerhemmend bedeutet, dass die Oberfläche nicht brennbar ist und der gesamte Feuerwiderstand nach der Einheitstemperaturkurve (ETK) mindestens 60 Minuten beträgt (REI 60).

Bei den Gebäuden der GK 5 handelt es sich um Gebäude bis zu einer Geschoss-wohnungshöhe von 22m. Diese Gebäude müssen im Allgemeinen feuerbeständig ausgeführt werden.

Nach der **LBO §26 Absatz 3 dürfen in Abweichung hierzu auch für die Gebäudeklasse 5 Baustoffe aus brennbaren Baustoffen zugelassen** werden, wenn die Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über die Grenzen von Brand- und Rauchabschnitten übertragen werden (RE).

Insbesondere wird der sichtbare Einsatz von frei liegenden Massivholzdecken nach diesem Paragraphen nicht ausgeschlossen.

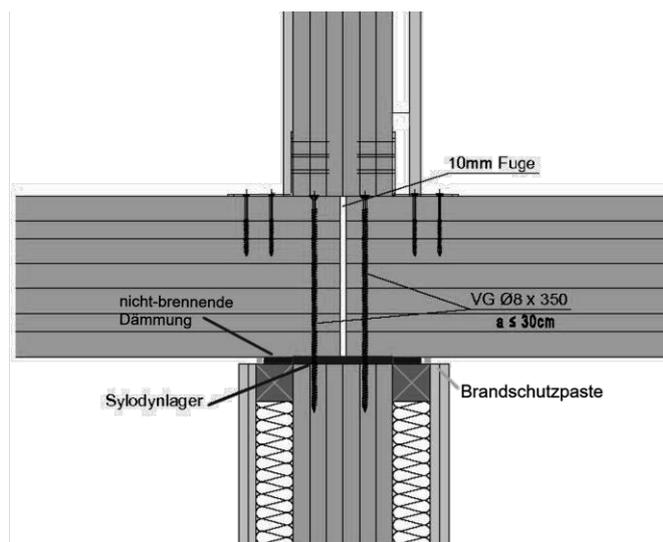


Abbildung 3: Sichtbare Massivholzdecke (Darstellung ohne Bodenaufbau) (Vertikalschnitt) [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

Die Klassifizierung der Feuerwiderstandsklassen erfolgt europäisch nach der DIN 13501-2.

Tabelle 2: Anforderungen an den Feuerwiderstand bei Bauteilen in der Gebäudeklasse 4
[Holzbauhandbuch | Reihe 3 | Teil 5 | Folge 1]

Bauteil	Feuerwiderstand nach DIN 4102-2	Bezeichnung nach DIN EN 13501-2
Tragende Wände ohne Raumabschluss im Regelgeschoss	F 60	R60
Tragende Wände mit Raumabschluss im Regelgeschoss	F 60	REI 60
Nichttragende Trennwände raumabschließend im Regelgeschoss	F 60	EI 60
Decken im Regelgeschoss	F 60	REI 60
Brandwandersatzwände	F 60 bei zusätzlicher mechanischer Beanspruchung	REI-M 60
Wände notwendiger Treppenträume	F 60 bei zusätzlicher mechanischer Beanspruchung	REI-M 60
Tragende Bauteile ohne Raumabschluss im Kellergeschoss	F 90-AB	R 90
Tragende Bauteile mit Raumabschluss im Kellergeschoss	F90-AB	REI 90

Die weitere Klassifizierung von Baustoffen und Bauteilen erfolgt nach der Europäischen Klasse **DIN EN 13501-1**

Tabelle 3: Zuordnung der bauaufsichtlichen Benennungen zu den europäischen und nationalen Klassen
[Holzbauhandbuch | Reihe 3 | Teil 5 | Folge 1]

Bauaufsichtliche Benennung	Zusatzanforderungen		Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1	Klasse nach DIN 4102-1
	kein Rauch	kein brennb. Abfällen/Abtropfen		
Nicht brennbar	*	*	A1	A1
	*	*	A2 - s1 d0	A2
Schwer entflammbar	*	*	B, C - s1 d0	B1
	*	*	B, C - s3 d0	
	*	*	B, C - s1 d2	
	*	*	B, C - s3 d2	
Normal entflammbar		*	D - s3 d0	B2
		*	D - s3 d2	
		*	E - d2	
leicht entflammbar			F	B3

Tabelle 4: Definition der Klassen nach DIN EN 13501-1
[B. Walter Ingenieur. mbH]

Rauchentwicklung	Anforderung nach DIN EN 13501
s1	Keine/kaum Rauchentwicklung
s2	Begrenzte Rauchentwicklung
s3	Unbeschränkte Rauchentwicklung
Abtropfen	Anforderung nach DIN EN 13501
d0	Kein Abtropfen
d1	Begrenztes Abtropfen
d2	Starkes Abtropfen

1. Schottungssysteme

Grundsätzlich sind die Installationen horizontal oder auch vertikal brandschutzmässig zu schotten. Idealerweise werden hier zugelassene Systeme verwendet. Dies muss im Einzelfall mit dem Brandschutzsachverständigen abgeklärt werden.

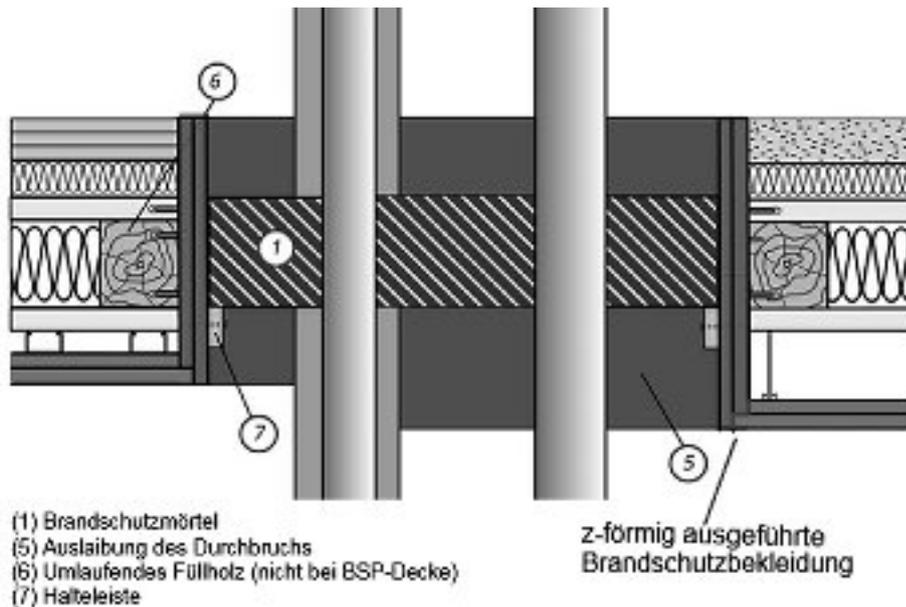


Abbildung 4: Horizontales Brandschott in Holzbalkendecke [HBT GmbH]

Nach dem neuen Entwurf der «**Muster Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäudeklassen 4 und 5**» (M-HolzBauRL), dürfen einzelne elektrische Leitungen oder einzelne Hüllrohre aus nicht-brennbaren Leitungen mit maximal 3 Leitungen durch Wände innerhalb der gleiche Nutzungseinheit geführt werden. Die verbleibenden Hohlräume sind mit nichtbrennbaren Baustoffen zu verspachteln.

1.1. Raumabschliessende Wände

Sind raumabschliessende Wände erforderlich, können die Wandaufbauten dieser Wände nach dem **EC 5 Teil 2 individuell berechnet werden**.

Nach dieser Norm werden die Zeiten der einzelnen Schichten aufaddiert. Die anteilmässig grösste Zeit nach dieser Berechnung ergibt der Ansatz einer nichtbrennbaren Dämmung. Unter Ansatz einer doppelten Beplankung auf beiden Seiten können problemlos **raumabschliessende Wände bis REI 60** hergestellt werden.

$$t_{ins} = \sum t_{ins,0,i} \cdot k_{pos} \cdot k_j$$

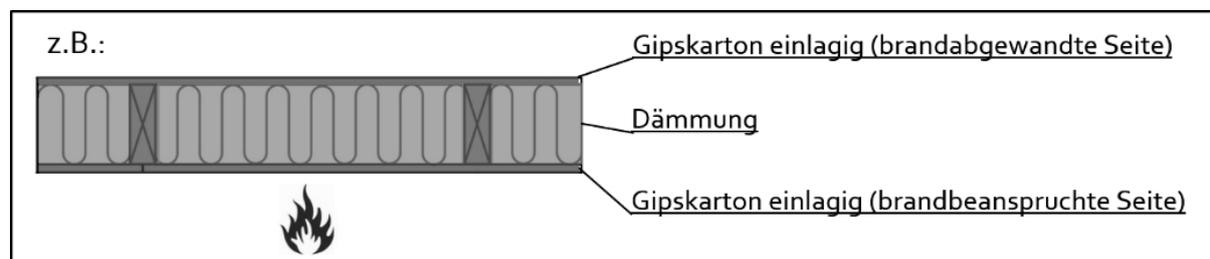


Abbildung 5: Beispiel zur Berechnung (Raumabschliessende Wand) [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

$$\sum t_{ins} = t_{ins,GK,1} + t_{ins,Dämmung,2} + t_{ins,GK,3}$$

Hierbei ist sowohl vertikal als auch horizontal in den anschliessenden Fugen ein Brand- und Rauchdurchtritt zu verhindern. Die Musterrichtlinie Holzbau empfiehlt an diesen Stellen eine komprimierte ca. 2cm dicke Dämmung vorzusehen.

Falls an die tragenden Wände Anforderungen an die Tragfähigkeit von R30 und an die raumabschliessenden Wände die Forderung einer REI 60 Wand bestehen, sind auch hier besonders die Flankenübergänge zu detaillieren und auszuführen.

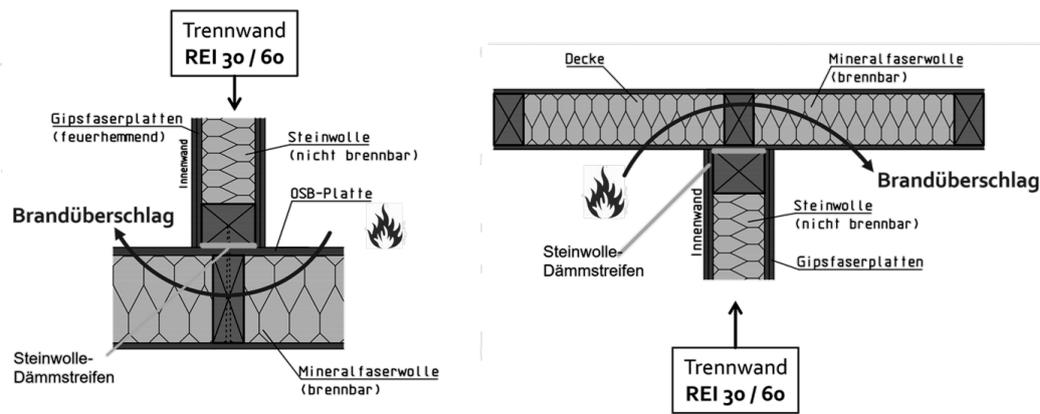


Abbildung 6: Beispiele für Anschluss einer raumabschliessenden Wand: links: Wand an Wand; rechts: Wand an Decke [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

2. Gebäudeabschlusswände

Wie beschrieben, dürfen **Gebäudeabschlusswände der Gebäudeklasse 3** in der **Holztafelbauweise** hergestellt werden. Diese Wände müssen **hochfeuerhemmend in der Klassifikation REI 60 K₂₆₀** ausgeführt werden.

Die Klassifikation K₂₆₀ ist durch eine zweilagige, jeweils 18mm dicke Gipsfaserplatte herzustellen. Hiermit wird erreicht, dass nach einem 60-minütigen Normbrand nach der ETK die Temperatur **unterhalb der Gipsfaserplatten weniger als 270°C** beträgt. D.h., dass bei einem Brandereignis von 60 Minuten die tragenden Hölzer noch nicht entzündet sind.

Gebäudeabschlusswände der Gebäudeklasse 4 dürfen ebenfalls in der Holztafelbauweise hergestellt werden. Für diese Wände besteht die Anforderung **REI 60-M K₂₆₀**. Die Forderung M bedeutet, dass nach der Zeitdauer von 60 Minuten die Wandkonstruktion einer mechanischen Beanspruchung (Pendelschlag) standhalten muss und weiterhin tragfähig bleibt.

Bei diesen Wänden wird zwischen den Gipsfaserplatten ein **0.38mm dickes Stahlblech** angeordnet. Alternativ kann zwischen dem Stiel und den Platten eine **18mm dicke OSB-Platte** angebracht werden.

Infolge der zusätzlich erforderlichen mechanischen Beanspruchung müssen die **Abstände** der Stiele von dem Normmass von 62.5cm auf **31.5cm** reduziert werden.

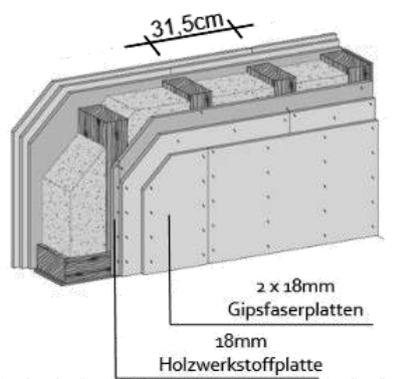


Abbildung 7: Wandaufbau für mechanisch-beanspruchte Wand mit Holzwerkstoffplatte 18mm [Fermacell]

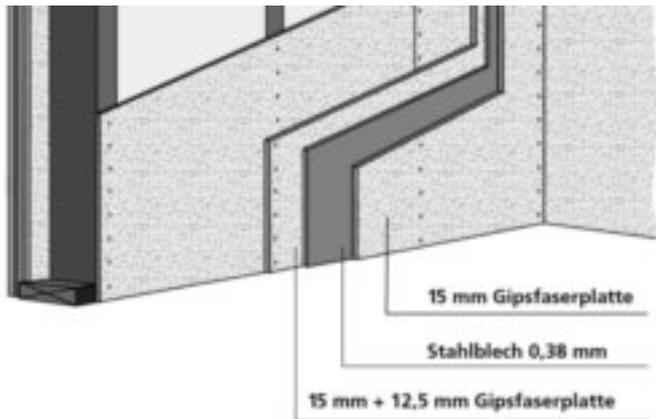


Abbildung 8: Wandaufbau für mechanisch-beanspruchte Wand mit Stahlblech [Fermacell]

Bei einer Ausführung der Wände aus Massivholz (Brettspertholz) sind neben den Beplanungen mit Gipsfaserplatten keine weiteren Platten erforderlich.

3. Details nach M-HolzBauRL

3.1. Holztafelbaueise

Falls das Brandschutzkonzept keine Alternativen vorgibt, sind alle Holztafelelemente sowohl Wände als auch Decken je Seite mit zweimal 18mm dicken Gipsfaserplatten zu bekleiden. Hier sind insbesondere die Anschlüsse Decke – Wand (Vertikal) und Wand – Wand (Horizontal) zu beachten. Die Ausführung erfolgt in **gekapselter Bauweise, R 60 K₂60**, wenn nicht mit dem Brandschutzgutachter andere Klassifikationen besprochen wurden.

Eine Kapselung K₂60 bedeutet eine Ausführung mit einer zweilagigen Gipsfaserbeplankung zweimal 18mm. Die Stiele hinter der Bekleidung müssen auch nach einem Brand von 60 Minuten eine Temperatur $\leq 270^{\circ}\text{C}$ betragen.

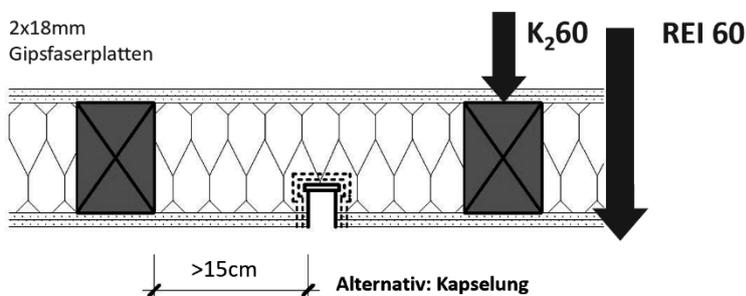
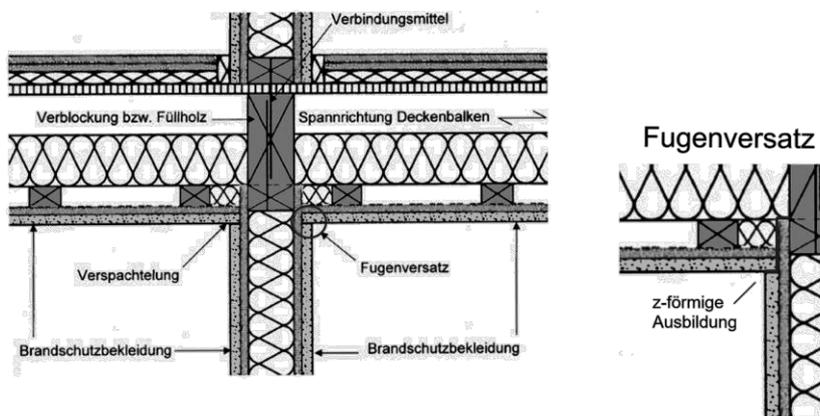
Abbildung 9: Kapselung R 60 K₂60 [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

Abbildung 10: Anschluss tragende und raumabschließende Wand an Decke, Spannrichtung der Deckenbalken senkrecht zur Wand (Vertikalschnitt) und Detail Fugenversatz [Muster-Richtlinie 23.05.19]

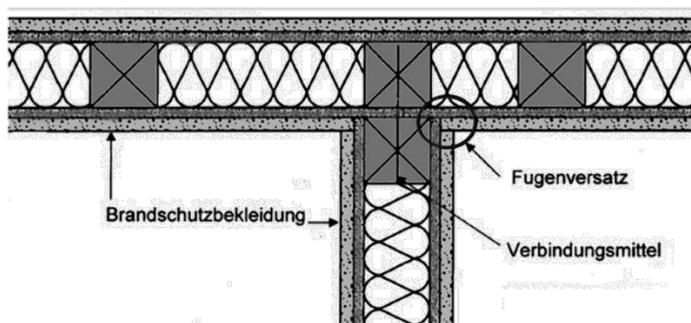


Abbildung 11: Anschluss tragende, raumabschliessende Wand an durchlaufende Wand mit zusätzlichem Stiel, stumpf gestossener Bauteilanschluss (Horizontalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

Bei der zweilagigen Ausführung sind insbesondere die **Fugenversätze** sorgfältig zu planen und auszuführen.

Bei evtl. erforderlichen Bauteilöffnungen sind die Laibungsbeplankungen ebenfalls mit Fugenversätzen zu versehen.

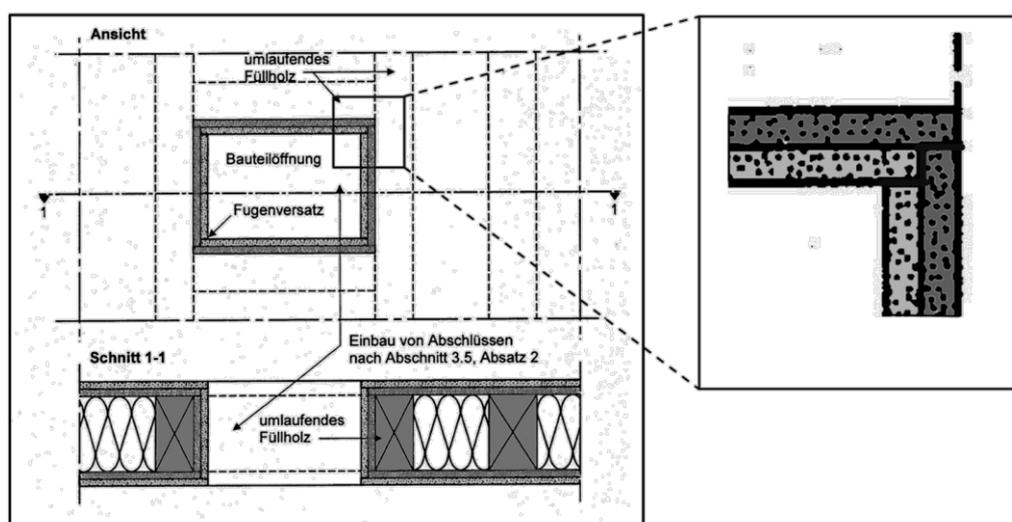


Abbildung 12: Ausbildung einer Bauteilöffnung [Muster-Richtlinie 23.05.19]

3.2. Dickholzbauweise

Nach der mehrfach erwähnten **M-HolzBauRL** sind Gebäude in Massivholzbauweise mit sichtbar verbleibenden Decken und Wänden bis zu einer OKF Höhe von 22m möglich. Wegen der **immobilen höheren Brandlast** wird die Grösse der jeweiligen Nutzungseinheit auf maximal **200m²** begrenzt. Die Ausführung der sichtbaren Holzbereiche ist prozentual nach Angabe des Brandschutzkonzeptes begrenzt.

In den meisten Fällen werden die Decken z.T. sichtbar verbleiben. Die Wände erhalten sowohl aus Gründen des Brandschutzes als auch aus Gründen des Schallschutzes weitere nichtbrennbare Bekleidungen.

Brandwände und Treppenraumwände in der GK 5 müssen in Massivbauweise (Stahlbeton oder Mauerwerk) ausgeführt werden.

Die Feuerwiderstandsdauer kann gemäss EC 5 T.2 über Abbrand nachgewiesen werden.

Bei der Ausführung von sichtbar verbleibenden Wänden und Decken, muss vor allem die Rauchdichtigkeit sorgfältig geplant und ausgeführt werden.

Nachfolgend sind nach der Richtlinie einige Detailpunkte einer möglichen Rauchdichtigkeit angegeben.



Abbildung 13: Wand mit Vorsatzschale (Horizontalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

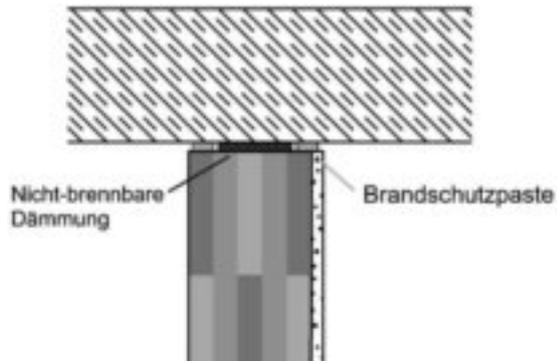


Abbildung 14: Anschluss Wand-Treppenraumwand, mit Steinwolle ausgestopfte Stossfuge und Brandschutzdichtmasse (Horizontalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

Bei den Decken ist eine **ausreichende Rauchdichtigkeit** vorhanden, wenn nach Abb. 15 ein **mehrschichtiger Fussbodenaufbau** vorhanden ist, wie es in den meisten Fällen aus Schallschutzgründen ohnehin der Fall ist.

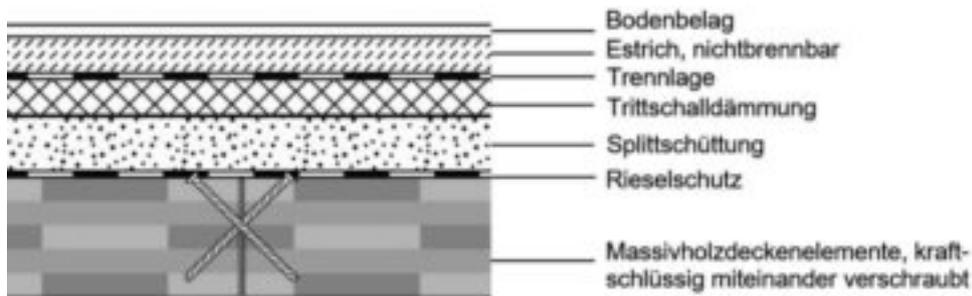


Abbildung 15: unbekleidete Massivholzdecke mit verschraubter Elementfuge und mehrschichtigem Fussbodenaufbau (Vertikalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

In den weiteren aufgeführten Details sind der Anschluss Decke-Wand in Massivholzbauweise und der Anschluss einer Holzdecke an eine durchgehende Stahlbetonwand dargestellt.

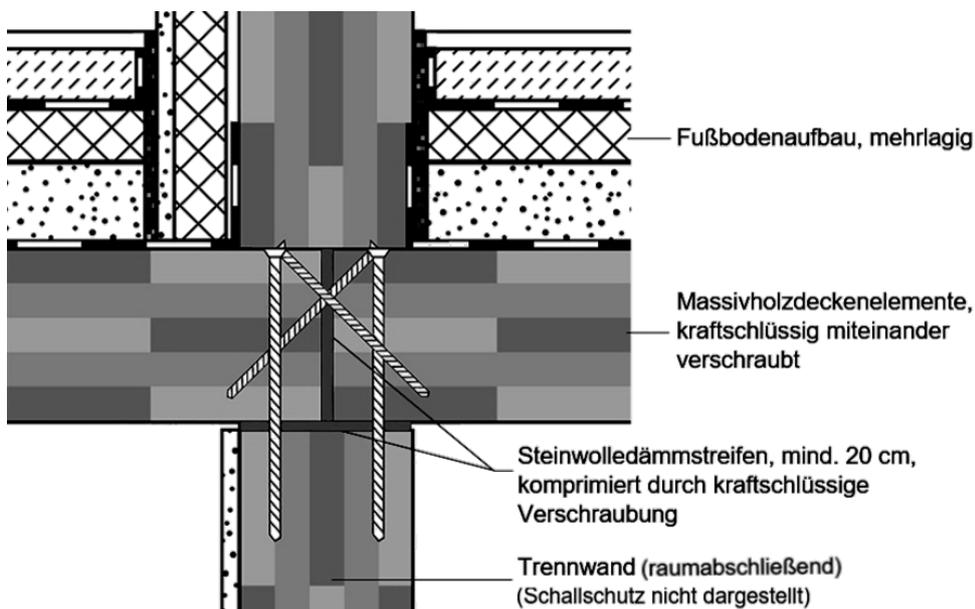


Abbildung 16: Bauteilanschluss raumabschliessende Wand / Decke (Vertikalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

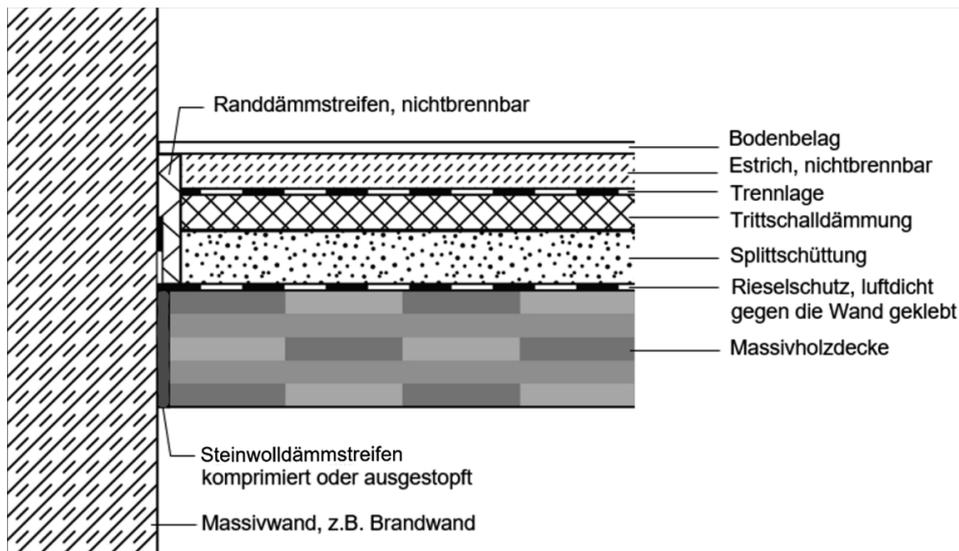


Abbildung 17: Bauteilanschluss unbekleidete Massivholzdecke an Massivwand (Vertikalschnitt)
[Muster-Richtlinie 23.05.19]

Neben dem nach der LBO und den Brandschutzkonzepten einzuhaltenden Brandschutz ist bei unterschiedlichen Nutzungseinheiten der **Schallschutz** von grosser Bedeutung. Hier sind insbesondere die **Mindestanforderungen der DIN 4109** einzuhalten.

Der Schallschutz muss mit den Auftraggebern diskutiert und vereinbart werden.

4. Aussenwandbekleidung und Brandsperrn

4.1. Horizontale Brandsperrn

Nach der M-HolzBauRL ist auf der Aussenwand für die Gebäudeklassen 4 und 5, sofern keine durchgehende, nichtbrennbare Bekleidung vorhanden ist, eine mindestens 15mm dicke nichtbrennbare Trägerplatte anzubringen. Die Tiefe der **Hinterlüftung darf nicht grösser als 50mm** sein.

Bei den hinterlüfteten Aussenwandbekleidungen sind **geschossweise horizontale Brandsperrn** vorzusehen. Dies kann beispielsweise durch angeschraubte Stahlbleche oder nichtbrennbare Faserplatten ausgeführt werden.

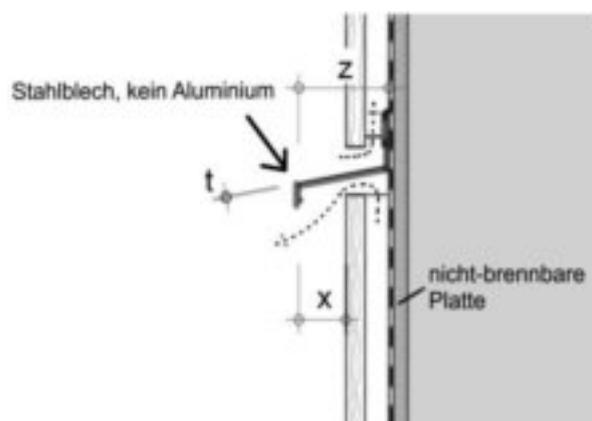


Abbildung 18a: Ausführung von horizontalen Brandsperrn mit Stahlblech (Vertikalschnitt)
[Muster-Richtlinie 23.05.19]

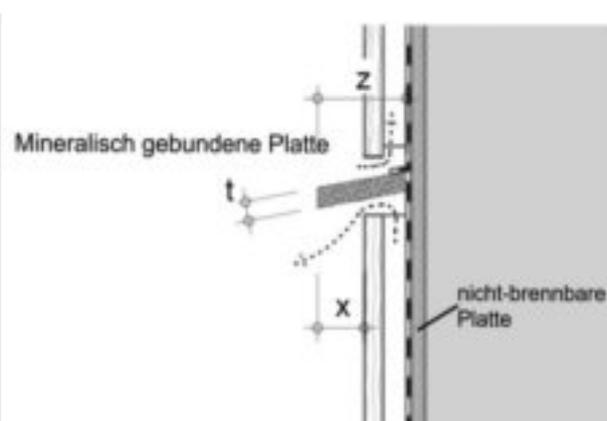


Abbildung 18b: Ausführung von horizontalen Brandsperrn mit mineralisch gebundener Platte (Vertikalschnitt)
[Muster-Richtlinie 23.05.19]

4.2. Vertikale Brandsperrn

Im **Bereich von Brandwänden** bzw. Wänden nach §30 MBO muss über eine Breite von **≥ 1m** eine vertikale Brandsperrn ausgebildet werden. Dies kann z.B. über eine nichtbrennbare Fassadenplatte erfolgen. Die Unterkonstruktion dieser Platte muss als Metallkonstruktion hergestellt werden.

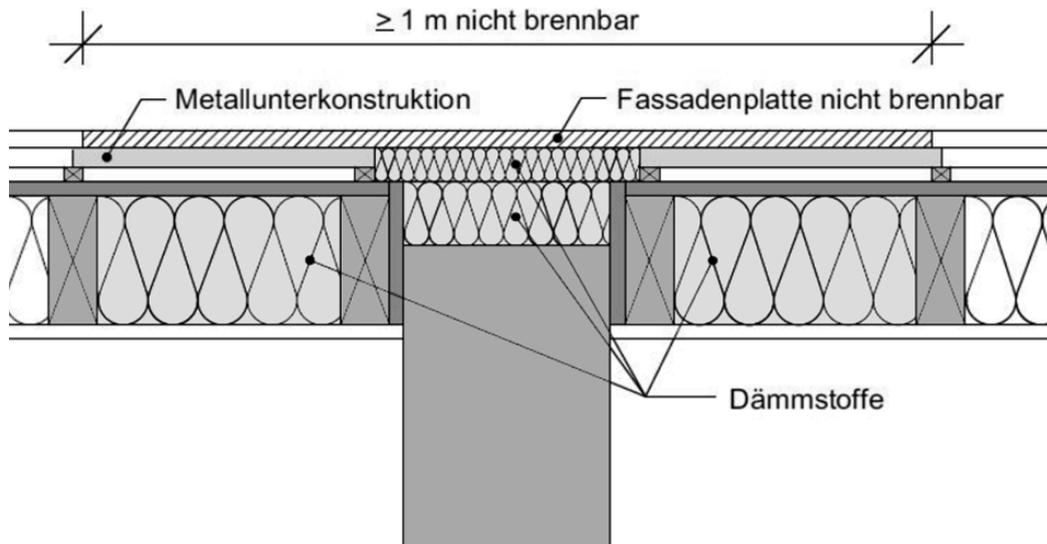


Abbildung 19: Ausbildung Aussenwandverkleidung im Bereich von Brandwänden (Horizontalschnitt)
[Muster-Richtlinie 23.05.19]

5. Beispiele Gebäudeklasse 3

5.1. Jowat - Haus der Technik

Bei dem Projekt handelt es sich um ein Gebäude mit Forschungslaboren, Büroräumen, einer Ausstellungshalle und einem kleinen Hörsaal der Fa. Jowat in Detmold. Geplant wurde das Gebäude von «IfuH Architekten Koch Roedig Rozynski Partnerschaft mbH» und errichtet durch den Generalunternehmer Züblin.

Bis auf eine aus Brandschutzgründen erforderliche Stahlbetonwand, sind die wesentlichen Tragelemente aus Holz hergestellt. Im zweigeschossigen Bereich auf der rechten Seite wurden ca. 15m weit gespannte Holzbetonverbundträger als Tragelemente der Zwischendecke eingesetzt. Bemessungsrelevant für diese Träger war die Dynamik, die Träger wurden für eine 1. Eigenfrequenz von 5.3hZ bemessen.

Die Dachkonstruktion wurde mit freitragenden BSH Trägern ausgebildet.

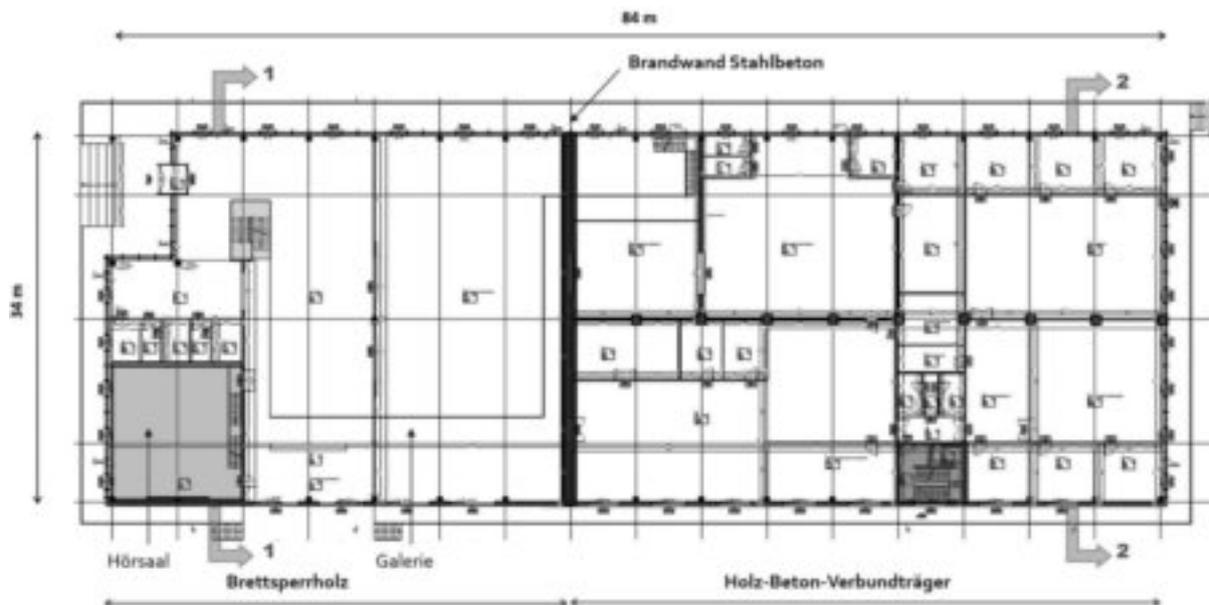


Abbildung 20: Grundriss Jowat [IfuH Architekten]

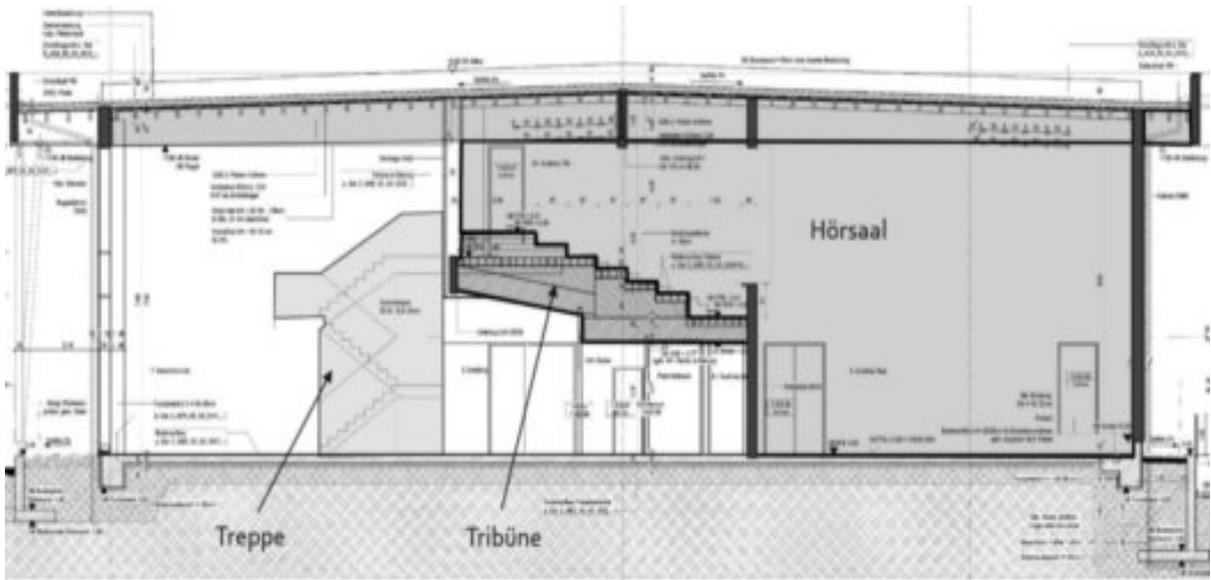


Abbildung 21: Schnitt 1 (Hörsaal) [IfuH Architekten]



Abbildung 22a: Treppe Jowat ©Stefan Müller



Abbildung 22b: Hörsaal Jowat ©Stefan Müller

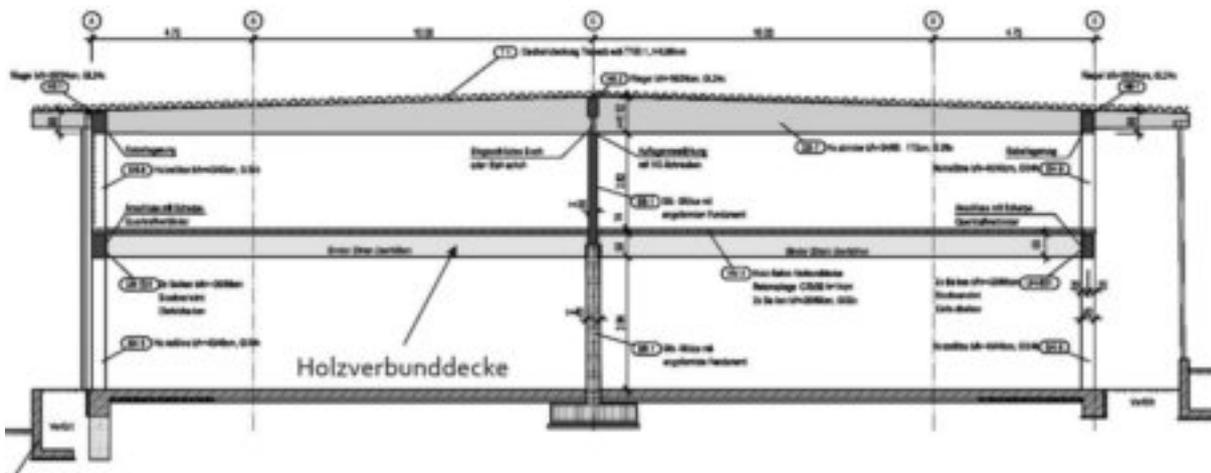


Abbildung 23: Schnitt 2 (Produktion und Labor) [IfuH Architekten]

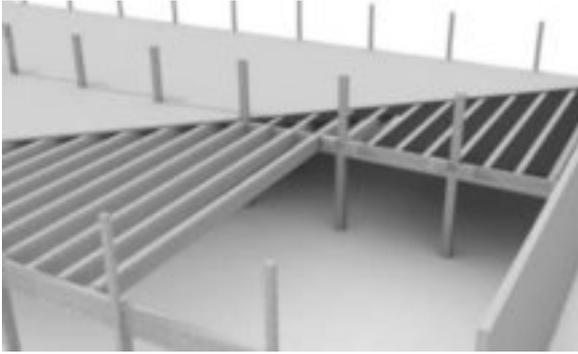


Abbildung 24a: Prinzip Holzverbunddecke [Züblin]



Abbildung 24b: Aufnahme Holzverbunddecke [B. Walter Ingenieurgesell. mbH]



Abbildung 25a: Labor mit Verbunddecke Jowat ©Stefan Müller



Abbildung 25b: Eingang Jowat ©Stefan Müller

5.2. Alfter Studentenwohnheim

Bei diesem Bauvorhaben handelt es sich um ein dreigeschossiges Studentenwohnheim, welches von «Knevels & Röttgen» geplant wurde. Bauherr dieses Projektes ist «Ville Projektentwicklung».

Die Treppenhäuser bei diesem Gebäude werden in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Aufgrund der **ausgehdehnten Länge** des Gebäudes musste ein **weiterer Brandabschnitt** durch eine Brandwand geplant werden, welche ebenfalls in Stahlbeton erstellt wird. Der Flur musste entsprechend dem Brandschutzkonzept als erforderlicher Flur vorgesehen werden. Mit Ausnahme der beschriebenen Stahlbetonteile, werden die Wände in der Holztafelbauweise erstellt. Die Decken sind als vorelementierte, sichtbare Brettstapeldecken geplant. An die tragenden und aussteifenden Decken besteht nach LBO die Forderung einer **R30** Konstruktion.

Zwischen den Wohneinheiten sowie zwischen dem Flur und den Wohneinheiten, ist nach der DIN 4109 mindestens ein Schallschutz von $R' = 53\text{dB}$ einzuhalten. Die Decken werden infolge der Schallschutzanforderungen als einfache Einfeldträger mit Fuge über den Auflagern ausgebildet. Die Wände sind einschalig mit entsprechender schallschutz-mässiger Aufdoppelung oder zweischalig ausgeführt. Auf den tragenden Wänden werden Schallschutzlager angegeben, auf welche die Decken aufliegen und dadurch schallschutztechnisch entkoppelt sind.

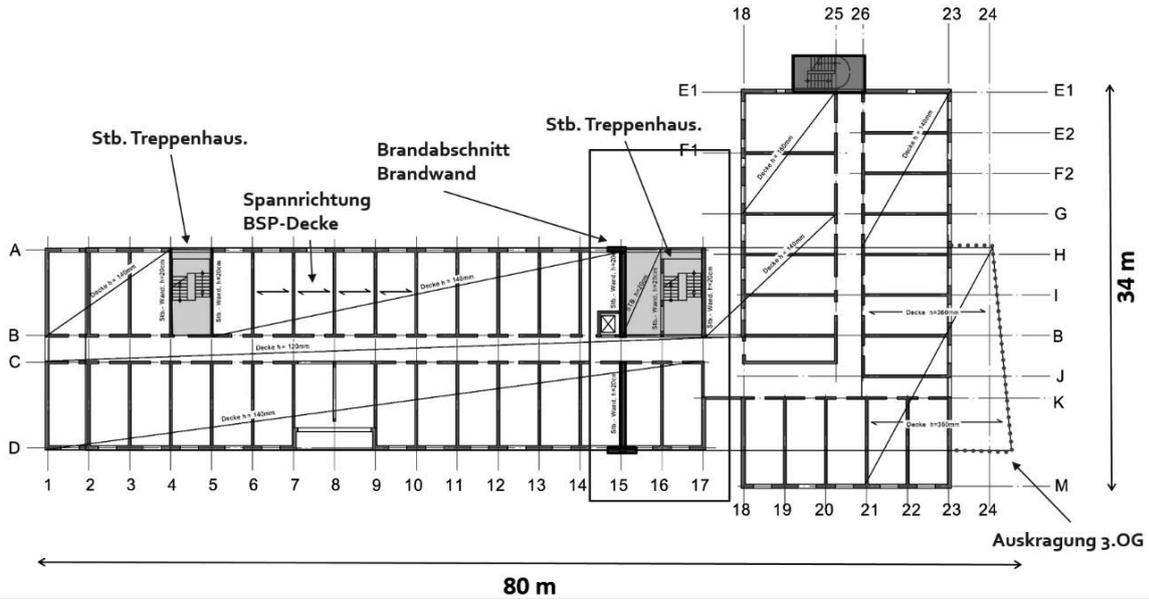


Abbildung 26: Grundriss Alfter [Knevels & Röttgen]

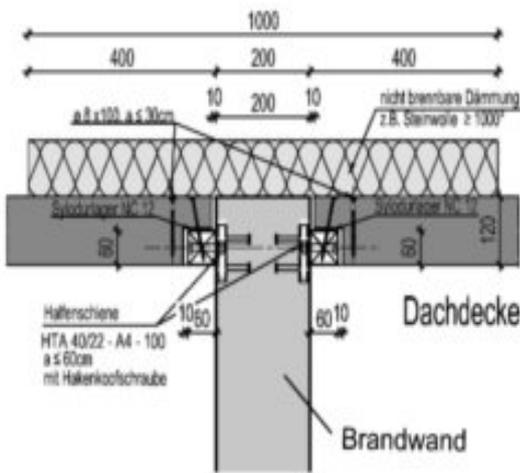


Abbildung 27a: Systemschnitt Anschluss Stb.-Brandschutzwand [B. Walter Ingenieures. mbH]

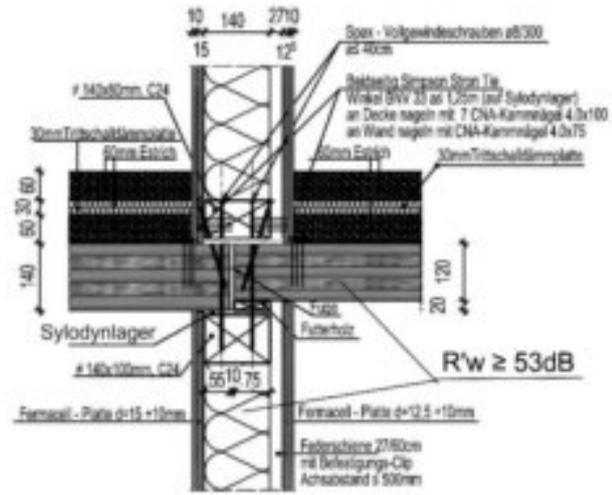


Abbildung 27b: Systemschnitt Deckenanschluss Flur [B. Walter Ingenieuresgesellschaft mbH]

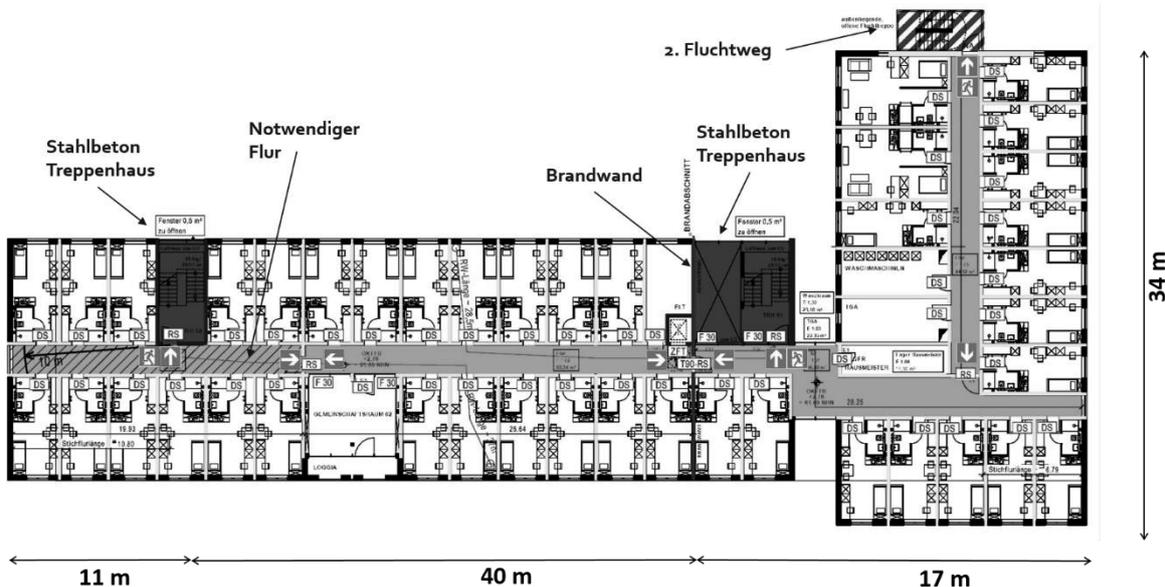


Abbildung 28: Brandschutzkonzept [B. Walter Ingenieuresgesellschaft mbH]



Abbildung 29: Rendering Alfiter [Ville Projektentwicklung]

6. Beispiele Gebäudeklasse 4

6.1. Mehrfamilienhaus Weyertal

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein **fünfgeschossiges**, unterkellertes Wohngebäude, welches mit Ausnahme des Kellers komplett in der Holzbauweise errichtet worden ist. Auch der Aufzug über fünf Geschosse wurde mit Brettsperrholzwänden hergestellt. Das Gebäude wurde vor Einführung der Gebäudeklassen in NRW errichtet. Daher mussten sämtliche tragenden und aussteifenden Decken und Wände durch zweilagige Gipsfaserplatten **K260** beplankt werden. Die Gebäudeabschlusswand musste als **REI 60-M** hergestellt werden. Dies erfolgte in der Holzrahmenbauweise, durch Einlegen einer zusätzlichen 15mm starken OSB-Platte. Die vertikalen Stiele dieser Wand mussten in einem Abstand von 31,5cm montiert werden.

Die Flurwände bei diesem Bauvorhaben wurden in zweischaliger Brettsperrholzbauweise mit entsprechender schallschuttmässiger Beplankung hergestellt. Auch die Wohnungstrennwände wurden aus Schallschutzgründen zweischalig erstellt. Durch die Zweischaligkeit konnte der erforderliche Schallschutz von $R' \geq 53\text{dB}$ gewährleistet werden.

Geplant wurde dieses Bauvorhaben von «Seibel Architektur Consult» für Herrn M. Opitz.

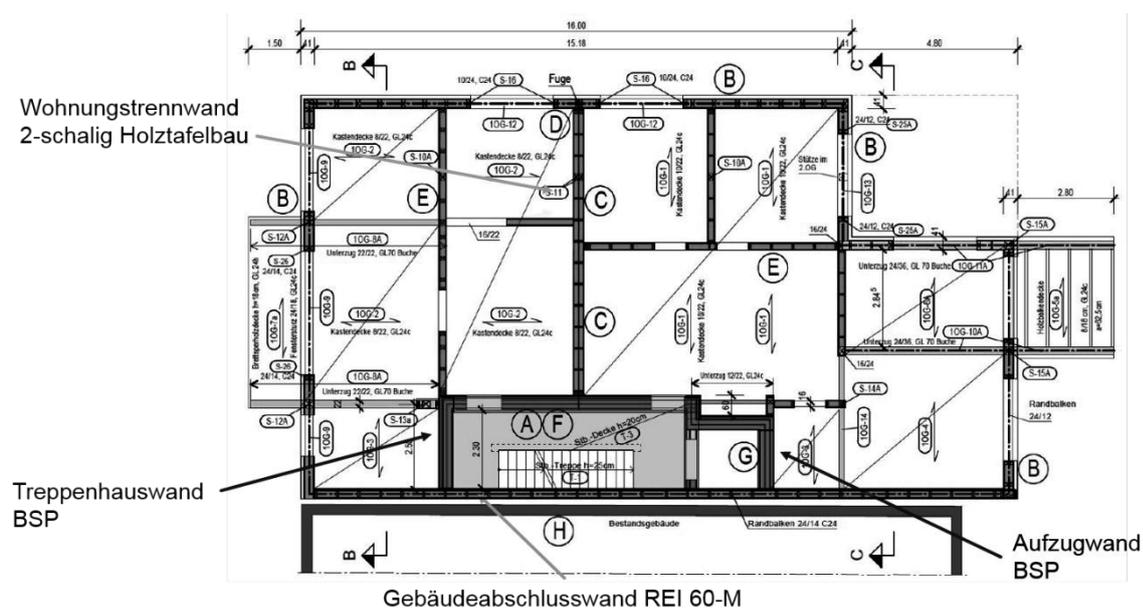


Abbildung 30: Grundriss Weyertal [Seibel Architektur Consult]

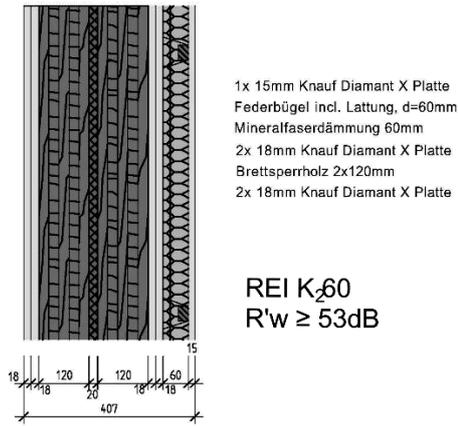


Abbildung 31a: Prinzipdetail Treppenhauswand [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

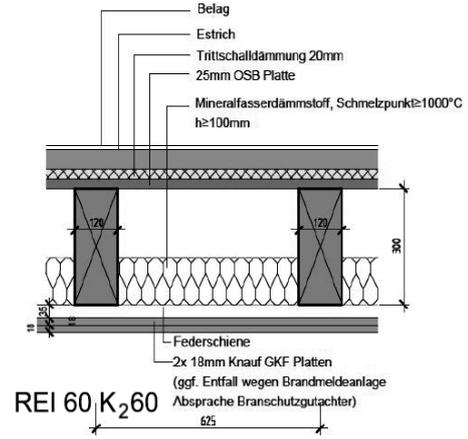


Abbildung 31b: System Balkendecke (Decke über 3. OG) [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

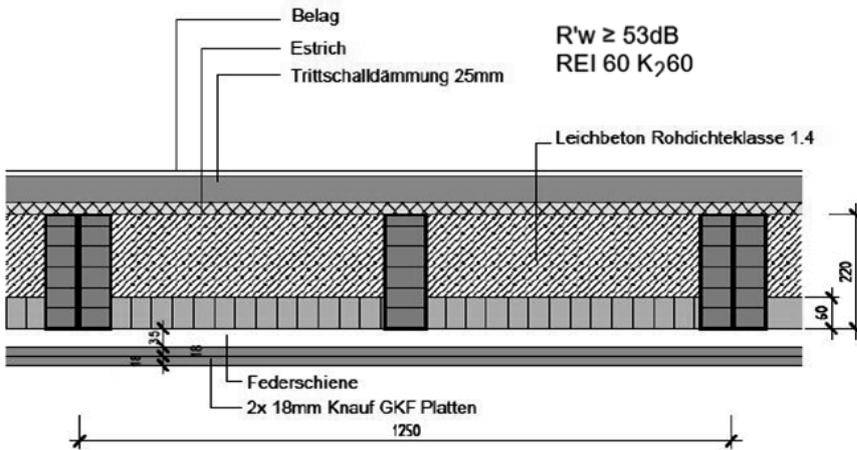


Abbildung 32: System Kastendecke (Decke über EG – 2. OG) (Opitz) [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]



Abbildung 33a: Schnitt Weyertal [Seibel Architektur Consult]



Abbildung 33b: Aufzugschacht in BSP-Holz [Seibel Architektur Consult]



Abbildung 34: Visualisierung Weyertal [Seibel Architektur Consult]

6.2. Solarhaus – Kamen

Bei diesem Bauvorhaben handelt es sich um ein viergeschossiges Wohnhaus mit einem Erdgeschoss aus Stahlbeton. In dem Erdgeschoss werden die Kellerräume und ein Teil der erforderlichen Parkplätze untergebracht.

Nach der LBO NRW wird dieses Projekt in die **GK 4** eingestuft.

In Absprache mit dem Brandschutzgutachter wird das gesamte Treppenhaus in Stahlbeton errichtet. Nach Fertigstellung des Stahlbetonteils wird die Holzkonstruktion errichtet. Die Decken werden als sichtbare Brettsper Holzdecken ausgeführt. Der erforderliche Brandschutz erfolgt über eine **Abbrandberechnung nach dem EC 5 T. 2.**

In Anlehnung an die neue M-HolzBauRL werden die Nutzungseinheiten auf **maximal 200m²** beschränkt. D.h. die Wohnungstrennwände werden raumabschliessend in **REI 60** hergestellt. Bei diesem Bauvorhaben ist wegen der sichtbar verbleibenden Decken insbesondere auf die Rauchdichtigkeit sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung zu achten. Nachfolgend werden einige Detailvorschläge hierzu unterbreitet.

Bei den Decken wird aus Schallschutzgründen eine zusätzliche Schüttung in einer Stärke von ca. 60mm eingebracht. Bei dem geplanten Aufbau der Decken mit Schüttung, Trittschall und Estrich sind nach dem Entwurf der M-HolzBauRL keine weiteren Massnahmen bezüglich der Rauchdichtigkeit in der Fläche erforderlich.

Geplant wurde dieses Bauvorhaben von «**Hellmeister Architekten**» für die **UKBS Unnaer Kreis-Bau- und Siedlungsgesellschaft mbH**.

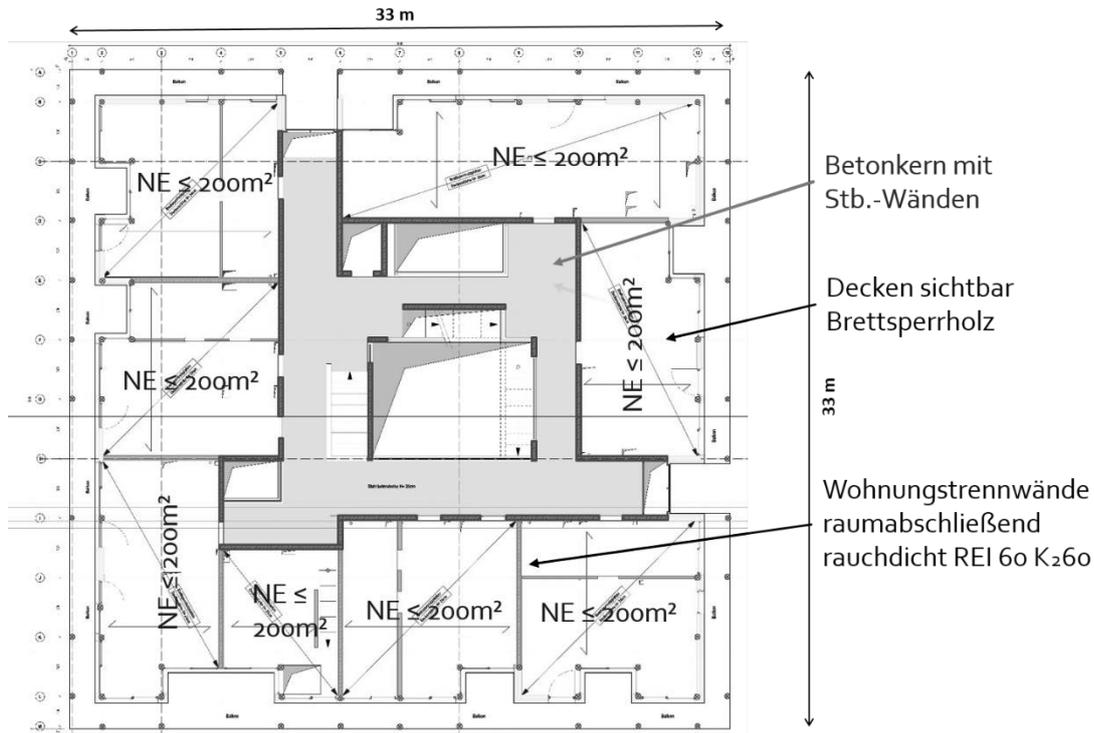


Abbildung 35: Positionsplan Solarhaus [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

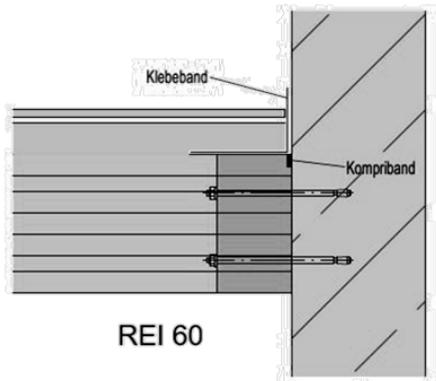


Abbildung 36a: Anschluss BSP-Decke an Betonwand [B. Walter Ingenieurgesell. mbH]

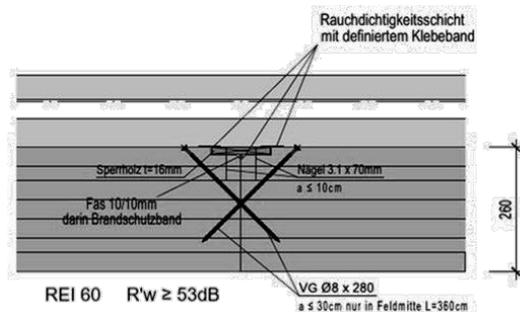


Abbildung 36b: Prinzipdetail Längsstoss Zwischendecke [B. Walter Ingenieurgesell. mbH]

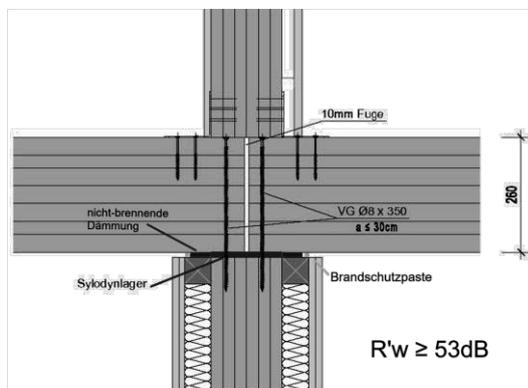


Abbildung 36c: Deckenanschluss Wohnungstrennwand [B. Walter Ingenieurgesell. mbH]

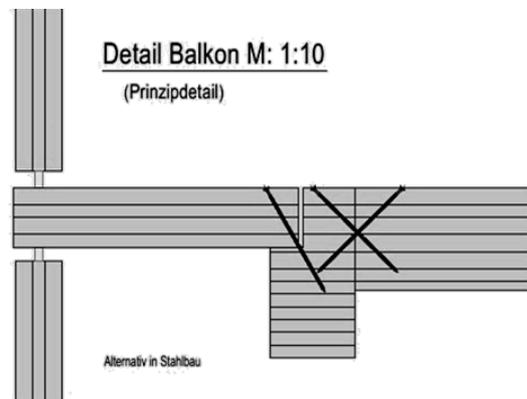


Abbildung 36d: Anschluss Balkonkonstruktion [B. Walter Ingenieurgesell. mbH]

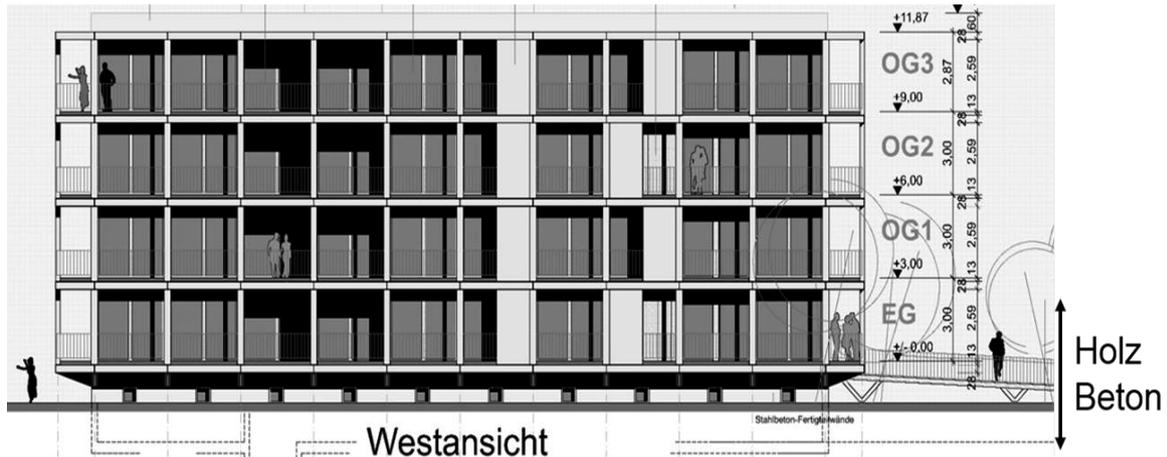


Abbildung 37: Ansicht West Solarhaus [Hellmeister Architekten]

6.3. Stadtbad Duisburg

Bei diesem Gebäude handelt es sich um ein ehemaliges Schwimmbad der Stadt Duisburg, aus der Vorkriegszeit. Das Gebäude steht in Teilbereichen unter Denkmalschutz. Es wird vollständig entkernt und umgebaut. Die Dachfläche wird grösstenteils geöffnet und freigelegt. Innerhalb des bestehenden Gebäudes werden u.a. viergeschossige Bürobauten eingebaut. Diese Einbauten werden komplett in Holzbauweise erstellt. Die Einstufung nach der **LBO NRW** für diese eingebauten Bürokomplexe ist die **GK 4**.

In Absprache mit dem Brandschutzgutachter werden die Decken aus Massivholz erstellt. Die erforderliche Branddauer von 60 Minuten erfolgt über eine Abbrandberechnung nach dem **EC 5 T. 2**.

Als Kompensation für die fehlende Brandschutzkapselung ist u.a. eine Brandmeldeanlage vorgesehen.

Geplant wurde dieses Bauvorhaben von «Triade Architekten» für Greyfield Management GmbH.

Abbildung 38a: Bestand Draufsicht
[B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]Abbildung 38b: Bestand Ansicht
[B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]



Abbildung 39: Grundriss Umbau [Triade Architekten]

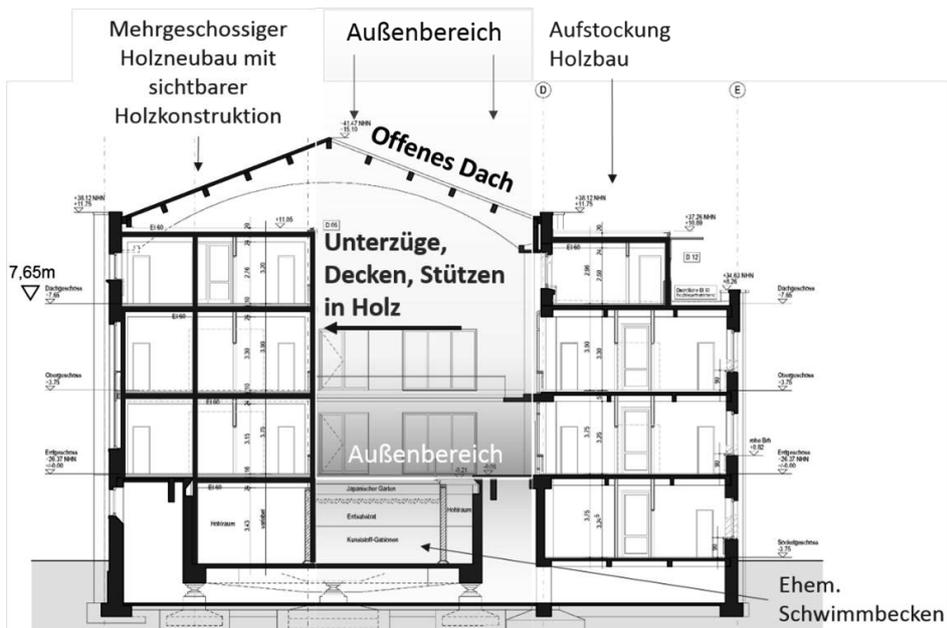


Abbildung 40: Schnitt Umbau [Triade Architekten]

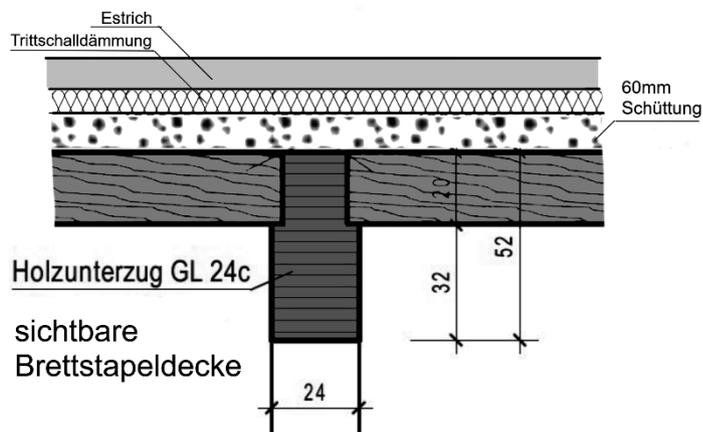


Abbildung 41: Prinzipdetail Zwischendecken [B. Walter Ingenieurgesellschaft mbH]

7. Beispiele Gebäudeklasse 5

7.1. Dreigeschossige Aufstockung

Bei dem nächsten Bauvorhaben handelt es sich um eine zweigeschossige Aufstockung eines bestehenden zweigeschossigen Gebäudes. Die Bestandsimmobilie ist eine ehemalige Industriehalle, bei der mit hohen Verkehrslasten gearbeitet wurde. Daher sind, bedingt durch die leichte Holzbauweise, keine Verstärkungen an der Tragkonstruktion erforderlich. Das Gebäude wird nach der **LBO** in die **GK 5** eingestuft. Die Wände sind in der Holzrahmenbauweise geplant. Hier ist aus Brandschutzgründen eine R90 Konstruktion erforderlich. Die Decken werden als Dickholzelemente vorgesehen. Für das Gebäude ist eine Brandmeldeanlage vorgesehen.

Durch die vorgesehene elementierte Bauweise kann die Bauzeit auf ein Minimum reduziert werden.

Die Aufstockung wird als Wohnraum für Studenten dienen. Da die Studenten mehrere Monate in den Apartments wohnen, ist der **Schallschutz nach der DIN 4109 für Wohnhäuser** auch für diese Gebäude einzuhalten.

Der Bauherr ist Wessel Immobilien und entworfen wurde dieses Bauvorhaben von hks Architekten.

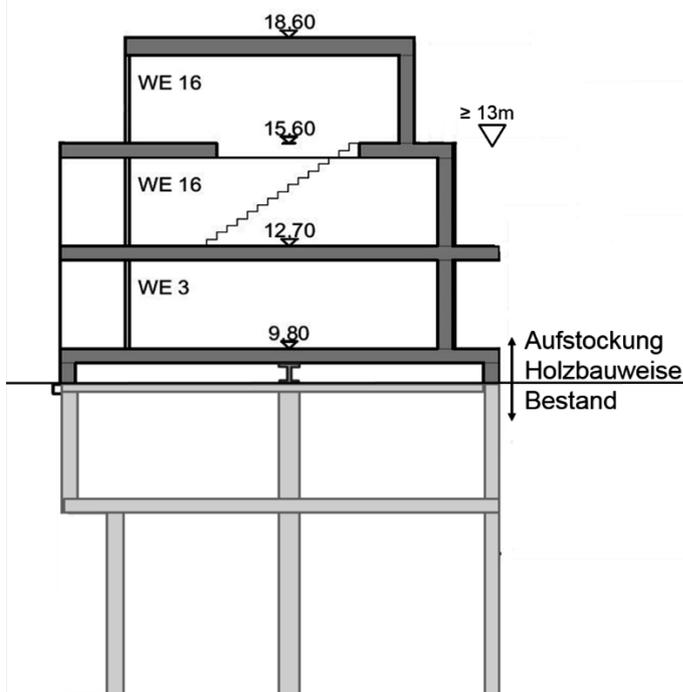


Abbildung 42: Schnitt Aufstockung [hks Architekten]



Abbildung 43: Ansicht Aufstockung [hks Architekten]

Bauen mit Holz in Baden-Württemberg

Bernd Gammerl
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und
Wohnungsbau Baden-Württemberg
Stuttgart, Deutschland



Bauen mit Holz in Baden-Württemberg

§ 26 Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

– Brandverhalten von Baustoffen

- Nichtbrennbar (A) → keine Flamme, kein Glimmen
 Schwerentflammbar (B1) → kaum Flammen, eher Glimmen
 Normalentflammbar (B2) → durch Feuerzeug zu entzünden
 Leichtentflammbar (B3) → «bellt»

– Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilen

- Feuerbeständig («F-90», mind. «AB»)
 Hochfeuerhemmend («F-60», mind. «BA»)
 Feuerhemmend («F-30»)

Bezieht sich bei tragenden/aussteifenden Bauteilen auf Standsicherheit und bei raumabschliessenden Bauteilen auf den Widerstand gegen Brandausbreitung

Absatz 3: «Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschliessende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die **hinsichtlich der Standsicherheit und des Raumabschlusses** geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile **und ihre Anschlüsse ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Brandausbreitung sind** so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.» (Novellierung 08/2019)

→ § 15 Absatz 1 LBO BW:

Bauliche Anlagen sind so anzuordnen und zu errichten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer **und Rauch** (Brandausbreitung) vorgebeugt wird ...

1. Exkurs: EU-Klassifizierung für Baustoffe und Bauteile

Baurechtliche Benennung	kein Rauch	kein brennendes Abfallen/Abtropfen	Europäische Klassifizierung nach DIN EN 13501-1	Klassen DIN 4102
Nichtbrennbare Baustoffe	x	x	A1	A1
	x	x	A2 - s1, d0	A2
Schwerentflammbare Baustoffe	x	x	B - s1, d0; C - s1, d0	B1
		x	A2 - s2/3, d0; B - s2/3, d0; C - s2/3, d0	
	x		A2 - s1, d1/2; B - s1, d1/2; C - s1, d1/2	
Normalentflammbare Baustoffe		x	A2 - s3, d2; B - s3, d2; C - s3, d2	B2
			D - s1/2/3, d0; E D - s1/2/3, d1/2; E - d2	
Leichtentflammbare Baustoffe			F	B3

s (smoke) Rauch (1 wenig) d (droplets) brennendes Abfallen/Abtropfen (0 kein)
 Glimmverhalten nicht erfasst, Aussenwände nur in A1 und E abschliessend klassifiziert

Baurechtliche Anforderung	Tragende/aussteifende Bauteile		Nichttrag. Innenwände	Nichttrag. Außenwände	Doppelböden	Selbständige Unterdecken
	o. Raumab.	m. Raumab.				
Feuerhemmend	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i→o) EI 30 (i←o)	REI 30 ETK (f)	EI 30 (a<>b)
Hochfeuerhemmend	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i→o) EI 60 (i←o)	---	EI 60 (a<>b)
Feuerbeständig	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i→o) EI 90 (i←o)	---	EI 90 (a<>b)
Feuerwiderstand 120 Min.	R 120	REI 120	---	---	---	---
Brandwand	---	REI-M 90	EI-M 90	---	---	---

- | | | | |
|----------------|---|----------------|-------------------------|
| R (Résistance) | Tragfähigkeit | I (Isolation) | Wärmedämmung (Brand) |
| W (Radiation) | Strahlungsdurchtritt | E (Etanchéité) | Raumabschluss |
| M (Mechanical) | Mech. Einwirkung auf Wände (Stoss) | S (Smoke) | Rauchdurchlässigkeit |
| C (Closing) | Selbstschliessend, einschl. Dauerfunktion | P | Funktionserhalt Leitung |
| K | Brandschutzvermö. v. Bekleidung | i→o, a<>b | Richtung (in → out) |
| | | f (full) | «volle» ETK (Vollbrand) |

Auszug aus DIN EN 13501-2

Exkurs: Verwendbarkeit (Bauprodukt) / Anwendbarkeit (Bauart)

Bauarten und Bauprodukte/Bausätze gemäß VwV TB und LBO 2018			
Bauarten – 3. Teil LBO		Bauprodukte – 4. Teil LBO	
Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen		§ 16 b LBO – Allg. Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten	
§ 16 a LBO		Bauprodukte und Bausätze mit CE-Kennzeichnung - § 16 c LBO	
Anwendbarkeit der Bauart		Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO	
„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“	„Geregelte Bauprodukte“	„Nicht geregelte Bauprodukte“
Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung	Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / Baubestimmung	Bauprodukt abweichend von techn. Regel / Baubestimmung bzw. ohne techn. Regel
	VwV TB C4	VwV TB C2	VwV TB C3
	aBG, abP, vBG	Kein Verwendbarkeitsnachweis	abZ, abP, ZiE
Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO		Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller	
Stand: 10/2019		Ü-Zeichen	
		• Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 • ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB [ehem. LTB II]	

Tableau frei nach Thomas Krause-Czeranka

2. Geregelte Bauprodukte / Bauarten

Eurocode 5 (DIN EN 1995 «Bemessung und Konstruktion von Holzbauten»)

Anlage zur Bekanntmachung des Eurocode 5 als Technische Baubestimmung

VwV TB B-W vom 20.12.2017

Anlage A 1.2.3/3

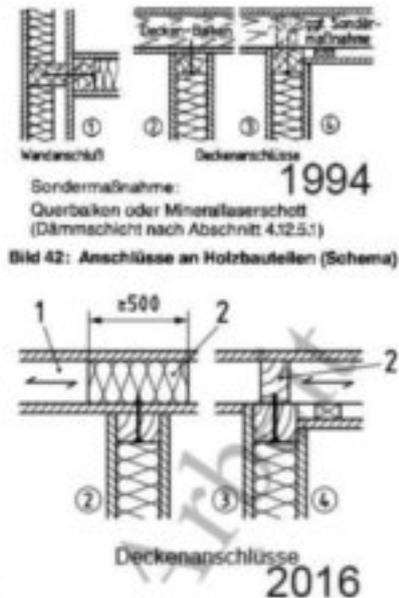
Zu DIN EN 1992-1-2, DIN EN 1993-1-2, DIN EN 1994-1-2, DIN EN 1995-1-2 und DIN EN 1999-1-2

Für spezielle Ausführungen (z.B. Anschlüsse, Fugen etc.) sind die Anwendungsregeln nach DIN 4102-4:2016-05 zu beachten, sofern die Eurocodes dazu keine Angaben enthalten.

DIN 4102-4 (1994-03 bzw. 2016-05)

Tabelle 51: Raumabschließende Wände in Holzstapelbauart

Zelle	Konstruktionsmerkmale Abkürzungen: MF: Mineralwolle-Platten oder -Matten HWL: Holzwerkstoff-Leichtbauplatten	Holzrippen		Befestigung (Nagel und Befestigungspunkt)		Dämmung			Feuerwiderstandsklassifizierung	
		Mindeststärke nach Abschnitt 4.12.2	Zulässige Spannung nach Abschnitt 4.12.3	Mindeststärke Holzwerkstoffplatten (ρ = 600 kg/m³) nach Abschnitt 4.12.4	Mindeststärke Eisen-Feuerschutzplatten (EFP)	dicke	ρ	dicke		
		$b_1 \geq d_1$ mm + mm	zul. σ_{\perp} N/mm²	d_2 mm	d_3 mm	D mm	ρ kg/m³	D mm		
1			2,5	13°		80	30		F 30-B	
2			2,5	13°		40	50			
3			1,25	8°		80	100			
4			2,5	13°				25	F 30-B	
5			1,25	8°				50		
6		40 × 80°	2,5	2 × 18°		80	30		F 30-B	
7			2,5	2 × 18°		80	50			
8			1,25	19°		80	100		F 30-B	
9			1,25	19°				50		
10			0,5	2 × 19°			100	100		F 30-B
11			0,5	2 × 19°				75		



Bauarten und Bauprodukte/Bausätze gemäß VwV TB und LBO 2018																													
<p>Bauarten – 3. Teil LBO</p> <p>Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen</p> <p>§ 16 a I LBO</p> <p>Anwendbarkeit der Bauart</p> <table border="1"> <tr> <th>„Geregelte Bauarten“</th> <th>„Nicht geregelte Bauarten“</th> </tr> <tr> <td>Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4</td> <td>Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung</td> </tr> <tr> <td></td> <td>VwV TB C4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>aDG, abP, vBG</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO</td> </tr> </table>	„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“	Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung		VwV TB C4		aDG, abP, vBG	Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO		<p>Bauprodukte – 4. Teil LBO</p> <p>§ 16 b LBO – Allg. Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten</p> <table border="1"> <tr> <th>Bauprodukte und Bausätze mit CE Kennzeichnung - § 16 c LBO</th> <th>Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (LBO / VwV TB) entsprechen!</td> <td>„Geregelte Bauprodukte“</td> </tr> <tr> <td>„Nicht geregelte Bauprodukte“</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA</td> <td>Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / Baubestimmung</td> </tr> <tr> <td>Bauprodukt abweichend von techn. Regel / Baubestimmung bzw. ohne techn. Regel</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Hersteller erstellt Leistungs-erklärung (DoP) mit Angabe mind. einer Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hEN/EAD; weitere wesentliche Merkmale werden als NPD (No Performance Determined) erklärt.</td> <td>VwV TB C2</td> </tr> <tr> <td>VwV TB C3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">• Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 • ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB (etw. LTB II)</td> <td>Kein Verwendbarkeitsnachweis</td> </tr> <tr> <td>abZ, abP, ZiE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">0-Zeichen</td> </tr> </table>	Bauprodukte und Bausätze mit CE Kennzeichnung - § 16 c LBO	Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO	Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (LBO / VwV TB) entsprechen!	„Geregelte Bauprodukte“	„Nicht geregelte Bauprodukte“	Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA	Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / Baubestimmung	Bauprodukt abweichend von techn. Regel / Baubestimmung bzw. ohne techn. Regel	Hersteller erstellt Leistungs-erklärung (DoP) mit Angabe mind. einer Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hEN/EAD; weitere wesentliche Merkmale werden als NPD (No Performance Determined) erklärt.	VwV TB C2	VwV TB C3	• Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 • ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB (etw. LTB II)	Kein Verwendbarkeitsnachweis	abZ, abP, ZiE	Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller		0-Zeichen	
„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“																												
Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung																												
	VwV TB C4																												
	aDG, abP, vBG																												
Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO																													
Bauprodukte und Bausätze mit CE Kennzeichnung - § 16 c LBO	Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO																												
Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (LBO / VwV TB) entsprechen!	„Geregelte Bauprodukte“																												
	„Nicht geregelte Bauprodukte“																												
Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA	Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / Baubestimmung																												
	Bauprodukt abweichend von techn. Regel / Baubestimmung bzw. ohne techn. Regel																												
Hersteller erstellt Leistungs-erklärung (DoP) mit Angabe mind. einer Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hEN/EAD; weitere wesentliche Merkmale werden als NPD (No Performance Determined) erklärt.	VwV TB C2																												
	VwV TB C3																												
• Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 • ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB (etw. LTB II)	Kein Verwendbarkeitsnachweis																												
	abZ, abP, ZiE																												
Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller																													
0-Zeichen																													

Tableau frei nach Thomas Krause-Czeranka

2.1. Europäischer Verwendbarkeitsnachweis



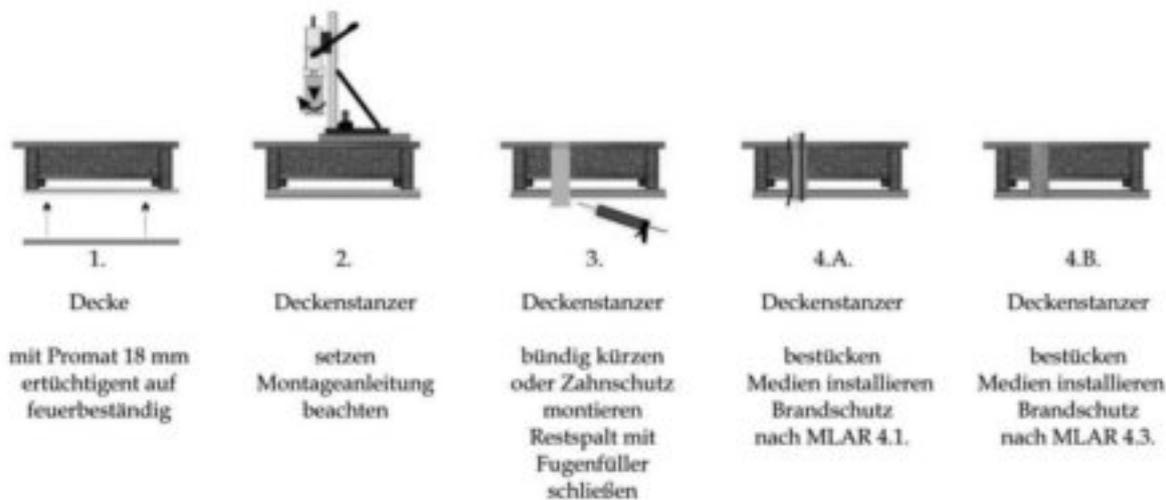
Entspricht Produktnorm EN 15650; verfügt über das CE-Kennzeichen; Dichtheitsklasse C nach EN 1751; gekapselte Auslöseelemente (70° oder 95°C); von 200 mm x 200 mm im 5 mm-Raster bis 1.500 mm x 800 mm (B x H).

Bauarten und Bauprodukte/Bausätze gemäß VwV TB und LBO 2018			
Bauarten – 3. Teil LBO		Bauprodukte – 4. Teil LBO	
Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen		§ 16 b LBO – Allg. Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten	
§ 16 a LBO		Bauprodukte und Bausätze mit CE-Kennzeichnung - § 16 c LBO	
Anwendbarkeit der Bauart		Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO	
„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“	„Geregelte Bauprodukte“	„Nicht geregelte Bauprodukte“
Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung	Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / Baubestimmung	Bauprodukt abweichend von techn. Regel / Baubestimmung bzw. ohne techn. Regel
	VwV TB C4	VwV TB C2	VwV TB C3
	aBG, abP, vBG	Kein Verwendbarkeitsnachweis	abZ, abP, ZIE
Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO		Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller	
		Ü-Zeichen	
		Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (LBO, VwV TB) entsprechen! Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA Hersteller erstellt <u>Leistungs-erklärung</u> (DoP) mit Angabe mind. <u>einer</u> Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hEN/EAD; weitere wesentliche Merkmale werden als NPD (No Performance Determined) erklärt. • Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 • ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB (ehem. I TB II)	

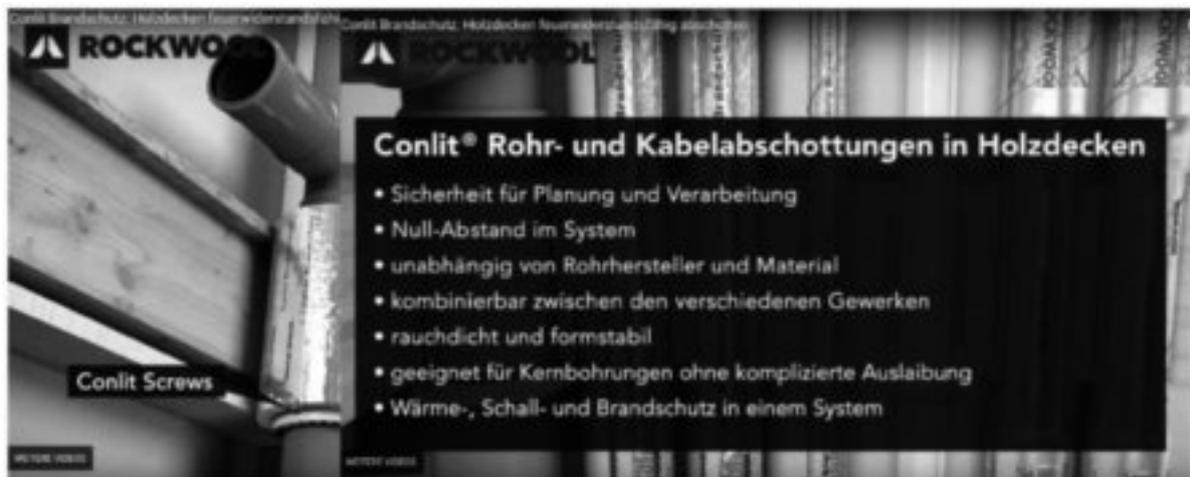
Tableau frei nach Thomas Krause-Czeranka

2.2. Gutachten

Lösungsprinzip



Gutachten der MPA Sachsen für 60 Minuten (2011) und 90 Minuten (2015) Feuerwiderstand.



Gutachten der MPA Braunschweig (2018).

Bauarten und Bauprodukte/Bausätze gemäß VwV TB und LBO 2018			
Bauarten – 3. Teil LBO		Bauprodukte – 4. Teil LBO	
Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen		§ 16 b LBO – Allg. Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten	
§ 16 a LBO		Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO	
Anwendbarkeit der Bauart		Bauprodukte und Bausätze mit CE-Kennzeichnung - § 16 c LBO	
„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“	Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (LBO / VwV TB) entsprechen!	
Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung	Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA	
	VwV TB C4	Hersteller erstellt Leistungs-erklärung (DoP) mit Angabe mind. einer Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hEN/EAD; weitere wesentliche Merkmale werden als NPD (No Performance Determined) erklärt.	
	abZ, abP, vBG	VwV TB C2	
		Kein Verwendbarkeitsnachweis	
		VwV TB C3	
		abZ, abP, ZIE	
		Übereinstimmungs-erklärung durch den Hersteller	
Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO		Ü-Zeichen	
		<ul style="list-style-type: none"> • Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3 • ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB [ehem. LTB II] 	

Tableau frei nach Thomas Krause-Czeranka

3. Nicht geregelte Bauprodukte / Bauarten

Prüfkriterien (DIN 4102-2)

5.2.1 Raumabschliessende Bauteile müssen während einer Prüfdauer von xx Minuten den Durchgang des Feuers verhindern. Dies gilt als nicht erfüllt, wenn beim in Abschnitt 6.2.5 beschriebenen Druck im Prüfstand ein an der feuerabgekehrten Seite angehaltener Wattlebausch bei der Prüfung nach Abschnitt 6.2.6 zur Entzündung gebracht wird oder auf der feuerabgekehrten Seite Flammen auftreten.

- Dabei wird eine Bräunung oder Schwärzung des Wattlebauschs hingenommen, nicht jedoch der Durchtritt entzündbarer Gase.

5.2.2 Raumabschliessende Bauteile dürfen sich bei der Prüfung nach Abschnitt

6.2.8 auf der dem Feuer abgekehrten Seite während einer Prüfdauer von mindestens xx Minuten im Mittel nicht mehr als 140 K über die Anfangstemperatur des Probekörpers bei Versuchsbeginn erwärmen; an keiner Messstelle darf eine Temperaturerhöhung von mehr als 180 K über die Anfangstemperatur eintreten.

Prüfkriterien (DIN EN 13501-2)

3.22 raumabschliessendes Bauteil: Bauteil, das im Brandfall zur Aufrechterhaltung der Trennung von zwei angrenzenden Bereichen eines Bauwerks vorgesehen ist;

3.23 Rauchdichtheit: Fähigkeit eines Bauteils, den Durchtritt von heißen und/oder kalten Gasen oder Rauch von einer Seite auf die andere unterhalb eines festgelegten Niveaus zu reduzieren; (5.2.7: S_a : 20 °C (Umgebung); S_m : 200 °C)

7.5.6.3.1 Rauchdichtheit (für Rauchschutztüren):

S_m : Leckrate bei bis zu 200 °C und bis zu 50 Pa Druck kleiner als 20 m³/h (einflügelig) bzw. 30 m³/h (zweiflügelig)

S_a : Leckrate bei Umgebungstemperatur und 25 Pa Druck kleiner als 3 m³/h je Meter Spaltlänge zw. festen und beweglichen Teilen (ausgenommen Schwelle)

Prüfkriterien (DIN EN 13501-2)

Nach DIN EN 13501-2 («Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen,

mit Ausnahme von Lüftungsanlagen») werden für den Raumabschluss somit ebenfalls nur Temperaturkriterien, Flammen und brennbare Gase geprüft, nicht aber der Rauchdurchgang! Rauchdurchgang wird nur für Rauchschutztüren geprüft, wie das auch nach der deutschen Norm DIN 18095 vorgesehen ist/ war; die Angaben für die Leckraten bei ein bzw. zweiflügeligen Türen sind in DIN 18095 1 (10/1988) Ziffer 4.6 identisch mit den Angaben in DIN EN 13501 2. Gemäss DIN 4102 2 Ziffer 8.1 und 8.6 sind im Prüfzeugnis lediglich «Beobachtungen beim Versuchsablauf mit ihrem Zeitpunkt einschliesslich Beobachtungen über Rauchentwicklung...» festzuhalten.

- Es gibt gute Ansätze für Verwendbarkeitsnachweise.
- Nicht für alle Anwendungsfälle gibt es Verwendbarkeitsnachweise «von der Stange» für die in §26 Abs. 3 LBO BW geforderten Bauteile.

4. Andere allgemein anerkannte Regeln der Technik

Holzbaunorm SIA 265 (Schweiz, 2012)

ÖNORM B 3800-5: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Brandverhalten von Fassaden – Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen (2013)

ÖNORM B 2332: Brandschutztechnische Ausführung von Fassaden aus Holz und Holzwerkstoffen in den Gebäudeklassen 4 und 5 –Anforderungen und Ausführungsbeispiele (2015)



5. Laufende Forschungsarbeiten

Derzeit arbeitet auf Veranlassung des Ministeriums für den Ländlichen Raum (MLR) in Baden-Württemberg eine Expertengruppe an einem Papier, das Grundlage für ein «Holzbau-Papier» sein könnte.

Teilnehmer der Expertenrunde sind u.a.:

- Prof. Ludger Dederich, Hochschule Rottenburg
- Prof. Dr. Björn Kampmeier, Hochschule Magdeburg-Stendal
- Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, TU München

Auch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft hat eine Expertise in Auftrag gegeben, die jedoch die Holzmassivbauweise etwas mehr in den Fokus rückt und auch die Begrenzung von Holzoberflächen berücksichtigen will.

Mehrere Länder prüfen ein vergleichbares Vorgehen. Berlin, Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen haben auch Regelungen zum Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen 4 und 5 in ihre Landesbauordnungen aufgenommen.

Bauarten und Bauprodukte/Bausätze gemäß VwV TB und LBO 2018			
Bauarten – 3. Teil LBO		Bauprodukte – 4. Teil LBO	
Bauart ist das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen von baulichen Anlagen		§ 16 b LBO – Allg. Anforderungen für die Verwendung von Bauprodukten	
§ 16 a LBO		Bauprodukte und Bausätze mit CE-Kennzeichnung - § 16 c LBO	
Anwendbarkeit der Bauart		Nationale Bauprodukte §§ 17 - 25 LBO	
„Geregelte Bauarten“	„Nicht geregelte Bauarten“	Bauprodukt ist verwendbar, wenn die erklärten Leistungen den Bauwerksanforderungen (LBO / VwV TB) entsprechen!	„Geregelte Bauprodukte“
Bauarten in Übereinstimmung mit einer technischen Regel bzw. einer technischen Baubestimmung z.B. nach DIN 4102-4	Bauarten abweichend von technischer Regel bzw. Baubestimmung	Bauprodukt/Bausatz entspricht hEN oder EAD/ETA	Bauprodukt in Übereinstimmung mit technischer Regel / Baubestimmung
	VwV TB C4	Hersteller erstellt Leistungs-erklärung (DoP) mit Angabe mind. einer Leistung bezogen auf ein wesentliches Merkmal der hEN/EAD; weitere wesentliche Merkmale werden als NPD (No Performance Determined) erklärt.	VwV TB C2
	aBG, abP, vBG	• Nachweis von zusätzl. Leistungen durch freiwillige technische Dokumentation gem. VwV TB D3	Kein Verwendbarkeitsnachweis
		• ggf. zusätzliche Anwendungsregeln nach VwV TB [ehem. LTB II]	VwV TB C3
			abZ, abP, ZIE
			Übereinstimmungserklärung durch den Hersteller
Übereinstimmungsbestätigung durch den Anwender / Errichter gemäß § 16 a Abs. 5 LBO			Ü-Zeichen

Tableau frei nach Thomas Krause-Czeranka

§ 5 AVO Aussenwände (zu §27 Abs. 2 LBO)

Subjekt	– §5 Abs. 2 Satz 1 LBOAVO: Oberflächen von Aussenwänden sowie Aussenwandbekleidungen müssen einschliesslich der Dämmstoffe und
Prädikat	Unterkonstruktionen schwerentflammbar sein.
Adverbialbest	Verschiedene Normen für die Prüfung schwerentflammbarer Dämmstoffe
	– Prüfung nach DIN EN 13823 (2010) und DIN EN ISO 11925-2 (2010)
	– SBI-Test (Single Burning Item)
	– Prüfung nach DIN 4102-15 (Brandschacht: 5 Siebboden, 6 Lochblech)

6. Brennbarkeit von Fassaden

Nur bei hinterlüfteten Fassadenkonstruktionen werden auch bei GK 1 bis 3 bei horizontal getrennten Nutzungseinheiten Anforderungen gestellt. (M-VV TB Anhang 6 [Seiten 240 – 241] mit Bezug zu DIN 18516).

In Österreich kann die Vermeidung der Brandausbreitung auf der Fassade auch durch ein mindestens 1 mm starkes Blech mit einer Auskrugung von 20 cm (in bestimmten Konstruktionen auch weniger) nachgewiesen werden.

7. Muster-Industriebau-Richtlinie (Entwurf Stand Mai 2019)

Das EU-Notifizierungsverfahren ist noch nicht abgeschlossen; seit Ende September 2019 kann die neue M-IndBauRLin den Verwaltungsvorschriften Technische Bauvorschriften der Länder umgesetzt werden. Dies soll auch in Baden-Württemberg möglichst zeitnah geschehen.

Die Änderungen können auch schon vorher ohne behördliche Entscheidung als «andere Lösung» im Sinne des §73a Absatz 1 Satz 3 LBO angewendet werden.



In Abschnitt 5 «Allgemeine Anforderungen», Ziffer 5.14 «Sonstige Brand-schutzmassnahmen, Gefahrenverhütung», Punkt 5.14.8 heisst es neu:

Zu brennbaren Baustoffen müssen Betriebsanlagen und -einrichtungen sowie Installationen der Gebäudetechnik ausreichende Abstände einhalten oder es müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden, um einer Brandentstehung vorzubeugen. Dies gilt auch für Arbeitsverfahren mit offener Flamme oder mit Funkenflug.

Ferner heisst es in Punkt 5.14.8 teilweise neu:

Industriebauten – insbesondere solche mit Tragwerken ohne klassifiziertem Feuerwiderstand – müssen statisch konstruktiv so errichtet werden, dass bei Versagen von Bauteilen bei lokal begrenzten Bränden nicht ein plötzlicher Einsturz des Haupttragwerkes ausserhalb des betroffenen Brandbereichs durch z. B. Bildung einer kinematischen Kette angenommen werden muss. Aus der Feuerwiderstandsfähigkeit nach Tabellen 2 und 6 ergeben sich die Feuerwiderstandsklassen oder Klassen entsprechend der Zuordnung in der MVV TB, lfd. Nr. A 2.2.1.2 Abschnitt 4.1. Aus der Anforderung zum Brandverhalten nach Tabellen 2 und 6 ergeben sich entsprechend der Zuordnung in der MVV TB, lfd. Nr. A 2.2.1.2 Abschnitt 1.2 die Baustoffklassen bzw. entsprechend der Zuordnung in der MVV TB, lfd. Nr. A 2.2.1.2 Abschnitt 1.3, für nichtbrennbares oder schwerentflammbares Brandverhalten auch unter Beachtung der Anforderungen gemäss MVV TB, lfd. Nr. A 2.1.2.2 oder A 2.1.1.2, die Klassen.

7.1. In Ziffer 6.2 «Zulässige Grösse der Brandabschnittsfläche» heisst es:

Tabelle 2: Zulässige Grösse der Brandabschnittsfläche in m²

Sicherheitskategorie	Anzahl der oberirdischen Geschosse									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Feuerwiderstandsfähigkeit und Brandverhalten von Baustoffen der tragenden und ausstufenden Bauteile									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerhemmend	Feuerhemmend	Hochfeuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Hochfeuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen			
2 K 1	1.800 ¹⁾	3.000	800 ²⁾³⁾	1.600 ²⁾	2.400	1.200 ²⁾³⁾	1.800	1.500	1.200	
3 K 2	2.700 ¹⁾⁴⁾	4.500 ²⁾	1.200 ²⁾³⁾	2.400 ²⁾	3.600	1.800 ²⁾	2.700	2.300	1.800	
4 K 3.1	3.200 ¹⁾	5.400	1.400 ²⁾³⁾	2.900 ²⁾	4.300	2.100 ²⁾	3.200	2.700	2.200	
5 K 3.2	3.600 ¹⁾	6.000	1.600 ²⁾	3.200 ²⁾	4.800	2.400 ²⁾	3.600	3.000	2.400	
6 K 3.3	4.200 ¹⁾	7.000	1.800 ²⁾	3.600 ²⁾	5.500	2.800 ²⁾	4.100	3.500	2.800	
7 K 3.4	4.500 ¹⁾	7.500	2.000 ²⁾	4.000 ²⁾	6.000	3.000 ²⁾	4.500	3.800	3.000	
8 K 4	10.000	10.000	8.500	8.500	8.500	6.500	6.500	5.000	4.000	

In Ziffer 6.2 «Zulässige Grösse der Brandabschnittsfläche» heisst es:

Neue Fussnote 5 zur Tabelle 2 in Ziffer 6.2 (diese Fussnote bezieht sich auf die Spalte, die überschrieben ist mit «aus nichtbrennbaren Baustoffen»):

Anstelle von Konstruktionen aus nicht brennbaren Baustoffen sind Holzkonstruktionen zulässig, wenn

- die Konstruktion nach DIN EN 1995-1-1 bemessen ist,
- die Holzbauteile im Falle von reinen Biegeträgern und Zugstäben eine Mindestquerschnittsabmessung von 10 cm x 10 cm und in allen anderen Fällen eine Mindestquerschnittsabmessung von 12 cm x 12 cm aufweisen und
- die Knotenpunkte als Holz-Holz-Verbindungen mit Verbindungsmitteln nach Tabelle 6.1 der DIN EN 1995-1-2 oder mindestens zweischnittige Stahl-Holz-Verbindungen mit eingeschlitzten Blechen verwendet werden.



... und vergessen wir nicht:
Wir Menschen bauen schon sehr lange mit Holz.

Leitdetails für Konstruktionen in Holzbauweise in den Gebäudeklassen 4 und 5 gemäß der LBO BW (HolzbauRLBW)

Prof. Ludger Dederich
Hochschule Rottenburg
Rottenburg/Neckar, Deutschland

zusammen mit dem Hauptautor
Patrick Sudhoff, HS Magdeburg Stendal/HS Rottenburg

sowie
Elisabeth Suttner, TU München
Prof. Dr.-Ing. Björn Kampmeier, HS Magdeburg Stendal
Dr.-Ing. Norman Werther, TU München
Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter, TU München



Leitdetails für Konstruktionen in Holzbauweise in den Gebäudeklassen 4 und 5 gemäss der LBO BW (HolzbauRLBW)

1. Einleitung

Mit dem aktuell laufenden und über das Land Baden-Württemberg sowie den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten Forschungsvorhaben «Entwicklung einer Richtlinie für Konstruktionen in Holzbauweise in den GK 4 und 5 gemäss der LBO BW (HolzbauRLBW)» wird unter anderem der Fragestellung zum Einfluss von Bauteil- und Elementfugen einschliesslich Durchdringungen haustechnischer Installationen zum Feuerwiderstand von Holzbaukonstruktionen im mehrgeschossigen Bauen nachgegangen. Gemeinsam werden durch die Hochschule Rottenburg, die TU München und die HS Magdeburg-Stendal praxisübliche Bauteilanschlüsse hinsichtlich ihrer

Verwendbarkeit im Sinne der Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO-BW) bewertet, ggf. weiterentwickelt und zu Ausführungsempfehlungen zusammengefasst. In dem Forschungsvorhaben werden hierzu nationale und internationale Forschungsergebnisse aus Brandversuchen ausgewertet sowie Konstruktionen und Anschlüsse analytisch und mittels Brandversuchen untersucht [1].

Durch die Herstellung z.T. ohnehin baupraktisch notwendiger, luftdichter Ebenen, der Dämmung von Hohlräumen und dem Verschluss von Fugen durch z.B. eine Verspachtelung, kann die Übertragung von Feuer und Rauchgasen in andere Nutzungseinheiten wirksam unterbunden werden, was sich aus experimentellen Untersuchungen ableiten lässt [2]. Für die Vermeidung von konvektiven Strömungen ist zudem sicherzustellen, dass die luftdichte Ebene im Brandfall entweder in einem thermisch nicht beanspruchten Bereich liegt oder eine ausreichend lange Beständigkeit gegenüber Temperaturbeanspruchungen aus dem Brandraum aufweist bzw. entsprechende Dämmschichten in Bauteilzwischenräumen einen ausreichenden Strömungswiderstand gegenüber konvektiven Strömungen besitzen. Der Fokus der Untersuchungen innerhalb des Forschungsvorhabens liegt auf der Übertragung und Einhaltung bereits vorhandener Prüf- und Beurteilungskriterien nach DIN EN 13501-2 und DIN 4102-2 zum Raumabschluss (E), Isolation (I) und Rauchdurchtritt von flächigen Bauteilen auf die Fuge.

Ergänzend zu den normativen Kriterien soll innerhalb des Projektes die Qualität der Bauteil- und Elementfugen auch im Hinblick auf den Durchtritt von Rauchgasen messtechnisch erfasst werden. Derzeit erfolgt dies innerhalb der Prüfmethodik nach DIN 4102-2 für die raumabschliessende Funktion der Fläche rein optisch. Für die quantitative Beurteilung des Rauchdurchtritts in Form eines Leakagestroms oder einer Beurteilung der Toxizität, insbesondere durch die Anschlussfuge, liegen bereits unterschiedliche Ansätze im Rahmen von vorangegangenen Forschungsarbeiten vor. So wurden in [3] mittels eines Rauchauffangkastens und weiterer Analytik bereits erste Untersuchungen bzgl. des Rauchdurchtritts von Wand-Anschlüssen bekleideter Holztafelbauelemente durchgeführt. Die Ansätze zur Messung der optischen Dichte und Rauchgaskonzentration werden dabei nachfolgend um das Konzept einer direkten Volumenstrommessung erweitert und kombiniert.

Mittels dieser Ansätze können unterschiedliche Variationen von Bauteilfügungen in Holzbauweise mit mineralischen Bauweisen bezüglich der Anforderungen des kürzlich überarbeiteten § 26 (3) LBO-BW verglichen werden [4]. Die normativen Kriterien zum Nachweis der Anforderungen hinsichtlich einer Begrenzung des Durchtritts von Feuer und Rauch werden so ergänzend und die Fügungen weiterführend bewertet. Die Ergebnisse der Versuche fliessen in einen im Rahmen des Projektes zu erstellenden Konstruktionsdetailkatalog ein, der Leitdetails zur Ausführung von Bauteil- und Elementfugen im Sinne der Landesbauordnung Baden-Württemberg enthält.

2. Bauordnungsrechtliche Grundlagen und Beurteilung von Leistungskriterien

Die allgemeinen brandschutztechnischen Anforderungen an bauliche Anlagen ergeben sich aus § 15 der LBO-BW [4] bzw. § 14 der Musterbauordnung [5]. Demnach sind bauliche Anlagen «so anzuordnen, zu erreichen, zu ändern und instand zu halten, dass

- der Entstehung eines Brandes und
- der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und
- bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren
- sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.»

Aus diesen Vorgaben ergeben sich unter anderem Anforderungen an die Brennbarkeit der Baustoffe, die Feuerwiderstandsdauer der Konstruktion, einschliesslich der Begrenzung der Feuer- und Rauchausbreitung auf definierte Bereiche, die (Rauch-) Dichtigkeit und den Feuerwiderstand der Verschlüsse von Öffnungen sowie die Anordnung, Lage und Gestaltung von Rettungswegen.

Die Einteilung der konkreten Anforderung an die Feuerwiderstandsfähigkeit von tragenden und raumabschliessenden Bauteilen resultiert in Deutschland im Wesentlichen aus der Gebäudehöhe sowie der Grösse der Nutzungseinheiten. Gemäss der derzeitigen Musterbauordnung dürfen in Gebäudeklasse 4 (Gebäude mit einer Höhe bis zu 13 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 400 m²) nur hochfeuerhemmende Bauteile aus im Wesentlichen nichtbrennbaren Baustoffen (F60-AB) oder brennbaren Baustoffen mit einer brandschutztechnischen Bekleidung (K₂60) gemäss der aktuellen M-HFHolzR verwendet werden [6]. Die Gebäudeklasse 5 erfordert gemäss LBO-BW bzw. MBO feuerbeständige Bauteile, «die im Wesentlichen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen (F90 AB) und die bei raumabschliessenden Bauteilen zusätzlich eine in Bauteilebene durchgehende Schicht aus nichtbrennbaren Baustoffen haben müssen.» [4], [5]

Die ursprüngliche Formulierung der LBO-BW 2015, in der neben der Erfüllung der Feuerwiderstandsfähigkeit ein absoluter Ausschluss des Durchtritts von Feuer und Rauch gefordert wurde, führte aus technischer und juristischer Sichtweise zu einer schwierigen Interpretation, sodass eine Überarbeitung erforderlich wurde [7]. So lautet die neue Formulierung gemäss dem Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung für Baden-Württemberg vom 18.07.2019:

«Abweichend [...] sind tragende oder aussteifende sowie raumabschliessende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die hinsichtlich der Standsicherheit und des Raumabschlusses geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen und die Bauteile und ihre Anschlüsse ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Brandausbreitung sind.» [8]

Hiermit ergibt sich insbesondere eine Übertragbarkeit der raumabschliessenden Anforderungen von flächigen Bauteilen gemäss § 27 LBO-BW auf die Element- und Bauteilfugen, womit ein Nachweis anhand bisherigen Prüfverfahren für die Einhaltung des Raumabschlusses möglich ist.

Die raumabschliessende Funktion von Bauteilen kann in Kombination mit der Isolation als ein massgebliches Kriterium zur Verhinderung des Durchtritts von Feuer und Rauch angesehen werden. So gibt es in Deutschland aktuell zwei zugelassene Prüfverfahren zur Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von Bauteilen gegenüber Feuer und Rauch. Die DIN EN 13501-2 bzw. DIN EN 1363-1 sieht eine Beurteilung der Leistungsparameter Tragfähigkeit (R), Raumabschluss (E) und Isolation (I) vor. Weiterhin existieren unter anderem Prüfkriterien zur Fähigkeit, Stossbeanspruchungen zu widerstehen (M) sowie eine Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit (S) im Sinne von Rauchschutztüren bzw. Feuerschutzabschlüssen [9], [10]:

Kriterium Tragfähigkeit (DIN EN: R Resistance):

- tragende Bauteile dürfen unter der geforderten Prüflast nicht zusammenbrechen
- Einhaltung einer maximal zulässigen Verformung oder Verformungsgeschwindigkeit statisch bestimmt gelagerter Bauteile

Kriterium Wärmedämmung (DIN EN: I Isolation):

- Temperaturerhöhung max. 180 K je Einzelmessstelle / 140 K im Mittel

Kriterium Raumabschluss (DIN EN: E Étanchéité):

- Durchtritt unwesentlicher Mengen an Flammen oder heisser Gase, die nicht zur Ausbreitung des Brandes auf der vom Feuer abgewandten Seite beitragen
- Prüfung der Entzündung eines Wattebausches durch Heissgase oder Flammenbildung
- Prüfung auf Spalte und Öffnungen, die über bestimmte Abmessungen hinausgehen (mittels Spaltlehren)

Kriterium Rauchdichtheit (DIN EN: S -Smoke):

- Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit (Dichtheit, Leckagerate) bei Umgebungstemperatur und 200°C; als Prüfung bei Rauchschutztüren und als Zusatzanforderung auch bei Feuerschutzabschlüssen und Lüftungsleitungen einschliesslich Klappen

Als Prüfkriterien werden gemäss DIN EN 13501-2 dabei die Versagensmerkmale «Spalt-/Rissbildung», «Entzündung eines Wattebausches» bzw. dauernde Entflammung auf der feuerabgewandten Seite» verwendet. Hierbei soll festgestellt werden, ob Heissgase durch mögliche Einrisse im Prüfkörper auf der feuerabgewandten Seite in signifikanter Menge auftreten. Der Raumabschluss gilt als nicht mehr gewahrt, wenn entweder

- der Wattebausch entzündet wird, d.h. er entflammt oder glimmt, oder
- die 6 mm bzw. 25 mm-Spaltlehren in Spalten entlanggeführt werden bzw. durch Spalten bis in den Prüfofen hineingeführt werden können.
- eine andauernde Flammenbildung auf der feuerabgewandten Seite auftritt [9].

Mit den dargestellten Methoden werden die Beschädigungen des Bauteils infolge der Temperaturbeaufschlagung erfasst. Zudem lässt sich in Feuerwiderstandsprüfungen an raumabschliessenden Bauteilen ein Rauchaustritt an der brandabgewandten Seite optisch registrieren. Jedoch fordert nur die Prüfung nach DIN 4102-2 eine Beobachtung und Bewertung des Masses der Rauchentwicklungen während des Versuchs [11]. Eine quantitative Beurteilung des Rauchdurchtritts in Form eines Leckagestroms oder einer Messung der Leitkomponenten im Brandrauch sind derzeit kein Bestandteil der durchgeführten Prüfverfahren. Ausnahme bildet hier nur die Beurteilung des Leckagestroms, an Feuerschutzabschlüssen bei Umgebungstemperatur und bei 200°C, wie bereits oben aufgeführt.

Die zentrale Nachweisführung der innerhalb des Forschungsvorhabens HolzbauRLBW geplanten Brandversuche besteht darin, geeignete baupraktische Bauteilanschlüsse in Holzbauweise zusammenzustellen, welche die Anforderungen gemäss § 26 (3) LBO-BW erfüllen. Dabei sollen die Übertragbarkeit der bisherigen Anforderungen hinsichtlich des Raumabschluss und der Isolation vom Bauteil auf die Bauteilfuge nachgewiesen werden. Vor diesem Hintergrund soll im Folgenden ein erweitertes Analyseverfahren zur wissenschaftlichen Beurteilung des Leckagestroms vorgestellt werden, mit welchem eine vergleichende Beurteilung der bisherigen Prüfkriterien mit dem tatsächlichen Rauchdurchtritt der Fuge ermöglicht werden soll.

3. Stand der Forschung und Technik zur quantitativen Beurteilung des Rauchdurchtritts

Zur Prüfung des Durchtrittes von Feuer und Rauch durch raumabschliessende Bauteile und deren Anschlüsse existiert abseits von Türen/Abschlüssen derzeit kein standardisiertes Messverfahren. Bisherige Forschungsarbeiten lieferten unterschiedliche Beurteilungs-

ansätze, die nachfolgend anhand ihrer Vor- und Nachteile kurz erläutert werden. Die Prüfung erfolgte hierbei an Bauteilanschlüssen z.B. Wand-Decken-Anschlüssen, die zeitgleich einer Brandbeanspruchung in einem Prüfofen unterzogen wurden.

HOSSER, KAMPMEIER et al. entwickelten ein Messprinzip, indem die entstehenden Rauchgase in einem Rauchauffangkasten (20 cm x 20 cm) gesammelt und zusammen mit einem Strom aus Frischluft durch ein Rohr mit einer Extinktionsmessstrecke geleitet werden (siehe Abbildung 1). Durch eine Transmissionsmessung wird die optische Dichte des Mediums festgestellt. Ausgehend von Absorption und Streuung der Lichtstrahlen im Medium verringert sich die Intensität am entgegengesetzten Messpunkt mit zunehmender Trübung auf Grundlage des Beer-Lambertschen-Gesetzes [3]. Als Messinstrument wurde hierzu das Rauchdichtemessgerät MAURER ME 82 verwendet, welches ein nach DIN 50055 genormtes Messgerät zur Bestimmung der Rauchdichte darstellt [12]. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der genormten Messtechnik sowie einer verhältnismässig einfachen Konstruktion. So wurde das Messprinzip bereits erfolgreich angewandt, um eine grundsätzliche Aussage bezüglich eines Leakagestromes durch Bauteilfugen zu treffen. Ein Nachteil der Messtechnik liegt in der Verfälschung der Transmissionsmessung durch z.B. Wasserdampf, der quantitativ nicht von einer Trübung durch Rauchgase unterschieden werden kann. Weiterhin kann mit dem Messverfahren kein direkter Leakagestrom bestimmt werden, sodass nur eine qualitative Aussage möglich ist. Da die optische Dichte der Rauchgase ebenfalls variabel ist, hängt das Ergebnis zudem vom Verbrennungsvorgang im Brandraum ab [7].

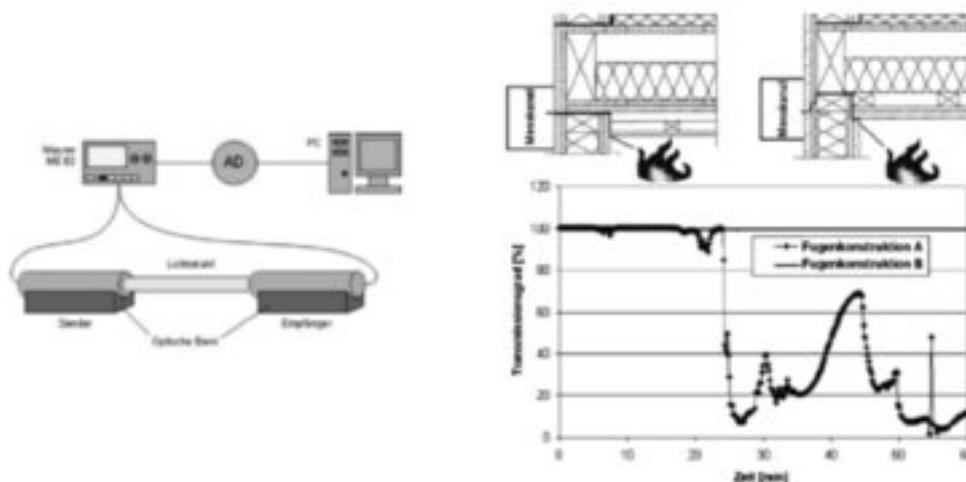


Abbildung 1: Prinzipskizze der Messtechnik sowie der Transmissionsmessung in einem an den Fugen angebrachten Messkanal [13], [3]

Ein anderes Messprinzip nach HOSSER et al., welches nach STEIN modifiziert wurde, basiert ebenfalls auf einem Rauchauffangkasten, der an der Bauteilfuge auf der feuerabgewandten Seite installiert wird (siehe Abbildung 2). Über eine Gasanalyse werden die Bestandteile der Brandgase im Ofen gemessen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Konzentration über den Fugenverlauf nicht ändert. Anschliessend werden die austretenden Gase unter Zuführung einer definierten Frischluftmenge (100 l/min) über einen Rauchauffangkasten einer erneuten Gasanalyse zugeführt. Über die Änderung der Gaskonzentrationen wird unter Berücksichtigung der Frischluftzufuhr aus dem Volumenstrom des Abgases auf die Leckagerate geschlossen [2].

Als Messtechnik werden mehrere Gasanalysatoren für O_2 , CO bzw. CO_2 verwendet, die für den Einsatz im Brandofen eine ausreichende thermische Beständigkeit aufweisen müssen. Der Vorteil des Messprinzips liegt in der indirekten Messung des Leakagestroms, womit die Leckage indirekt anhand der Massenerhaltungsgleichung als Volumen pro Zeiteinheit quantifiziert werden kann. Auch dieses Messprinzip wurde bereits in mehreren Forschungsarbeiten verwendet, wobei eine Verfälschung der Ergebnisse durch Wasserdampf im Gegensatz zum vorherigen Messprinzip vermieden wird. Dennoch handelt es sich um ein fehleranfälliges Verfahren, da abhängig von verwendetem Brennstoff (Öl/Gas) kein direkter Vergleich möglich ist. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen

werden, dass sich die Konzentration der aufgefangenen Gase durch Pyrolysevorgänge im Bauteil bzw. der Bauteilfuge verändert, womit die Massenerhaltungsgleichung nicht mehr erfüllt wäre.

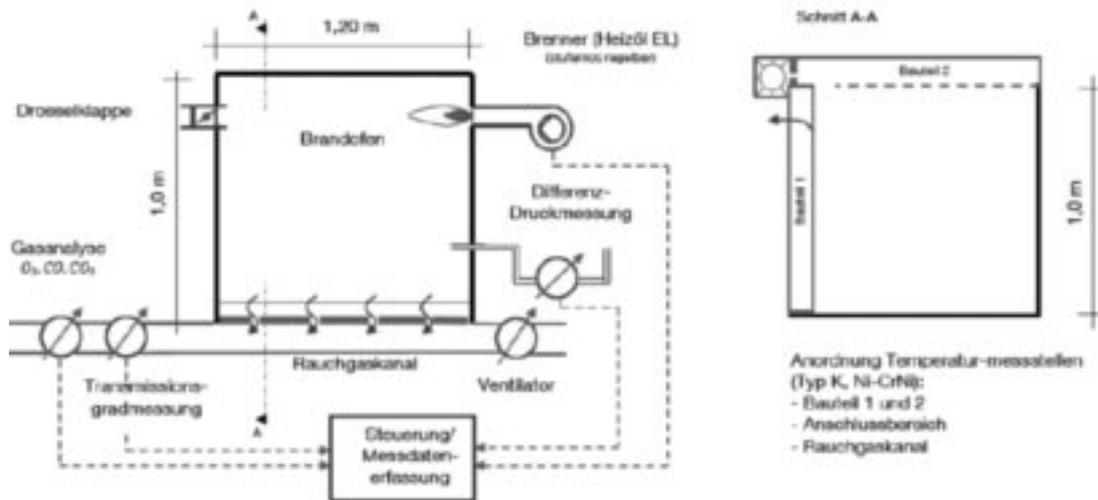


Abbildung 2: Prinzipskizze der Leckagestrombestimmung anhand Gasanalyse nach [2]

4. Messkonzept zur weiterführenden quantitativen Beurteilung des Lagestroms

Im Rahmen des Projektes HolzbauRLBW wurde ein weiterer Ansatz zur Beurteilung des Rauchdurchtritts durch Bauteilfugen entwickelt, der sich aus einer Optimierung bestehender Versuchsgrundlagen ergibt. Das Vorgehen besteht im Gegensatz zu den vorherigen Forschungsarbeiten in der direkten Bestimmung des Volumenstroms in Kombination mit einer Gasanalyse.

Für das Auffangen der Rauchgase wurde auf bereits bestehende Prinzipien zurückgegriffen. Ein Prototyp des Rauchauffangkastens (RAK) wurde zunächst aus Siebdruckplatten hergestellt, auf denen vorderseitig eine Plexiglasscheibe als Sichtfenster angebracht ist. Das Mass des Prototyps beträgt 200 mm x 200 mm x 950 mm. Die Siebdruckplatten sowie das Sichtfenster wurden untereinander mit hochtemperaturbeständigem Silikon abgedichtet. Die Dichtung zum Bauteilofen erfolgt über ein an der Innenseite angebrachtes Kamindichtband. Es ist vorgesehen den Prototyp nach erfolgreichen Testläufen durch eine geeignete Metallkonstruktion zu ersetzen. Zur Messung der normativen Kriterien werden Revisionsöffnungen vorgesehen, die während der gesamten Versuchsdauer einen Wattebauschttest an der Fuge ermöglichen.

An den RAK schliesst sich ein Abzugsrohr mit variablem Nenndurchmesser DN an, in welchem die Rauchgase zunächst der Analytik zugeführt und anschliessend über den Auslass abgeleitet werden. Für die Messung der Strömungsgeschwindigkeit und dem daraus

resultierenden Volumenstrom ist eine Vor- und Nachlaufstrecke zur Ausbildung eines annähernd rotationssymmetrischen Strömungsprofils am Messpunkt erforderlich. Da für die Länge der Strecke keine allgemeingültigen Empfehlungen existieren, wurde zunächst ein Vorlauf gewählt, der dem 10-fachen (Rücklauf mind. 5-fachen) Rohrdurchmesser entspricht. Am Messpunkt werden Strömungsgeschwindigkeit sowie diverse Gasspezies mittels eines Kombimesegerätes bestimmt. Um einen etwaigen Überdruck im Messkanal zu registrieren, ist ein zusätzlicher piezoresistiver Drucksensor im RAK vorgesehen. Das Abzugsrohr wurde mit einem handelsüblichen Rauchrohr ausgeführt. In Abbildung 3 ist eine Zeichnung des derzeitigen Prototyps dargestellt.

Die Wahl der Rohrennenweite stellt aus strömungsmechanischen Gründen einen für die Messung signifikanten Parameter dar. Die messtechnisch sinnvollen Rohrennenweiten sollen daher im Folgenden auf Basis strömungsmechanischer Grundlagen bestimmt werden.

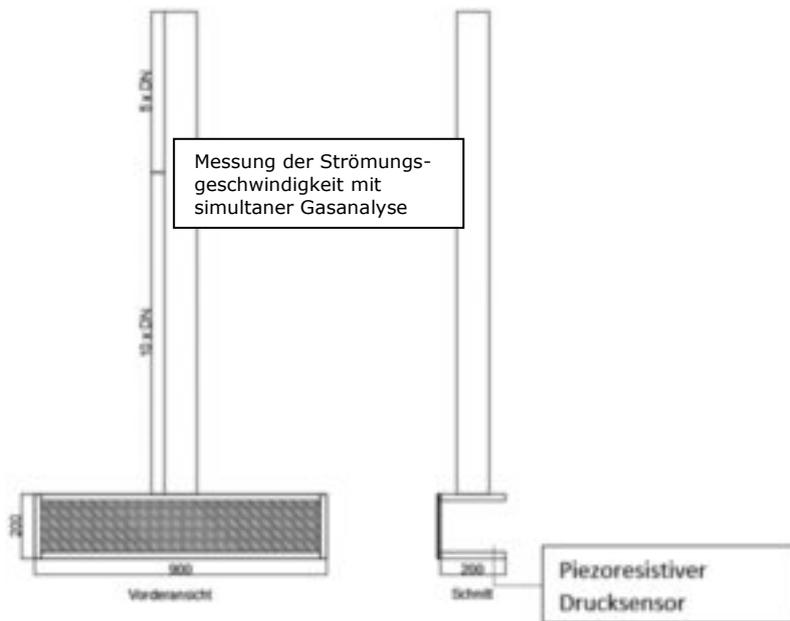


Abbildung 3: Detailzeichnung des RAK-Prototyps mit Position der Messtechnik

Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit basiert auf dem Gesetz von Bernoulli. Mithilfe einer Staudruck-(Prandtl-)Sonde werden der Gesamtdruck (entgegen der Strömungsrichtung) und der statische Druck (senkrecht zur Strömungsrichtung) im Abgasrohr gemessen, aus deren Differenz der dynamische Druck (Staudruck) resultiert. [13]

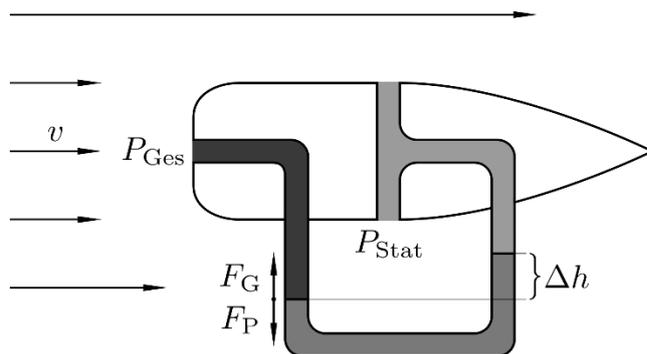


Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Prandtl-Sonde [14]

Durch den RAK wird ein freies Abströmen der über die Fuge austretenden Gase vermindert, sodass ein Strömungswiderstand entsteht. Dabei muss ein Rückstau der aufgefangenen Gase möglichst ausgeschlossen werden, um die Leckagestrommessung nicht zu verfälschen. Massgeblich für den Rückstauereffekt im RAK und Abzugsrohr ist nicht der in Strömungsrichtung vorliegende dynamische Druck, sondern der Druckverlust Δp über die Rohrleitungslänge l . Die Strömung im Abzugsrohr resultiert einerseits auf dem Druckunterschied zwischen Ofen, RAK und Umgebung und andererseits auftriebsbehaftet aufgrund von Temperatur- bzw. Dichtegradienten. Im vorliegenden Fall liegt eine Expansionsströmung vor, deren Druck infolge von Reibungsverlusten in Strömungsrichtung abnimmt. Ist der Druckverlust zu hoch, so kommt es ggf. zu einer Druckerhöhung im Rauchauffangkasten, der die Leckrate signifikant beeinflusst. Der Messbereich sollte daher so gewählt werden, dass der Druckverlust im Rohr festzulegenden Überdruck gegenüber der Umgebung nicht überschreitet, da es ansonsten zu einem Rückstauereffekt kommen kann. Gleichzeitig kann das Abgasrohr nicht beliebig vergrößert werden, da sonst keine signifikanten Strömungsgeschwindigkeiten auftreten.

Für die Erprobungsversuche werden zwei Durchmesser vorgesehen, um die bei einem tatsächlichen Brandversuch aufkommenden Leckageströme untersuchen zu können:

- Rohrdurchmesser $d = 50$ mm, vorteilhaft aufgrund der niedrigen Mindestvolumenströme und geringem Messfehler, nachteilig aufgrund des möglicherweise schnellen Erreichens der oberen Messgrenze
- Rohrdurchmesser $d = 80$ mm als Kompromiss mit höherem Mindestvolumenstrom jedoch grösserem Messbereich

Geringere Rohrdurchmesser werden aufgrund des Platzbedarfs der Messtechnik sowie einer weiteren Reduzierung des maximalen Volumenstroms nicht empfohlen. Sofern trotz der genannten Massnahmen ein signifikanter Überdruck auf der brandabgewandten Seite gemessen wird, besteht eine weitere Option in der manuellen Regelung des Ofendrucks in Abhängigkeit des Drucks im RAK. Da hiermit ein Eingriff in die Ofensteuerung erfolgt, ist dies jedoch keine primäre Option. Der Druck erhöht sich damit nicht nur auf die Fuge, sondern auf die gesamte Bauteiloberfläche.

Für die Bestimmung des Volumenstroms sowie der Gaskonzentrationen wird ein Kombimessgerät aus der Emissionstechnik verwendet. Das Messgerät wird in vielen Bereichen bei Verbrennungsprozessen, sowie der Emissions- und Prozessgasüberwachung (u. a. von Schornsteinfegern) eingesetzt und ist durch die Filtertechnik und die Temperaturbeständigkeit bis 800 °C dementsprechend für Brandrauch deutlich besser geeignet als herkömmliche Multigas-Analysatoren [15]. In Rücksprache mit dem Hersteller ist ein Einsatz über zwei Stunden im Rahmen der Messbereiche ohne weiteres möglich, anschliessend wird das Gerät mit Frischluft gespült, um die Sensorik zu schonen. Als Leitkomponenten werden hierbei CO , CO_2 , O_2 mittels elektrochemischer Sensoren erfasst und parallel zum Leakagestrom aufgezeichnet. Somit können zum Leakagestrom einzelne Rauchgaskomponenten differenziert betrachtet werden. Zur Berücksichtigung der Abgasfeuchte ist ebenfalls ein Feuchtesensor vorgesehen. Neben der Gasanalytik ist das Gerät in der Lage, eine simultane Bestimmung des Volumenstroms über eine Kombi-Prandtl-Sonde durchzuführen. Die Sonde verfügt ebenfalls über ein Typ-K-Thermoelement, sodass der Volumenstrom unter Berücksichtigung der Abgasdichte bestimmt werden kann.

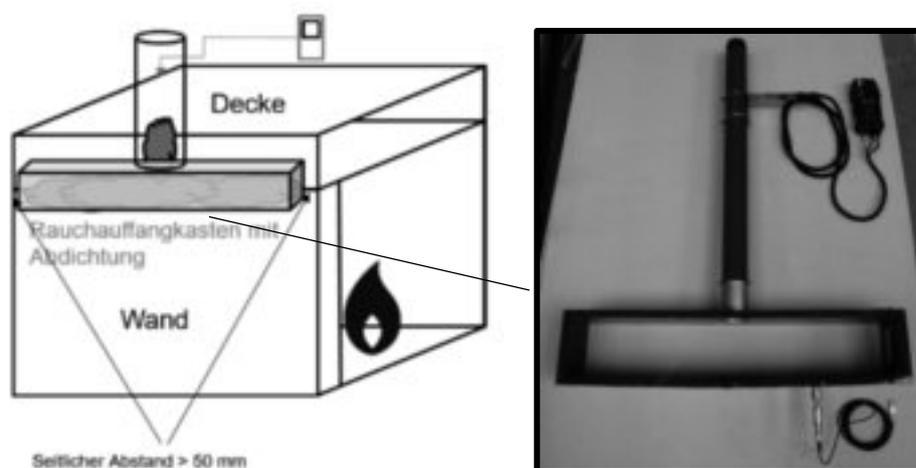


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus und aktueller Prototyp des RAK

In Abbildung 5 ist die schematische Darstellung der Anbringung des RAK am Bauteilofen sowie der derzeitige Prototyp abgebildet. Um Einflüsse im Randbereich des Probekörpers zu reduzieren, wurde ein seitlicher Abstand von 50 mm zum Rand des Bauteils auf jeder Seite eingehalten.

Für die Untersuchung der Feuerwiderstandsfähigkeit gemäss §26 (3) LBO-BW bzw. die Erbringung des Nachweises der Widerstandsfähigkeit gegen die Brandausbreitung im Hinblick auf Bauteil-, Element- und Installationsfugen sind im Rahmen des HolzbauRLBW-Projektes mehrere Brandversuche von mind. 1 m x 1 m grossen Wand- und Deckenbauteilen geplant. Der Versuchskatalog enthält eine Reihe von Anschlussdetails praxisrelevanter Bauteilfügungen in Holztafel- und Holzmassivbauweise auf Basis von Verwendbarkeitsnachweisen bzw. technischen Regeln. Dabei werden sowohl bekleidete als auch unbekleidete Varianten betrachtet. Die Grundlage der Versuchsdurchführung

bildet dabei die Reduzierung der Bauteilaufbauten auf die brandschutztechnisch notwendige Schicht, womit eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf eine Vielzahl von Variationen gewährleistet bleibt. Für die Ausbildung der Fugestellen werden unterschiedliche Dichtprinzipien wie Klebebänder/-schnüre, Schallschuttlager, Kompribänder oder Brandschutzmassen betrachtet. Durch den Versuchsaufbau ist davon auszugehen, dass die Brandversuche ein kritisches Szenario darstellen, da die relevante luft- bzw. rauchdichte Ebene im Vergleich zur späteren Ausführung näher an der brandzugewandten Seite liegt.

Der Nachweis gilt als erbracht, sofern der Anschluss selbst mindestens die Anforderungen der Feuerwiderstandsfähigkeit des flächigen Bauteils erfüllt [7]. Dabei sollen neben Holzbauteilen auch mineralische Bauweisen wie Stahlbeton- oder Trockenbauweisen vergleichend betrachtet werden. Der vorgestellte Rauchfangkasten liefert hierfür in Kombination mit der Messtechnik eine quantitative Bestimmung des Leckagestroms, die in Kombination mit einer Gasanalytik eine direkte Bestimmung der Volumen- bzw. Massenströme relevanter Rauchgaskomponenten ermöglicht.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Mit fortschreitender Novellierung der Bauordnungen hinsichtlich einer Öffnung zugunsten des mehrgeschossigen Holzbaus besteht ein zunehmender Bedarf hinsichtlich bauordnungsrechtlich konformer Konstruktionsdetails, welche die präskriptiven Anforderungen, insbesondere die Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilanschlüssen, erfüllen. Mehrere Bundesländer haben wie Baden-Württemberg bereits ähnliche Änderungen in den Landesbauordnungen eingeführt, welche die flächendeckende Anwendbarkeit von Holz als Baustoff in den Gebäudeklassen 4 und 5 ermöglicht. So sieht bspw. der aktuelle Entwurf der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzbauRL eine Verwendung von Holzbauteilen aus Massivholz abseits der bisherigen brandschutztechnischen Bekleidung vor [16].

Trotz zügiger Novellierung der Bauordnungen fehlt es den Bauherren, Planern, Herstellern und Bauaufsichten weiterhin an praxisrelevanten Bauteilanschlüssen, welche die Anforderungen an Schall-, Wärme-, Feuchte- und Brandschutz erfüllen, sodass oftmals ressourcenintensive Einzelnachweise nötig sind. Durch die Versuchsdurchführung im Rahmen des HolzbauRLBW-Projektes soll daher eine Lücke zwischen den bauordnungsrechtlichen Vorgaben und der Umsetzung in der Praxis anhand eines entsprechenden Konstruktionskataloges geschlossen werden. Hierfür sollen relevante Anschlussarten jedoch zuvor mit anhand der Prüfkriterien sowie ergänzender Messtechnik hinsichtlich ihrer Verwendungsfähigkeit geprüft werden.

Mit dem vorliegenden Ansatz wird dabei ein neues Messkonzept vorgestellt, in dem strömungsdynamische Einflüsse auf die Messung selbst gezielt quantitativ betrachtet werden. Es kann damit rechnerisch nachgewiesen werden, dass der Rückstauereffekt durch einen Überdruck im Messsystem einen wichtigen Faktor darstellt, der bei der Auslegung der Messtechnik jedoch berücksichtigt werden kann. Dabei muss beachtet werden, dass es sich um ingenieurmässige Überschlagsrechnungen handelt, die im Versuch bestätigt werden müssen. Die Messtechnik wird anhand von ausreichend Vorversuchen daher weiter optimiert, um eine zuverlässige Anwendbarkeit im Rahmen der Versuche zu gewährleisten [17].

Das Ziel der Versuchsplanung ist es, eine Vielzahl von relevanten Anschlusskonfigurationen bezüglich der Feuerwiderstandsfähigkeit zu untersuchen. Neben den erwähnten Prüfkriterien gemäss DIN EN 13501-2 bzw. DIN 4102-2 ist anhand des vorliegenden Messkonzeptes eine zusätzliche Messung der tatsächlichen Leckrate bei simultaner Bestimmung der Gaskonzentrationen im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchungen möglich. So können parallel zu den derzeitigen Prüfkriterien weitere Rückschlüsse auf das Verhalten der Bauteil- und Elementfugen im Hinblick auf den Durchtritt von Feuer und Rauch gezogen werden.

6. Literatur

- [1] Dederich, L., et. al.: Die Holzbaurichtlinie Baden-Württemberg – Auf dem Weg zu Standarddetails für den mehrgeschossigen Holzbau und andere ordnungsrechtliche Fragestellungen. Fachtagung Holzbau Baden-Württemberg, Stuttgart 2018.
- [2] Stein, R.: Zur Bewertung beeinflussender Faktoren auf Brandweiterleitungsmechanismen in Bauteilfugen vorgefertigter Holzbauelemente, Dissertation TU München 2015.
- [3] Hosser D., et. al.: Theoretische und experimentelle Grundlagen-untersuchungen zum Brandschutz bei mehrgeschossigen Gebäuden in Holzbauweise, Stufe 2 (Bauteilversuche) und Stufe 3 (Empfehlungen). Abschlussbericht zur Stufe 2, TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Braunschweig 2000.
- [4] Landesbauordnung Baden-Württemberg (LBO BW) in der Fassung vom 05.03.2010, zuletzt geändert durch Gesetz vom 18.07.2019 (GBl. S. 313)
- [5] Musterbauordnung (MBO) in der Fassung November 2002, zuletzt geändert durch den Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016
- [6] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFH HolzR); Fassung 2004-07
- [7] Rüther, N.; Sudhoff, P.; Dederich, L.; Kammerer, E.; Werther, N.: Anforderung an die Rauchdichtigkeit von Holzbauteilen in den GK 4 und 5, Tagungsband 6. Magdeburger Brand und Explosionsschutztag 2019.
- [8] Landtag von Baden-Württemberg: Gesetz zur Änderung der Landesbauordnung für Baden-Württemberg, Drucksache 16/6592, 19.07.2019
- [9] DIN EN 13501-2:2016-12: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen; Deutsche Fassung.
- [10] DIN EN 1363-1:2012-10: Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung.
- [11] DIN 4102-4:2016-05: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile.
- [12] DIN 50055:1989-03: Lichtmessstrecke für Rauchentwicklungsprüfungen.
- [13] Surek D.; Stempin S.: Technische Strömungsmechanik (ISBN 978-3-658-06062-6). Springer Vieweg, Wiesbaden 2017.
- [14] Mathon (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prandtlisches_Staurohr.svg), «Prandtlisches Staurohr», <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>; abgerufen am 31.07.2019
- [15] MRU Messgeräte für Rauchgase und Umweltschutz GmbH: MRU Optima 7 Multigas Analysator – Technisches Datenblatt, <https://www.mru.eu/fileadmin/medien/produkte/detailseite-pdf/DE-Prospekt-OPTIMA7.pdf>; abgerufen am 31.07.2019
- [16] Bauministerkonferenz (ARGEBAU), Fachkommission Bauaufsicht: Entwurf der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 – M-HolzBauRL (Stand: 23.05.2019).
- [17] Sudhoff, P.; Suttner, E.; Werther, N.; Kampmeier, B; Beurteilung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Bauteilanschlüssen und Elementfugen im Rahmen des HolzbauRLBW-Projektes; Symposium 2019 Heissbemessung / Structural Fire Engineering, Braunschweig 2019.

Das Vorhaben HolzbauRLBW wird gefördert im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) – Innovation und Energiewende – Förderperiode 2014-2020 Programm in Baden-Württemberg 2014 -2020 im Rahmen der Verwaltungsvorschrift Holz Innovativ Programm – HIP 2014-2020 des Ministerium Ländlicher Raum und Verbraucherschutz.



Block C2

Privates Baurecht

Die Bildung einer Bieter- und Arbeitsgemeinschaft

Gerrit G. Garbrecht
Rechtsanwalt
Bielefeld, Deutschland



Die Bildung einer Bieter- und Arbeitsgemeinschaft

1. Vorüberlegungen

Stauffacher: Verbunden werden auch die Schwachen mächtig.

Tell: Der Starke ist am mächtigsten allein.

Schiller, Wilhelm Tell

Allein oder gemeinsam? Diese Frage stellt sich nicht nur politisch, sondern auch bei der Durchführung von Bauvorhaben. Die Spezialisierung der Bauunternehmen und die zunehmende Komplexität von Baumassnahmen hat dazu geführt, dass auch grössere Baufirmen nicht immer über die erforderlichen Kapazitäten und das notwendige Know how verfügen, um die geforderten Bauleistungen allein auszuführen. Um den Anforderungen des Baumarktes zu genügen, schliessen sich Baufirmen zusammen. Sie bilden zeitlich befristet auf vertraglicher Grundlage eine sog. Bietergemeinschaft und im Auftragsfall eine sog. Arbeitsgemeinschaft (ARGE). Darunter versteht man «eine Mehrzahl von Fachunternehmen, die gemeinschaftlich ein Angebot einreichen mit dem Ziel, einen bestimmten Auftrag zu erhalten und dann gemeinsam auszuführen».

Die Chancen einer Bietergemeinschaft/ARGE gegenüber einer Alleindurchführung sind vielfältig:

- (1) Verteilung von Risiken und Haftung auf mehrere Firmen
- (2) Verbesserung der Leistungsfähigkeit durch Synergieeffekte
- (3) Erprobung neuer Aufgabenfelder durch Eignungsleihe
- (4) flexibler Einsatz der personellen und maschinellen Kapazitäten
- (5) keine Ausweitung personeller Kapazitäten
- (6) Verkürzung von Bauzeiten

Sie sind gegen die Risiken abzuwägen:

- (1) gesamtschuldnerische Haftung
- (2) zusätzlicher Verwaltungs- und Koordinierungsaufwand

2. Zulässigkeit der Bietergemeinschaft

Der Zusammenschluss mehrerer Bauunternehmen mit dem Ziel, gemeinsam ein Bauvorhaben durchzuführen, ist unter rechtlichen Gesichtspunkten nicht ganz unproblematisch. Gem. § 1 GWB sind «Vereinbarungen zwischen Unternehmen, Beschlüsse von Unternehmensvereinigungen und aufeinander abgestimmte Verhaltensweisen, die eine Verhinderung, Einschränkung oder Verfälschung des Wettbewerbs bezwecken oder bewirken, verboten».

Es gibt gewichtige Stimmen in der Rechtsprechung (OLG Düsseldorf 17.02.2014 Verg 2/14), die eng am Gesetzeswortlaut orientiert in der Verabredung einer Bietergemeinschaft eine Verfälschung des Wettbewerbs sehen; statt zwei oder mehrerer Bieter stehe nur ein Bieter zur Verfügung. Dies sei für einen geordneten Wettbewerb insbesondere dann schädlich, wenn die Unternehmer auf dem gleichen räumlichen Markt tätig sind und selbst über ausreichende Kapazitäten verfügen.

Dieser engen Auslegung ist die Mehrzahl der Oberlandesgerichte entgegengetreten (OLG Karlsruhe vom 05.11.2014 15 Verg 6/14). Sie setzen Bietergemeinschaften grundsätzlich Einzelbietern gleich. «Allein die Tatsache, dass sich potenzielle Wettbewerber zu Bietergemeinschaften zusammenschliessen und sich aufgrund dessen keine Konkurrenz machen, führt nicht automatisch dazu, dass die entsprechende Abrede rechtswidrig ist» (OLG Saarbrücken vom 27.06.2016 1 Verg 2/16). Auch aus dem Umstand, dass ein Unternehmen über die Kapazitäten verfüge, um den Auftrag allein auszuführen, könne die Unwirksamkeit nicht abgeleitet werden. Eigene Kapazitäten, die in anderen Bauvorhaben gebunden seien, brauchten nicht aufgelöst und z.B. durch Nachunternehmer ersetzt zu werden. Erst wenn die Marktverhältnisse spürbar beeinflusst werden, kann eine Bietergemeinschaft unzulässig sein.

Auch untergesetzliche Regelungen in der Vergabeverordnung (VgV) und in der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB/A) gehen von der grundsätzlichen Gleichbehandlung von Bietergemeinschaften und Einzelbewerbern aus und tragen den Besonderheiten des Baumarktes (fehlende Verstetigung der Baunachfrage/Witterungsabhängigkeit/«blinder» Wettbewerb) Rechnung. In § 6 Abs. 2 VOB/A heisst es, dass Bietergemeinschaften Einzelbieter gleichzusetzen sind, wenn sie die Arbeiten im eigenen Betrieb oder in den Betrieben der Mitglieder ausführen. Würde die Verabredung zur gemeinsamen Leistungserbringung eine rechtswidrige Wettbewerbsbeschränkung bedeuten, machten die Normen keinen Sinn.

Entscheidend für die Zulässigkeit sind die Umstände des jeweiligen Einzelfalles. Die Vergabestelle kann in begründeten Ausnahmefällen bei der Bietergemeinschaft nach den Gründen für das gemeinsamen Angebot nachfragen. Auf Seiten der Bietergemeinschaft könnte sich empfehlen, sich auch unaufgefordert zu den Gründen des gemeinsamen Anbietens zu erklären und im Anschreiben auf die «kaufmännische und wirtschaftliche Zweckmässigkeit» hinzuweisen.

3. Inhalt des Bietergemeinschaftsvertrages

Der Zusammenschluss zu einer Bietergemeinschaft erfolgt regelmässig nach den Regelungen des Gesellschaftsrechts des BGB (§§ 705 ff BGB). Danach verpflichten sich die Gesellschafter gegenseitig, die Erreichung eines gemeinsamen Zwecks in der durch den Vertrag bestimmten Weise zu fördern. Ein wesentliches Merkmal der Gesellschaft bürgerlichen Rechts besteht darin, dass jeder Gesellschafter im Aussenverhältnis Dritten gegenüber gesamtschuldnerisch haftet; er haftet dem Auftraggeber «auf das Ganze». D.h., fällt ein Gesellschafter aus, stehen der/die verbliebenen Gesellschafter in der Verantwortung. Im Innenverhältnis bestimmen die vertraglichen Vereinbarungen die Rechte und Pflichten der Gesellschafter. Grundsätzlich besteht Formfreiheit. Angesichts der Grössenordnung und des Umfangs der Verpflichtungen sollte aber unbedingt eine schriftliche Fixierung gewählt werden.

3.1. Präambel

In einer Präambel sind die Gesellschafter aufzuführen; darin sollte der Zweck des Zusammenschlusses dargestellt sein. Eine detaillierte Aufzählung der zukünftigen Zusammenarbeit ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht zwingend erforderlich.

3.2. Form der Zusammenarbeit

Die zu geschuldete Werkleistung ist zwar von allen Gesellschaftern gesamtschuldnerisch zu erbringen. Die Verabredung einer Bietergemeinschaft/ARGE dient aber gerade dazu, die tatsächliche Leistungserbringung auf mehrere Schultern zu verteilen. Dazu sind Regelungen über die Beteiligungsverhältnisse und die Beistellungsverpflichtungen festzulegen. Es sind im Wesentlichen zwei Formen möglich:

- (1) in Form einer sog. «Normal»- oder Beistell-ARGE
- (2) in Form einer sog. «Los»- oder Dach-ARGE.

(1) Bei einer Normal-ARGE erfolgt die Bauausführung gemeinsam durch die beteiligten Bauunternehmen. Die Beistellung von Personal/Stoffen/Geräten wird regelmässig in einem prozentualen Beteiligungsverhältnis geregelt; ebenso die Aufteilung der bei der ARGE anfallenden weiteren Kosten (Transporte/Mieten/Käufe/externe Arbeitnehmer). Zu klären ist, ob die Mitarbeiter des jeweiligen Gesellschafters zur ARGE freigestellt oder nur abgeordnet werden. Im ersteren Fall übernimmt die ARGE alle Arbeitgeberfunktionen für alle freigestellten Arbeitnehmer; die Arbeitsverhältnisse zum Stammbetrieb ruhen. Umfassende Regelungen finden sich dazu in § 9 des Bundesrahmentarifvertrages für das Baugewerbe. Im Fall der Abordnung bleibt das Arbeitsverhältnis zum Stammbetrieb bestehen. Hier hält sich der bürokratische Aufwand in Grenzen.

Einigkeit ist auch darüber zu erzielen, wer die Angebotsbearbeitung übernimmt und die Angebotskalkulation erstellt: welcher Kalkulationslohn, welche BGK, AGK und Verrechnungssätze für Beistellungen sind in Ansatz zu bringen; wie soll Wagnis und Gewinn kalkuliert werden?

(2) Als Alternative zur Normal-ARGE kann die Durchführung in der sog. Los-/Dach-ARGE erfolgen. Auch bei dieser gilt die gesamtschuldnerische Haftung. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass bereits die vom Auftraggeber geforderte Leistung in verschiedene Lose aufgeteilt ist bzw. ohne Probleme den einzelnen Gesellschaftern übertragen werden kann. Diese erfüllen ihre gesellschaftsrechtlichen Verpflichtungen nicht in einer Quote an der Gesamtleistung, sondern dadurch, dass sie das ihnen zugeteilte oder von Ihnen übernommene Los selbstständig und in eigener Verantwortung abarbeiten. Sie sind praktisch Nachunternehmer der Los-/Dach-ARGE. Die eigenverantwortliche Durchführung macht Regelungen zur gemeinsamen Kalkulation, zur Beistellung von Personal/Stoffen/Geräten und zur Bauleitung entbehrlich. Die eingesetzten Mitarbeiter bleiben Mitarbeiter des jeweiligen Gesellschafters.

3.3. Geschäftsführung der Bietergemeinschaft

Die Geschäftsführung einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts steht gem. § 709 BGB allen Gesellschaftern gemeinschaftlich zu; für jedes Rechtsgeschäft ist die Zustimmung aller Gesellschafter erforderlich. Die konsequente Anwendung des Einstimmigkeitsprinzips würde zu erheblichen bürokratischen Hemmnissen führen. Es sind deshalb Regelungen dazu zu treffen, wer die Bietergemeinschaft nach aussen vertritt und sie mit Wirkung für die anderen Gesellschafter verpflichten kann. Anders als für die ARGE (s.u.) ist hier eine Zweiteilung der Zuständigkeiten in eine kaufmännische und eine technische Geschäftsführung weder sinnvoll noch angezeigt.

Die Bestimmung eines Geschäftsführers ist nicht nur eine Frage der Zweckmäßigkeit. Sie wird von öffentlichen Auftraggebern ausdrücklich gefordert. In § 53 IX VgV haben Bietergemeinschaften (a) alle Mitglieder sowie (b) eines ihrer Mitglieder als bevollmächtigten Vertreter anzugeben. Sie schafft klare Zuständigkeiten und ist zudem geeignet, im Rechtsverkehr missverständliche und widersprüchliche Erklärungen zu minimieren.

3.4. Beendigung der Bietergemeinschaft

Gem. § 726 BGB endet eine Gesellschaft bürgerlichen Rechts, wenn der vereinbarte Zweck erreicht worden ist oder nicht mehr erreicht werden kann.

(1) Zweck einer Bietergemeinschaft ist die Erlangung und gemeinsame Durchführung eines Bauauftrages. Wird auf das Angebot der Zuschlag erteilt, ist der Zweck erreicht. Aus der Bietergemeinschaft wird praktisch eine ARGE; rechtlich bedarf es dazu noch eines gesonderten ARGE-Vertrages (s.u.).

(2) Ein Ausschreibungsverfahren wird nicht nur durch Zuschlagserteilung auf das wirtschaftlichste Angebot abgeschlossen. Die Beendigung kann auch durch eine Aufhebung der Ausschreibung gem. §§ 17 VOB/A, 17 EU VOB/A erfolgen. Ist die Aufhebung zulässigerweise erfolgt, ist eine Auftragserteilung nicht mehr möglich. Der Zweck der Bietergemeinschaft, den Auftrag gemeinschaftlich auszuführen, ist entfallen.

Es sind Fallgestaltungen denkbar, in denen die Entscheidung der Vergabestelle auf dem Rechtsweg überprüft werden kann; z.B., wenn im sog. Oberschwellenbereich die Information der Bieter gem. §§ 134, 135 GWB unterblieben ist oder im sog. Unterschwellenbereich die Aufhebung der Ausschreibung ohne Vorliegen eines Sachgrundes erfolgt ist. In Fällen, in denen bei ordnungsgemäßer Durchführung des Verfahrens der Zuschlag auf das Angebot des übergangenen Bieters hätte erteilt werden müssen, können diesen Schadensersatzansprüche zustehen.

Für den Zeitraum der rechtlichen Auseinandersetzung muss die Bietergemeinschaft weiter bestehen.

3.5. Kosten

Die Bearbeitung eines Angebots verursacht mitunter nicht unerheblichen Aufwand; das sind insbes. die Personalkosten für den Kalkulator, ggfls. auch Reisekosten. Da eine Kostenerstattung der Angebotsbearbeitung durch den öffentlichen Auftraggeber nicht stattfindet, § 8 b I VOB/A, sollte darüber zwischen den Gesellschaftern eine Regelung getroffen werden.

4. Arbeitsgemeinschaftsvertrag

Für den Fall, dass das Angebot der Bietergemeinschaft den Zuschlag erhält, ist diese durch Zweckerreichung beendet (s.o.). Die in der Bietergemeinschaft vertretenen Unternehmen sind verpflichtet, eine ARGE zu bilden. Dazu haben sie sich nicht nur im Bietergemeinschafts-Vertrag verpflichtet; auch bestimmt der öffentliche Auftraggeber, der die Rechtsform der ausführenden Unternehmen üblicherweise nicht vorgeben darf, für die hier vorliegende Fallkonstellation in seinen Bewerbungsbedingungen, dass die Rechtsform der ARGE zu wählen ist (§ 43 III VgV).

Spätestens jetzt haben die Unternehmen umfassende Vereinbarungen über die Art der gemeinsamen Durchführung, zum Zweck, zu den Organen, zu den Beistellpflichten, zur Kostentragung und zur Beendigung zu treffen.

4.1. Konstituierung und Zweck

Zu den konstituierenden Regelungen gehören Angaben zu den Firmen der Gesellschafter sowie Namen, Sitz und Zweck der ARGE. Es sind die Beteiligungsverhältnisse bzw. die Form der Zusammenarbeit festzulegen (Normal-ARGE/Los-ARGE).

4.2. Organe der ARGE

Organe einer ARGE sind neben der Gesellschafterversammlung die technische und die kaufmännische Geschäftsführung sowie die Bauleitung.

(1) Die Gesellschafterversammlung ist wie bei jeder Gesellschaft das oberste Organ. Hier werden die Entscheidungen von grundsätzlicher Bedeutung getroffen. Das Einstimmigkeitsprinzip ist die Regel.

(2) Die Übertragung der Vertretungsbefugnisse, der Zuständigkeiten und der konkreten Aufgaben ist Sache der Gesellschafter und der vertraglichen Gestaltung. Regelmässig vertritt die technische Geschäftsführung die ARGE gegenüber dem Auftraggeber. Sie bearbeitet z.B. die Angebote/Nachträge/Abschlags- und Schlusszahlungen, beauftragt die SIGEKO/den Umweltbeauftragten/die Nachunternehmer. Die kaufmännische Geschäftsführung ist für alle «Finanzen» und kaufmännischen Vorgänge zuständig. Sie führt den Schriftverkehr mit den Behörden (Krankenkasse/Berufsgenossenschaften/Arbeits- und Finanzverwaltung) und verwaltet Lohn und Gehalt, Bürgschaften, Einkäufe und führt die Konten.

(3) Die Bauleitung schliesslich ist zuständig für die Leitung und Überwachung der eigentlichen Bauabläufe auf der Baustelle.

Wird das Bauvorhaben in Form einer Los- oder Dach-ARGE durchgeführt, in der jeder Gesellschafter seinen Teil in eigener Verantwortung erbringt, bedarf es keiner besonderen Regelungen.

4.3. Inhalt der Vereinbarungen

(1) Zu unterscheiden sind zum einen die Regelungen im Aussenverhältnis zum Auftraggeber. Diese werden bestimmt durch den abgeschlossenen Werkvertrag mit seinen Leistungsverpflichtungen und rechtlichen Rahmenbedingungen.

(2) Zum anderen sind die Regeln im Innenverhältnis der Gesellschafter zu beachten. Diese mögen zwar vom Werkvertrag überlagert sein. Die gesellschaftsrechtlichen Beistellverpflichtungen richten sich aber nach den vertraglichen Vereinbarungen unter den Gesellschaftern. Diese legen fest, wer welches Personal/Stoffe/Geräte zu stellen hat und wie die

Kosten für Versicherungen/Bürgschaften/Mieten/Steuern verteilt werden. Zur Vermeidung von Streitigkeiten ist bei der Festlegung von Verrechnungs- und Vergütungssätzen sowie Leistungsansätzen mit grösster Sorgfalt vorzugehen.

4.4. Beendigung der ARGE

(1) Die ARGE endet mit Ablauf der sich aus den übernommenen Bauarbeiten ergebenden Rechte und Pflichten (Zweckerreichung), jedoch nicht vor Ablauf der Gewährleistungsfristen und Rückgabe der Sicherheiten. Es sind Sachen und Rechte zurückzugeben, Verträge zu kündigen, Verpflichtungen zu erfüllen. Nach Prüfung und Anerkennung der Schlussrechnung durch den Auftraggeber ist die Schlussbilanz aufzustellen und schliesslich der Überschuss an die Gesellschafter auszukehren.

(2) Eine vorzeitige Beendigung der ARGE bzw. die Kündigung durch einen Gesellschafter ist nur aus wichtigem Grund möglich. Dies ergibt sich aus der zeitlichen Begrenzung einer Bau-ARGE. Ein solcher Grund könnte dann gegeben sein, wenn das Vertrauensverhältnis unter den Gesellschaftern zerstört ist oder der wirtschaftliche Zusammenbruch droht. Auch die ARGE kann einen Gesellschafter nur mit wichtigem Grund ausschliessen, z.B. wenn dieser seine Verpflichtung zur Beistellung in grober Weise verletzt oder seine Zahlungen einstellt. Für den Fall der Eröffnung des Insolvenzverfahrens über das Vermögen eines Gesellschafters sieht § 728 BGB sogar die Auflösung der Gesellschaft vor. Die Norm ist aber dispositiv und anderen Regelungen zugänglich. Üblich ist die Fortsetzung der ARGE unter den verbleibenden Gesellschaftern; der Anteil des ausscheidenden Gesellschafters wird abgefunden und auf die verbleibenden Gesellschafter im Verhältnis ihrer Beteiligungen aufgeteilt.

Haftung der Arbeitsgemeinschaft

Dr. Matthias Orłowski
Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft mbH
Düsseldorf, Deutschland



Haftung einer Arbeitsgemeinschaft

1. Einleitung

Für einen Planungs- oder Bauauftrag können zwei oder mehr Architekten/Ingenieure oder Bauunternehmer dem Auftraggeber gemeinsam ein Angebot abgeben, bei dem sich die Bieter zunächst als Bietergemeinschaft mit der Abrede zusammengeschlossen haben, im Falle der Auftragserteilung die vertragliche Leistung als Arbeitsgemeinschaft in der vereinbarten Qualität und Zeit herzustellen. Baubeteiligte schliessen sich in der Regel zu Arbeitsgemeinschaften zusammen, um Aufträge für grössere Bauvorhaben zu erlangen, die der einzelne Unternehmer entweder aufgrund seiner Grösse, seiner Umsätze, seiner fachlichen Qualifikation und/oder seiner personellen / betrieblichen Ausstattung entweder gar nicht erhalten hätte oder aber nicht ausführen könnte. Der Vorteil der Arbeitsgemeinschaft besteht darin, dass ihre Mitglieder (ARGE-Partner) die materiellen (Kapital, Personal, Arbeitsgeräte usw.) und die immateriellen (Referenzen, Know-how etc.) Mittel gemeinsam nutzen können. Eng mit dieser Chance ist jedoch auch das Risiko verbunden, dass die Arbeitsgemeinschaft den Auftrag nicht oder nur mit erheblichen Schwierigkeiten abschliessen kann, wenn einer der Unternehmer in eine wirtschaftliche Krise gerät oder über sein Vermögen gar ein Insolvenzverfahren eröffnet wird.

Durch den Zusammenschluss der Baubeteiligten zu einer Arbeitsgemeinschaft verpflichten sich die ARGE-Partner, die Erreichung eines gemeinsamen Zwecks (z.B. gemeinsame Erbringung von Planungs- oder Bauleistungen) in der durch den ARGE-Vertrag bestimmten Weise zu fördern und insbesondere die vereinbarten Beiträge (Einlagen) zu leisten. Als Beiträge (Einlagen) kommen bei Bauarbeitsgemeinschaften insbesondere Finanzmittel, Stellung von Sicherheiten, Stellung von Personal, Baumaschinen und Baumaterialien in Betracht.

In der Bauindustrie wird häufig auf die vom Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V. herausgegebenen Vertragsmuster zurückgegriffen, die über die Internetadresse des Instituts der Bauindustrie www.bwi-bau.de bezogen werden können und dort aktuell in der Fassung von 2016 vorliegen. Dieser Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag sieht die Gründung einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts vor, die durch die in § 5 benannten Organe handelt:

- die **Gesellschafterversammlung** (Aufsichtsstelle), in der jeder ARGE-Partner vertreten ist und die in Ziffer 6.1 des Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrages vereinbarten Stimmen hat; ihre Beschlüsse bedürfen i.d.R. der Einstimmigkeit aller anwesenden Gesellschafter (Ziffer 6.6),
- die **technische Geschäftsführung**, die einem ARGE-Partner übertragen wird und die insbesondere «für die ordnungsgemässe technische Durchführung des Bauauftrags unter Einhaltung aller einschlägigen Gesetze und sonstigen Vorschriften» verantwortlich ist (Ziffer 7.1 Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag),
- die **kaufmännische Geschäftsführung**, die i.d.R. einem anderen ARGE-Partner übertragen wird und die vor allem «für die ordnungsgemässe Durchführung aller kaufmännischen Arbeiten der ARGE unter Einhaltung aller einschlägigen Gesetze oder sonstigen Vorschriften» verantwortlich ist und schliesslich
- die **Bauleitung**, der u.a. «die Durchführung des Bauauftrags einschliesslich Erstellung der Abrechnungsunterlagen nach Weisung der technischen und kaufmännischen Geschäftsführung», die Übersendung technischer Wochen-/Monatsberichte und die Meldung der im Vormonat erbrachten Bauleistungen an die Gesellschafter obliegt (Ziffer 9.1 Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag).

Bei den bauwirtschaftlichen Arbeitsgemeinschaften unterscheidet man traditionell die «echte» Arbeitsgemeinschaft, die Dach-Arbeitsgemeinschaft und die Los-Arbeitsgemeinschaft. Zudem wird differenziert, ob die Arbeitsgemeinschaft aus Unternehmen verschiedener Fachrichtungen (**horizontale Arbeitsgemeinschaft**) oder gleicher Fachrichtungen (**vertikale Arbeitsgemeinschaft**) gebildet werden.

Der (Planungs- oder Bau-)Vertrag kommt zwischen Auftraggeber und der «**echten**» **Arbeitsgemeinschaft** zustande, und die Arbeitsgemeinschaft erbringt ihre Leistungen unmittelbar selbst. Die Mitglieder der echten Arbeitsgemeinschaft leisten zunächst anteilig Personal, Arbeitsgeräte und Finanzmittel an die Arbeitsgemeinschaft («Einlage»). Die Arbeitsgemeinschaft selbst schliesst Arbeitsverträge mit weiteren Arbeitskräften, Subunternehmerverträge mit den Nachunternehmern, kauft oder mietet weitere Geräte und Maschinen und beschafft das Baumaterial. Die echte Arbeitsgemeinschaft finanziert sich aus den Einlagen ihrer Gesellschafter und aus den laufenden Zahlungen des Auftraggebers.

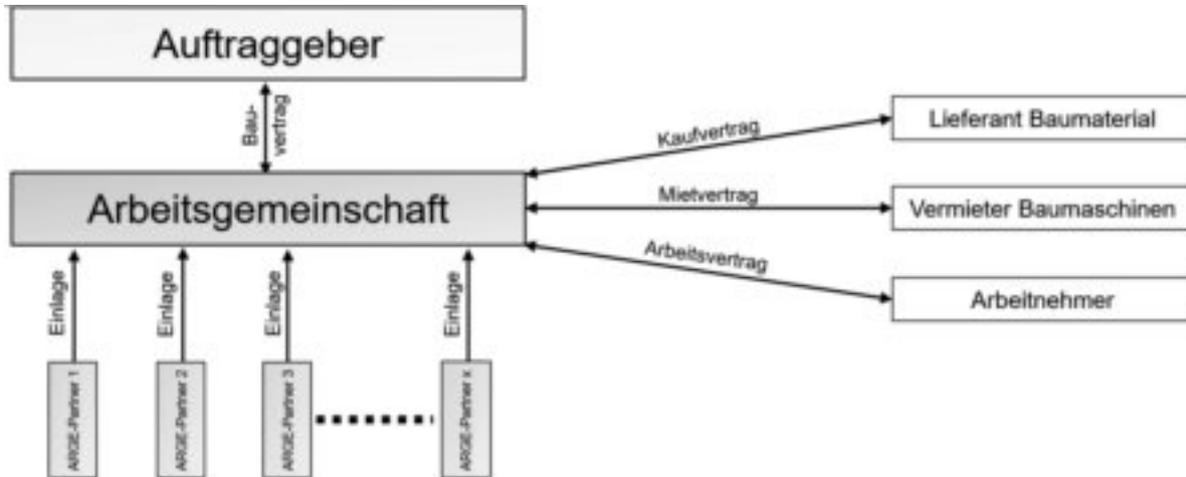


Abbildung 1: «Echte» Arbeitsgemeinschaft

Auch bei der Dach-Arbeitsgemeinschaft wird der Auftrag zwischen dem Bauherrn und der Arbeitsgemeinschaft geschlossen; die Dach-Arbeitsgemeinschaft teilt den Auftrag – häufig entsprechend der Anzahl ihrer Mitglieder – in Leistungsbereiche auf, welche die Arbeitsgemeinschaft dann an ihre Mitglieder mittels Subunternehmerverträgen vergibt.

Die Los-Arbeitsgemeinschaft ist eine Unterform der Dach-Arbeitsgemeinschaft. Bei ihr teilt die Dach-Arbeitsgemeinschaft die von ihr geschuldete Leistung in (Fach)Lose auf. Diese Fachlose werden hiernach durch Nachunternehmervertrag nicht an einen einzelnen Gesellschafter, sondern je Los an eine aus den Mitgliedern der Dach-Arbeitsgemeinschaft gebildete Los-Arbeitsgemeinschaft vergeben:

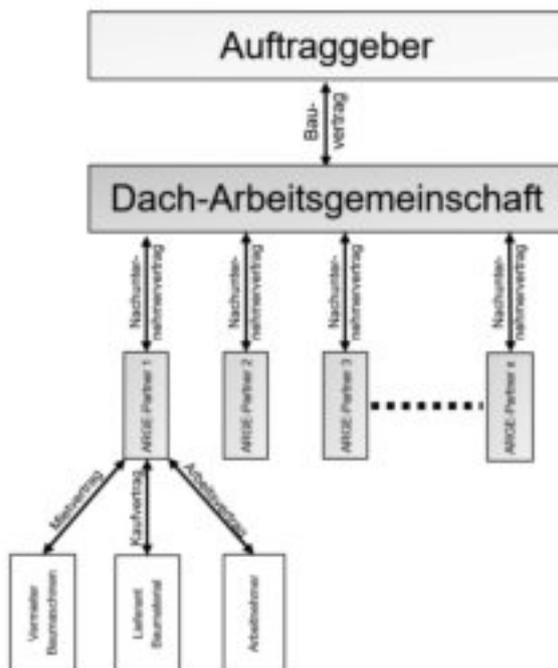


Abbildung 2: Dach-Arbeitsgemeinschaft

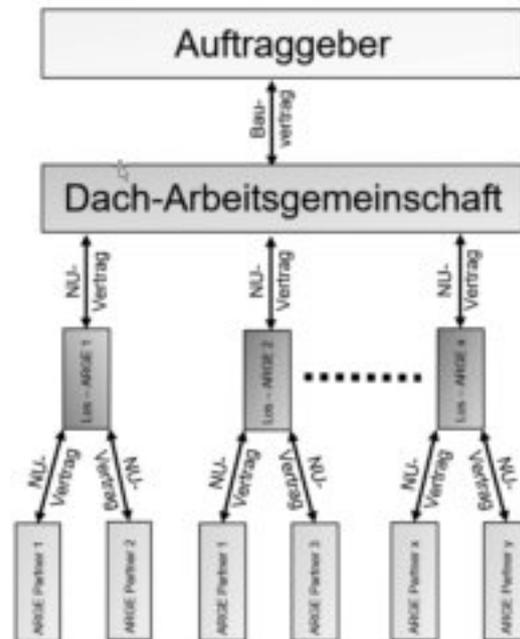


Abbildung 3: Los-Arbeitsgemeinschaft

Die Planer- oder Bau-Arbeitsgemeinschaft ist hierbei von ihrer Rechtsnatur in der Regel eine Personengesellschaft, genauer eine Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR) i.S.d. §§ 705 ff. des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB). Sofern der ARGE-Vertrag nichts Abweichendes regelt, gelten ergänzend die §§ 705 ff. BGB, so auch der Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag. Was dies für die Haftung der Arbeitsgemeinschaft im Innen- und im Aussenverhältnis bedeutet, ist Gegenstand dieses Fachbeitrags.

Als Gesellschaft bürgerlichen Rechts hat die Arbeitsgemeinschaft eine eigene **Teilrechts-persönlichkeit** (BGH, Urteil vom 29.01.2001 – II ZR 331/00, NJW 2001, 1056), d.h. sie kann (muss) als Träger von Rechten und Pflichten ihre Ansprüche selbst einklagen (Aktivlegitimation) und kann verklagt werden (Passivlegitimation). Zudem ist sie **grundbuch-fähig** (BGH, Beschluss vom 4.12.2008 – V ZB 74/08, NJW 2009, 594).

2. Haftung im Aussenverhältnis

Bei Personenhandelsgesellschaften ist zwischen der Verbindlichkeit der Gesellschaft und der Haftung der Gesellschafter für Verbindlichkeiten der Gesellschaft zu unterscheiden. Da die Arbeitsgemeinschaft Trägerin von Rechten und Pflichten ist, kommt der Bauvertrag – ordnungsgemässe Vertretung vorausgesetzt – unmittelbar zwischen ihr und dem Auftraggeber zustande. Erfüllt die Arbeitsgemeinschaft diesen Bauvertrag nicht ordnungsgemäss, leistet sie nicht, nicht rechtzeitig und/oder nicht in der vereinbarten Qualität, stehen dem Auftraggeber deshalb zunächst nur Ansprüche unmittelbar gegen die Arbeitsgemeinschaft zu. Werden durch das Handeln ihrer Geschäftsführer oder von ihr bevollmächtigter Dritter für die Arbeitsgemeinschaft Verbindlichkeiten begründet, haftet daher für diese sogenannten **Gesellschaftsverbindlichkeiten** zunächst nur die Arbeitsgemeinschaft mit ihrem Gesellschaftsvermögen.

Die Haftung der Arbeitsgemeinschaft in der Rechtsform einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts ist hierbei allerdings nicht auf das Gesellschaftsvermögen beschränkt. Für die persönliche Haftung der Gesellschafter (ARGE-Partner) mit ihrem (Privat)Vermögen für Verbindlichkeiten der Gesellschaft bzw. der Arbeitsgemeinschaft (sogenannte **Gesellschafterschulden**) gilt grundsätzlich das sogenannte **Akzessorietätsprinzip** analog §§ 128, 129 Handelsgesetzbuch (HGB), so dass die Gesellschafter für Verbindlichkeiten der Gesellschaft nur insoweit von Gläubigern der Gesellschaft in Anspruch genommen werden können, als die Verbindlichkeit der Gesellschaft noch besteht. Erlischt sie, entfällt damit auch die Haftung der Gesellschafter. Die ARGE-Partner stehen daher für Verbindlichkeiten der Arbeitsgemeinschaft nicht nur mit ihrem (gesamthänderisch verbundenen) Gesellschaftsvermögen, sondern auch mit ihrem gesamten (Privat)Vermögen ein. Die ARGE-Partner und die Arbeitsgemeinschaft haften hierbei einem Gläubiger der Arbeitsgemeinschaft nicht gesamtschuldnerisch, sondern ihre Haftung ist vielmehr derjenigen von Bürge und Hauptschuldner vergleichbar. Im Ergebnis kann ein Gläubiger der Arbeitsgemeinschaft die Erfüllung von Verbindlichkeiten nicht nur von der Arbeitsgemeinschaft, sondern auch von jedem ihrer ARGE-Partner (Gesellschafter) verlangen.

Als Gesellschafter einer Personenaussengesellschaft haften die ARGE-Partner grundsätzlich für alle Verbindlichkeiten der Arbeitsgemeinschaft, und zwar insbesondere für:

- **vertragliche Verbindlichkeiten**, sofern die Arbeitsgemeinschaft wirksam, d.h. durch ihre organschaftlichen Vertreter (ARGE-Geschäftsführer) oder bevollmächtigte Dritte vertreten wurde, z.B.
 - Mängelhaftung
 - Haftung für Verzugsschäden
 - Rückzahlung von Überzahlungen
- **Verbindlichkeiten aus ungerechtfertigter Bereicherung**, sofern die Arbeitsgemeinschaft selbst und nicht ihre Gesellschafter ungerechtfertigt bereichert sind;
- **Verbindlichkeiten aus unerlaubter Handlung** (z.B. §§ 823ff. BGB), wobei der Arbeitsgemeinschaft entsprechend § 31 BGB das Verhalten ihrer geschäftsführenden Gesellschafter (BGH, Urteil vom 24.02.2003 – II ZR 385/99, NJW 2003, 1445) und nach §§ 831, 31 BGB das Verhalten sonstiger Personen zugerechnet werden kann;

- **Steuerschulden**, da die Arbeitsgemeinschaft als Personengesellschaft Steuersubjekt sein und z.B. für Umsatzsteuer, Grunderwerbsteuer und Gewerbesteuer haften kann;
- **Verbindlichkeiten gegenüber dem Sozialversicherungsträger und Berufsgenossenschaften**; sofern die Arbeitsgemeinschaft selbst Personal anstellt, hat sie als Arbeitgeberin z.B. die Ansprüche aus §§ 28d, 28e Abs. I SGB IV zu erfüllen und Sozialversicherungsbeiträge ordnungsgemäss abzuführen, auch hat sie die Beiträge für die gesetzliche Unfallversicherung zu entrichten (§§ 150ff. SGB VII).

3. Haftung im Innenverhältnis

Sofern der ARGE-Vertrag keine abweichenden Regelungen enthält, haften die ARGE-Partner untereinander gegenüber der Arbeitsgemeinschaft indes gesamtschuldnerisch i.S.d. §§ 421ff. BGB, siehe hierzu beispielsweise § 3 des Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrages. Ein Gläubiger der Arbeitsgemeinschaft kann deshalb nach seinem Belieben auch jeden ARGE-Partner auf die gesamte Leistung und Teile von ihr in Anspruch nehmen, jedoch steht ihm die Gesamtleistung nur einmal zu.

Die ARGE-Partner können im ARGE-Vertrag bestimmte Haftungsquoten regeln; diese gelten jedoch nur für das Haftungsverhältnis der ARGE-Partner untereinander, nicht aber gegenüber Dritten (siehe hierzu unten Ziffer 4.1).

3.1. Haftung des ausgeschiedenen ARGE-Partners

Die Gesellschafter einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts können einen Mitgesellschafter grundsätzlich durch Beschluss ausschliessen; der ausgeschlossene Gesellschafter kann den Ausschliessungsbeschluss gerichtlich anfechten. Ein Gesellschafter kann durch Beschluss ausgeschlossen werden, wenn in seiner Person ein wichtiger Grund vorliegt und im Gesellschaftsvertrag eine Fortsetzungsklausel enthalten ist oder die Gesellschafter einen Fortsetzungsbeschluss fassen. Mögliche Ausschlussgründe sind z.B.

- die vorsätzliche oder grob schuldhaft Verletzung wesentlicher Pflichten durch den auszuschliessenden Gesellschafter: § 723 Abs. 1 S. 3 Nr. 1 BGB;
- die Unmöglichkeit der Erfüllung wesentlicher Pflichten: § 723 Abs. 1 S. 3 Nr. 1 BGB

Der Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag des Hauptverbandes der Bauindustrie e.V. benennt in § 23 u.a. folgende Ausschlussgründe:

- Verletzung der Verpflichtung «zur Gestellung von Geldmitteln, Bürgschaften, Freistellungsbescheinigungen nach § 48b EStG, Geräten, Stoffen, Personal» (Ziffer 23.31);
- wenn ein Dritter einen Insolvenzantrag über das Vermögen des Gesellschafters stellt (Ziffer 23.31);
- wenn der Gesellschafter die Zahlungen einstellt oder über sein Vermögen das Insolvenzverfahren beantragt wird (Ziffer 23.41) oder
- wenn ein Gläubiger in die ARGE-Beteiligung vollstreckt hat und «der Gesellschafter nicht innerhalb eines Monats [...] die Aufhebung der Pfändung und Überweisung bewirkt» (Ziffer 23.42).

Gemäss § 728 Abs. 2 BGB führt die Insolvenz eines Gesellschafters grundsätzlich zur Auflösung der Gesellschaft, jedoch ist diese Vorschrift im Gesellschaftsvertrag abdingbar. Der Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag sieht deshalb in Ziffer 23.5 abweichend von der gesetzlichen Regelung vor, dass ein Gesellschafter zwangsläufig, d.h. ohne weitere Massnahmen der Arbeitsgemeinschaft oder ihrer ARGE-Partner, ausscheidet, wenn über sein Vermögen das Insolvenzverfahren eröffnet oder die Eröffnung mangels Masse abgelehnt wird. Eines Gesellschafterbeschlusses bedarf es hierzu nicht.

Scheidet beim Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag einer der ARGE-Partner aus der Arbeitsgemeinschaft aus und verbleiben mindestens noch zwei ARGE-Partner in der Gesellschaft, besteht – sofern nichts Abweichendes vereinbart ist – die Arbeitsgemeinschaft grundsätzlich mit den verbleibenden ARGE-Partnern fort, und die Gesellschaftsanteile des ausscheidenden ARGE-Partners wachsen den verbleibenden ARGE-Partnern an; scheidet

jedoch der vorletzte ARGE-Partner aus, besteht die Arbeitsgemeinschaft nicht mehr fort. Der verbleibende Gesellschafter übernimmt dann «mit dinglicher Wirkung die Beteiligung (Anteile) des ausscheidenden Gesellschafters», und er führt die Geschäfte der ARGE mit allen Rechten und Pflichten als Geschäftsbestandteil seines eigenen Unternehmens zu Ende (Ziffer 24.1 Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag).

Das Ausscheiden eines ARGE-Partners lässt seine Haftung weitgehend unberührt, denn er haftet der Arbeitsgemeinschaft weiterhin (Ziffer 24.4 Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag). Ansprüche gegen ihn verjähren analog § 159 Abs. 1 HGB erst mit Ablauf von fünf Jahren, beginnend ab Kenntnis des Gläubigers vom Ausscheiden dieses ARGE-Partners.

3.2. Haftung des neu eintretenden ARGE-Partners

Die Haftung eines in eine Arbeitsgemeinschaft neu eintretenden ARGE-Partners für Verbindlichkeiten der Arbeitsgemeinschaft, die nach seinem Eintritt erst begründet werden, begegnet keinen Besonderheiten: Der Arbeitsgemeinschaft und ihren Gläubigern haftet auch der neue ARGE-Partner.

Ein neu in eine bestehende Arbeitsgemeinschaft eintretender ARGE-Partner haftet aber auch für die vor seinem Eintritt bereits begründeten Verbindlichkeiten der Gesellschaft (sogenannte **Altverbindlichkeiten**), und zwar persönlich (mit seinem gesamten Privatvermögen) und gesamtschuldnerisch mit den anderen (auch mit etwaig zuvor ausgeschiedenen) ARGE-Partnern, den sogenannten **Altgesellschaftern** (BGH, Urteil vom 12.12.2005 – II ZR 283/03, NJW 2006, 765; Versäumnisurteil vom 07.04.2003 – II ZR 56/02, NJW 2003, 1803).

3.3. Haftung gegenüber Gesellschafter-Gläubigern

Sofern die Arbeitsgemeinschaft mit ihren Gesellschaftern (ARGE-Partnern) selbständige schuldrechtliche Verträge (z.B. Nachunternehmerverträge bei der Dach-ARGE) schliesst, die über die Beitragsverpflichtung dieses Gesellschafters hinausgehen oder gesondert abgeschlossen wurden, haftet die Arbeitsgemeinschaft diesem Gesellschafter-Gläubiger grundsätzlich wie gegenüber jedem Dritt-Gläubiger auch. Der Gesellschafter-Gläubiger kann seine Ansprüche gegenüber der Arbeitsgemeinschaft grundsätzlich vollständig geltend machen, jedoch muss er bei einer Inanspruchnahme seiner Mitgesellschafter, die ihm auch insoweit gesamtschuldnerisch haften, den auf ihn selbst entfallenden Haftungsanteil zuvor in Abzug bringen.

4. Möglichkeiten zur Beschränkung der Haftung

4.1. Haftungsbeschränkungen im ARGE-Vertrag

Gemäss § 128 HGB haften die Gesellschafter einer Personenhandelsgesellschaft, also einer Offenen Handelsgesellschaft (OHG) oder einer Kommanditgesellschaft (KG) den Gläubigern für die Verbindlichkeiten der Gesellschaft persönlich; eine entgegenstehende, die Haftung begrenzende Vereinbarung der Gesellschafter wäre den Gläubigern der Personenhandelsgesellschaft gegenüber unwirksam. Die Vorschrift des § 128 HGB gilt allerdings entsprechend für Gesellschaften bürgerlichen Rechts und damit auch für Arbeitsgemeinschaften. Eine Haftungsbeschränkung, die die ARGE-Partner beispielsweise im ARGE-Vertrag vereinbart hätten, wäre Gläubigern der Arbeitsgemeinschaft gegenüber damit unwirksam; Gleiches würde für eine Beschränkung der Vollmacht der für die Gesellschaft handelnden Gesellschafter gelten.

Eine solche Vereinbarung kann aber Bedeutung für das Innenverhältnis der ARGE-Partner haben, also für das Verhältnis der ARGE-Partner untereinander. So könnten die ARGE-Partner für das Innenverhältnis vereinbaren, dass einer ihrer ARGE-Partner gar nicht oder nur der Höhe nach begrenzt haftet. Diese Vereinbarung wäre gegenüber einem Gläubiger der Gesellschaft unwirksam – er könnte auch den privilegierten ARGE-Partner in vollem Umfang wegen Verbindlichkeiten der Arbeitsgemeinschaft in Anspruch nehmen; jedoch könnte dieser ARGE-Partner von dem/den anderen ARGE-Partner(n) aufgrund der im Innenverhältnis vereinbarten Haftungsbeschränkung Freistellung oder Ausgleich für bereits gegenüber dem Gläubiger der Arbeitsgemeinschaft erfüllte Ansprüche verlangen.

Der Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag enthält in § 3 hierzu folgende Regelung:

«Als Beteiligungsverhältnis der Gesellschafter untereinander und Anteil an allen Rechten und Pflichten, insbesondere an Gewinn und Verlust, Bürgschaft, Haftung und Mängelhaftung wird vereinbart: [...] Die gesamtschuldnerische Haftung dem Auftraggeber und Dritten gegenüber bleibt unberührt.»

4.2. Gründung einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH)

Der Zusammenschluss von Baubeteiligten zu einer Arbeitsgemeinschaft kann grundsätzlich auch in der Rechtsform einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) erfolgen. Eine Arbeitsgemeinschaft GmbH würde Gläubigern nur beschränkt auf ihr Gesellschaftsvermögen haften (§ 13 Abs. 2 GmbHG); eine persönliche Haftung der Gesellschafter liesse sich so regelmässig ausschliessen. Die Gründung einer GmbH erfordert aber einen erheblichen Aufwand (Stammkapital in Höhe von mindestens EUR 25.000,00). Hinzu treten noch Kosten für die notarielle Beurkundung, für die Eintragungen im Handelsregister etc., die bei der Gründung einer Gesellschaft bürgerlichen Rechts nicht anfallen. Für die GmbH gelten zudem grundsätzlich die Vorschriften des Handelsgesetzbuchs über die Buchführung (§§ 238 – 263 HGB) und ergänzend die §§ 264 bis 335 HGB für Kapitalgesellschaften sowie die §§ 42 ff. GmbHG.

4.3. Haftungsbeschränkungen gegenüber Gläubigern

Die Arbeitsgemeinschaft kann jedoch mit ihren Gläubigern – beispielsweise im Bauvertrag mit dem Auftraggeber – bestimmte Haftungsbeschränkungen vereinbaren. In Betracht kommen insoweit u.a. eine Haftungsbeschränkung auf das Gesellschaftsvermögen oder auf die Summe einer Haftpflichtversicherung. Denkbar sind auch Haftungserleichterungen, z.B. dass der Auftraggeber die ARGE-Partner erst persönlich in Anspruch nehmen darf, wenn er zuvor erfolglos seine Ansprüche gegenüber der Arbeitsgemeinschaft durchzusetzen versucht hat. Solche Vereinbarungen wirken jedoch nur zwischen den Parteien des jeweiligen Vertrages (*inter partes*).

Nach der Rechtsprechung des BGH sind solche Haftungsbeschränkungen nur wirksam, wenn sie individualvertraglich vereinbart wurden (BGH, Urteil vom 27.09.1999 – II ZR 371/98, NJW 1999, 3483):

*«Die von der Bekl. bei dem Abschluss des Mietvertrags mit der Kl. beabsichtigte Haftungsbeschränkung auf das Gesellschaftsvermögen wäre nach alledem nur dann wirksam geworden, wenn sie durch eine **individuelle Absprache der Parteien** in diesem Mietvertrag einbezogen worden wäre. Das ist nicht geschehen. Deshalb haben die Bekl. persönlich für die der Kl. gegenüber bestehenden Mietschulden einzustehen.»*

[Hervorhebung nur hier]

Diese Entscheidung hat der BGH sodann in einer weiteren Entscheidung (Urteil vom 24.11.2004 – XII ZR 113/01, NJW-RR 2005, 400) bestätigt:

*«Die Gesellschafter einer GbR haften für die im Namen der Gesellschaft begründeten Verpflichtungen kraft Gesetzes grundsätzlich persönlich. Diese Haftung des Gesellschafters kann nicht durch einen Namenszusatz oder einen anderen den Willen, nur beschränkt für diese Verpflichtung einzustehen, verdeutlichenden Hinweis eingeschränkt werden, sondern **nur durch eine individualvertragliche Vereinbarung**. Für die Annahme einer solchen Vereinbarung ist erforderlich, dass die Haftungsbeschränkung **durch eine individuelle Absprache der Parteien in den jeweils einschlägigen Vertrag einbezogen wird** (vgl. BGH, NJW 1999, 3483 [3485]).»*

[Hervorhebungen nur hier]

Es ist daher davon auszugehen, dass Haftungsbeschränkungen in Allgemeinen Vertragsbedingungen der Arbeitsgemeinschaft nicht ausreichen, um Haftungsbeschränkungen mit Vertragspartnern der Arbeitsgemeinschaft wirksam zu beschränken. An individualvertragliche Vereinbarungen stellt die Rechtsprechung jedoch regelmässig hohe Anforderungen.

Erste Erfahrungen mit dem neuen Bauvertragsrecht

Andreas Krieter
Koenen Bauanwälte
Bielefeld, Deutschland



Schlaglichter zum Umgang der Baupraxis mit einigen Themen des neuen Bauvertragsrechts

1. Vereinbarung der VOB/B nach dem 01.01.2018

Die VOB/B ist trotz ruhmreicher Historie und obwohl sie von staatlichen und halbstaatlichen Stellen mit konzipiert und formuliert wurde, in rechtlicher Hinsicht nur allgemeine Geschäftsbedingungen, also eine Klauselsammlung wie das «Kleingedruckte» auf der Rückseite eines Mobilfunkvertrags.

Als solche gilt sie nicht per se, sondern ihre Geltung muss für jeden einzelnen Vertrag vereinbart werden.

Ferner darf eine allgemeine Geschäftsbedingung nicht zu weit von den gesetzlichen Regelungen abweichen, weshalb das BGB in den §§ 305 ff BGB eine Inhaltskontrolle von AGB anordnet, der grundsätzlich auch die VOB/B unterliegt.

Wird eine AGB vereinbart, die nach dieser Inhaltskontrolle zu weit von den §§ des BGB abweicht, bleibt derjenige, der diese AGB in den Vertrag eingestellt hat, an die für ihn nachteiligen Teile der Klauseln gebunden, sein Vertragspartner kann sich hingegen aus Gesetz und den AGB die für ihn günstigen Regelungen herausuchen.

Im Geschäft mit Verbrauchern sollte die VOB/B daher wegen offenkundigen Abweichens etlicher Regelungen der VOB/B von den §§ des BGB schon seit Jahren keine Rolle mehr spielen.

Nur für die Vereinbarung der VOB/B gegenüber «Nicht-Verbrauchern» ist in § 310 Abs. 1 Satz 3 BGB eine sog. Privilegierung enthalten, nach der die einzelnen Klauseln der VOB/B nicht der Inhaltskontrolle unterliegen, sofern die jeweils gültige VOB/B «ohne inhaltliche Abweichungen insgesamt» (als Ganzes) vereinbart wird.

Die Privilegierung des § 310 Abs. 1 BGB schützt nur die einzelnen Klauseln aus der VOB/B vor einer isolierten Inhaltskontrolle, beantwortet jedoch nicht die Frage, ob das Gesamtwerk VOB/B -wenn sie unverändert als Ganzes vereinbart wird- mit den gesetzlichen Wertungen des BGB in Übereinstimmung zu bringen ist.

Bei Novellierung des BGB mit Einführung der Regelungen des neuen Bauvertragsrechts ist der Gesetzgeber davon ausgegangen, dass diese Privilegierung auch gegenüber dem Rechtsstand ab 1.01.2018 weiter gilt (BT-Drs 18/11437,48), ohne dies jedoch durch eine gesetzliche Regelung verbindlich zu machen.

Weil die VOB/B jahrzehntelang am Maßstab des alten, seit Einführung des BGB bis 31.12.2017 kaum veränderten Werkvertragsrecht entwickelt wurde, gibt es erhebliche Zweifel, ob die bis heute unverändert gebliebene VOB/B, auch wenn sie ohne inhaltliche Abweichungen als Ganzes vereinbart wird, diesen Ansprüchen auch gegenüber den neuen, teilweise grundsätzlich neuen §§ des neuen Bauvertragsrechts gerecht werden kann.

Einige dieser Neuerungen des gesetzlichen Bauvertragsrechts bieten nun allerdings erstmals ebenfalls Lösungen für Themen an, die bisher jahrzehntelang gerade nicht im BGB, sondern nur in der VOB/B behandelt wurden.

Die Novellierung des BGB hat jedoch die Lösungen der VOB/B gerade nicht übernommen, sondern die Aufgaben -etwa zu den Anordnungsrechten des Bestellers- mit einer komplett eigenen Systematik versehen. Die Entscheidung des Gesetzgebers war, die Themen gerade anders als die VOB/B zu lösen. Dass das BGB nun erstmals auch (eigene, andere) Lösungen für Aufgaben und Themen anbietet, die in der VOB/B (anders) geregelt sind, bedeutet also nicht, dass das Gesetz sich der VOB/B angenähert hat.

Demnach hat sich die Frage, ob und wie die VOB/B und ihre in der Vertragspraxis in der Regel anzutreffenden Modifizierungen mit dem BGB in Übereinstimmung bringen lässt, mit dem neuen Bauvertragsrecht nicht etwa erledigt oder auch nur vereinfacht, sondern im Gegenteil komplett neu gestellt.

Um zumindest die Privilegierung des § 310 Abs. 1 BGB nicht zu gefährden, hat etwa der Bund als öffentlicher Auftraggeber die im Vergabehandbuch des Bundes bisher umfangreich vorgesehenen Modifikationen der VOB/B zusammengestrichen.

Die öffentlichen Auftraggeber sind ja auch nach wie vor verpflichtet, die VOB/B zu vereinbaren.

Auch im b2b- Bereich ist festzustellen, dass die verwendeten Vertragsmuster, sofern nach dem 1.01.2018 überhaupt geändert, häufig nach wie vor eine Einbeziehung der VOB/B vorsehen und auch lebhaft versucht wird, die gesetzlichen Regelungen des neuen Bauvertragsrechts und der VOB/B sich wechselseitig ergänzen zu lassen.

Aus Unternehmersicht gilt, dass eine Vereinbarung der VOB/B gegenüber Verbrauchern nach wie vor absolut nicht zu empfehlen ist, quasi auszuschließen ist.

Ein erheblicher Teil des Baugeschehens arbeitet also nach wie vor trotz (oder wegen?!, hierzu sogleich) der neuen gesetzlichen Regelungen einfach mit der VOB/B 2016 weiter, vor allem eben auch alle Auftraggeber der öffentlichen Hand.

Dies bedeutet aus dogmatischer Sicht an sich ein erhebliches Risiko, weil die o.g. Frage der Vereinbarkeit der VOB/B 2016 («als Ganzes» und erst recht die einzelnen Bestimmungen) weder vom Gesetzgeber noch bisher von Gerichten irgendwie geklärt ist.

Für die laufenden und künftigen Bauprozesse bietet dies erheblichen Sprengstoff, die Gerichte könnten hier auf Jahre hinaus für große Unsicherheit in der Vertragspraxis sorgen.

Allerdings ist genauso möglich, dass die Gerichte als «normative Kraft des Faktischen» anerkennen, dass vor und eben auch nach dem 1.01.2018 weite Teile des Baugeschehens mit der VOB/B 2016 arbeiten und dies auch auf gesetzgeberische Entscheidungen zurückgeht:

- So hat der Gesetzgeber ja die Pflicht der öffentlichen Auftraggeber, die VOB/B zu vereinbaren, unangetastet gelassen.
- Auch die Privilegierung in § 310 Abs. 1 BGB ist unverändert bestehen geblieben und soll weiter gelten (BT-Drs 18/11437,48).
- Zudem hat der Gesetzgeber parallel zu der Novellierung des BGB auch endlich wieder verfügt, dass die Landgerichte Spezialekammern für Baustreitigkeiten einrichten. Die Begründung hierfür lässt ebenfalls erkennen, dass der Gesetzgeber ein «Nebeneinander» von gesetzlichem Bauvertragsrecht und VOB/B akzeptiert, bzw. als gegeben voraussetzt:

Der Gesetzgeber wollte nämlich insbesondere die Fälle der Spezialekammer zuweisen, bei denen sich im Zusammenhang mit Bauleistungen die Problematik der Anwendung der "vom regelmäßigen Schuldrecht abweichenden, zum Teil komplizierten Bestimmungen [...] der VOB" stellt (Bundestag-Drs. 14/4722, S. 87; Musielak/Voit/Wittschier, 15. Aufl. 2018, ZPO § 348 Rn. 9).

Dass die Gerichte die VOB/B 2016 bzw. die Bauvertragsparteien deswegen mehr oder weniger in Ruhe lässt, kann nur für die wenigen Fälle, in denen die VOB/B wirklich «ohne inhaltliche Abweichungen insgesamt als Ganzes» vereinbart wurde, angenommen werden. Denn nur dann dürfen die Gerichte es wegen § 310 Abs. 1 BGB respektieren, dass die VOB «vom regelmäßigen Schuldrecht abweicht», wie es in der Bundestagsdrucksache formuliert wurde.

Ansonsten können die hier aufgelisteten Punkte nichts daran ändern, dass die VOB/B nur eine AGB ist und hierfür bei jedem Einzelfall die gesetzlich (und europarechtlich) vorgeschriebene Inhaltskontrolle der AGB am Maßstab des Gesetzes zu erfolgen hat.

2. Anordnungsrechte des Bestellers und Vergütungsfolgen

Das einseitige Anordnungsrecht des Bestellers war einer der wesentlichen Vorteile (und auch Unterschiede) der VOB/B gegenüber dem BGB-Werkvertragsrecht. Dieser grundlegende Unterschied ist nun für den «Bauvertrag» im Prinzip aufgehoben worden, wenngleich die Regelungen des § 650b BGB eine deutlich speziellere Regelung enthält, als dies in § 1 Abs.3 und 4 VOB/B i.V.m. den §§ 2 Abs. 5 und 6 VOB/B der Fall ist.

Der Anwendungsbereich des § 650b BGB ist in dessen Abs. 1 Satz 1 normiert. Mit dieser Regel kann der Besteller – ergänzt durch zivilprozessuale Spezialregelungen für den Unternehmer bindende Anordnungen (einer Leistungsänderung) durchsetzen. Dies geht dann, wenn es sich um eine

- Änderung des vereinbarten Werkerfolgs (gemäß § 631 Abs. 2) oder
- eine Änderung, die zur Erreichung des vereinbarten Werkerfolgs notwendig ist, handelt (Nr. 2)

Nach dem Wortlaut des § 650b I Nr. 1 BGB kann der Besteller jede Änderung des vereinbarten Werkerfolgs und damit jede Änderung der vom Unternehmer geschuldeten Leistung verlangen. Begrenzt wird dieses einseitige Anordnungsrecht nur insofern, dass der Besteller sich nur dann mit dieser «einseitigen» Anordnung durchsetzen können, wenn die in Rede stehende Änderung für den Unternehmer zumutbar ist, § 650b II Satz 2 BGB.

Während es in den Fällen des Nr. 1 auf die «Zumutbarkeit» (§ 650b I Satz 2) ankommt, wird der Tatbestand des Nr. 2 durch den Begriff der «Notwendigkeit» eingegrenzt, um klarzustellen, dass der Unternehmer ohnehin verpflichtet ist, alles zu tun, um den geschuldeten Werkerfolg herbeizuführen. Gemeint ist damit der Fall, dass der vom Unternehmer bisher verpreiste Leistungsumfang nicht ausreicht, um zu der geschuldeten und damit gebrauchstauglichen Leistung zu gelangen.

Wenn der Anwendungsbereich des § 650b Abs.1 BGB eröffnet ist, ist das in Abs. 1 und 2 im Einzelnen geregelte Verfahren zu beachten.

Dieses Verfahren ist komplex und in zwei Phasen mit insgesamt 4 Stufen aufzuteilen:

1. Phase: Einvernehmen herstellen

Stufe 1: Änderungsbegehren des AG

Stufe 2: Reaktion des AN (legt er Angebot vor?) 30 Tages- Frist für Einigung

2. Phase: Anordnung des AG durchsetzen

Stufe 3: Kann AG einseitig anordnen?, § 650b

Stufe 4: AG kann Anordnung mit einstweiliger Verfügung durch Gerichte umsetzen, § 650 d

In der Stufe1 muss der Besteller seinen Änderungswunsch kommunizieren. Um zu verbindlichen Ergebnissen zu kommen, ist eine normale Formulierung evtl unzureichend, d.h. AG muss von Anfang an formal «Die Änderung der Leistung nach § 650b BGB verlangen».

Er muss darüber hinaus erklären, worin dieser Änderungswunsch konkret besteht.

Auch wird er – um irgendwann zu verbindlichen Ergebnissen zu kommen – bereits jetzt auch erklären müssen, dass und warum welcher der Tatbestände des § 650b Satz 1 (Nr. 1 oder 2) BGB vorliegt.

Nach Zugang des Änderungsbegehrens gilt die gesetzliche Anordnung:

«die Parteien streben eine Einigung an».

In einer Frist von 30 Tagen, die einheitlich für kleine, große, (un)wichtige, auch sehr dringende Änderungen gilt, passiert nach dem Willen des Gesetzgebers nichts weiter, wenn keine Einigung erzielt wird.

In der nun ab Zugang des Änderungsbegehrens laufenden Stufe2 gilt für den AN in diesen 30 Tagen folgendes:

Nach Vorstellung des Gesetzgebers soll der AN ein (Nachtrags-) Angebot zu dem Änderungsbegehren vorlegen, als Grundlage des angestrebten Einvernehmens.

Wenn er hierzu eine Planung braucht und diese nach dem Hauptvertrag dem AG obliegt, fordert er die Planung an um dann sein Angebot vorzulegen.

Der AN legt kein Angebot vor, wenn er nicht zu der Änderung verpflichtet werden kann, weil diese eine Änderung des vereinbarten Werkerfolgs gem. § 650 b Abs. 1 Nr.1 BGB ist (Ähnlich einer «zusätzlichen Leistung» nach § 1 Nr. 4 VOB/B) und er sich zurecht auf eine Unzumutbarkeit dieser Änderung beruft und dies beweisen kann.

Nur wenn AN ein Angebot vorlegt, greift § 650c Abs.3 BGB, was in der Abrechnung erhebliche Vorteile bietet:

Wenn kein Einvernehmen hergestellt wird und der AG dann gem. § 650b Abs. 2 die Anordnung einseitig erklärt und der AN die Änderung dann ausführt, kann der AN 80 % des in seinem Angebot ausgewiesenen Werklohns schon in die Abschlagsrechnungen einbeziehen, bekommt diese auch bezahlt. (obwohl das Angebot ja gerade nicht vom AG angenommen wurde. Eine Endabrechnung findet dann erst nach Abnahme (Schlussrechnung) statt).

In den 30 Tagen soll eine Einigung herbeigeführt werden, AN kann aber -wegen echter Bedenken zu den o.g. Punkten oder nur weil es ihm passt- die Umsetzung der Änderung min. 30 Tage hinausschieben.

Dies wird oft erheblichen Druck auf den AG ausüben, schnell das erste Angebot des AN zu akzeptieren, zumal ihm ja die 80% gem. § 650c Abs.3 ohnehin erstmal blühen.

Nach Ablauf der 30 Tage oder bei vorher feststehender Nicht-Einigung, kann in der Stufe3 der AG gem. § 650b Abs.2 BGB einseitig anordnen, wenn der AN nicht nachgewiesen hat, dass eine Änderung nach § 650b Abs.1 Nr. 1. BGB ihm nicht zumutbar ist.

Die einseitige Anordnung muss in Textform erfolgen (also: Email reicht).

Wenn der AN die Änderung nun ausführt, richten sich seine Vergütungsansprüche für die Änderung nach § 650c BGB:

Sie wird grundsätzlich nach Marktpreisen berechnet, § 650c Abs. 1 BGB;

Wenn im Vertrag die «Hinterlegung einer Urkalkulation» vereinbart ist, kann er nach seiner freien Wahl den Werklohn alternativ auch daraus kalkulieren (dann gilt: guter Preis bleibt guter Preis, schlechter Preis wird für die Änderungsleistungen Marktpreis).

Bauzeitansprüche, v.a. Bauzeitverlängerung wegen Änderungen nach § 650b Abs. 2 BGB hat der Gesetzgeber nicht geregelt.

Es gilt also, dass eine Bauzeitverlängerung eine diesbezügliche Vereinbarung voraussetzt, was für den AN ein Antrieb sein sollte, in der o.g. Stufe 1 eine Einigung herbeizuführen und eine streitige einseitige Anordnung nach § 650b Abs. 2 BGB zu vermeiden.

– **Das Anordnungsrecht besteht nicht zeitlich unbegrenzt.**

Das Anordnungsrecht betrifft die Herstellungsverpflichtung des Auftragnehmers und kann daher nur im Erfüllungsstadium bestehen, das regelmäßig mit der Abnahme endet. Nichts anderes kann für die Prüfungs- und Bedenkenhinweispflicht gelten. Auch wenn keine Abnahme festgestellt werden kann, führt dies nicht dazu, dass die Erfüllungsphase unbegrenzt weiterläuft. Vielmehr muss die Herstellungsverpflichtung des Werkunternehmers – jedenfalls nach den Grundsätzen von Treu und Glauben – sein Ende finden, wenn der Auftraggeber zur Abnahme verpflichtet ist. War die förmliche Abnahme nach dem Vertrag innerhalb von zwölf Werktagen nach Fertigstellungsanzeige vereinbart, und lässt sich nicht feststellen, dass zu diesem Zeitpunkt noch wesentliche Mängel vorgelegen hätten, endet das Anordnungsrecht mit Ablauf dieser Frist nach: OLG Hamm, Urt. vom 18. Jan. 2019 – I-12 U 54/18 (zu Vertrag auf Grundlage der VOB/B 2016).

3. Einstweilige Verfügung gem. § 650d BGB nach Anordnung gem. § 650b Abs. 2 BGB

- **Die einstweilige prozessuale Klärung nach § 650d BGB steht auch für nach 1.01.2018 geschlossene VOB/B- Verträge zur Verfügung:**

Die Regelung des § 650d BGB findet auch auf Vergütungsanpassungen aufgrund Änderungsanordnungen gemäß den §§ 1 Abs. 3, 2 Abs. 5 VOB/B Anwendung (so die inzwischen wohl einhellige Auffassung in der Literatur, Sacher/Jansen, NZBau 2019, 20; Retzlaff, BauR 2017, 1781, 1821; Mannteufel, BauR 2019, 334, 336; B/R/H/P-Voit, § 650 b BGB, Rn. 4).

- **Die einstweilige prozessuale Klärung nach § 650d BGB steht auch für Ansprüche aus Bauzeitenänderung zur Verfügung:**

Hat der Auftraggeber die von ihm selbst festgelegte Bauzeit aus von ihm zu vertretenen Gründen verschoben, wird dies zu einer Änderung der Kalkulationsgrundlagen führen und kann dies Änderung nach § 650b Abs. 1 BGB sein, für die die Regelungen zur Anordnung gem. § 650b Abs. 2 BGB und die Vergütungsfolgen nach § 650c BGB gelten, letztlich daher auch die prozessuale Durchsetzung gem. § 650d BGB zur Verfügung stünde.

- **Bundesweit gibt es noch keine einzige veröffentlichte Entscheidung zu § 650d BGB:**

Auf informelle Nachfrage bei den Baukammern einiger größerer Landgerichte sind auch dort nur wenige Anträge nach § 650d anhängig geworden und konnte keine streitige richterliche Entscheidung benannt werden.

Dies liegt vermutlich nicht daran, dass zum 1.01.2018 plötzlich alle Planungen und zu Ende gedacht und alle Leistungsverzeichnisse und Bauzeitenpläne fehlerfrei geworden sind.

Die für den Auftragnehmer auf den ersten Blick attraktive Option, den Auftraggeber 30 Tage auf die Zeit halten zu können (§ 650b Abs. 2 Satz 1 BGB), um einen Nachtrag durchzudrücken, und ansonsten 80% seines Nachtragsangebots in die Abschlagsrechnungen einzustellen (§ 650c Abs. 3 Satz 1 BGB), wird als für den Auftragnehmer riskant bewertet.

Das Prognoserisiko, ob ein Änderungsbegehren des AG eine Anordnung gem. § 650b BGB und die Vergütungsfolgen des § 650c BGB begründen kann, trage der Auftragnehmer. Bei konsequenter Handhabung der 30Tagesfrist des §§ 650b Abs. 2 BGB riskiere er damit, in Verzug zu geraten und gekündigt zu werden (Kimpel, NZBau 2019, 41).

Missachtet der Auftragnehmer eine von ihm rechtsirrtümlich als unwirksam bewertete Änderungsanordnung, baut er «sehenden, aber irrenden Auges» einen u.U. auch abnahmehindernden und/oder seine Kündigung nach § 648a BGB begründenden Mangel. Auch wenn der Auftragnehmer ein Änderungsbegehren nach § 650b Abs. 1 BGB nicht als solches (an-) erkennt, und kein Angebot vorlegt, so soll schon diese Nichtvorlage eines Angebots seine Kündigung nach § 648a BGB begründen können.

Diese Risiken müssten eigentlich dazu führen, dass eine vom Gesetzgeber mit § 650d BGB gewünschte schnelle baustellenbegleitende gerichtliche Klärung genau solcher Aspekte attraktiv wird, zumal diese gerade auch für solche abstrakten Rechtsfragen wie «ist das Änderungsbegehren zulässig?» vorgesehen ist (nicht nur für konkrete Zahlungsprozesse).

Trotz der ansonsten ausgeprägten Streitkultur gerade im Bereich der «Nachträge» wenden sich offenbar die Bauvertragsparteien bei der Regulierung von vermeintlichen oder tatsächlichen Leistungsänderungen und deren Vergütungsfolgen von einer Anwendung des § 650d BGB ab:

«Es gibt noch keine einzige veröffentlichte Entscheidung zu § 650d BGB.»
Hierzu kommen verschiedene Ursachen in Frage:

1. § 650d BGB verweist auf die allgemeinen Regelungen zum einstweiligen Rechtsschutz der ZPO. Diese sind aber zum einen bisher «baurechtsfremd» und zum anderen auf einzelne abgrenzbare Streitgegenstände ausgelegt. Die einstweilige Verfügung gem. ZPO ist für derartige «Vorabentscheidungen» nicht konzipiert. Zwar wird es wohl zunächst schnelle erste Entscheidungen geben können. Das Verfahren ist aber auf zwei Instanzen und vor allem ein folgendes Hauptsacheverfahren zum Streitgegenstand der einstweiligen Verfügungen mit ebenfalls wieder min. zwei Instanzen ausgelegt. Der Prozess und seine Vollstreckung werden absurd lang. Wenn es mehr als eine streitige einseitige Anordnung gem. § 650b Abs. 2, 650d BGB gibt, werden die Verfahren sich gegenseitig überholen und widersprechen, letztlich sogar noch mit den Verfahren wegen der Schlussrechnung. Zudem gibt es für den im Verfahren nach § 650d BGB obsiegenden Baubeteiligten das Schadenersatzrisiko des § 945 ZPO.

2. Die Formulierung des Gesetzes führt nicht dazu, dass in einem Verfahren nach § 650d BGB, welches *auf Zahlung* (etwa der 80%- Pauschale des § 650 c Abs. 1 BGB) gerichtet ist, auftraggeberseits gegen diesen Anspruch nicht auch andere Positionen eingebracht werden können, etwa Mängel auch an anderen als den unmittelbar von der Änderung betroffenen Bauteilen:

Ein Mehrvergütungsanspruch infolge einer Vertragsänderung ist regelmäßig kein eigenständiger Anspruch, sondern nur ein unselbstständiger Rechnungsposten der Gesamtwerklohnforderung, auf die ein Abschlag verlangt wird. Daraus folgt, dass eine Zwischensaldierung in der Weise erforderlich ist, dass die insgesamt erbrachten Leistungen abzurechnen und hiervon die bereits erbrachten Zahlungen abzuziehen sind.

Es genügt daher nicht, dass der Unternehmer

- darlegt und glaubhaft macht, dass eine wirksame Anordnung gem. § 650b BGB, § 650b Absatz I 1 BGB, § 650b Absatz 1 Nummer 1 oder § 650b Absatz 1 Nummer 2 BGB vorliegt,
- die betreffenden Leistungen mangelfrei ausgeführt sind (genauer: Kürzung um einen angemessenen Betrag, vgl. § 632a Abs. 1 S. 2, 4 BGB)
- und eine gem. § 650 c BGB § 650C Absatz I oder § 650C Absatz II BGB berechnete Mehrvergütung oder die 80 %-Pauschale gem. § 650 c BGB, § 650C Absatz III 1 BGB in Ansatz gebracht werden kann.

Darüber hinaus steht dem Unternehmer die Abschlagsforderung nur zu,

- wenn auch die sonstigen Leistungen in dem insgesamt abgerechneten Umfang mangelfrei (vgl. § 632a Abs. 1 S. 2, 4 BGB) erbracht sind, wofür er die Last der Darlegung und Glaubhaftmachung trägt.

3. Andere als auf Zahlung gerichtete Anträge nach § 650d BGB, etwa auf die Feststellung, dass eine Anordnung nach § 650b Abs.2 BGB (un)wirksam ist, unterliegen dieser zuletzt genannten Hürde zwar nicht, sind jedoch offenbar für die Baupraxis uninteressant.
4. Der Auftragnehmer kann auch für seine Ansprüche aus § 650c BGB Sicherheit nach § 650f BGB verlangen (Kniffka/Jansen, ibv-online-Kommentar Bauvertragsrecht, umstritten).
5. Das Gesetz sieht eine Klärung der Vergütungsfolgen der §§ 650b, 650c BGB im Rahmen der Schlussrechnung vor, § 650c Abs.3 Satz 2, 3 BGB. Die Aussicht auf eine -auch nach einer ja nur vorläufigen Klärung in einem Verfahren nach § 650d BGB ohnehin notwendige- nachgelagerte Klärung mag den Baubeteiligten in Einzelfällen in Anbetracht der unter 1.-3.- geschilderten Unattraktivität des § 650d BGB und der Option des Sicherungsverlangens nach 4. (§ 650f BGB) ausreichen.

4. Erste Judikate zum neuen Bauvertragsrecht

4.1.

Es sind nur Entscheidungen zur rein gerichtlichen Zuständigkeitsverteilung veröffentlicht

Allein eine im Rahmen der Gesetzesnovellierung zur Einführung des neuen Bauvertragsrechts in das Gerichtsverfassungsgesetz aufgenommene Vorschrift, mit der die Landgerichte verpflichtet wurden, spezialisierte Baukammern einzurichten, hat zu veröffentlichten Entscheidungen geführt.

Hierbei handelt es sich also um rein gerichtliche Streitigkeiten zwischen zwei Kammern eines Landgerichts, die beide die jeweils andere für zuständig hielten.

Immerhin haben diese Streitigkeiten nun zu Entscheidungen geführt, aus denen sich ableiten lässt, dass

- ein Vertrag über die reine Aufstellung von technischen Anlagen (hier: in Übersee-containern eingebaute Batteriespeicher) in einem zwar in der Nutzung, aber baulich kaum veränderten Gebäude ein Vertrag über Herstellung oder Umbau eines Bauwerks und damit ein Bauvertrag nach § 650a BGB sein kann (OLG FFM, Beschluss v. 19.12.2018, 11 SV 114/18);
- der Anschluss einer von einem anderen Unternehmen errichteten Photovoltaikanlage an das Stromnetz kein Bauvertrag nach § 650a BGB ist, insb. ein solcher isolierter Auftrag nicht als nur gesondert vergebenes Teilgewerk des Bauwerks «Herstellung einer funktionierenden PV-Anlage» angesehen werden muss (KG Berlin Beschluss v. 01.07.2019, 2 AR 26/19);
- auch nach dem neuen Bauvertragsrecht ein Kaufvertrag über eine neue Eigentumswohnung i.d.R. auch ein Werkvertrag und damit nach neuem Recht auch ein Bauvertrag nach § 650a BGB ist, (KG Berlin, Beschluss v. 22.03.2018, 2 AR 11/18)

4.2.

Es gibt bundesweit noch nicht einmal eine einzige veröffentlichte Entscheidung zu § 650d BGB und nach informeller Nachfrage bei den Baukammern einiger größerer Landgerichte sind dort auch nur wenige Anträge nach § 650d anhängig geworden.

Fehlen also schon Entscheidungen in dem «vorgezogenen» Eil-Verfahren nach § 650d BGB, so gibt es auch noch keine veröffentlichten Entscheidungen in sog Hauptsacheverfahren, weder zu den üblicherweise Streitintensiven Rechtsfragen rund um «Nachträge» nach § 650b, 650c BGB, noch zu den sonstigen vom neuen Bauvertragsrecht in den § 650a- § 650v BGB (und anderen §§)neu getroffenen Regelungen.

Die Verfahrenslaufzeiten an den Gerichten werden hierzu einen entscheidenden Beitrag geleistet haben, dennoch nicht allein. Nach nun zwei Jahren Regime des neuen Rechts könnten zumindest erstinstanzliche Entscheidungen (auch veröffentlicht) vorliegen.

In Gesprächen mit Mitgliedern der Baukammern an einigen Landgerichten wurde geäußert, dass auch außerhalb des § 650d BGB schon die Anzahl der Verfahren zum neuen Bauvertragsrecht noch sehr gering ist, oder auch gar keins erinnert wurde.

Falls sich die Bauvertragsparteien als «rechtssuchendes Publikum» nicht nur von einer Anwendung, geschweige denn Ausreizung des § 650d BGB abwenden, sondern aus Respekt vor den vielen ungeklärten Rechtsfragen sogar Prozesse nach dem sonstigen gesetzlichen Bauvertragsrecht zu vermeiden suchen, so wäre diese Art der Streitvermeidung ein allerdings zweifelhafter Erfolg des neuen Rechts.

Block D1

Konstruktive Lösungen für den Grossvolumigen Holzbau

Das schnellste Mehrfamilienhaus der Schweiz – Modulbau mit Holz-Stahlhybridkonstruktion

Roman Hausammann
Berner Fachhochschule AHB
Biel/Bienne, Schweiz



Das schnellste Mehrfamilienhaus der Schweiz – Modulbau mit Holz-Stahlhybridkonstruktion

Jene vorgefertigten Wohnmodule, die am 6. Februar 2019 in Lenzburg medienwirksam per Kran durch die Luft schwebten, könnten die ersten von tausenden Modulen sein, die eine neue Ära des Wohnbaus einläuten. Ihren Anfang nimmt die Geschichte der neuartigen Bauweise im Oktober 2013. Im Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur der Berner Fachhochschule BFH wälzt man bereits seit Längerem Grundideen, wie man Holz und Stahl für den Wohnungsbau effizient verbinden könnte. Im Frühling 2014 wird die Vision erstmals mit der Renggli AG diskutiert; einer Holzbaufirma, mit der die BFH seit zehn Jahren projektweise zusammenarbeitet. Dort wird man hellhörig. CEO und Verwaltungsratspräsident Max Renggli sieht in der Hybridbauweise die Antwort auf eine drängende Frage: Wie kann man schnell und effizient bezahlbare Ersatzneubauten schaffen?



Abbildung 1: Wohnung im Anflug – günstig und schnell dank modularer Hybridbauweise



Abbildung 2: Vorgefertigtes Wohnmodul, Modulübergang wird nach der Montage fertiggestellt

1. Langer Weg bis zur Baureife

Die Nachfrage ist gegeben: Bei tausenden Gebäuden in der Schweiz stehen die Eigentümer vor der Entscheidung, ob sie renovieren oder komplett neu bauen wollen. Bis zur Marktreife der Bauweise ist es jedoch ein langer Weg. Erst gilt es, die richtigen Projektpartner zu finden. Dank der Kontaktnetze der BFH und Renggli eine speditive Angelegenheit. Andreas Müller, Projektverantwortlicher seitens BFH, spricht heute in diesem Zusammenhang von einem «Musterbeispiel», wie sie dank guter Kontaktpflege die Wunschpartner ins Boot holten. Auch finanziell läuft es dank aufwändiger Vorarbeit nach Wunsch: Wegen des innovativen Charakters des Projekts bewilligt und finanziert Innosuisse für die Forschungsleistung insgesamt 618'000 Franken. Mindestens die gleiche Summe erbringen die sechs Wirtschaftspartner mit Eigenleistungen.

Beteiligte Projektpartner im Innovationsprojekt:

- Architektur/Engineering/Bauphysik/F&E: BFH-AHB, CH-Biel
- Generalunternehmung/Holzbau: Renggli AG, CH-Sursee
- Investor: AXA Versicherungen AG, CH-Winterthur
- Stahlbau: H. Wetter AG, CH-Stetten
- Gebäudetechnikplanung: Amstein + Walthert Bern AG, CH-Bern
- Sanitärtechnik: Geberit Vertriebs AG, CH-Jona
- Aufzug: Schindler Aufzüge AG, CH-Ebikon

2. Flächen- und Materialeffizienz

Die BFH-Architekten entwarfen Grundrisse, mit denen mehrere Module zusammengefügt Wohnungen von 2,5- bis 4,5-Zimmern ergeben. Dabei sollte möglichst die ganze Grundfläche als möblierbarer Wohnraum genutzt werden können. Der Effizienzgedanke zieht sich durch die ganze Konstruktion. Die Module sind «materialeffizient» aus Holz gefertigt, da sie nur sich selbst tragen müssen. Das führt dazu, dass das gleiche Modul in jeder Höhe eingesetzt werden kann – vom Parterre bis zum achten Stock. Um die Kosten zu minimieren, führt die BFH im Rahmen des Projekts eine Marktumfrage durch. «Wie weit kann man den Standard reduzieren, was akzeptiert der Nutzer zu welchem Preis?», stehen als Fragen im Zentrum. Im Pilotgebäude werden daraufhin zwei auf den Resultaten basierende Ausbauprodukte realisiert.

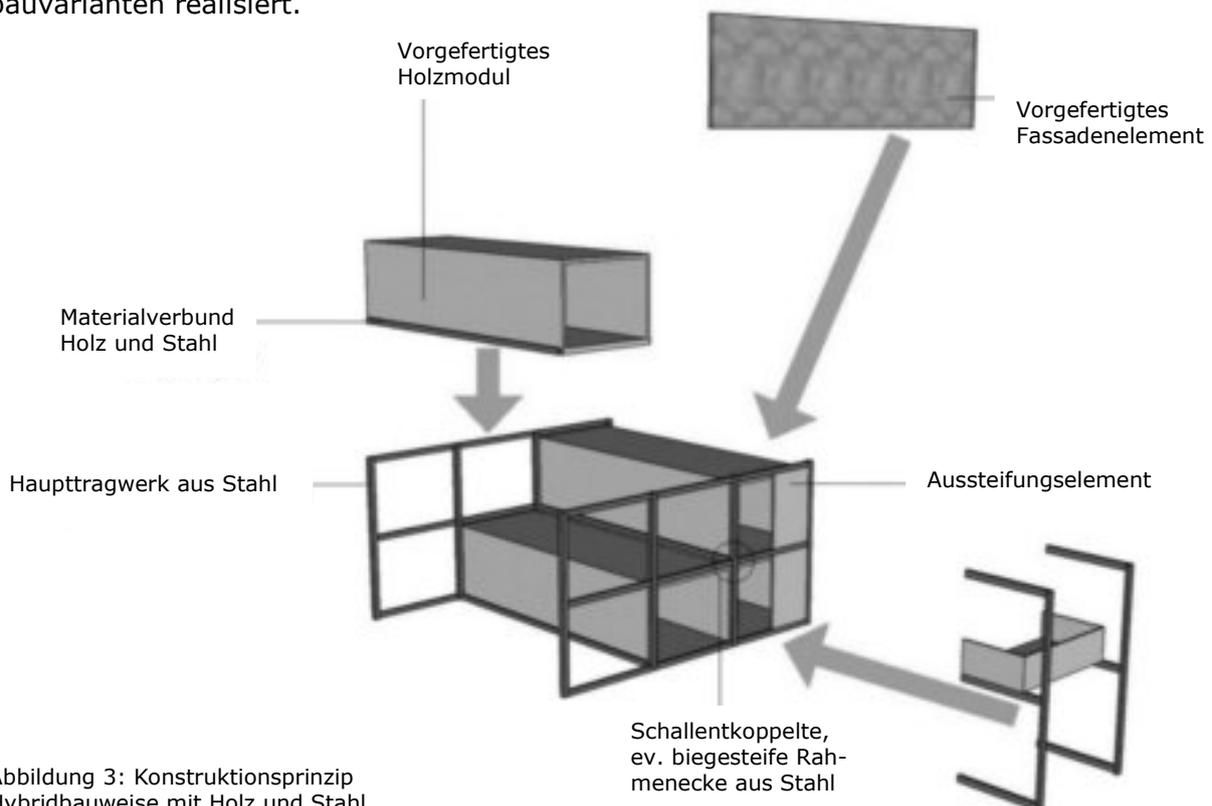


Abbildung 3: Konstruktionsprinzip Hybridbauweise mit Holz und Stahl

3. Zweigeschossiges Pilotgebäude

Doch es kommt noch besser: Mit der Immobilienabteilung der AXA-Versicherung springt eine potente Wirtschaftspartnerin auf den anfahrenen Zug. Die AXA hat schweizweit rund 20'000 Wohnungen in ihrem Portfolio und sieht das Potenzial, in den nächsten Jahren mehrere Liegenschaften mit Wohnmodulbauten zu ersetzen. Bereits von Anfang an kann die Partnerin die Sicht als Vermieterin einbringen und Einfluss nehmen.

Die Versicherung ist es auch, die in Schötz ein Pilotgebäude zu 80 Prozent finanziert. Zwar überprüft die BFH jeweils mit numerischen Berechnungen und experimentellen Laborversuchen die Forschungsarbeiten. «Aber, dass wir gleich ein zweigeschossiges Pilotgebäude erstellen durften, das ist schon sehr lobenswert», sagt BFH-Projektleiter Roman Hausammann.



Abbildung 4: Blower-Door-Test am Modul



Abbildung 5: Zweigeschossiges Pilotgebäude in Schötz

4. Schallschutz als Herausforderung

Mit den insgesamt vier Modulen des Pilotgebäudes ist es möglich, Wärme-, Feuchte- und Schallschutz umfassend zu prüfen. Der Schallschutz respektive die Schallentkoppelung bilden auch die grössten Herausforderungen des Projekts. Denn die primäre Tragstruktur aus Stahl, welche die Module hält, leitet Geräusche durch die Gebäudestruktur. Gleichzeitig muss der Stahl die Last der Module tragen und ist nebst den Fassadenelementen aus Holz mitverantwortlich für die Erdbebensicherheit. Es sind unter anderem solche Herausforderungen, bei denen die Interdisziplinarität der BFH voll zum Tragen kommt: von der Markterforschung über das Design des Bausystems und das Tragwerksengineering bis hin zur Bauphysik.



Abbildungen 6 – 8: Messung der Luft- und Trittschallübertragung sowie der Geräusche haustechnischer Anlagen

5. Prozesseffizienz dank Systemkomponenten

Zurück in Lenzburg. Der Kranführer senkt das Modul im Stahlgerüst langsam und millimetergenau auf die schallentkoppelten Winkelkonsolen. Die Bäder, Küchen, Türen, Fenster und Beläge sind bereits eingebaut, die Leitungen der Gebäudetechnik weitgehend eingezogen. Dabei wurde darauf geachtet, einzelne Bauelemente als Systemkomponenten zu fertigen, also quasi Module im Modul. So werden die Küchen als ein Stück eingebaut, die Steigschächte als standardisiertes Element integriert und alle Bäder sind identisch. Hier zeigt sich nun einer der grossen Vorteile des Modulbaus: Die Bauzeit der insgesamt 20 Wohnungen ist rund neun Monate kürzer als bei herkömmlicher Massivbauweise.



Abbildung 9: Vorfertigung Küchenkomponenten

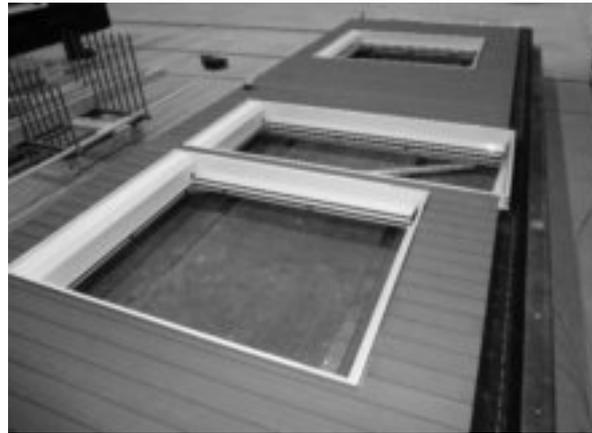


Abbildung 10: Montierte Fenster-/Türenkomponenten

Trotz verkürzter Bauzeit: Das Gebäude hat Minergie-A-Standard. Eine Erdsonden-Wärmepumpe liefert erneuerbare Wärme, die Photovoltaikanlage auf dem Dach produziert Strom für den Eigengebrauch. Ein weiteres Plus der kurzen Bauzeit: Die Investorin kann ihre Wohnungen damit schneller wieder vermieten, bisherige Mieter haben einen Anreiz, an der alten Adresse zu bleiben. Max Renggli sieht noch deutliches Kosteneinsparpotenzial: «Durch die Vorfertigung, die Standardisierung der Wohnungen und die resultierende Skalierung können die Kosten pro Wohnung in Zukunft deutlich gesenkt werden». Diese Meinung vertritt auch Simon Haus von der AXA: «Das Gebäude in Lenzburg hat Pioniercharakter, hier waren auch Entwicklungskosten zu leisten». In Zukunft rechne die Versicherung mit deutlich tieferen Kosten.

6. Nächster Schritt: Automatisierung

Bereits ist die BFH mit diversen Wirtschaftspartnern am Formulieren und Aufgleisen der nächsten Projekte. Mithilfe modernster Technologien soll die Umsetzung weiter automatisiert werden. Dazu sollen die Systemkomponenten für eine automatisierte Vorfertigung technisch neu entwickelt werden. Beispielsweise darf eine transportfähige Küchenkomponente nicht aus Einzelkorpussen bestehen, die in einem verlorenen Tragrahmen implementiert sind. Hierzu gilt es, die allgegenwärtige Küchenbauweise neu zu erfinden, um die Teilevielfalt zu reduzieren und die Materialeffizienz zu steigern.

Ein anderer kostenreduzierender Faktor ist Roboterarbeit. «Doch ein Roboter verlegt Kabel nicht so, wie ein Mensch es macht», gibt Andreas Müller zu bedenken. Deshalb müsse man die gesamte Baukonstruktion derart anpassen, so dass Roboter effizienter montieren könnten. Die beiden BFH-Mitarbeitenden teilen mit Renggli und AXA die Meinung, dass die Modulbauweise eine echte Alternative ist, um automatisiert zu planen und zu bauen. Nicht nur schweizweit, sondern auch international sind schnelle und kosteneffiziente Bausysteme gefragter denn je. Mit den angestrebten Projekten soll ein erster Schritt in Richtung Industrie 4.0 getan werden.

Konstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau

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



Konstruktionen für den mehrgeschossigen Holzbau

1. Bedeutung des mehrgeschossigen Holzbaus

Seit der Jahrtausendwende werden in immer schnellerer Abfolge Höhenrekorde für das Bauen mit Holz aufgestellt. 20 Geschosse und mehr stellen inzwischen keine allzu große Außergewöhnlichkeit mehr dar. Aus technischer Sicht erfordert das einen teilweise hohen Aufwand, so dass mit Berechtigung die Frage gestellt werden darf, ob Holz das optimale Material für Hochhäuser jeglicher Höhe ist. Dennoch bringt diese Entwicklung jeden Falls den überaus positiven Nebeneffekt mit sich, dass die meisten Entscheidungsträger im Bauwesen inzwischen wissen, dass acht bis zehn Geschosse für den Holzbau kein besonderes Problem mehr darstellen und zu wettbewerbsfähigen Konditionen ausgeführt werden können. Das ermöglicht es dem Baustoff Holz, in die Städte und Großstädte zurückzukehren, deren vorwiegender Baustoff er in Mitteleuropa bis vor gar nicht allzu langer Zeit war. Im 20. Jahrhundert wurde er jedoch durch Beton und Stahl verdrängt und wurde in der Folge zu einem Baustoff der ländlichen Gegenden und temporärer Gebäude. Mit der Wiederentdeckung des Holzbaus für die meisten alltäglichen Bauaufgaben jedoch wird Holz wieder zum Material urbaner Umgebungen. Und wenn der Holzbau seine ökologischen Vorteile in relevantem Umfang zur Entfaltung bringen soll, muss er wieder in die Städte zurückkehren. Denn seit dem Jahr 2008 wohnt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten, während 1950 noch 70 % auf dem Land lebten. Nach Prognosen der UNO wird der weltweite Anteil der städtischen Bevölkerung bis 2030 auf über 60 % steigen und im Jahr 2050 rund 70 % erreichen.

2. Systematisierung von Konstruktionen

Prinzipiell kommen für das mehrgeschossige Bauen mit Holz fast alle gängigen Holzkonstruktionen zur Anwendung. Kennzeichen des neueren Bauens mit Holz ist jedoch, dass nicht nur durchgängige Konstruktionssysteme zum Einsatz kommen, sondern vor allem Elemente unterschiedlicher Konstruktion miteinander kombiniert werden. Das gilt ebenso für die Kombination von Holz und anderen Materialien mit komplementären Eigenschaften, beispielsweise Beton.

Um diese Entwicklung abzubilden, bedient sich das 2017 erschienene Nachschlagewerk Atlas mehrgeschossiger Holzbau von Hermann Kaufmann, Stefan Krötsch und Stefan Winter eines neuen Ordnungsprinzips, um Holzbautragwerke systematisieren. Denn gerade die modernen Möglichkeiten im Bereich der Konstruktion waren Anlass, die herkömmliche und sehr eng gefasste Einteilung in Holzrahmen-, Holzskelett-, und Holzmassivbau zu hinterfragen und zu erweitern. Aus der gängigen Praxis werden die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten von horizontalen und vertikalen Elementen gezeigt, was das Konstruieren mit Holz zu einem spannenden sowie kreativen Prozess macht und zusammen mit modernen Hüllkonstruktionen die Anwendungsmöglichkeiten des nachwachsenden Rohstoffs geradezu explodieren lässt.

2.1. Vom Stab zur Fläche

Durch den heute im Holzbau üblichen Bauprozess sind vorgefertigte Bauelemente, aus denen sich Bauteile wie Wände, Decken und Dächer zusammensetzen, die Grundlage für das Verständnis aktueller Holzbaukonstruktionen. Daher stehen nicht mehr durchgängige Konstruktionsmethoden im Fokus der Darstellung, sondern die prinzipielle Wirkungsweise dieser Bauelemente und deren Kombinationsmöglichkeiten.

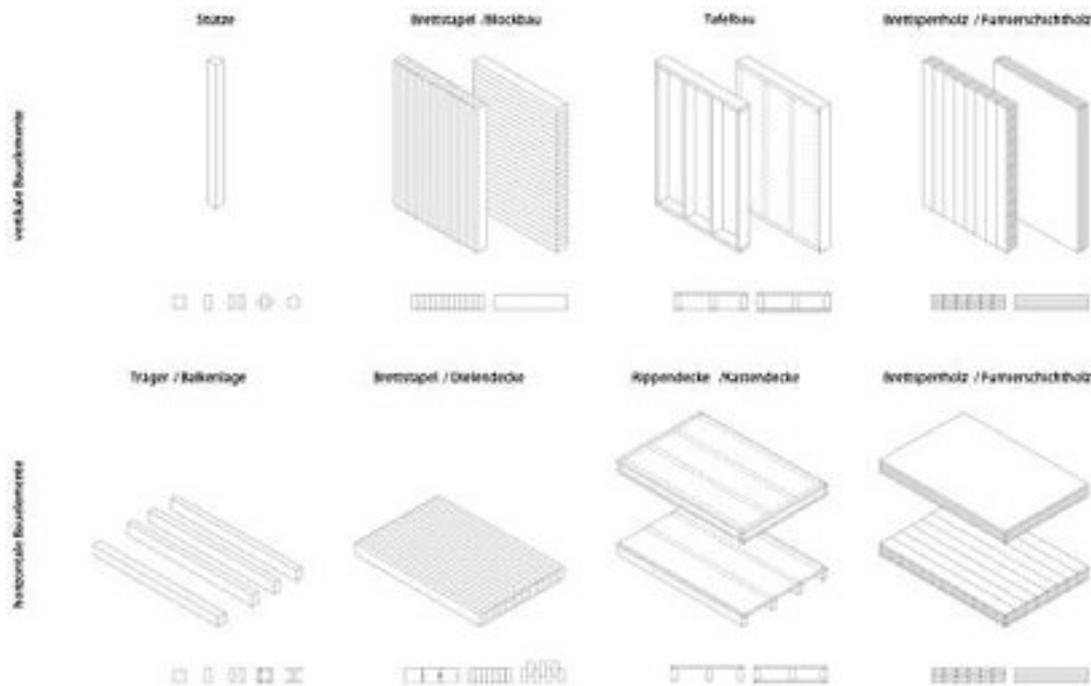


Abbildung 1: Vom Stab zur Fläche, aus: Atlas mehrgeschossiger Holzbau, S. 39

Ob Bauelemente Scheiben- und Plattenbeanspruchungen aufnehmen können, hängt nicht so sehr davon ab, ob es sich um massiv oder filigran konstruierte Elemente handelt, sondern in erster Linie von der Verbundwirkung der Bestandteile. Während Massivholzelemente wie Brettstapel- oder Blockbauwände statisch wie eine Aneinanderreihung einzelner Stäbe wirken und damit den linearen Eigenschaften ihrer Einzelteile entsprechen, erzeugt der Verbund zwischen Stabwerk und Beplankung von Tafel- und Kastenelementen flächige Bauteile, die gleichzeitig als Platte (Decke) und /oder Scheibe (Wand) beansprucht werden können. Dennoch handelt es sich im Holzbau fast immer um gerichtete Elemente, die eine Haupt- und eine Nebentragrichtung haben. Der Übergang von linearen zu flächigen Eigenschaften ist zwischen verschiedenen Elementen fließend, so dass sich ein Verlauf vom Stab zur Fläche ergibt (Abb. 1).

2.2. Kombinationen

Das Fügen unterschiedlicher Bauelemente zu Mischkonstruktionen ist in der Praxis fast zum Normalfall geworden. Verschiedene Elemente im Gesamtsystem werden so kombiniert, dass ihre unterschiedlichen Eigenschaften den jeweiligen Anforderungen an das Bauteil am besten entsprechen. Je spezifischer und höher die Anforderungen sind, umso umständlicher und aufwendiger ist die Verwendung eines einheitlichen Bausystems für die gesamte Konstruktion.

Allgemeine Standardausführungen, wie sie vom Bauen mit mineralischen Baustoffen bekannt sind, haben sich im Holzbau noch nicht etabliert. Viele mehrgeschossige Holzbauten sind nach wie vor Prototypen. Trotz einer großen Vielfalt von Konstruktionen und der potenziellen Kombinierbarkeit aller möglicher Ausführungen (Abb. 2) scheinen sich aber einige Kombinationen – die sich nach Bauaufgabe und Region unterscheiden – besonders zu bewähren.

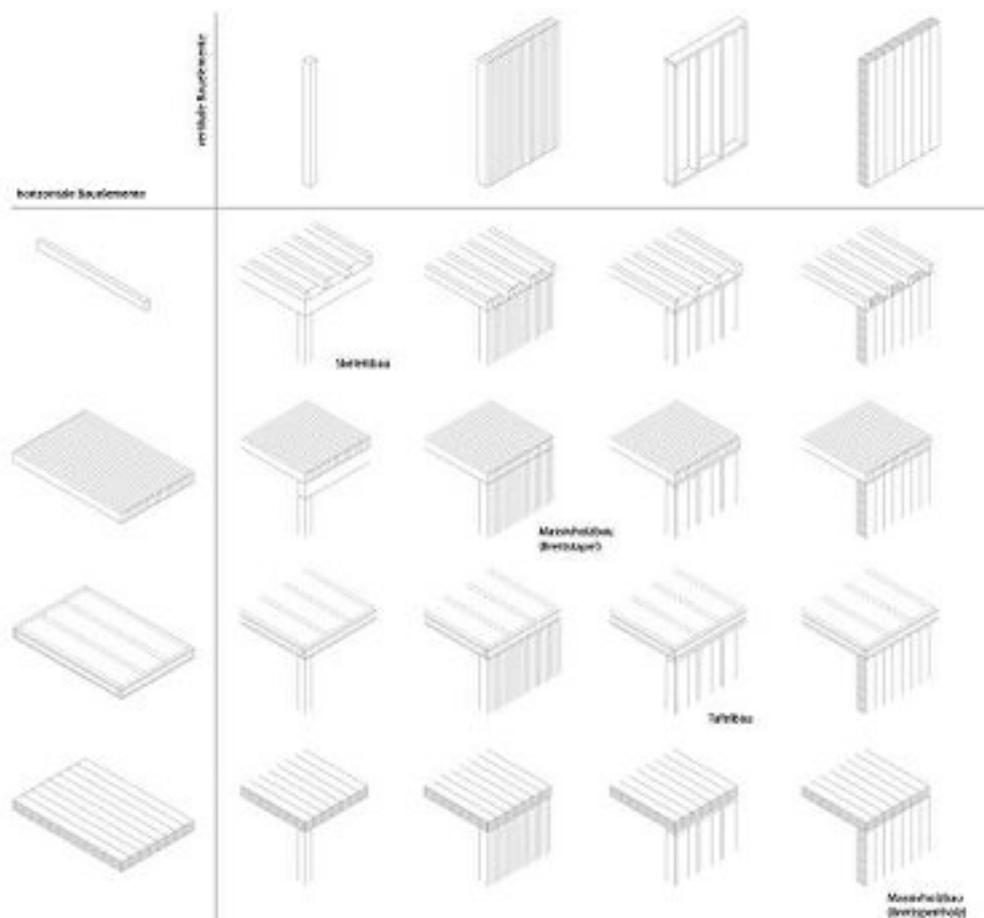


Abbildung 2: Kombinationen verschiedener Bauelemente, aus: Atlas mehrgeschossiger Holzbau, S. 40

Einige internationale, mehrgeschossige Wohn- und Geschäftshäuser aus jüngster Zeit zeigen relativ sortenreine Konstruktionen mit Außen- und Innenwänden sowie Decken aus Brettsperreholzelementen. Die Verbindungen sind meist linear, geometrisch schlicht und als simple Verschraubungen ausgeführt, die an einzelnen Stellen mit Stahllaschen und -winkeln verstärkt werden können. Mit vorgefertigten Elementen lässt sich so sehr schnell und einfach der Rohbau des Gebäudes herstellen. Je nach Anforderungen können Wände und Decken sichtbar bleiben oder direkt beplankt werden, so dass die Konstruktion weitgehend hohlraumfrei ist. Diese Bauart ermöglicht eine einigermaßen standardisierte Planung, industrielle Fertigung und unkomplizierte Montage. Die meisten Beispiele finden sich daher in Ländern ohne kontinuierliche Holzbautradition. Nachteilig ist dagegen der hohe Holzbedarf und die Einschränkungen im Vorfertigungsgrad, der selten über einen veredelten Rohbau hinausgeht.

In Mitteleuropa scheint sich dagegen eine Kombination von Außenwänden aus Tafelbauelementen und verschiedenen Arten von Massivholzdecken (oder auch Holz-Beton-Verbunddecken) zu etablieren, die mit unterschiedlichen Arten von Innenwänden – bei Rettungswegen oft aus Beton – ergänzt werden. Tafelbauwände sind nicht nur sehr materialeffizient in der Lastabtragung, sondern können auch sehr kostengünstig hochwärmedämmend ausgeführt werden. Außerdem ermöglichen sie eine weitgehende Vorfertigung im Werk, einschließlich Fenstern und Fassadenbekleidung. Das hochkomplexe Bauteil Außenwand mit seinen vielen Anschlüssen kann damit unter optimalen Bedingungen besonders zuverlässig und präzise hergestellt werden. Allerdings können Tafelbauwände nicht in herkömmlicher Form verwendet werden, wenn sie Gebäude mit mehr als drei oder vier Geschossen tragen sollen, denn die Querholzpressungen von Rähmen und Schwellen hätten zu starken Setzungen zur Folge. In der Schweiz werden daher seit einiger Zeit Tafelbauwände eingesetzt, deren Ständer über die gesamte Höhe der Wand verlaufen und Lasten über Hirnholzkontakt in die Ständer darüber- und darunterliegender Wände übertragen. Rähm und Schwelle sind entsprechend zwischen den Ständern eingebaut. Außerdem können einzelne Ständer durch Stützen stärkeren Querschnitts

ersetzt werden, die in der Lage sind punktuell hohe Lasten abzutragen. So können auch Skelettbauten mit ihrer höheren Nutzungsflexibilität mit dem hohen Vorfertigungsgrad von Tafelbaukonstruktionen kombiniert werden.

Als Geschossdecken werden häufig Massivholzdecken aus Brettsperrholz- oder Brettstapelelementen eingesetzt, die sich nicht nur geometrisch und konstruktiv einfach fügen lassen, sondern auch einen deutlich geringeren und hohlraumfreien Deckenaufbau ermöglichen als filigrane Deckenkonstruktionen gleicher Anforderungen, was bei begrenzter Gebäudehöhe ein entscheidender Faktor sein kann. Denn ganz im Gegensatz zur vorteilhaften Leichtigkeit in der wärmedämmenden Gebäudehülle lassen sich mit kompakten Deckenaufbauten die Anforderungen an Brand- und Schallschutz sowie die Reduzierung des Schwingungsverhaltens mit schlichten Maßnahmen umsetzen.

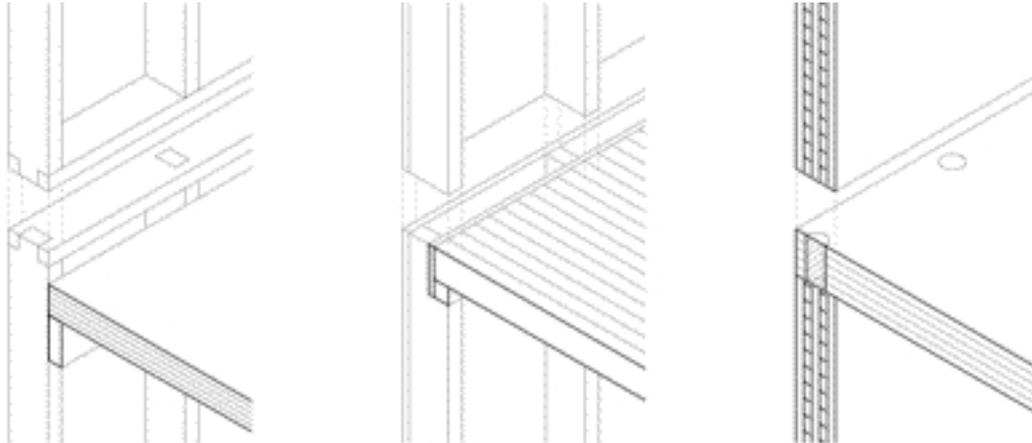


Abbildung 3: Deckenaufleger verschiedener Wand- und Deckenelemente, bei denen Querholzpressungen und damit Setzungen vermieden werden. Tafelbauelemente mit Hirnholzkontaktstoß der Ständer zwischen den Elementen sowie Brettsperrholzelemente, aus: Atlas mehrgeschossiger Holzbau, S. 44

2.3. Hybridkonstruktionen

Hohe Lasten und Brandschutzanforderungen mehrgeschossiger Gebäude stellen eine Herausforderung für Holzkonstruktionen dar. Eine oft angewandte Strategie zur Bewältigung diesen Herausforderungen ist – auf Ebene des Bauwerks ebenso wie auf Ebene des Bauteils – die Kombination verschiedener Materialien, hauptsächlich von Holz und Stahlbeton (Abb. 3).

Da Beton einige komplementäre Eigenschaften zu Holz aufweist, u. a. eine vergleichsweise hohe Masse und die Nichtbrennbarkeit, ist die Kombination dieser beiden Materialien im mehrgeschossigen Bauen durchaus sinnvoll.

Hybridkonstruktion und –bauweisen erlauben außerdem Abweichungen von der notwendigen Disziplin wirtschaftlicher Holzkonstruktionen, beispielsweise für Erdgeschosse mit komplementären Nutzungen und größeren Spannweiten.

Holz-Beton-Verbunddecken sind inzwischen im mehrgeschossigen Holzbau sehr weit verbreitet und ermöglichen oft relativ einfache Detailausführungen bei hohen Anforderungen an Brand- und Schallschutz. Die Verbundtragwirkung ermöglicht dabei auch größere Deckenstärken und damit weitere Spannweiten als bei anderen Konstruktionen.

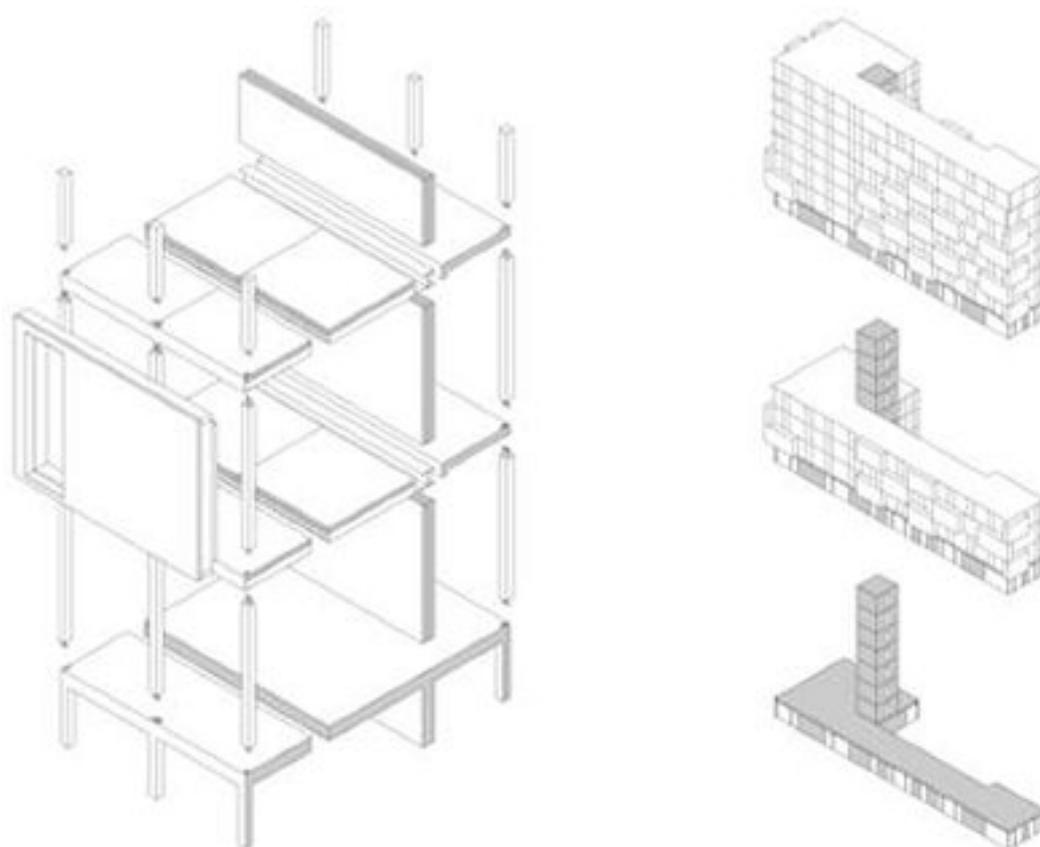


Abbildung 4: Hybride Bauelemente / hybride Bauwerke, aus: Atlas mehrgeschossiger Holzbau, S. 42

3. Zusammenfassung

Inzwischen gibt es eine Vielzahl gebauter Beispiele mehrgeschossiger Holzbauten in Europa und darüber hinaus. Obwohl sich die Kombination gewisser Konstruktionen zu bewähren scheint und für entsprechende Bauaufgaben häufiger vorkommt, zeigt sich nach wie vor eine große Vielfalt unterschiedlicher Möglichkeiten. Der Holzbau ist auch beim mehrgeschossigen Bauen in der Lage, seine Flexibilität und Innovationskraft beizubehalten und sehr spezifische Konstruktionen für individuelle Anwendungen und Bauaufgaben bereit zu stellen. Eine weitergehende Standardisierung könnte jedoch die Kosten sparen und Planern die Abläufe und den Zugang erleichtern.

Holz ist ein äußerst vielfältiger Baustoff, der flächige wie stabförmige Tragwerke, filigrane oder massive Bauteile ausbilden kann, der aber auch einzigartige Vorteile in Ökobilanz und Bauprozess bietet und sich den Anforderungen der Aufgabe und des Umfelds auf verschiedenen Ebenen anpassen lässt. Holz ist darüber hinaus Sympathieträger, dessen natürliche Materialität vor dem Hintergrund des überbordenden Einsatzes synthetischer Baustoffe als authentisch, gesund und hochwertig empfunden wird. Holz bietet inzwischen auch bei mehrgeschossigen Gebäuden immer öfter die wunderbare Gelegenheit, das Gebäudetragwerk unverkleidet abzubilden und dabei Oberflächen von möbelartiger Präzision herzustellen, bisweilen zu niedrigeren Kosten als bei Bekleidung der Bauteile. In einer Zeit, in der die Qualität beispielsweise von kostengünstigem Wohnen zu einer immer drängenderen sozialen Frage wird, kann die schlichte, aber liebenswerte Ästhetik von Holz einen wertvollen Unterschied machen.

4. Abbildungsnachweis

Alle Abbildungen aus: **Kaufmann, H.; Krötsch, S.; Winter S.,** 2017: Atlas mehrgeschossiger Holzbau, Detail-Verlag, München

Wärmeschutz durch integrale HBV-Deckensysteme – am Beispiel von Schulprojekten im Frankfurter Raum

Thomas Wehrle
ERNE AG Holzbau
Stein, Schweiz



Wärmeschutz durch integrale HBV-Deckensysteme – am Beispiel von Schulprojekten im Frankfurter Raum

1. Die Projekte

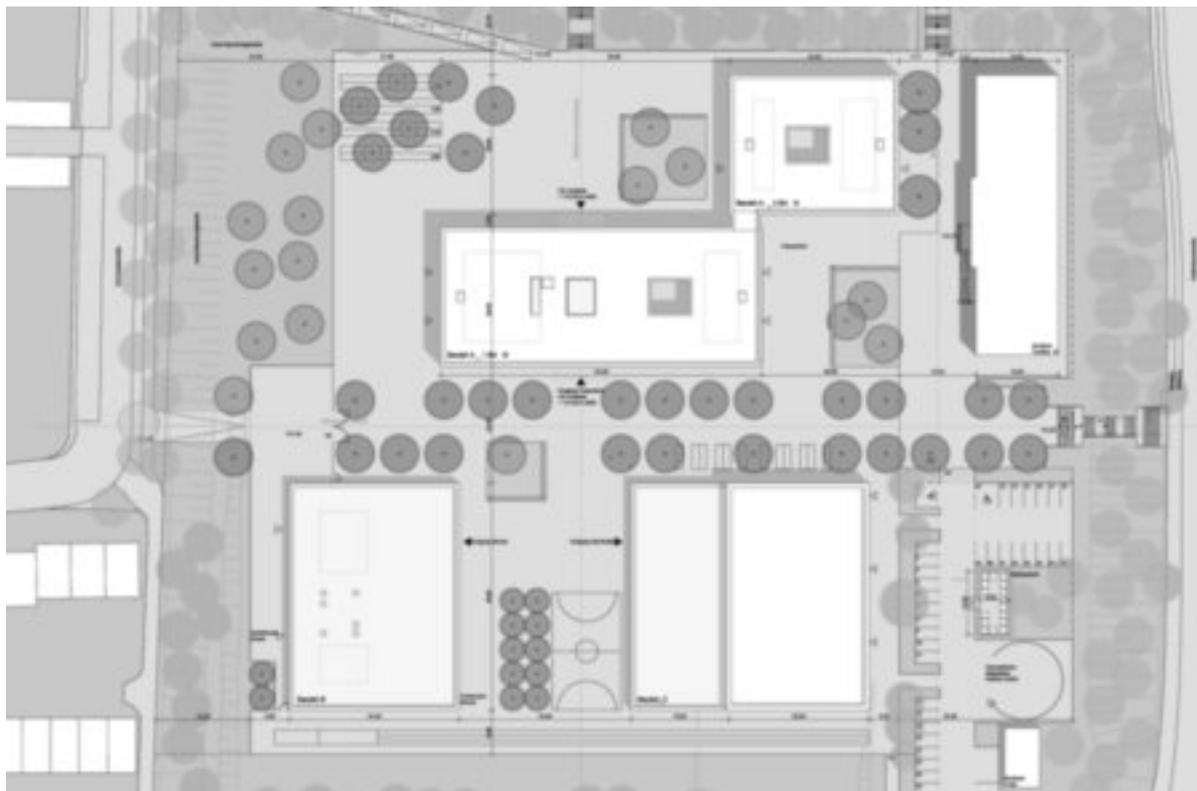
1.1. Schulcampus Nord und Westend in Frankfurt am Main

Anspruchsvolle Architektur

Architekten schätzen die Vorteile, die der modulare Holzbau im Vergleich zum Massivbau und zu Containerbauten aus Stahl bietet: Trotz Modularität können individuelle Baukörper mit hochwertigen und spannungsreichen Innen- und Aussenräumen kreiert werden.

Schulcampus Nord

Die Arbeitsgemeinschaft von Raumwerk & Spreen Architekten nutzte die Möglichkeiten der Modulbauweise beim Schulcampus Nord optimal und erreichte mit raumhohen Fensterfronten eine markante Fassadengestaltung. Der Einsatz von hochwertigen Holz-Metallfenstern ist für derartige Grossprojekte ungewöhnlich. Die Fenster von ERNE aus weiss lasierter Fichte sind langlebig und von ausgezeichneter Qualität. Aufgrund ihrer Grösse und ihres Gewichts stellten sie besonders hohe Anforderungen an die Logistik.



Schulcampus Nord, Stadt Frankfurt am Main

Der momentane Standort des Schulcampus Nord ist lediglich eine Zwischenlösung; wo die Schule dauerhaft domiziliert sein wird, ist noch offen. Die Verantwortlichen richten sich deshalb darauf ein, dass auf dem neuen Campus während mehrerer Jahre unterrichtet wird.



Modulübersicht Schulcampus Nord

Schulcampus Westend

Das sechszügige Gymnasium und die sechszügige Grundschule von gmp Architekten von Gerkan, Marg und Partner sind in einem dreigeschossigen Baukörper zum Schulcampus Westend zusammengefasst, der zwei innenliegende Pausenhöfe umschließt. Mit seiner kompakten Form reagiert das Gebäude auf das vergleichsweise kleine Grundstück und bietet zugleich kurze Wege als auch eine ökonomische Bauweise.



Schulcampus Westend, Stadt Frankfurt am Main

Hochwertige Gebäudelösungen in Modulbauweise

Als führender Anbieter schafft ERNE mit flexiblen Holz-Modulbauten in kurzer Zeit energieeffiziente und wirtschaftliche Raumlösungen für den temporären und dauerhaften Einsatz. Sind minimale Bauzeiten und hohe Planungssicherheit gefragt, so vereinen Holz-Modulbauten überzeugende Vorteile. ERNE fertigt die Module – inklusive Haustechnik – im Werk millimetergenau vor und fügt sie am Standort zum projektierten Gebäude zusammen. Das garantiert Qualität sowie Kosten- und Terminalsicherheit – und war einer der Hauptgründe für den Zuschlag an ERNE zum Bau der Schulcampus Nord und Westend in Frankfurt a. M.



Schulcampus Westend, gmp Architekten von Gerkan, Marg und Partner

Höhere Qualität – kürzere Bauzeit

ERNE fertigt die bis zu 20 Tonnen schweren und 18 Meter langen Holzmodule unter geschützten Bedingungen industriell im Werk vor und baut die Haustechnikkomponenten dabei gleich ein. Daraus resultiert eine überdurchschnittliche Ausführungsqualität. Der hohe Vorfertigungsgrad sorgt für vereinfachte Abläufe auf der Baustelle, wo die Holzmodule nur noch zusammengefügt werden müssen. Auf diese Art und Weise lässt sich die Bauzeit mit Holz-Modulbauten gegenüber dem herkömmlichen Massivbau um bis zu 60 Prozent reduzieren.

Für die beiden Grossprojekte der Schulcampus Frankfurt Nord und Westend entschied sich das Amt für Bau und Immobilien der Stadt Frankfurt für die Modulbauweise, weil sich Gebäude damit sehr schnell und flexibel errichten lassen. Neben einer kurzen Bauzeit legte die Bauherrschaft grossen Wert auf guten Hitze- und Schallschutz sowie einen hohen Anteil an sichtbaren Holzoberflächen im Innenbereich.

Auch der Schulcampus Westend wurde so konzipiert, dass ein Rück- und Wiederaufbau an einem anderen Ort möglich ist. Die Nutzung des Modulbaus in Holzbauweise ist für den temporären Standort auf einem Schulsportplatz auf fünf bis zehn Jahre ausgelegt.

Dank der grossen Vorfertigungstiefe der ERNE-Holzmodule konnte der Mangel an Baufachkräften in der Region Frankfurt kompensiert werden. Für die Bauherrschaft war dies das entscheidende Argument für den Zuschlag an die ERNE AG Holzbau für den Bau der Schulcampus Frankfurt Nord (210 Module) und Westend (350 Module).

Stilvoll und ökologisch

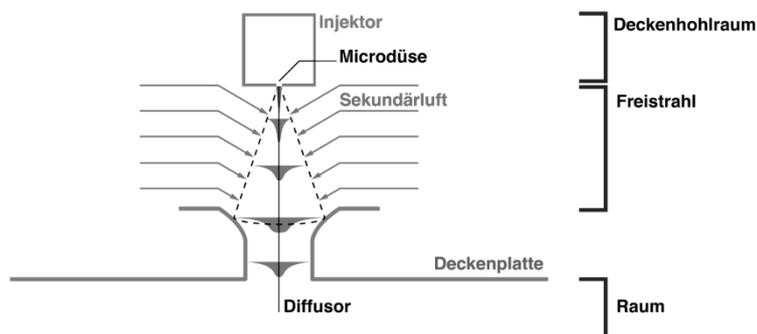
Holz gilt als äusserst ökologischer Baustoff. So ist das Volumen für das gesamte Bauholz unseres Grossprojekts Gymnasium Nord in Frankfurt innerhalb Deutschlands in nur gerade neun Minuten vollständig nachgewachsen. Auf dem Campus Frankfurt Nord bieten viel Tageslicht, attraktive Holzoberflächen und eine gute Klimatisierung den Schülern ein optimales Umfeld zum Lernen. Auch der Schulcampus Frankfurt Westend zeichnet sich aus durch ein vom Material Holz natürlich geprägtes Erscheinungsbild. Im Inneren bieten farbige Böden und Wandflächen den Schülern Orientierung.



Innenansicht Klassenzimmer, ERNE AG Holzbau

Energieeffizient und klimatisierend

SupraFloor ecoboost² ist das erste Holz-Hybrid-Bausystem mit Deckenklimatisierung; für die beiden Grossprojekte in Frankfurt wurde diese Lösung erstmals im Bildungsbereich eingesetzt. Kühlen, Heizen, Lüften und Akustik sind die Stärken dieses Systems und sorgen für ein perfektes Raumklima. Alle Funktionen sind unsichtbar in die Decke integriert.



Das eingebaute ecoboost²-System aktiviert die Betonmasse, die als Speicher dient: Beton nimmt Wärme und Kälte ausgezeichnet auf und gibt sie langsam wieder ab.

Die Kombination von Holz und Beton mit der ecoboost²-Deckenklimatisierung spart bis zu 30 Prozent Energie.

2. Das System

2.1. Suprafloor ecoboost2: Masse für den Holzbau

SupraFloor ecoboost² ist das erste Holz-Hybrid-Bausystem, das mit sichtbaren Holzoberflächen eine behagliche Atmosphäre schafft.



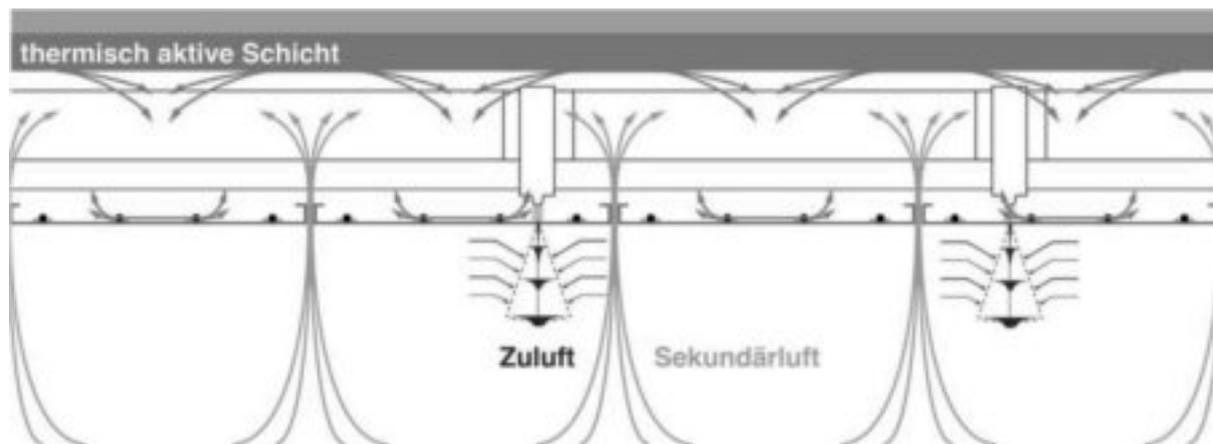
Kühlen, Heizen, Lüften und Akustik sind die Stärken dieser Lösung und sorgen für ein perfektes Raumklima. Alle Funktionen sind unsichtbar in die Decke integriert. Die Kombination von Holz und Beton mit der ecoboost²-Deckenklimatisierung spart bis zu 30 Prozent Energie.

Die Vorteile

- Holzbau mit aktiver Beton-Speichermasse
- durchdachtes System – von der Planung bis zur Umsetzung
- industriell vorgefertigt – inklusive Haustechnik, Leuchten und Sprinkler
- Kühlung, Heizung, Lüftung und Akustik sind vollständig und unsichtbar integriert
- Systemtrennung für optimale Nutzungsflexibilität
- CO₂-neutrales Deckensystem

Energieeffizient und behaglich

In die Holz-Beton-Verbund-Deckenelemente ist ein herkömmliches Heiz-Kühl-System integriert, das mit Wasser funktioniert. Das eingebaute ecoboost²-System aktiviert die Betonmasse, die als Speicher dient. Beton nimmt Wärme und Kälte ausgezeichnet auf und gibt sie langsam wieder ab. So kann die Betonmasse sowohl kühlen als auch wärmen – und bis zu 30 Prozent Energie sparen.



Funktionsprinzip ecoboost, Schmidt Janutin

Die Hybridlösung kombiniert das geringe Gewicht und die hohe Zugfestigkeit von Holz mit der Druckfestigkeit und der Masse von Beton zu einem optimierten Tragelement.



Daraus resultieren flexible Layout-Möglichkeiten, eine ökologische Bauweise und höchster Raumkomfort. Die ecoboost²-Technologie kühlt die Räume in Holz-Modulbauten auch während der heißen Sommermonate wirkungsvoll und sorgt so für eine behagliche Wohlfühlatmosphäre.



Hohe Qualität – kurze Bauzeit



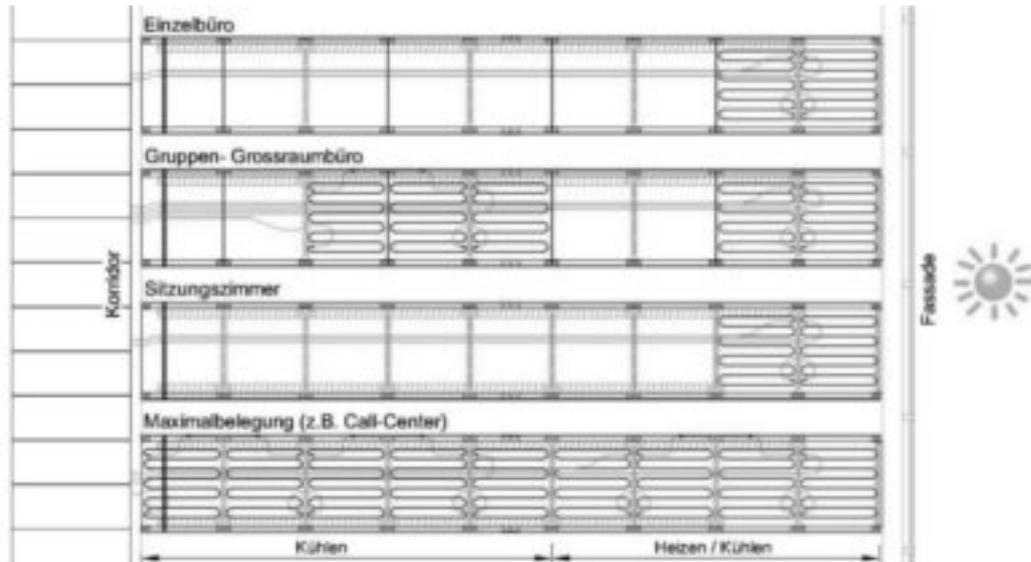
SupraFloor ecoboost² ist die ideale Lösung für zeitgemäßes Bauen. Sowohl hinsichtlich Funktionalität als auch in Sachen Ästhetik.

Das komplette Deckensystem wird inklusive Haustechnik industriell im eigenen Werk vorgefertigt.

Damit ist nicht nur eine gleichbleibend hohe Ausführungsqualität sichergestellt, sondern auch eine deutlich verkürzte Montagezeit auf der Baustelle gewährleistet.

Flexibel und für höchste Ansprüche geeignet

Das SupraFloor-System passt sich an jede Umnutzung des Grundrisses oder des Raumes an und garantiert dem Bauherrn so maximale Flexibilität.



Mit SupraFloor ecoboost2 werden bezüglich Luftverteilung, Strahlungstemperatur, Massennutzung und Energieverbrauch auch höchste Ansprüche kompromisslos erfüllt – ein Novum für das Bauen mit Holz.



Schulcampus Nord heute



Schulcampus Westend Juli 2019

...und wenn's höher wird:
**Dynamik und Aussteifung von
Holzhochhäusern**

Prof. Dr. Volker Schmid
Entwerfen und Konstruieren - Verbundstrukturen
Institut für Bauingenieurwesen
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland



Dynamik und Aussteifung von Holzhochhäusern

1. Allgemeines zum Hochhausbau

Rechtlich werden Hochhäuser in Deutschland als Gebäude bezeichnet, deren höchste Fussbodenoberkante mehr als 22 Meter über der Geländeoberfläche liegt. Diese Definition hat brandschutztechnische Gründe. Aber auch aus konstruktiver Sicht ändern sich die massgebenden Design-Parameter, wenn die Gebäudehöhe zunimmt. Dabei ist es zunächst egal mit welchem Material konstruiert wird. Der folgende Beitrag diskutiert die tragwerkstechnischen Besonderheiten von Hochhäusern aus Holz.

Bei hohen Gebäuden bestimmen vor allem die Auswirkungen des Windes den Tragwerksentwurf und damit die Aussteifungskonstruktion des Gebäudes. Die Materialwahl, die Konstruktion und die Abmessungen werden dann weniger von den Festigkeitskriterien bestimmt, sondern vor allem von Gebrauchskriterien, wie der horizontalen Verformung infolge Wind und der Horizontalbeschleunigungen infolge der Windböen. Vor allem das Schwingungsverhalten unter Windböen wird massgeblich von der Höhe, Masse und Steifigkeit des Hochhauses sowie seiner inneren Dämpfung bestimmt.

Ausserdem treten insbesondere am Fusspunkt des Gebäudes hohe Biegemomente aus Wind auf. Bei Hochhäusern mit geringem Eigengewicht, wie beispielsweise bei Holz- oder Holzhybrid-Bauten, können daraus abhebende Kräfte in der Aussteifungskonstruktion entstehen. Diese Zugkräfte erfordern dann zusätzliche Massnahmen.

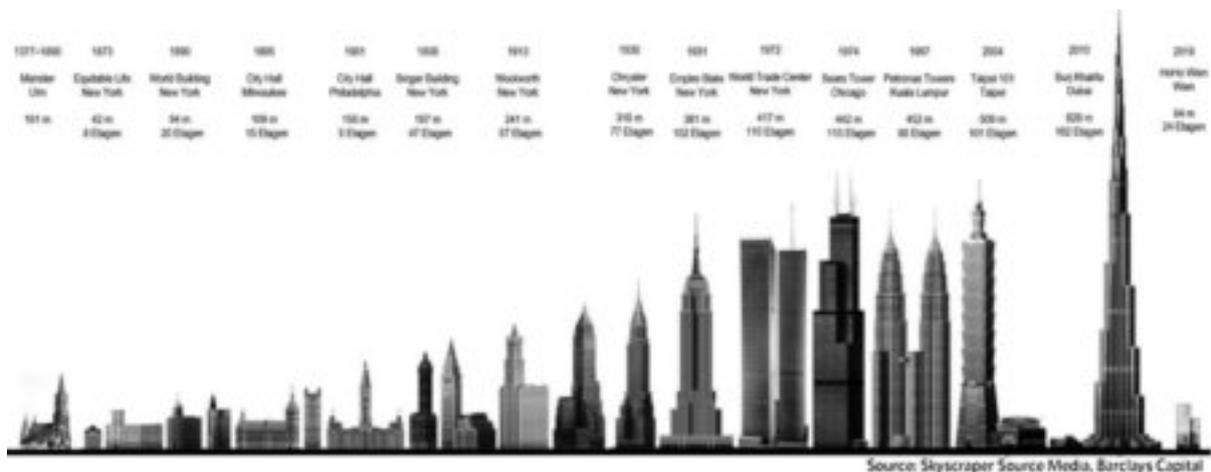


Abbildung 1: Entwicklung im Hochhausbau

2. Bemessungsrelevante Horizontallasten

2.1. Wind

2.1.1. Kräfte und Verformungen in Windrichtung

Der Wind bläst unsteady und turbulent. Die DIN EN 1991-1-4 -Windlasten [1] beschreibt den Wind als eine Grundströmung mit mittlerer Windgeschwindigkeit, in die Böen unterschiedlicher Grösse und Windgeschwindigkeit eingelagert sind (Abbildung 2). Die maximale Windgeschwindigkeit wird nur in einigen wenigen dieser Böen erreicht.

Die Bemessung kleiner Gebäude mit weniger als 25 m Höhe ist nach europäischer Norm einfach, da die Böe mit der maximalen Luftgeschwindigkeit und damit dem maximalen Winddruck q_p eine grössere Ausdehnung als das Gebäude hat. Der maximale Böengeschwindigkeitsdruck q_p wirkt deshalb auf die gesamte die Anströmfläche A_{ref} des Gebäudes.

Mit dem aerodynamischen Kraftbeiwert c_f erhält man so die bekannte Gesamtwindlast F_w auf das Gebäude zu:

$$F_w = q_p \cdot c_f \cdot A_{ref} \quad (1)$$

Bei Hochhäusern die grösser als die Einzelböen sind, wäre dieser Ansatz zu konservativ, denn der maximale Böengeschwindigkeitsdruck q_p wirkt bei grossen Gebäuden immer nur auf einen Teil der gesamten Anströmfläche. Die Gesamtwindlast infolge q_p wird deshalb reduziert mit einem Beiwert c_s .

Ungünstig hingegen ist, dass einige dieser Böen das Hochhaus in einem Zeitabstand treffen, der der Schwingungsperiode des Hochhauses entspricht. Oder umgekehrt - die Eigenschwingung des Hochhauses mit der Eigenfrequenz n_{1x} wird durch diese resonanten Böen angeregt. Das führt zum Schwingen des Hochhauses in der Frequenz n_{1x} , mit zusätzlichen Auslenkungen und Biegemomenten und - besonders wichtig - mit Beschleunigungen. Diese stören die Nutzer und müssen deshalb in ihrer Grösse beschränkt werden (siehe Kap. 4.4.1). Die Überprüfung der Schwingungsanfälligkeit des Hochhauses (siehe 4.3) zeigt, ob dieser Einfluss tatsächlich berücksichtigt werden muss; für Hochhäuser ist das in der Regel der Fall. Diese beschriebenen resonanten, dynamischen Windeinwirkungen auf das Hochhaus werden mit dem Resonanzfaktor c_d erfasst.

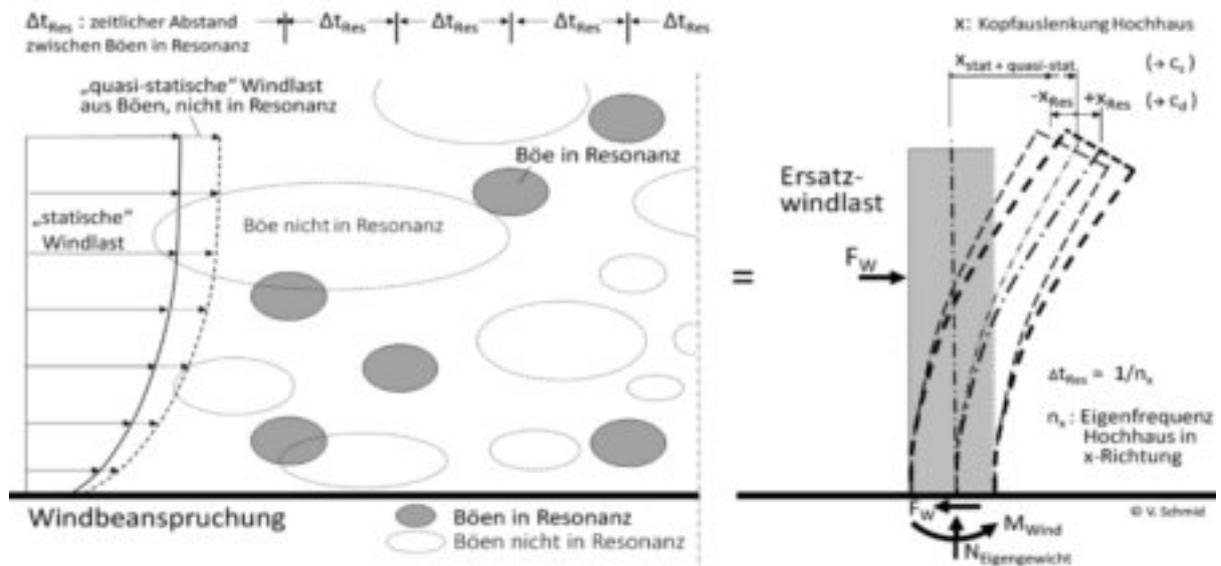


Abbildung 2: Die Windlast setzt sich zusammen aus einem statischen Anteil (konstanter Wind), dem quasistatischen Anteil aus nicht-resonanten Böen und einem resonanten Anteil aus denjenigen Böen, deren Auftrefffrequenz in etwa der Eigenfrequenz n_{1x} des Gebäudes entspricht

Für schwingungsanfällige Hochhäuser kann eine quasi-statische Ersatzwindlast F_W ermittelt werden. F_W ruft die gleichen Auslenkung und Kräfte im Tragwerk hervor wie der kontinuierliche Wind mit den eingelagerten, räumlich begrenzten Böen (c_s) plus der dynamischen Überhöhung durch die resonanten Böen (c_d) (Abbildung 2). c_s und c_d werden zum Strukturbeiwert $c_s c_d$ zusammengefasst. Man erhält so die Ersatzwindlast F_W zu:

$$F_W = c_s c_d \cdot q_{p(ze)} \cdot C_f \cdot A_{ref} \quad (2)$$

Die Ersatzwindkraft F_W ist nach Norm eine Einzellast, die rechnerisch auf der Höhe $0.6 \cdot H$ (mit H =Gebäudehöhe) am Gebäude angreift.

c_s hängt von der Böengrösse $L(ze)$ am Standort des Gebäudes ab und von den Abmessungen des Gebäudes.

c_d hängt ebenfalls von der Höhe und Breite des Gebäudes ab, aber vor allem vom Winddruck der resonanten Böen. Dieser Winddruck verringert sich mit höherer Böenfrequenz. Da die resonante Böenfrequenz nahe der 1. Eigenfrequenz n_{1x} des Hochhauses liegt, nimmt der resonante Böenwinddruck mit zunehmender Eigenfrequenz des Hochhauses ab. Die Eigenfrequenz n_{1x} des Hochhauses ist wiederum abhängig von dessen Höhe, Massenverteilung und Steifigkeit (siehe Gl. (14) in Kapitel 6.2).

Die Dämpfung δ des Hochhauses verhindert, dass die Schwingungen infolge einer Anregung des Hochhauses nahe der Eigenfrequenz unendlich gross werden. Zur Beschreibung der Dämpfung von horizontalen Hochhausschwingungen wird das logarithmische Dämpfungsdekrement δ benutzt.

Der deutsche Anhang zu DIN EN 1991-1-4 gibt den Strukturbeiwert c_{sCd} wie folgt an:

$$c_{sCd} = \frac{1 + 2 k_p \cdot I_V(z_S) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 6 \cdot I_V(z_S)} \quad (3)$$

Dabei beschreiben die tabellierten Werte k_p (Spitzenbeiwert) und I_V (Turbulenzintensität) die Böigkeit des Windes am Standort des Gebäudes. Die Auswirkungen der Böen werden durch B^2 und R^2 erfasst:

B^2 ist der sogenannte Böengrundanteil, ein quasi-statischer Verhältniswert, in den diejenigen Böen umgerechnet werden, die nicht in Resonanz mit der Eigenfrequenz des Hochhauses auftreten. B^2 hängt vor allem vom Verhältnis der Böengrösse zur Hochhausgrösse ab und es ist immer $B^2 \leq 1$.

R^2 ist der sogenannte Resonanzanteil. Er berücksichtigt die Vergrößerung der Bauwerksreaktion infolge der Resonanz. R^2 ist abhängig von den Abmessungen des Hochhauses, seiner Eigenfrequenz - also seiner Steifigkeit und Masse - sowie von seiner Dämpfung.

Für zwei rechteckige Gebäude mit unterschiedlicher Dämpfung (Stahl: $\delta_s=0,05$ und Beton: $\delta_s=0,10$) aber gleicher Eigenfrequenz zeigt Abbildung 3 aus DIN EN 1991-1-4 die c_{sCd} -Werte. Angezeichnet ist jeweils der Wert für eine Gebäudebreite von 28m und Gebäudehöhe von 87m. Der günstige Einfluss der Dämpfung wird dabei deutlich.

übliche c_{sCd} - Werte für mehrstöckige Gebäude in

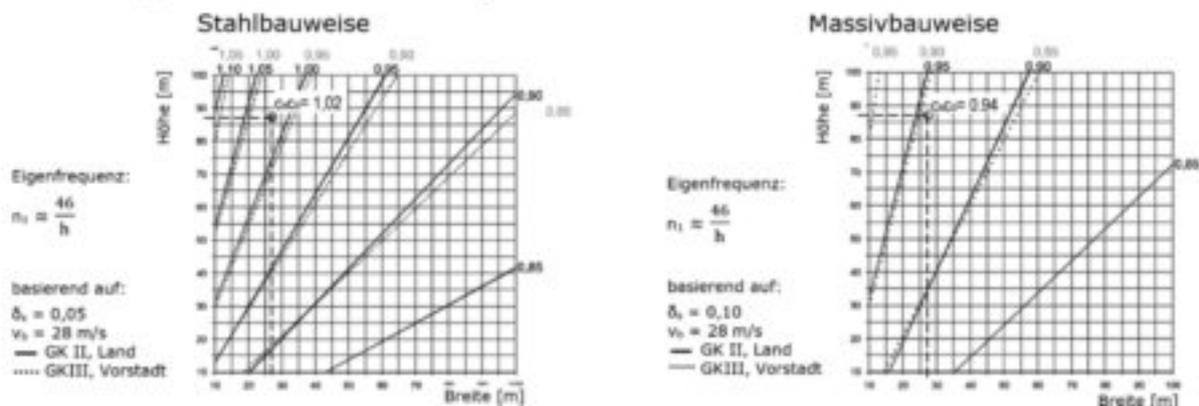


Abbildung 3: c_{sCd} -Werte für mehrstöckige Gebäude in Stahl- und Massivbauweise, DIN EN1991-1-4, Bilder D.1 und D.2 (Anm.: Beide Bauwerke genähert mit gleicher abgeschätzter Eigenfrequenz $n_{1x} \approx 46/h$)

Ist die Ersatzwindlast F_w bekannt, können daraus das Einspannmoment M am Fusspunkt und die Verformung x des Hochhauses in Windrichtung berechnet werden (siehe Kapitel 4.1). Die Berechnung der Beschleunigung beruht ebenfalls auf dem oben dargestellten Windlastmodell. Sie wird in Kapitel 4.4.2 erläutert.

2.1.2. Kräfte, Verformungen und Beschleunigungen quer zur Windrichtung

Auf die Auswirkungen der Schwingen quer zur Windrichtung infolge von Wirbelablösungen (Vortex-Shedding) wird hier nicht eingegangen, da sie für gedrungene Hochhäuser mit weniger als 100m Höhe und vergleichsweise hoher Eigenfrequenz n_{1y} der Querschwingung selten massgebend werden. Querschwingungen müssen untersucht werden, wenn für die mittlere Windgeschwindigkeit v_m gilt: $v_m \geq 1,25 \cdot v_{crit}$. Bei der kritischen Windgeschwindigkeit $v_{crit} = \frac{n_{1y} \cdot b}{St}$ kommt es infolge alternierender Wirbelablösungen zu Querschwingungen. Schlanke Hochhäuser mit niedriger Eigenfrequenz n_{1y} und schmaler Anströmbreite b neigen zu Querschwingungen und sind diesbezüglich zu untersuchen.

2.2. Weitere Horizontallasten

Zu den Horizontallasten aus Wind sind die horizontalen Ersatzlasten zu addieren, die aus den ungewollten Schrägstellungen der Stützen und der aussteifenden Bauteile, wie z.B. eines Hochhauskerns, entstehen.

In Erdbebengebieten sind die horizontalen Ersatzlasten aus Erdbebenwirkung oft grösser als die Einwirkungen aus Wind. Sie sind in diesen Regionen meist bemessungsrelevant.

3. Aussteifungssysteme für Hochhäuser

Die Schnittgrößen aus den Horizontallasten werden durch das Aussteifungssystem des Hochhauses aufgenommen. Je nach verwendetem Material und Hochhaushöhe werden dazu unterschiedliche Systeme eingesetzt. Ein Hochhaus unter quasi-statischer Windlast kann sehr vereinfacht als ein Kragarm unter Gleichlast betrachtet werden. Die verschiedenen Möglichkeiten der Auflösung dieses Kragarms in ein Tragwerk aus Einzelbauteilen liefern die unterschiedlichen Aussteifungssysteme. Abbildung 4 zeigt die gebräuchlichsten Aussteifungssysteme und gibt einen (sehr!) groben Anhaltspunkt zur Anzahl der damit üblicherweise ausgeführten Stockwerke, bei einer Stockwerkshöhe von ca. 4m von OK-Fussboden zu OK-Fussboden. Die Abbildung bezieht sich auf Stahl- oder Stahlbeton-Hochhäuser. Für Bauweisen rein in Holz oder Holz-Hybridkonstruktionen sind diese Systeme ebenfalls sinnvoll, ausgenommen die Rahmenkonstruktionen, deren biegesteife Rahmenecken in Holz nur schwer ausführbar sind.

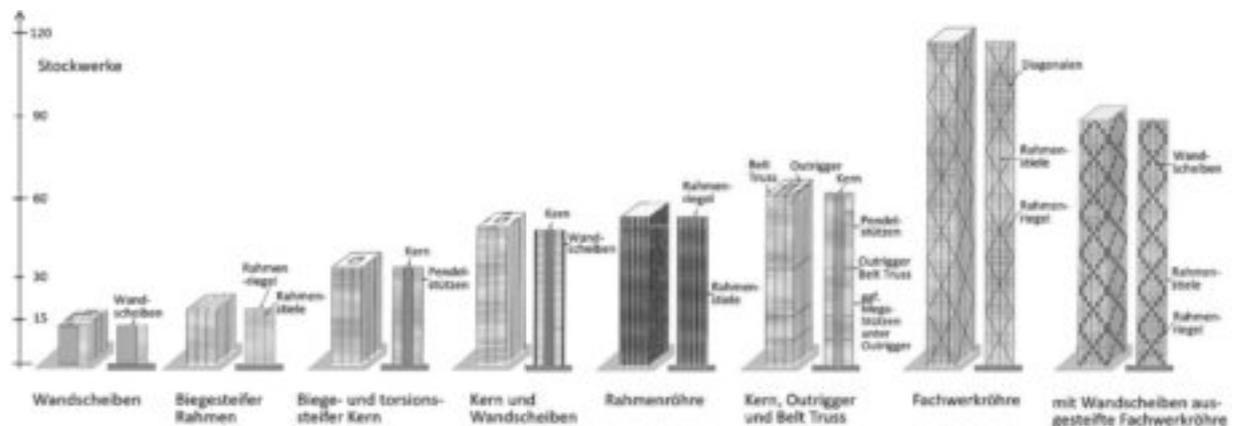


Abbildung 4: Gebräuchliche Aussteifungssysteme für Stahl und Stahlbetongebäude und zugehörige, sehr grobe Höhenangaben nach [2]

Im Holzbau werden Wohngebäude oft mit einer hohen Anzahl an Wandscheiben aussteift. Für Büros mit offenem Grundrissen und Spannweiten ab 8m bietet es sich jedoch an, die Wandscheiben zu einem Kern zusammenzufassen, der das Treppenhaus, die Aufzugs- und Versorgungsschächte und ggf. die Nassräume umschließt. Man erhält so eine biege- und torsionssteife Röhre, die möglichst zentral im Gebäude angeordnet ist. Dieses System erlaubt es, die Stützen als Pendelstützen auszuführen, die über die steife Deckenscheibe mit dem Kern verbunden sind (Abbildung 5 links). Die Ausführung des Kerns in Holz ist zwar prinzipiell denkbar, sinnvoller ist jedoch ein betonierter Kern. Bei gleicher Steifigkeit ist dessen Wandstärke sehr viel geringer, spart damit vermietbare Fläche, ist kostengünstiger und unproblematisch im Brandfall. Die beschriebene Kern-Aussteifung kann zusätzlich durch Wandscheiben verstärkt werden. Diese sind am effizientesten, wenn sie in der Fassadenebene angeordnet werden.

Aussteifungssysteme mit Kern können zusätzlich mit Outriggern verstärkt werden. Outrigger verringern die Kopfverdrehung des Hochhauses, indem sie sich auf die Aussenstützen abstützen. Dadurch werden die Verformungen und Momente im Kern reduziert (Abbildung 5 mitte). Mit einem Belt Truss können die Kräfte aus dem Outrigger zusätzlich auf mehrere Stützen verteilt werden (Abbildung 5 rechts). Outrigger-Konstruktionen laufen quer durchs Gebäude und behindern deshalb die Nutzung. Sie werden deshalb bevorzugt in den Technikgeschossen angeordnet.

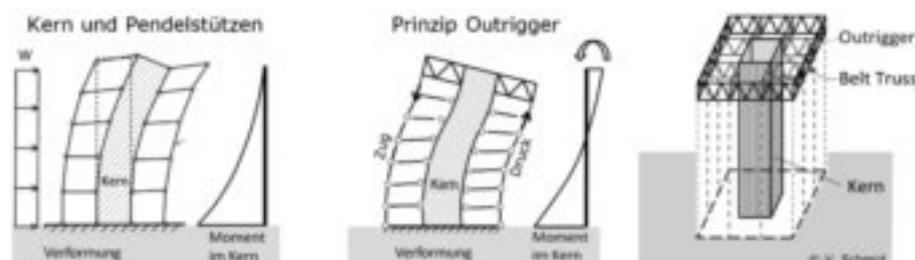


Abbildung 5: Aussteifung mit Kern (links); Kern und Outrigger (mitte); Outrigger und Belt Truss (rechts)

Die effizientesten Aussteifungskonstruktionen bilden in der Fassadenebene angeordnete Fachwerke, die räumlich zu einer Fachwerkrohre zusammengesgeschlossen werden (vgl. Abbildung 4 rechts). Die gleiche Wirkung kann dadurch erreicht werden, dass einzelne Wandscheiben diagonal über die Fassade angeordnet werden. Diese Systeme haben den geringsten Materialaufwand, beeinflussen aber stark die Architektur. Sie sind gut als Holzkonstruktionen ausführbar.

4. Bemessungskriterien für Aussteifungssysteme

4.1. Verformungskriterium

In vielen Ländern wird die maximale Horizontalverschiebung x der Hochhausspitze unter Windlast begrenzt. Eine ähnliche Funktion hat in Deutschland die Einhaltung der Labilitätszahl (Kapitel 4.2.). Einen guten Startwert für die Festlegung der Steifigkeit (= EI_{ers} nach Kapitel 5) von Aussteifungskonstruktionen erhält man, wenn die Verschiebung unter Wind auf $1/500$ der Hochhaushöhe H begrenzt wird.

Die massgebenden Verformungen an der Hochhausspitze werden dazu mit den, um den Faktor c_{sCd} erhöhten, Windlasten quasi-statisch errechnet.

Um den Einfluss dieses Kriteriums auf das Verhältnis von Hochhaushöhe und -steifigkeit zu demonstrieren, wird als grobe Näherung angenommen, dass sich der Winddruck w über die Höhe nicht ändert. Damit erhält man $x \approx \frac{w \cdot H^4}{8 EI} \leq \frac{H}{500}$

Die nach dem Verformungskriterium erforderliche Steifigkeit $\text{erf } EI_{\text{verf}}$ ist demnach in etwa proportional zur dritten Potenz der Höhe:

$$\text{erf } EI_{\text{verf}} \sim H^3 \quad (4)$$

Die mit der Höhe zunehmende Windlast bedeutet aber, dass in den unten aufgeführten Vergleichsrechnungen des Kapitels 6 eine Verdoppelung der Höhe nicht nur ein 8-faches sondern ein ca. 10-faches $\text{erf } EI_{\text{verf}}$ erfordert.

4.2. Labilitätszahl

Aussteifungssysteme tragen Horizontal- und Vertikallasten. Sind sie schlank im Verhältnis zur Höhe des Hochhauses, wie z.B. bei Hochhauskernen, muss untersucht werden, ob die druckbeanspruchte Aussteifung nach Theorie II. Ordnung bemessen werden muss. Dazu dient der Labilitätsnachweis nach DIN EN 1992-1-1, Gl. 5.18:

für elastisch gerechnete Aussteifungen ohne Fundamentverdrehung gilt:

$$F_{V,Ed} \leq 0,62 \cdot \frac{n_s}{n_s + 1,6} \cdot \frac{\sum E_{cd} I_c}{L^2} \quad (5)$$

$F_{V,Ed}$ Drucknormalkraft des gesamten Gebäudes im Gebrauchszustand ($\gamma_F = 1,0$)

L Höhe des Gebäudes oberhalb der Einspannung

$E_{cd} I_c$ Bemessungssteifigkeit der Aussteifung, z.B. Hochhauskern. Für Beton: $E_{cd} = \frac{E_{cm}}{1,2}$
Für andere Werkstoffe kann statt $\sum E_{cd} I_c$ die Ersatzsteifigkeit EI_{ers} nach Kapitel 5 (s.u.) eingesetzt werden

n_s Anzahl der Stockwerke

Ist die o.a. Ungleichung (5) eingehalten, kann auf die aufwändige Berechnung nach Theorie II. Ordnung verzichtet werden.

Verbleibt die Aussteifung unter Eigengewicht und Windlast nicht im elastischen Zustand, sondern ergeben sich z.B. Risse im Beton, müssen die $\sum E_{cd} I_c$ -Werte reduziert werden. So wird im Stahlbetonbau die Steifigkeit $\sum E_{cd} I_c$ bei Rissen im Betonkern vereinfacht auf 50% reduziert. Bei anderen Werkstoffen müssen die zusätzlichen Verformungsanteile wie z.B. Schubverformungen und Verbindungsmittelschlupf über das EI_{ers} nach Kapitel 5 berücksichtigt werden.

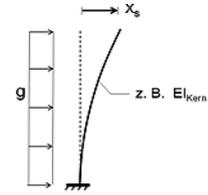
Die nach der Labilitätszahl erforderliche Steifigkeit $\text{erf } EI_{\text{lab}}$ ist demnach in etwa proportional zur Masse m_l [kg] pro Meter Hochhaushöhe und der dritten Potenz der Höhe:

$$\text{erf } EI_{\text{lab}} \sim m_l \cdot H^3 \quad (6)$$

4.3. Überprüfung der Schwingungsanfälligkeit

Die Windbeanspruchungen nicht schwingungsanfälliger Gebäude dürfen vereinfacht nach Abschnitt NA.B.3 der DIN EN 1991-1-4 berechnet werden. Ansonsten muss ein genauer Nachweis nach Anhang B.2 und NA.C geführt werden, unter Berücksichtigung von c_{sCd} (s.o. Gl. (3)). Hochhäuser gelten als nicht schwingungsanfällig, wenn die folgende Ungleichung (7) nach DIN EN 1991-1-4, Gl. NA.C.6 eingehalten ist:

$$\frac{x_s}{h} \leq \frac{\delta}{\left(\sqrt{\frac{h_{ref}}{h} \cdot \frac{h+b}{b}} + 0,125 \sqrt{\frac{h}{h_{ref}}} \right)^2} \quad (7)$$



mit: x_s : Kopfpunktverschiebung in Windrichtung unter Eigenlast g , wobei die Eigenlast g horizontal wirkend angenommen wird, statt vertikal !

b, h : Breite, Höhe (auch H) des Bauwerks in [m]

h_{ref} Referenzhöhe $h_{ref} = 25$ m

δ : logarithmisches Dämpfungsdekrement nach DIN EN 1991-1-4 Anhang F.5. Für Hochhäuser wird die aerodynamische Dämpfung meist vernachlässigt. Ohne zusätzliche Schwingungsdämpfer entspricht δ der Strukturdämpfung δ_s , z.B. nach Tab F.2 im Anhang F.5 der DIN EN1991-1-4 (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

Tabelle F.2 — Näherungswerte für das logarithmische Dämpfungsdekrement δ_s von Bauwerken für die Grundschwingungsform

Bauwerkstyp	Bauwerksdämpfung δ_s	
Gebäude in Stahlbetonbauweise	0,10	
Gebäude in Stahlbauweise	0,05	
Gebäude in gemischter Bauweise (Stahl und Beton)	0,08	
<hr/>		
Verbundbrücken	0,04	
Massivbrücken	vorgespannt ohne Risse	0,04
	mit Rissen	0,10
Holzbrücken	0,06 bis 0,12	

Abbildung 6: Auszug aus Tabelle F.2, DIN EN 1991-1-4, Anhang F: Strukturdämpfung δ_s

Die zur Einhaltung des Schwingungsanfälligkeitskriteriums notwendige Steifigkeit $erf EI_{Schwing}$ ist proportional zur Masse m_l pro Meter, zu H^2 und umgekehrt proportional zur Dämpfung δ :

$$erf EI_{Schwing} \sim \frac{m_l \cdot h^2}{\delta} \quad (8)$$

Ist das Hochhaus schwingungsanfällig, was sehr oft der Fall ist, müssen die Windlasten und Verformungen unter Berücksichtigung des Strukturbeiwertes c_{sCd} berechnet werden. Anders als für die Dämpfung von Holzdecken, die in DIN EN 1995 mit dem modalen Dämpfungsgrad ζ beschrieben wird, benutzt DIN EN 1991-1-4 für Hochhäuser das logarithmische Dämpfungsdekrement δ . Für die hier auftretenden kleinen Dämpfungen gilt in guter Näherung: $\delta = 2\pi \cdot \zeta$.

Die Bestimmung einer wirklichkeitsnahen Dämpfung ist schwierig. Messungen an ausgeführten Bauwerken zeigen eine enorme Streuung und weisen auf eine Abnahme der Dämpfung mit der Bauwerkshöhe hin, bis unter die Dämpfungswerte nach Norm von $\delta = 5\%$ (s. Abbildung 7 aus [3] mit Ergänzung der δ -Werte).

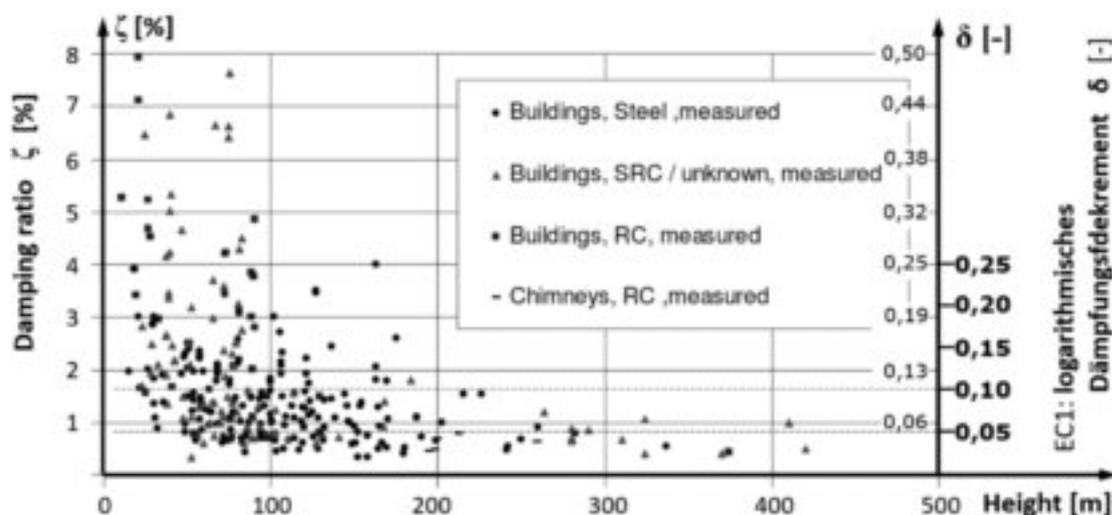


Abbildung 7: Gemessene Dämpfungen von ausgeführten Bauwerken, als ζ und als δ -Werte (EC1) für Stahl, Stahlverbund und Stahlbeton-Hochhäuser. Nach Smith and Wilford 2008 [3]

4.4. Beschleunigungskriterium

4.4.1. Berechnung der zulässigen Beschleunigungen

Ist das Hochhaus schwingungsanfällig, müssen die Windlasten und Verformungen unter Berücksichtigung des Strukturbeiwertes c_{s,c_d} berechnet werden. Ausserdem ist nachzuweisen, dass die horizontalen Beschleunigungen infolge der resonanten Windböen für die Nutzer tolerierbar sind. Dabei ist zu beachten, dass die menschliche Akzeptanz von Beschleunigungswerten unmittelbar von der Frequenz der Schwingung abhängt. Bei Hochhäusern ist das die Eigenfrequenz des Gebäudes. Sehr häufig werden diese Beschleunigungen für die Bemessung des Aussteifungssystems massgebend!

Die Beschleunigungen nach DIN EN 1991-1-4 werden als maximale Beschleunigungen (peak acceleration) errechnet und müssen dementsprechend auch mit den Grenzwerten für Maximalbeschleunigungen verglichen werden. Häufig findet man in der Literatur aber auch Angaben zur Beschleunigung als rms-Werte (root mean square). Diese beschreiben einen Mittelwert über einen bestimmten Zeitraum – genauer: die Wurzel aus den Mittelwerten der Quadrate der Beschleunigungen, damit sich die positiven und negativen Werte aus den wechselnden Bewegungsrichtungen nicht gegenseitig aufheben.

Den prinzipiellen Zusammenhang zwischen akzeptabler Maximalbeschleunigung und Frequenz zeigt Fig. D1 aus ISO 10137 (2007) (Abbildung 8 links) [4], allerdings für eine Wiederkehrperiode des Bemessungswindes von nur einem Jahr. Melbourne und Palmer (1992) schlagen Maximalbeschleunigungen für unterschiedliche Wiederkehrperioden R vor (Abbildung 8 links) [5]. Dass bei langen Wiederkehrperioden grössere Beschleunigungen akzeptiert werden als bei einer Wiederkehrperiode von 5 Jahren, beschreibt Melbourne mit folgender Verhältniszahl:

$$\frac{\text{akzeptierte Beschleunigung bei Wiederkehrperiode von } R \text{ Jahren}}{\text{akzeptierte Beschleunigung bei Wiederkehrperiode von 5 Jahren}} = \left(0,68 + \frac{\ln R}{5}\right) \quad (9)$$

Diese Formel sieht er für die Zeiträume $0,5 < R < 10$ [Jahre] als gesichert an.

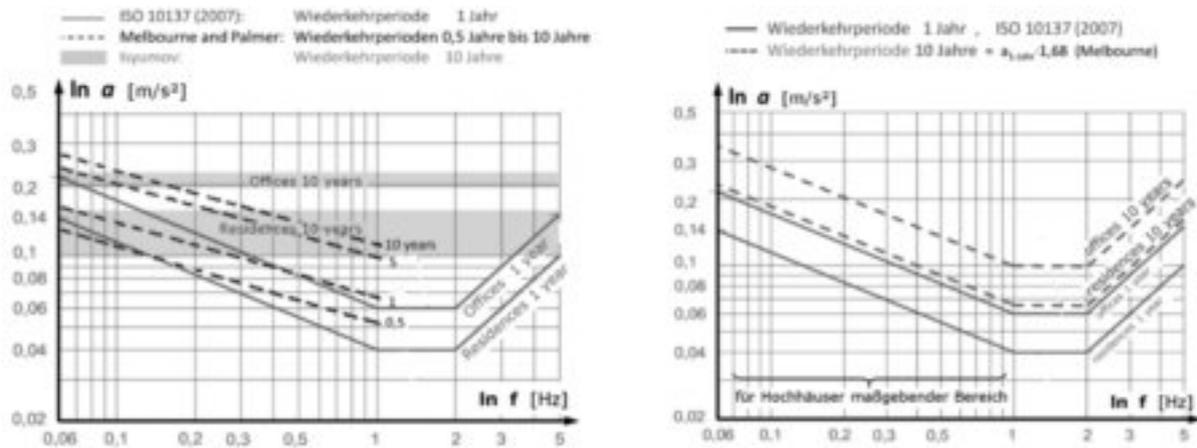


Abbildung 8: links: Akzeptable Horizontalbeschleunigungen a für verschiedene Nutzungen und Wiederkehrperioden in Abhängigkeit von der 1. Eigenfrequenz f ($=n_1$). Dargestellt sind die zulässigen Werte nach ISO10137 (2007), nach Melbourne and Palmer [4] und Isyumov [6] rechts: Akzeptable Horizontalbeschleunigungen nach ISO 10137 (2007) [4] für Wiederkehrperiode von 1 Jahr. Der 10 Jahreswert ist mit Gl. (9) nach Melbourne errechnet.

Melbourne (1998) [6] zitiert Isyumovs Vorschlag, der die akzeptablen Beschleunigungswerte für unterschiedliche Nutzungen und eine 1 jährige sowie 10 jährige Wiederkehrperiode in einer Tabelle zusammenfasst (s. Abbildung 8 links und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Beschleunigungen der Tabelle müssen für den 1-Jahreswind und den 10-Jahreswind eingehalten werden. DIN EN 1991-1-4 bezieht die Bemessungswindgeschwindigkeit allerdings auf den 50-Jahreswind. Die zulässigen 10-Jahres-Werte in Abb. 8 rechts und 9 könnten ggf. also rechnerisch noch etwas erhöht werden, z.B. analog zu Gleichung (9).

Wiederkehrperiode	Wohnen	Büro
10 Jahres-Wind:	0,10 – 0,15 $\frac{m}{sec^2}$	0,20 – 0,25 $\frac{m}{sec^2}$
1 Jahres-Wind	0,05 – 0,07 $\frac{m}{sec^2}$	0,09 – 0,12 $\frac{m}{sec^2}$

Abbildung 9: Vorschlag für zulässige Beschleunigungen für Wohngebäude und Büros nach Isyumov, zitiert in Melbourne (1998)

Neuere Untersuchungen, veranlasst durch den CTBUH [7], kommen zu dem Schluss, dass für die Nutzer die Horizontalbeschleunigungen bei einer Wiederkehrperiode von einem Jahr massgebend sind. Dazu müssen allerdings die maximalen Beschleunigungen für den 1-Jahres Wind berechnet werden, anders als in DIN EN 1991-1-4, deren Werte auf dem 50-Jahreswind beruhen.

4.4.2. Berechnung der Beschleunigung

Die Formel zur Berechnung der maximalen Beschleunigung nach DIN EN 1991-1-4 lautet:

$$\max a_x(z) = k_p \cdot \frac{c_f \cdot \rho \cdot b \cdot I_v(z_s) \cdot v_m^2(z_s)}{m_{l,x}} \cdot R \cdot K_x \cdot \Phi_{l,x}(z) \quad (10)$$

Dabei beschreibt der Term, $k_p \cdot c_f \cdot \rho \cdot b \cdot I_v(z_s) \cdot v_m^2(z_s)$ [N/m] den Maximalwert des zu Schwingungen führenden veränderlichen Böenwinddrucks.

Dabei interessiert nur die Windgeschwindigkeit in den resonanten Böen, die in Resonanz mit der Bauwerkseigenfrequenz $n_{1,x}$ auftreten. Die Beschleunigung des Bauwerks hängt damit indirekt von der Eigenfrequenz des Bauwerks ab. Ausserdem von der Wurzel der Dämpfung δ . Diese Abhängigkeit von δ und $n_{1,x}$ wird durch R [] ausgedrückt.

$m_{l,x}$ [kg/m] ist die äquivalente Masse des Hochhauses pro Meter Hochhaushöhe. Sie darf vereinfacht als Mittelwert der Massenverteilung im oberen Drittel des Hochhauses angenommen werden.

$K_x \cdot \Phi_{l,x}(z)$ [-] beschreibt die Veränderung der Beschleunigungen über die Gebäudehöhe. Damit lassen sich die Beschleunigungen in den verschiedenen Stockwerken berechnen.

Die mit Gl. (10) errechneten Werte müssen kleiner als die zulässigen Beschleunigungen aus Kapitel 4.4.1 sein.

Etwas vereinfacht dargestellt ist die Beschleunigung damit umgekehrt proportional zur Masse pro Meter Hochhaushöhe m_l [kg/m] und der Wurzel der Bauwerksdämpfung. Lamp (2013) leitet aus Messungen eine Formel ab, nach der die Beschleunigung a umgekehrt proportional zur Bauwerkseigenfrequenz n_{1x} und der Masse pro Meter m_l ist [7]. Zusammenfassend ist damit die Beschleunigung a proportional zu $1/(m_l \cdot n_{1x} \cdot \sqrt{\delta})$.

Die Eigenfrequenz eines Hochhauses ist wiederum proportional zu $\sqrt{EI_{ers}/m_l}$. Eingesetzt ergibt sich die Proportionalität nach Gleichung (11), mit deren Hilfe der entwerfende Tragwerksplaner die Einflüsse der Gebäudemasse pro Meter m_l [kg/m], der Ersatzbiegesteifigkeit des Gebäudes EI_{ers} (s. Kapitel 5) und der Dämpfung δ auf die Beschleunigungen a grob abschätzen kann:

$$a \sim \frac{1}{\sqrt{m_l \cdot \sqrt{EI_{ers}} \cdot \sqrt{\delta}}} \quad (11)$$

Aus Gl. (11) folgt, dass bei einer Halbierung der Gebäudemasse die Beschleunigungen um etwa $\sqrt{2}$ zunehmen. Muss umgekehrt im Tragwerksentwurf die Beschleunigung halbiert werden, können entweder die Steifigkeit oder die Masse vervierfacht werden, oder beide werden gleichzeitig verdoppelt.

Reicht die Strukturdämpfung δ_s des Gebäudes (i.d.R. zwischen 0,05 und 0,1) nicht aus, müssen ggf. zusätzliche Schwingungstilger angeordnet werden. Deren Dämpfung δ_d darf zu δ_s addiert werden, so dass $\delta = \delta_s + \delta_d$. Durch zusätzlich Dämpfer kann die Gesamtdämpfung δ durchaus verdoppelt oder verdreifacht werden. Dadurch reduziert sich die Beschleunigung um ca. 30% bis 40% [9].

Die laut Norm zusätzlich ansetzbare aerodynamische Dämpfung ist bei Hochhäusern i.d.R. vernachlässigbar klein.

5. Ersatzsteifigkeit EI_{ers}

Die oben vorgestellte (Vor-)Bemessung der Aussteifungssysteme beruht auf deren Ersatzbiegesteifigkeit EI_{ers} [MNm²]. Die Ersatzbiegesteifigkeit berücksichtigt sowohl die Biegeverformungen als auch die Schubverformungen des Aussteifungssystems. Ebenso berücksichtigt EI_{ers} die Auswirkungen von Wandöffnungen und den Schlupf der Verbindungsmittel. Abbildung 10 zeigt diese Einflüsse auf EI_{ers} anhand eines Hochhauskerns, der als vertikaler, perforierter Hohlkasten idealisiert wird.

EI_{ers} kann bestimmt werden, indem das Aussteifungssystem, z.B. ein Kern, in der FE-Rechnung inklusive der Verbindungssteifigkeiten und der Schubsteifigkeit modelliert wird. Entlang des Hochhauses wird dann die Einheitsgleichlast $\bar{1}$ [MN/m] aufgebracht und die zugehörige Gesamtverschiebung $x_{ers,\bar{1}}$ [m] errechnet.

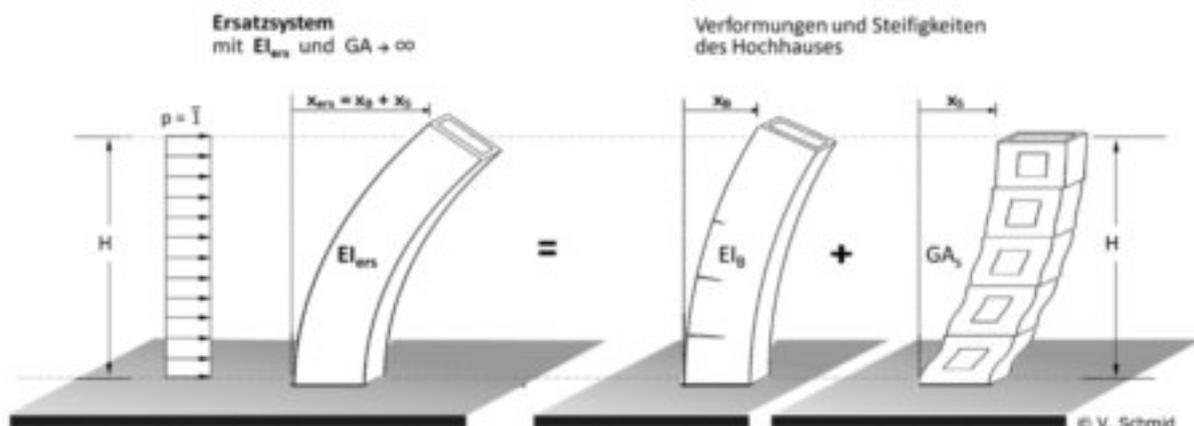


Abbildung 10: Ersatzbiegesteifigkeit EI_{ers} und Verformung x_{ers} , errechnet aus der Biegeverformung x_b und der Schubverformung x_s , beide ermittelt unter Berücksichtigung von Fugenöffnungen, Schlupf und Rissbildung

EI_{ers} [MNm²] ergibt ist damit zu:

$$EI_{\text{ers}} = \frac{\bar{I} \cdot H^4}{8 \cdot x_{\text{ers},\bar{I}}} \quad (12)$$

Damit lassen sich die in Kapitel 4 geforderten Nachweise durchführen.

Der Einfluss von Wandöffnungen, wie z.B. Türen, auf die Steifigkeit EI_{ers} einer einzelnen, rissfreien Betonwandscheibe, kann näherungsweise mit dem Verfahren von König und Liphardt [10] abgeschätzt werden (Beton-Kalender 2003).

Im Beispiel (Abb. 11) hat die 6,00m lange, 26,60m hohe und 25cm breite, durchgehende Stahlbetonwand die Biegesteifigkeit $E_c \cdot I = E_c \cdot 4,5\text{m}^4$. Mit den Öffnungen ergibt sich eine Ersatzbiegesteifigkeit von $E_c \cdot I_{\text{ers}} = E_c \cdot 3,78\text{m}^4$. Die Steifigkeit der 25cm dicken, perforierten Wand entspricht demnach einer durchgehenden, unperforierten Wand mit der Ersatzwandstärke $d_{\text{ers}} = \frac{I_{\text{ers}}}{I} \cdot d = 21 \text{ cm}$.

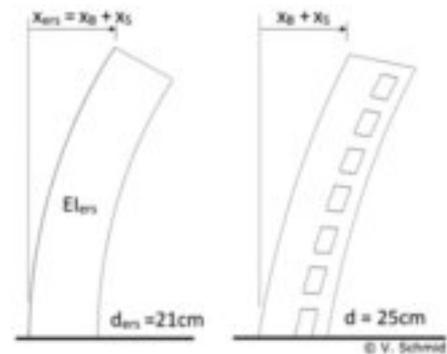


Abbildung 11: Ersatzwanddicke d_{ers} für eine Stahlbetonwand

6. Aussteifungen für Hochhäuser in Holz, Beton und Holzhybrid-Bauweise

6.1. Vergleich der Materialsteifigkeiten am Beispiel einer Wand

Die Materialwahl für die Aussteifung wird von der Materialfestigkeit und vor allem von der Materialsteifigkeit bestimmt. Im Folgenden werden dazu Brettspertholz- und Betonwandscheiben verglichen sowie Wandscheiben aus Holzfachwerken. Die Scheiben werden mit Elastizitäts- und Schubmodul modelliert, sowie für die Holzscheiben zusätzlich die Verbindungen zwischen den BSH-Wänden in jedem Stockwerk. Die Verbindungsmittel sind so ausgelegt, dass sie 75% der Tragfähigkeit der Holzplatte aufnehmen können. Verglichen werden die Ersatzsteifigkeiten EI_{ers} der BSP-Wand und der Betonwand. Die Wände sind jeweils 8m lang und 40m bzw. 80m hoch. Die zugehörigen Wanddicken betragen $d=120\text{mm}$ und $d=480\text{mm}$. Diese Konfiguration wird für dieses Beispiel, anders als in der Praxis, über die Höhe H konstant gehalten. Als vergleichsweise willkürliche Last werden $p=5,5 \text{ kN/m}$ als Gleichlast über die Wandhöhe aufgebracht und die zugehörige Verschiebungen x_p errechnet. Vereinfachend werden keine Vertikalkräfte auf die Wand angesetzt.

Allgemein ergibt sich für einen Kragarm unter einer gegebenen Gleichstreckenlast p und der daraus resultierende Verformung x_p eine Ersatzsteifigkeit EI_{ers} zu:

$$EI_{\text{ers}} = \frac{p \cdot H^4}{8 \cdot x_p} \quad (13)$$

Abbildung 12 fasst die Ergebnisse zusammen: Die Verformungen setzen sich aus den Biege- und den Schubverformungen zusammen, wobei der Schubverformungsanteil bei Holz prozentual grösser ist als bei Betonkonstruktionen. Da der Schubverformungsanteil mit zunehmender Höhe geringer wird, verringert sich auch mit zunehmender Höhe das Verhältnis der Ersatz-Betonsteifigkeiten $EI_{\text{ers,Beton}}$ zur Ersatz-Holzsteifigkeit $EI_{\text{ers,BSP}}$. Im Beispiel aus Abbildung 12 ist die Betonwand mit 40m Höhe 4,9 mal steifer als die Holzwand. Bei 80m Wandhöhe beträgt das Verhältnis nur noch 4,4.

Das bedeutet, dass eine Aussteifungskonstruktion aus Brettspertholz die 4,9 bis 4,4 fache Materialmenge (in m^3) einer Betonkonstruktion erfordert, um die gleiche Ersatzsteifigkeit EI_{ers} zu erreichen.

Der Vergleich zwischen einer BSP-Wand und einem Holzfachwerk mit jeweils gleicher Ersatzsteifigkeit zeigt, dass ein Holzfachwerk nur ca. 50% der Holzmenge einer BSP-Wand benötigt (Abbildung 12).

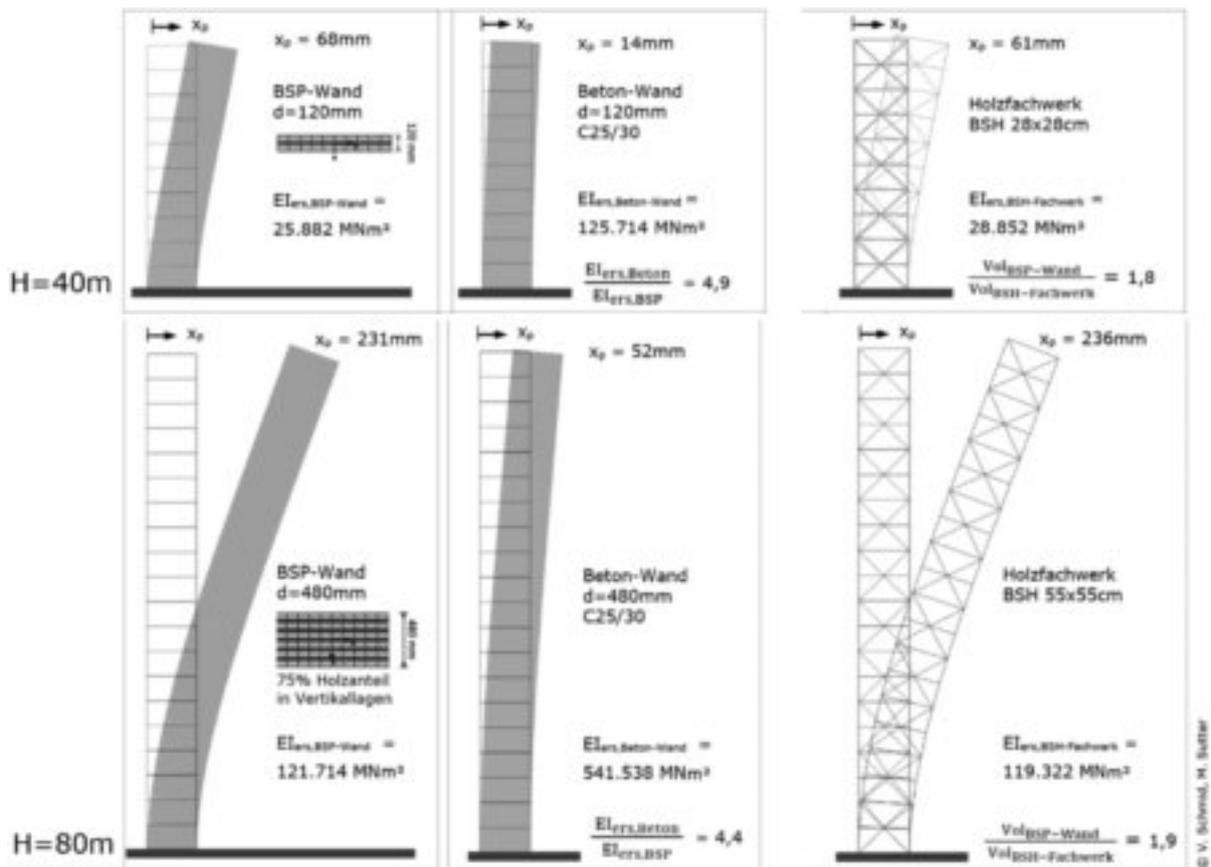


Abbildung 12: Ersatzbiegesteifigkeit EI_{ers} [MNm²] und Verformung x_p , für BSP- und Betonwände gleicher Dicke und BSH-Fachwerk. Wandbreite 8 m, Wandhöhe $H=40$ m und $H=80$ m

6.2. Einfluss von Masse und Dämpfung auf die erforderliche Ersatzsteifigkeit EI_{ers} der Aussteifungskonstruktion

Im Folgenden wird untersucht, wie sich die Kriterien aus Kapitel 4 auf die erforderliche Ersatzsteifigkeit $erf EI_{ers}$ der Aussteifungskonstruktionen von Hochhäusern auswirken. Die gewählten Hochhäuser haben einen quadratischen Grundriss mit 32m Seitenlänge und Höhen von 40m, 80m, 120m, 160m und 200m. Damit ergeben sich typische Bürohochhäuser mit einem ca. 16mx16m grossen Kern in der Mitte und 8m frei zwischen Kern und der Fassade spannenden Decken. Vereinfachend werden die Kernabmessungen und die Masse pro Meter über die jeweilige Gebäudehöhe konstant angenommen.

Es werden Hochhäuser in Beton-, Holzhybrid- und Holzbauweise untersucht. Entscheidend für die folgende Betrachtung sind die unterschiedlichen Massen der Konstruktionsarten. Sie werden als Masse pro umbauten Volumen m_0 angegeben und grob vereinfacht mit $m_0=450\text{kg/m}^3$ für Beton, 300kg/m^3 für Holzhybrid und 230kg/m^3 für ein Holzhochhaus angesetzt. Zusätzlich wird der Einfluss der Dämpfung untersucht, mit den logarithmischen Dämpfungen von $\delta=0,05$ und $\delta=0,10$.

6.2.1. Erforderliche Ersatzbiegesteifigkeit für das Verformungskriterium

Die Auswertung in Abbildung 13 a) zeigt zunächst die erforderliche Ersatzbiegesteifigkeit $erf EI_{ers, \text{Wind, stat.}}$ zur Verformungskontrolle ($H/500$) unter „statischer“ Windlast (Kap. 4.1). Diese ist für nichtschwingungsanfällige Konstruktionen relevant und wird nach DIN EN 1991-1-4 mit dem 50-Jahreswind berechnet. Sie ist für nichtschwingungsanfällige Hochhäuser mit gleicher Höhe identisch, ebenso wie die zugehörige Steifigkeit $EI_{ers, \text{Wind, stat.}}$. Anders die Steifigkeiten $erf EI_{ers, \text{Wind, dyn}}$ für die üblicherweise schwingungsanfälligen Hochhäuser: Deren Steifigkeiten müssen iterativ ermittelt werden, da die Hochhaussteifigkeit die Eigenfrequenz mitbestimmt und damit auch die dynamisch überhöhte, $c_s c_d$ -fache Ersatzwindlast F_W . Diese ist aber wiederum der Grund für die Verformungen.

Die dynamische Windlast hängt u.a. von der ersten Eigenfrequenz n_1 des Gebäudes und seiner Dämpfung δ ab. n_1 wird von der Höhe H bestimmt sowie von der Masse pro Meter Hochhaushöhe m_l [kg/m] und der Steifigkeit EI_{ers} :

$$n_1 = \frac{1}{\pi \cdot H^2} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot EI_{ers}}{m_l}} \quad (14)$$

Damit ergeben sich die Eigenfrequenzen aus Abbildung 13b) und in der Folge die Ersatzsteifigkeiten nach Abbildung 13a). Die schweren Betonhochhäuser haben die geringste Eigenfrequenz n_1 und benötigen die höchsten Ersatzsteifigkeiten $erf EI_{ers, Wind, dyn}$ zur Erfüllung des Verformungskriteriums $H/500$. Grund ist die grössere dynamische Windlast für Gebäude mit niedriger Eigenfrequenz: Die Böenwindgeschwindigkeit der mit n_1 resonanten Böen nimmt mit geringer werdender Böenfrequenz zu. Deshalb erfahren schwere Gebäude höhere dynamische Windlasten als leichte Gebäude. Um das Verformungskriterium $H/500$ zu erfüllen, benötigen sie deshalb geringfügig höhere Ersatzbiegesteifigkeiten $erf EI_{ers, Wind, dyn}$ als die leichteren Holzgebäude.

Am wichtigsten für $erf EI_{ers, Wind, dyn}$ ist die Dämpfung. Mit zunehmender Dämpfung reduziert sich der Vergrößerungsfaktor c_d für die resonanten Böen und damit die Ersatzwindlast F_w . Die erforderliche Ersatzbiegesteifigkeit nimmt deshalb mit grösser werdender Dämpfung ab. Die notwendige Ersatzbiegesteifigkeit reduziert sich dadurch und in der Folge verringert sich die Eigenfrequenz n_1 .

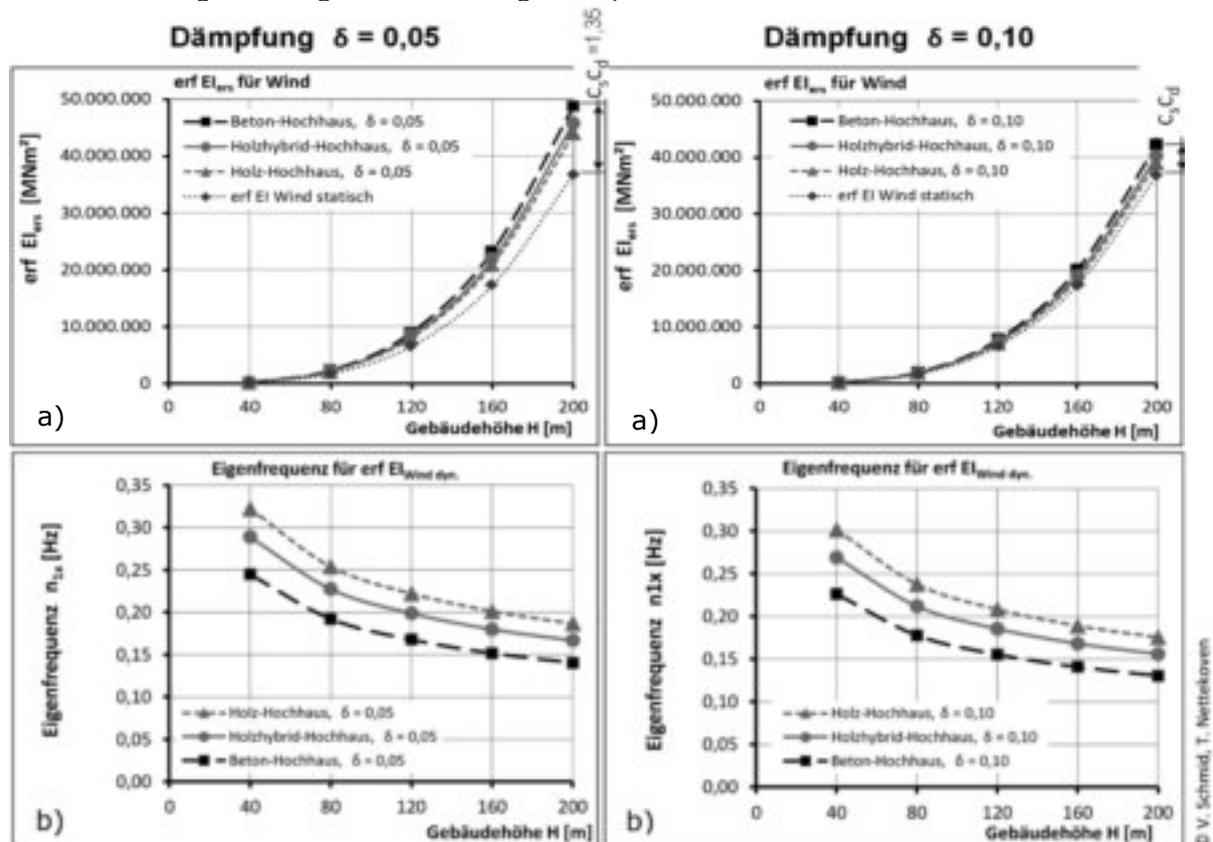


Abbildung 13: a) Erforderliche Ersatzbiegesteifigkeit $erf EI_{ers, Wind}$ [MNm²] zur Einhaltung der zul. Auslenkung $H/500$ unter statischer Windlast und dynamisch vergrößerter, $c_s c_d$ -facher Windlast
b) Eigenfrequenzen n_1 [Hz] der Gebäude, gerechnet mit der Steifigkeit $erf EI_{ers, Wind, dyn}$ der Aussteifungskonstruktion aus dem Verformungskriterium für dynamische Windlasten

6.2.2. Beschleunigungen

Mit der Ersatzbiegesteifigkeit $erf EI_{ers, Wind, dyn}$ aus dem $H/500$ -Kriterium sowie der Masse und Dämpfung wird mit Gl. (10) die Beschleunigung a an der Hochhausspitze errechnet (Abbildung 14). Je leichter und höher das Gebäude und je geringer die Dämpfung, desto grösser sind die Beschleunigungen. Diese sind für die Nutzer besonders unangenehm. Massgebend für den Entwurf und die Bemessung der Aussteifungskonstruktion hoher, schwingungsanfälliger Gebäude ist deshalb das Beschleunigungskriterium.

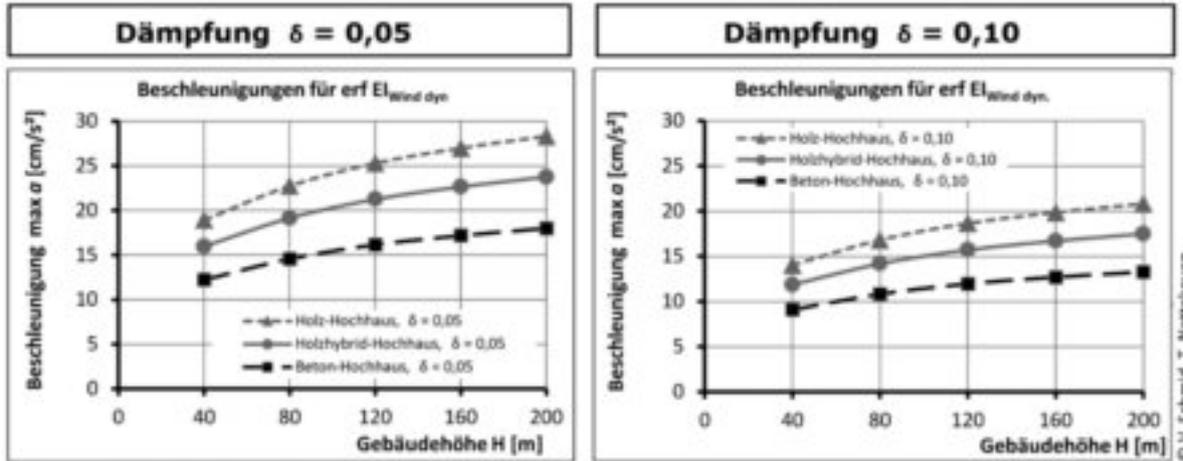


Abbildung 14: Beschleunigungen a [cm/s^2] für unterschiedliche Materialien, Hochhaushöhen, Dämpfungen und Ersatzbiegesteifigkeiten. Die Ersatzbiegesteifigkeiten $EI_{\text{ers,Wind,dyn}}$ aus Abbildung 13 erfüllen das Verformungskriterium $H/500$ für den 50-Jahreswind auf schwingungsanfällige Gebäude

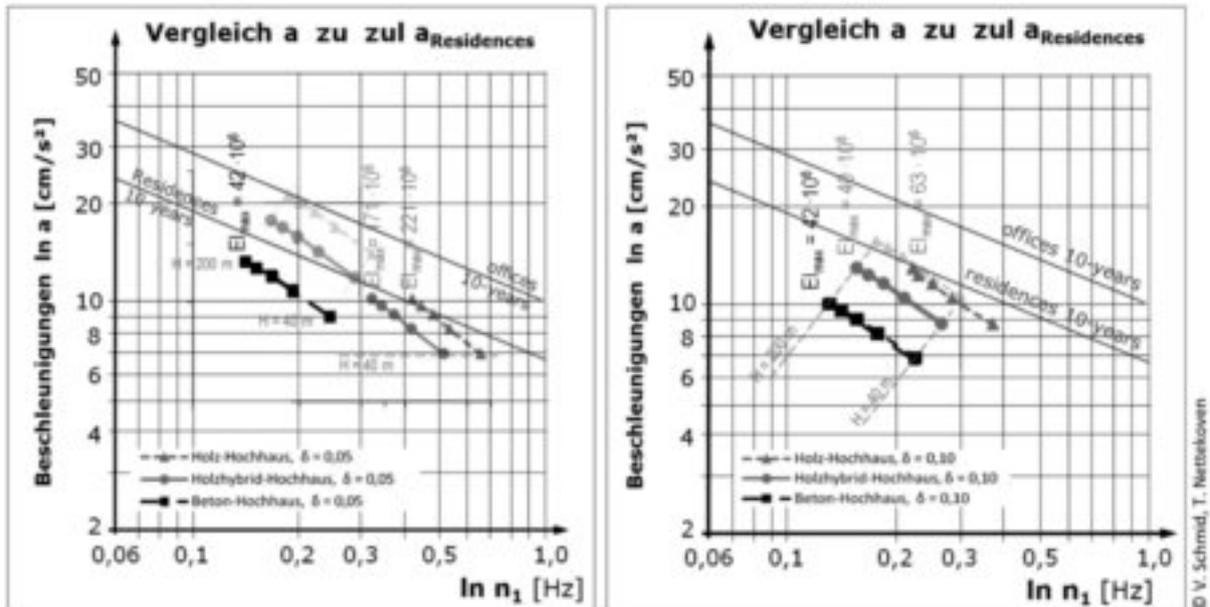


Abbildung 15: Vergleich der vorh. Beschleunigungen (Abbildung 14) mit den frequenzabhängigen, zulässigen Beschleunigungen für Wohnungen. Darstellung der Beschleunigung über der Frequenz. Grau: Beschleunigungswerte und Frequenzen für $EI_{\text{Wind,dyn}}$ vor Anpassung an $z_{ul} a_{\text{Residen.}}$. 10-Jahreswind

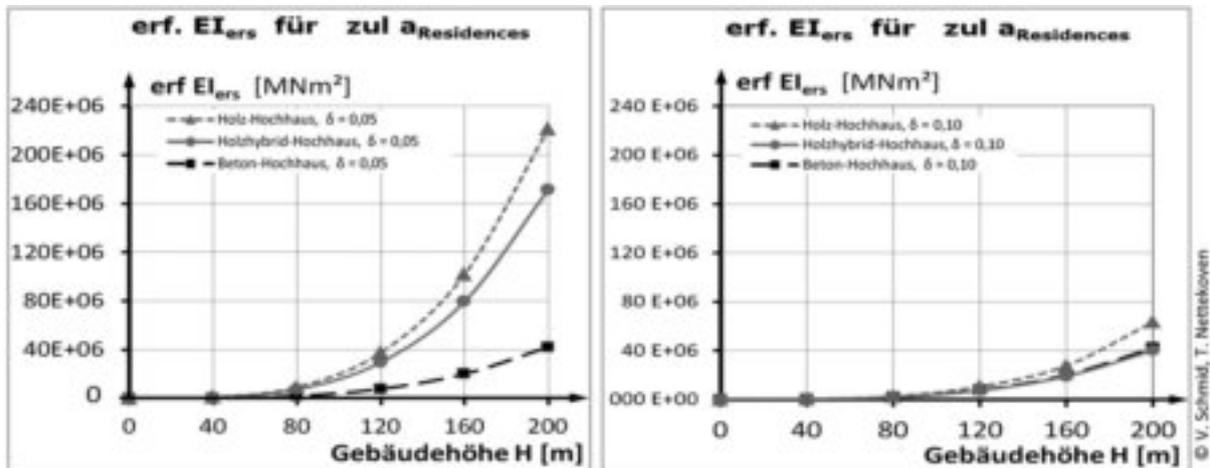


Abbildung 16: Erforderliche horizontale Ersatzsteifigkeiten EI_{ers} zur Erfüllung des Beschleunigungskriteriums für Wohnungen, abhängig von Material, Höhe und Dämpfung des Hochhauses. 10-Jahreswind

Die zulässigen Beschleunigungen sind in Abbildung 8 rechts in Abhängigkeit von der Frequenz, der Nutzung und dem Betrachtungszeitraum festgelegt. Für die weiteren Betrachtungen werden die Beschleunigung vom 50- auf den 10-Jahreswind umgerechnet.

6.2.3. Erforderliche Ersatzbiegesteifigkeit für das Beschleunigungskriterium

Abbildung 15 vergleicht die vorhandenen Beschleunigungen mit den zulässigen Werten aus Abbildung 8 rechts. Im Beispiel halten alle Hochhaustypen die zulässigen Beschleunigungen für Bürogebäude ein. Sie werden aber im Wohnungsbereich, vor allem bei der geringen Dämpfung von 5%, von den Holz- und Holzhybridkonstruktionen überschritten. Die Beschleunigungswerte dieser Hochhäuser sind in der Abbildung ausgeraut.

Im Beispiel sind die Gebäudehöhe, die Materialität und die Dämpfung der Hochhäuser festgelegt. Damit können die Beschleunigungen nur durch eine Vergrößerung der Ersatzbiegesteifigkeit der Aussteifung reduziert werden, z.B. durch grössere Hochhauskerne und dickere Kernwände. Die farbigen Punkte in Abbildung 15 zeigen die Beschleunigungen und Frequenzen für die angepassten, erhöhten Ersatzbiegesteifigkeiten. Es wird deutlich, dass eine Steifigkeitserhöhung zwar die Beschleunigung reduziert, gleichzeitig aber auch die Frequenz erhöht, was die zulässigen Beschleunigungswerte nach ISO 10137 (2007) reduziert. In der Abbildung sind zusätzlich die Zahlenwerte für die maximal erforderlichen EI_{ers} der 200m hohen Wohnhochhäuser eingetragen. Sie werden bei der geringen Dämpfung $\delta=0,05$ besonders hoch.

Abbildung 16 zeigt die erforderlichen Ersatzbiegesteifigkeiten EI_{ers} der Aussteifungskonstruktionen für unterschiedlich hohe Wohnhochhäuser (Bürogebäude müssen hier nicht angepasst werden). Die Auswertung zeigt die bereits in Gl. (11) beschriebene Abhängigkeit der Beschleunigung von der Steifigkeit, Masse und Dämpfung. Im Beispiel hat das Holzhochhaus die halbe Masse eines Betonhochhauses: Die Aussteifung des Holz-Wohnhochhauses müsste demnach bei 5% Dämpfung ca. 5,5 mal steifer als das Betonwohnhochhaus ausgeführt werden, bei 10% Dämpfung allerdings nur ca. 1,5 mal steifer.

6.2.4. Abmessungen des Kerns zur Erfüllung von erf EI_{ers}

Für den Bau der Aussteifungskonstruktion ist zu berücksichtigen, dass die Steifigkeit einer BSP-Wand nur ca. 1/4,5 einer gleich breiten Betonwand entspricht (Kapitel 6.1). Bei 5% Dämpfung benötigt dann die Kernaussteifung eines Wohnhochhauses aus Holz fast die $5,5 \times 4,5 \approx 25$ -fache Menge an Holz, verglichen mit der Betonmenge im Betonhochhaus. Bei optimistischen 10% Dämpfung reduziert sich dieser Faktor auf weniger als 7. Für unterschiedliche Gebäudehöhen vergleicht Abbildung 17 die Abmessungen der Holz- und Betonkerne eines Holz-, bzw. Betonhochhauses mit 32m x 32m Grundfläche. Die Ersatz-Wanddicken unterscheiden sich deutlich zwischen Holz- und Betonhochhaus.

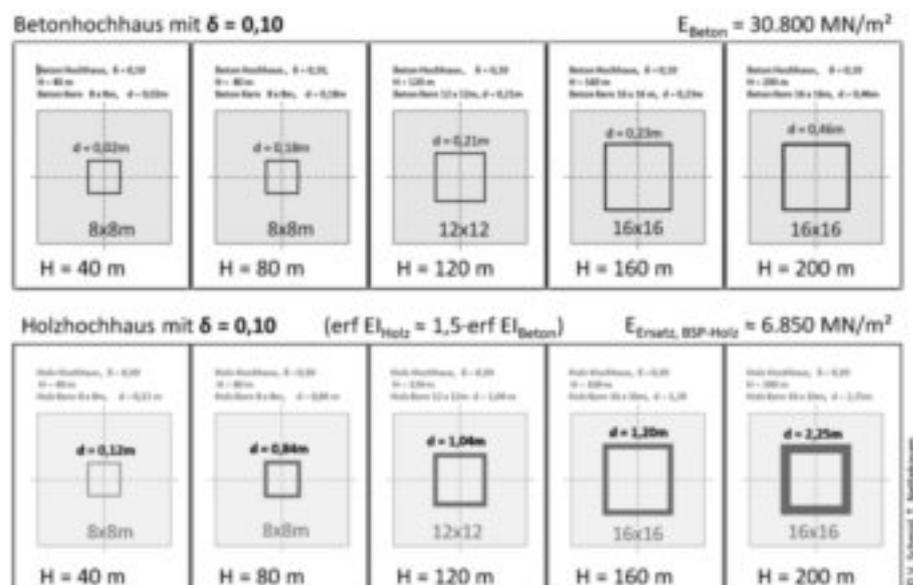


Abbildung 17: Erforderliche Kern-Abmessungen für Beton- und Holz-Wohnhochhäuser mit vorh $a \leq a_{\text{Residences}}$

Die Beton- und Holzhybrid-Hochhäuser werden mit einem Betonkern aussteift, während für den Kern des Holzhochhauses Brettsperrholz verwendet wird. In Abbildung 17 wird als Dämpfung $\delta=0,10$ angesetzt. In der vorliegenden Betrachtung wird vereinfacht vom Ebenbleiben der Kernquerschnitte ausgegangen, ohne Berücksichtigung des ungünstigen shear-lag Effekts.

Auch berücksichtigen die angegebenen Ersatz-Wanddicken noch nicht die notwendigen Öffnungen im Kern für Türen und Versorgungsleitungen. Die endgültige Kernwanddicken sind dementsprechend noch grösser (vgl. Abbildung 11).

Das Beispiel eines 160m hohen Wohnhochhauses, das rechnerisch nur durch Wind beansprucht wird, ergibt für die drei Bauweisen folgenden Ersatzwanddicken für den Kern: $d=23\text{cm}$ für die Betonlösung, 41cm für das Holzhybrid-Hochhaus mit HBV-Decken und Betonkern und 120cm für das reine Holzhochhaus.

Dieser vereinfachte, plakative Vergleich macht deutlich, dass für (symmetrische) Holzhybrid-Wohnhochhäuser (mit mittigem Kern) bis ca. 160m eine Kernaussteifung sinnvoll ist. Für Wohnhochhäuser aus Holz muss jedoch das Aussteifungssystem gewechselt werden. Schon die Verlegung der Aussteifung von der Kern- in die Fassadenebene reduziert dabei die rechnerische Ersatzwanddicke des Holzhochhauses von 120cm auf 15cm .

7. Aussteifungen für Holzhochhäuser

Im Holzhochhausbau hat Holz den Nachteil der geringen Masse, der geringen Längssteifigkeit und der noch geringeren Schubsteifigkeit. Aussteifungskonstruktionen für Holzwohngebäude müssen deshalb schon in geringen Höhen von der Kernaussteifung zu anderen Aussteifungssystemen wechseln.

Eine erste Orientierung für das Holzhochhaus-Design bieten beispielsweise die Aussteifungssysteme für hohe Beton- oder Stahlhochhäuser (vgl. Abbildung 4). So lassen sich die Biegemomente und Verformungen im Hochhauskern z.B. mit Outriggern wirksam verringern (Abbildung 5). Diese werden wegen der geringen Biegesteifigkeit des Holzkerns und damit der grossen Kopfverdrehung schon bei den geringeren Höhen des Holzhochhauses wirksam.

Sehr effizient sind Aussteifungen in der Fassadenebene, die zu einer räumlich wirksamen Röhre zusammengefasst werden. Wegen der notwendigen Fassadenöffnungen bieten sich dazu Fachwerkssysteme an (Abbildung 18). Diese können stabförmig durch Holzstäbe gebildet werden oder indirekt durch die fachwerkartige Anordnung der geschlossenen Wandbereiche wie in Abbildung 4 rechts.

Üblich und in Holzbauweise auch möglich sind Aussteifungskombinationen, wie z.B. ein Kern im Verbund mit Wandscheiben oder die Kombination aus Kern und Fachwerkrohre zum tube-in-tube System.

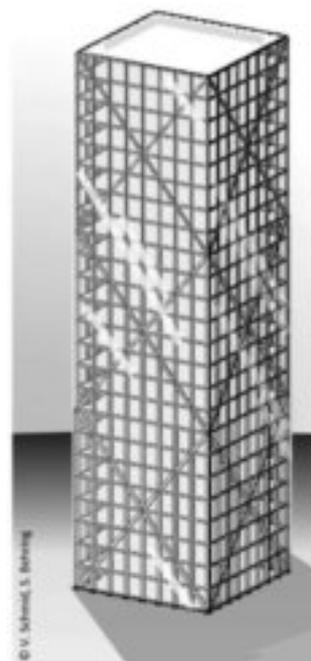


Abbildung 18:
Aussteifung mit Fachwerk-
rohre in der Fassadenebene

8. Zusammenfassung

Der Entwurf und die Berechnung der Aussteifung für Hochhäuser werden i.d.R. vom Verformungskriterium und dem meist massgebenden Beschleunigungskriterium bestimmt.

Es ist sinnvoll den Tragwerksentwurf mit dem Verformungskriterium $x \leq H/500$ unter Windlast zu starten. Schon aus dem Verformungskriterium ergibt sich, dass die Steifigkeit der Aussteifung mit der dritten Potenz der Höhe zunehmen muss.

Zur Berechnung der Beschleunigung kann die Ersatzbiegesteifigkeit EI_{ers} der Hochhausaussteifung verwendet werden. Sie muss die auftretenden Biege- und Schubverformungen, die Riss- oder Fugenöffnungen, den Schlupf in den Fugen und die Verzerrungen in Öffnungsbereichen berücksichtigen.

Meist ist das Beschleunigungskriterium bemessungsrelevant. Die Beschleunigung a ist dabei umgekehrt proportional zur Wurzel aus Masse, Steifigkeit und Dämpfung:

$$a \sim \frac{1}{\sqrt{m_l} \cdot \sqrt{EI_{ers}} \cdot \sqrt{\delta}}$$

Wegen der geringen Masse von Holzhochhäusern muss deren Aussteifungskonstruktion in Abhängigkeit von der Nutzungsart und Dämpfung i.d.R. steifer sein als die eines gleich hohen Betonhochhauses. Zusätzlich sind die Steifigkeiten von BSP ca. 4 bis 5 mal geringer als die einer Betonwand. Für die Aussteifung eines reinen Holzbaus werden deshalb schon bei geringen Höhen Alternativen zur Kernaussteifung sinnvoll, wie z.B. Fachwerke in der Fassadenebene.

Holzhybridkonstruktionen mit HBV-Decken und Betonkern sind schwerer als reine Holzkonstruktionen. Sie erfahren deshalb geringere Beschleunigungen. Die einfache Aussteifung mit einem Betonkern ist deshalb für Holzhybrid-Hochhäuser bis ca. 160m Höhe und mehr auch für die Wohnnutzung mit vernünftigen Wanddicken realisierbar. Gleichzeitig können die günstigen Eigenschaften des Betons bzgl. Brandschutz, Schallschutz und Kosten ausgenutzt werden. Holz kann seine Vorteile vor allem in den HBV-Decken aber auch den Stützen und im Fassadenbereich ausspielen.

Der Tragwerksentwurf von Holz- oder Holzhybridhochhäusern wird entscheidend von den Windlasten beeinflusst. Die frühe Mitwirkung eines Windspezialisten und ggf. Windtunneltests sind deshalb unbedingt zu empfehlen. Da der Tragwerksentwurf einen ganz erheblichen Einfluss auf die Architektur des Hochhauses hat, ist es unabdingbar, dass Architekt und Ingenieur schon beim Vorentwurf eng zusammenarbeiten.

9. Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 1991-1-4 Allgemeine Einwirkungen - Windlasten. (2010). Beuth Verlag GmbH.
- [2] Sarkisan, M.: Designing Tall Buildings. 2. Edition. New York, London, Routledge 2016
- [3] Smith, R.; Wilford, M.: Damping in tall buildings - uncertainties and solutions. I-ABSE Conference Chicago, IABSE 2008,
- [4] ISO 10137:2007: Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations.
- [5] Melbourne W.H and Palmer T.R. Accelerations and comfort criteria for buildings undergoing complex motions. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1992
- [6] Melbourne, W.H.: Comfort Criteria for Wind-Induced Motion in Structures. Structural Engineering International 1/98, IABSE 1998
- [7] Lamp, S.: A longitudinal field study of the effects of wind-induced building motion on occupant wellbeing and work performance. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, S 39-51, Elsevier 2014
- [8] Ferrareto, A.J.: Wind-induced motion on tall buildings: A comfort criteria overview. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. Elsevier 2015
- [9] Burton, M.D.; Kwok, K.C.S.; Abdelrazaq, A.: Wind-Induced Motion of Tall Buildings: Designing for Occupant Comfort, International Journal of High-Rise Buildings, CTBUH 2015
- [10] König, G.; Liphardt, S.: Hochhäuser aus Stahlbeton. Beton-Kalender 2003, S. 3-69, Ernst&Sohn, Berlin 2003

Block D2

**Die Holzfassade:
Konstruktiv – Funktional – Gestalterisch**

Planung und Konstruktion von Holzfassaden

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



Planung und Konstruktion von Holzfassaden

1. Einleitung

Die Planung und Ausführung von Fassaden bedarf einer grossen Sorgfalt. Das Zusammenspiel der verschiedenen Materialien muss bei der Planung berücksichtigt werden. Dies gilt nicht nur für spektakuläre Systeme aus Glas und Stahl, sondern ebenso für die vermeintlich einfachen Fassaden in Holzbauweise.

Immer umfangreichere Anforderungen aus Gesetzen, Normen, Richtlinien sind zu berücksichtigen. Um so wichtiger ist es, dass die Planer auf standardisierte und abgestimmte Lösungen zurückgreifen können.

Bereits vor mehr als 20 Jahren wurden nichttragende Aussenwände in Holztafelbauweise in Verbindung mit Stahlbetonbauwerken eingesetzt. In der Regel handelte es sich dabei um mehrgeschossige, hochenergieeffiziente Wohngebäude, die meist auch den Passivhausstandard erfüllten.

In den letzten Jahren hat sich diese Bauweise kontinuierlich weiterentwickelt und wird in der Literatur als Hybridbauweise mit Holzaussenwänden bzw. mit Fassadenelementen in Holztafelbauweise bezeichnet.

2. Anforderungen

Die Anforderungen an eine Holzaussenwand in der Hybridbauweise erscheinen zunächst recht einfach, sind aber im Detail durchaus komplex.

Die Konstruktion betreffend sind Anforderungen an die Standsicherheit, den Brandschutz, den Wärmeschutz und den Schallschutz umzusetzen.

2.1. Tragwerksplanung

Bei der Hybridbauweise beteiligen sich die Holztafelelemente weder am vertikalen Lastabtrag noch wirken sie bei der Aussteifung des Gebäudes mit.

Die Holztafelelemente werden horizontal von aussen auf Windsog und -druck beansprucht. Ebenso übernimmt die Wand von innen die Funktion der Absturzsicherung.

Vertikal wird die Wand nur durch ihr Eigengewicht beansprucht.

Im Brandfall ist zu berücksichtigen, dass die Aussenwände oberhalb bzw. unterhalb des Brandgeschosses noch ausreichend sicher verankert sind.

In Abbildung 1 sind verschiedene Anschlussvarianten der Holztafelelemente an die Massivkonstruktion dargestellt.

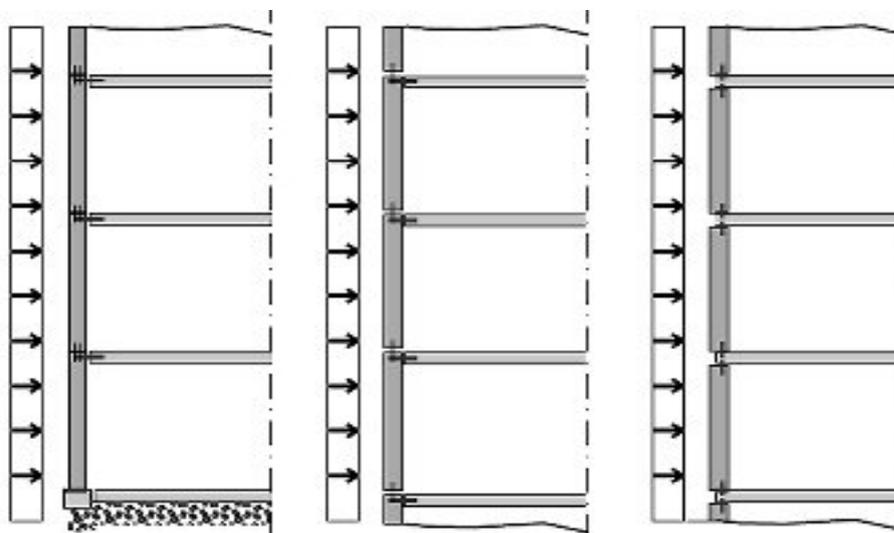


Abbildung 1: Anschlussvarianten der Aussenwand an die Massivkonstruktion

In der Regel werden die horizontalen Lasten an den Verankerungspunkten geschossweise in die Stahlbetondecken weitergeleitet.

Je nach Ausführung werden die vertikalen Lasten ebenfalls geschossweise in die Deckenrandstreifen der Stahlbetondecke eingeleitet oder aber, wie bei der Variante der vorgestellten Aussenwand, konzentriert am Fusspunkt der Wand des untersten Geschosses.

Die statischen Nachweise für die Aussenwand selber und auch die Nachweise für die Anschlüsse sind mit den üblichen bekannten Nachweisverfahren zu führen.

Für die konstruktive Durchbildung der Anschlüsse sind die vertikalen Verformungen der Stahlbetondecke im Anschlussbereich von grosser Bedeutung.

Es sind die Verformungen unter Ansatz der quasi ständigen Lasten, unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens des Betons (Kriechen und Schwinden) und im sogenannten Zustand II (gerissener Beton) zu ermitteln.

Die Anschlüsse zwischen der Holztafelbauwand und der Stahlbetondecke sind dann so auszubilden, dass infolge der vertikalen Deckenverformung die Holztafelbauwand keine Beanspruchung erfährt.

In der Abbildung 2 ist die Thematik grafisch dargestellt.

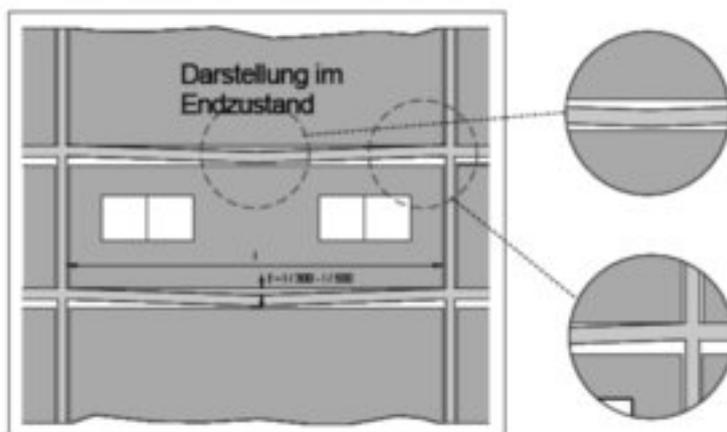


Abbildung 2: Deckenverformungen in Bezug auf die Aussenwand/Wärmeschutz und Feuchteschutz

Die Anforderungen des Wärme- und Feuchteschutzes an eine Holztafelbauwand in Verbindung mit der Hybridbauweise unterscheiden sich nicht von denen einer tragenden Aussenwand in einem Gebäude, welches vollständig in Holzbauweise errichtet wird.

Bewährte Regeldetails zum Einbau der Fenster oder auch zur Integration von Verschattungselementen sind hinlänglich bekannt. Gleiches gilt für die Ausbildung einer luft- und winddichten Gebäudehülle.

Grundsätzlich ist die Konstruktion der Aussenwand so auszubilden, dass im Bereich der Stirnseiten der Stahlbetondecken keine kritische Wärmebrücke entsteht.

Bei den Anschlussvarianten (s. Abbildung 1), bei denen die Aussenwand vor der Stahlbetondecke positioniert wird, kann es zielführend sein, den Geschosstoss der Aussenwand ausserhalb der Deckenstirnseite anzuordnen. Bei der eingestellten Anschlussvariante ist darauf zu achten, dass noch ausreichend Dämmung vor der Betondecke vorhanden ist.

2.2. Brandschutz

Die nichttragenden Aussenwände sind den Anforderungen der Landesbauordnungen bis zur Gebäudeklasse 5 in F30-B bzw. feuerhemmend auszubilden.

Die eigentliche Aussenwand betreffend werden diese Anforderungen in der Regel systemimmanent erreicht. Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Oberfläche der Aussenwände in der Gebäudeklasse 4 und 5 aus schwerentflammaren Baustoffen (B1) bestehen muss. Ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aus Polystyrol erfüllt bis zu einer gewissen Dämmdicke diese Anforderungen, wenn gemäss den jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen der Systeme ein Brandriegel aus Mineralwolle integriert wird. Ohne die Brandriegel ist ein solches WDVS als B2 klassifiziert und kann dann bis zur Gebäudeklasse 3 ausgeführt werden.

Die Fassade der Holztafelbauelemente kann somit bis zur Gebäudeklasse 3 mit Holz- und Holzwerkstoffen ausgebildet werden. Eine Holzfassade in den Gebäudeklassen 4 und 5 kann

nur dann realisiert werden, wenn durch zusätzliche Massnahmen die Brandweiterleitung über die Fassade verhindert wird. Auch hier gibt es umfassende Forschungsergebnisse, aus denen Konstruktionsprinzipien von Brandbarrieren abgeleitet wurden.

Um die baurechtliche Verwendbarkeit zu erlangen, sind im Zuge des Genehmigungsverfahrens entsprechende Abweichungen zu formulieren und zu begründen.

Aber wie so oft bei neueren Bauweisen steckt die Problematik im Detail. Die Ausbildung der Fugen zwischen dem Holztafelement und dem Stahlbetonbauteil, egal ob Decke, Wohnungstrennwand oder Brandwand, sind besonders auszubilden, um eine Brandweiterleitung in andere Nutzungseinheit ausreichend lange zu verhindern.

Die Abbildung 3 zeigt die kritischen Brandwege im Bereich der Bauteilanschlüsse.

Bereits in früheren Jahren wurden diese Anschlussbereiche mit Mineralwolle bestmöglich «ausgestopft». Zwischenzeitlich gibt es auch Forschungsergebnisse, die die Funktionalität belegen. Die Forschungsergebnisse zeigen aber auch, dass zusätzliche Massnahmen zur Gewährleistung der Rauchdichtigkeit erforderlich werden.

Aus diesen Erkenntnissen wurden Konstruktionsdetails abgeleitet, bei deren Umsetzung alle Schutzziele des Brandschutzes erreicht werden.

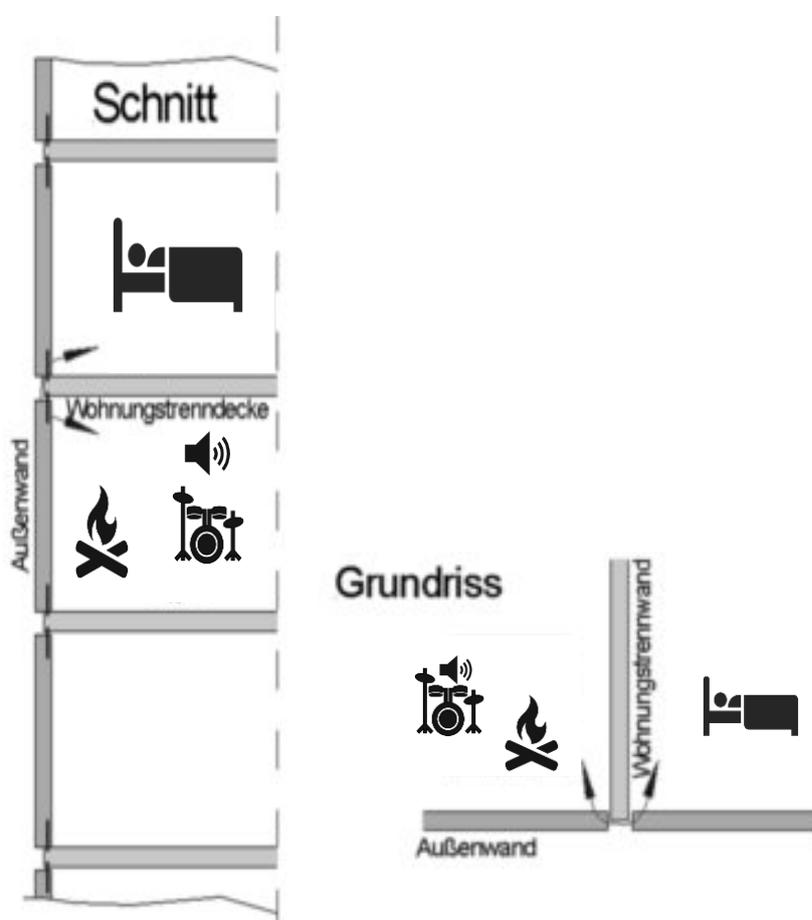


Abbildung 3: Brandwege und Schallnebenwege im Anschlussbereich

2.3. Schallschutz

Die Thematik bezüglich Aussenwandkonstruktion und Anschlussfuge an den Massivbau ist vergleichbar zum Brandschutz.

Auch hier sind die Schallschutzeigenschaften der Aussenwand allgemein bekannt und können auch berechnet werden.

Eine Bewertung der Schallnebenwege war lange Zeit nicht gesichert möglich, da nicht ausreichend Versuchsergebnisse vorgelegen haben. Auch hier kann nun der Planer auf Messergebnisse für die unterschiedlichsten Fugenausbildungen zurückgreifen und somit die entsprechenden Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ in den Schallschutznachweisen berücksichtigen.

3. Literatur und Konstruktionsdetails

Zahlreiche Forschungsvorhaben auf dem Gebiet des Hybridbaus mit Holzaussenwänden wurden in den letzten Jahren abgeschlossen. Die Ergebnisse sind veröffentlicht und es wurden Regeldetails und Konstruktionshilfen entwickelt (s. u).

Die Planer und ausführenden Holzbaubetrieben können nun auf standardisierte Konstruktionen und Detailausbildungen zurückgreifen, die auch alle baurechtlichen Anforderungen erfüllen.

Forschungsberichte und Literaturquellen:

- Abschlussbericht «Fassadenelemente für Hybridbauweisen; Vorgefertigte, integrale Fassadenelemente in Holzbauweise zur Anwendung im Neubau hybrider Stahlbetonhochbauwerke». TU München, LS für Holzbau und Baukonstruktion; Lehrstuhl für energieeffizientes Planen und Bauen, Lehrstuhl für Massivbau. Laufzeit: Febr. 2014 bis Sept. 2016. www.hybridbauweisen.de ([kostenloser Download](#))
- «Konstruktionskatalog Fassadenelemente für Hybridbauweisen». TU München, LS für Holzbau und Baukonstruktion; Lehrstuhl für energieeffizientes Planen und Bauen, Lehrstuhl für Massivbau. 2016. www.hybridbauweisen.de ([kostenloser Download](#))
- Fischer, O.; Lang, W.; Winter, S.: «Hybridbau - Holzaussenwände». Verlag: DETAIL Business Information GmbH, München. ISBN 978.3.95553-478-3 (Print), 978-3-95553-479-0 (E-Book). 2019

4. Ausblick

Die Nachfrage nach bezahlbarem Wohnraum in Ballungszentren beschäftigt Politik, Bau- und Wohnwirtschaft.

Viele Ansätze wurden bereits diskutiert. Aber wie so häufig bei komplexen Aufgaben gibt es nicht die einzig richtige Lösung.

Eines aber ist sicher: Einfach nur billig bauen ist der falsche Weg. Dies zeigen zahlreiche Gebäude aus der Nachkriegszeit, die noch ganze Stadtviertel prägen und Genossenschaften und Wohnungsbaugesellschaften anhaften.

Hybrides Bauen wird dabei eine bedeutende Rolle einnehmen. Auch die werkseitige Vorfertigung einzelner Komponenten wird weiter an Bedeutung gewinnen. Sowohl Bauherren als auch alle an der Planung Beteiligten müssen sich auf diese neuen Herausforderungen einlassen. Ein «haben wir schon immer so gemacht» wird nicht die Zukunft des Bauens sein. Die Hybridbauweise mit nichttragenden Aussenwänden in Holztafelbauweise hat eine grosse Chance, sich als anerkannte Bauweise effektive und effiziente im Markt zu etablieren.

Holzfassaden: Witterung und Schutzmaßnahmen – Möglichkeiten und Grenzen im Überblick

Thomas Volkmer
Bernser Fachhochschule AHB
Biel/Bienne, Schweiz



Holzfassaden: Witterung und Schutzmaßnahmen – Möglichkeiten und Grenzen im Überblick

1. Einleitung

Der Werkstoff Holz gewinnt vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit immer mehr an Bedeutung im Bauwesen. Obwohl sich der Einsatz seit Jahrhunderten bewährt hat, steht das Holz heute in harter Konkurrenz zur verschiedenen anderen Baumaterialien und muss dabei in den entsprechenden Bereichen immer höheren Anforderungen genügen: Brandverhalten, mechanische Belastbarkeit, Isolationsverhalten und Ästhetik. Im Fassadenbereich spielt dabei neben dem Brandschutz die Dauerhaftigkeit und die ästhetische Erscheinung eine wesentliche Rolle. Aufgrund dessen, dass Holz beim Einsatz im Aussenbereich durch biologische und klimatische Einflüsse durch einen Abbau gefährdet ist, sind Schutzmassnahmen notwendig, die diesen Prozessen entgegenwirken. Fassaden werden nach DIN 68800/1 in die Gebrauchsklasse 3 eingeordnet, was bedeutet, dass die Holzelemente direkt bewittert werden und gelegentlich eine Feuchte von über 20% aufweisen können. Durch diese Exposition kommt es bei ungeschützten Holzoberflächen zu einem photochemischen Abbau des Holzes verbunden mit deutlichen Farbveränderungen (Derbyshire und Miller 1981, Hon 2000). Bei ungünstigen Einbausituationen ist eine intensivere und andauernde Durchfeuchtung möglich, was auch zu einem biologischen Abbau und Fäulnis führen kann (Erler 2002). Aufgrund dieser Rahmenbedingungen und infolge der hohen ästhetischen Ansprüche ist es notwendig, die Oberfläche und ggf. das Substrat von Holzbauteilen zu behandeln. Diese Oberflächenbehandlung kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen (Sell 2001, Volkmer 2006) und ist auch stark durch Traditionen und regionale Gegebenheiten beeinflusst. In der Schweiz besteht dies bzgl. eine grosse Offenheit gegenüber dem Einsatz neuer und alternativer Verfahren für die Oberflächenbehandlung (Selter 2007).

2. Umwelteinflüsse auf Holzoberflächen im Aussenbereich

Als Fassadenmaterial ist Holz natürlicher Weise den verschiedenen Umwelteinflüssen ausgesetzt, welche je nach Exposition und geographischer Lage die Oberfläche und teilweise auch das Substrat deutlich schädigen können. In den folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Einflüsse in ihrer Wirkung auf die Holzoberfläche genauer beschrieben.

Feuchtigkeit

Beim Werkstoff Holz handelt es sich um einen hygroskopischen Werkstoff mit einem ausgeprägten Verhalten gegenüber Feuchtigkeit, das sich unter anderem im Quellen und Schwinden des Holzes bemerkbar macht. Bei beschichteten Bauteilen führt diese Dimensionsänderung oft zu einem Reißen der Beschichtung und begünstigt eine verstärkte Durchfeuchtung. Wasser kann infolge der jeweiligen Klimabedingungen unterschiedlich vorliegen und entsprechend ist die Wirkung auf Holzbauteile differenziert zu betrachten. Formen des Wassers, welche den Abbau von Holz-(oberflächen) im Aussenbereich beeinflussen, können (Schlag-) Regen, Schnee, Hagel, hohe relative Luftfeuchte oder Spritzwasser sein. Generell führt eine hohe Umgebungsfeuchte zu einer erhöhten Holz-ausgleichsfeuchte. Daraus resultieren ein vergrößertes Befallsrisiko durch Mikroorganismen (Sell et al. 1995, Schwarze 2003), ein verstärkter mechanischer Abtrag an der Oberfläche (Erler 2002) und eine vermehrte Auswaschung von Holzbestandteilen (Feist und Hon 2002). Weiterhin führt das Vorhandensein von Wasser in Kombination mit der Sonnenstrahlung zu einer chemischen Umwandlung bzw. einem Abbau der Oberfläche. Das trifft sowohl auf unbehandeltes als auch auf beschichtetes Holz zu.

Temperatur

Holz ist infolge seines strukturellen Aufbaus ein schlechter Wärmeleiter. Die thermische Wärmeausdehnung des Holzes spielt im Vergleich zum Quellen und Schwinden nur eine untergeordnete Rolle und ist ca. eine 10er Potenz kleiner als die Volumenänderung infolge des Feuchteinflusses.

Jedoch kann es speziell bei dunklen Oberflächen (vergraut oder beschichtet) nach intensiver Sonnenbestrahlung zu einer Aufheizung auf bis zu 65°C kommen (Sell 1981), entsprechend dem BFS Merkblatt 18 können sich derartige Flächen sogar auf 80°C aufheizen. Dieser Temperaturanstieg führt dann zwangsläufig zu einem beschleunigten Trocknen des Holzes oder allgemein zu einer niedrigen Ausgleichsfeuchte im Holz (Schulz et al. 1973, Meijer und Millitz 2001). Der Trocknungsvorgang kann bei Holz im Fassadenbereich mit Südexponierung zu einer starken Rissbildung führen, was dann wiederum zum Aufreißen der Beschichtung führt, weshalb dunkle Farbtöne bei Holzfassaden eher ungünstig sind.

Ebenfalls ungünstig auf das Erscheinungsbild des Holzes wirken sich große Temperaturschwankungen oder häufige Temperaturwechsel aus, wie sie z.B. bei halb beschatteten Bauteilen auftreten können (Sell 1981). Tiefe und große Risse beeinträchtigen die Ästhetik und stellen potenzielle Eintrittspforten für Wasser und Mikroorganismen dar.

Wenn Holz im Verbund mit Werkstoffen mit relativ hoher Wärmedehnung eingesetzt wird (z.B. mit verschiedenen Kunststoffen oder Metallen), kann das zu Spannungen im System führen, verbunden mit Rissen in der Grenzschicht.

Globalstrahlung

Sonnenlicht stellt einen der bedeutendsten Einflussfaktoren hinsichtlich des Holzabbaus und der Holzalterung dar. Speziell die energiereiche kurzwellige Ultraviolette-Strahlung (UV-Strahlung) hat einen signifikanten Einfluss auf die Holzoberfläche. In Abhängigkeit der Wellenlänge ist die Eindringung der Strahlung in das Holz unterschiedlich. UV-Licht dringt maximal 75 µm ein, sichtbares Licht bis zu 200 µm (Emmler 2003).

Die Absorption von Licht ist die Voraussetzung für den photochemischen Abbau eines Werkstoffes. Diese Absorptionsfähigkeit ist im Fall von Holz gegeben, wobei sich die einzelnen Komponenten (Lignin, Zellulose, Hemizellulose und Holzinhaltstoffe) in ihren Absorptionseigenschaften unterscheiden.

Lignin absorbiert UV-Strahlung am effektivsten und weist ein ausgeprägtes autooxidatives Verhalten auf, deshalb wird es deutlich stärker als Zellulose oder Hemizellulose abgebaut. Bei Zellulose kommt es infolge der Lichtstrahlung zu einer Abnahme des Polymerisationsgrades, verbunden mit der Abnahme der Zugfestigkeit (Desai 1968, Turkulin und Sell 2002, Volkmer et al. 2013). Holzinhaltstoffe bilden neben Lignin weitere wichtige Absorptionszentren im Holz, ihr photochemischer Abbau erfolgt dementsprechend ähnlich schnell wie derjenige von Lignin (Feist und Hon 1984).

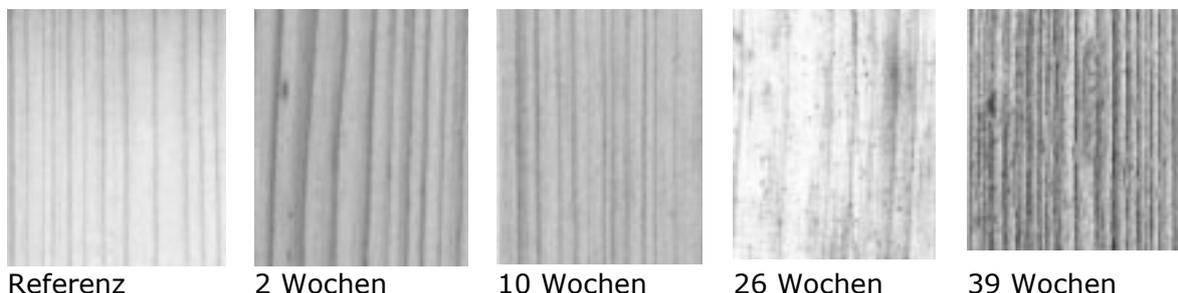


Abbildung 1: Zeitabhängige Verwitterung bei Fichte (45° geneigt, südexponiert)

Eigene Untersuchungen haben deutlich gemacht, dass es im Verlaufe des Verwitterungs- und Vergrauungsprozesses (Abbildung 1), welcher in der jüngeren Vergangenheit auch industriell genutzt wird, zu einer Erodierung der Frühholzonen kommt, was bei Nadelhölzern zu der typischen Riffelstruktur der Oberfläche führt. In diesem Zusammenhang wurde weiter festgestellt, dass die Holzart hinsichtlich einer makroskopischen visuellen Bewertung der Oberflächen eine untergeordnete Rolle spielt. Nach ca. 40 Wochen Freilandwitterung (45° Neigung, südexponiert) von Fichte, Lärche und Eiche waren die Farbänderungen

weitestgehend abgeschlossen und subjektiv nur geringfügige Farbunterschiede zwischen den Holzarten festzustellen.

Der photochemische Abbau von Holz spielt auch in Hinblick auf beschichtete Aussenbauteile eine entscheidende Rolle. Wenn die Beschichtung keinen ausreichenden Schutz gegenüber der energiereichen UV-Strahlung darstellt, was bei schwach pigmentierten Systemen der Fall ist, kommt es einerseits zum Abbau der Beschichtung selbst, und andererseits wird das Holz (speziell das Lignin) unter der Beschichtung abgebaut. Risse zwischen Beschichtung und Holzoberfläche sind schliesslich die Folge dieses Prozesses, wodurch eine Delaminierung der Beschichtung und ein Abbau der Oberfläche eingeleitet werden. Wie bereits erwähnt bezieht sich der photochemische Abbau der Oberflächen nicht nur auf Holz sondern auch auf Lacke und sämtliche organische Beschichtungssysteme. Eine hohe Resistenz gegenüber der Sonnenstrahlung weisen mineralische Oberflächen auf, welche teilweise auch im Holzbereich zum Einsatz kommen.

Wind

Belastungen der Holzoberfläche (beschichtet oder unbehandelt) durch Wind in Verbindung mit Regen führen zu höheren Niederschlagsmengen an senkrechten Bauteilen. Nach Frank (1973) sind Windkräfte die wichtigste Ursache für das Eindringen von Regenfeuchtigkeit in die Oberfläche von Fassaden. Durch Windeinfluss erhöht sich die Wassermenge auf der Oberfläche des Bauteils und die Eindringtiefe der Feuchtigkeit in das Holz.

Darüber hinaus wirken mitgeführte Staubpartikel in der Luft abrasiv auf die Oberfläche und verursachen einen beschleunigten mechanischen Abtrag des Materials im Frühholz. Die Belastung der Oberfläche ist stark von der Exposition abhängig.

Für Mitteldeutschland liegt die höchste Schlagregenbelastung für westlich ausgerichtete Bauteile vor (Erlor 2002). Geiser (2005) konnte für verschiedene Regionen in der Schweiz nachweisen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Farbveränderung / Alterung der Holzoberfläche und der Hauptwindrichtung besteht. In nebelfreien Regionen mit hoher Anzahl an Sonnenstunden verfärben sich unbehandelte Holzoberflächen braun bis dunkelbraun. In Regionen mit einer häufigen Kombination aus Regen und Wind verfärben sich die Holzoberflächen grau bis schwarz.

Biologischer Befall

Neben den oben genannten umweltbedingten Einflussfaktoren können Holzfassaden auch durch holzerstörende Pilze oder Insekten geschädigt werden. Ein Befall ist aber nur dann wahrscheinlich, wenn die Holzfeuchte längerfristig im Bereich der Fasersättigung liegt. Jedoch können Fassaden bei einer fachgerechten Ausführung immer wieder austrocknen, weshalb derartig hohe Feuchten nicht zu erwarten sind. Je nach Exposition der Fassade kann es aber direkt auf der Oberfläche immer wieder zu kurzzeitig hohen Wassergehalten kommen, was dann zu einer Besiedlung durch Bläue- und Schimmelpilzen führen kann. Hierbei handelt es sich dann um ein ästhetisches Problem und die Bauteilsicherheit ist nicht gefährdet. Bei einem Befall von beschichteten Holzbauteilen können aber unter Umständen Schädigungen im Oberflächenbereich auftreten. Es kann zu einer Zerstörung der Beschichtung und in der Folge zu einer vermehrten Feuchteaufnahme im Substrat kommen, was im ungünstigsten Fall zu einem Befall des Bauteils durch holzerstörende Pilze führen kann. Die heutzutage sehr gute thermische Dämmung von Gebäuden führt auch zu längeren Kondensationsphasen auf der Oberfläche der Fassaden, was ebenfalls eine Besiedlung durch Schimmel- und Bläuepilze unterstützt.

3. Möglichkeiten des Holz- und Oberflächenschutzes im Fassadenbereich

Holzschutz allgemein dient dem Werterhalt von Holzbauteilen und der Gewährleistung der Sicherheit von Holzkonstruktionen. Es gibt verschiedene Ansätze, um eine möglichst lange Lebensdauer von Holzbauteilen zu garantieren.

- Organisatorischer Holzschutz (Fällzeitpunkt, Lagerung, Transport, Trocknung, Verarbeitung)
- Natürlicher Holzschutz (Auswahl geeigneter Holzarten)
- Baulicher Holzschutz (konzeptionell, konstruktiv)

- Physikalischer Holzschutz (Oberflächenbehandlung)
- Holzmodifikation
- Chemischer Holzschutz (vorbeugend, bekämpfend)

Die folgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf den physikalischen Holzschutz und somit auf die Beschichtung von Holz. Teilweise werden Fassadenelemente auch mit entsprechenden Salzlösungen druckimprägniert und noch zusätzlich beschichtet, was dann einer Kombination aus chemischen und physikalischem Holzschutz entspricht. Aufgrund dessen, dass Fassadenbekleidungen keine tragenden Bauteile darstellen und keinen Erdkontakt haben sollten, besteht auch die Möglichkeit vollständig auf Schutzmassnahmen zu verzichten. In vielen Anwendungsfällen ist aber eine Behandlung der Oberfläche auch aus ästhetischen Gründen gewünscht. Auf die verschiedenen Substrate und mögliche Oberflächenvorbehandlung wird an dieser Stelle ebenfalls nicht eingegangen. Die folgende Graphik (Abbildung 2) fasst die Möglichkeiten des Oberflächenschutzes von Holzfassaden zusammen und bezieht sich dabei aber nur auf die materialbezogenen Möglichkeiten. Konstruktive Aspekte werden nicht berücksichtigt.

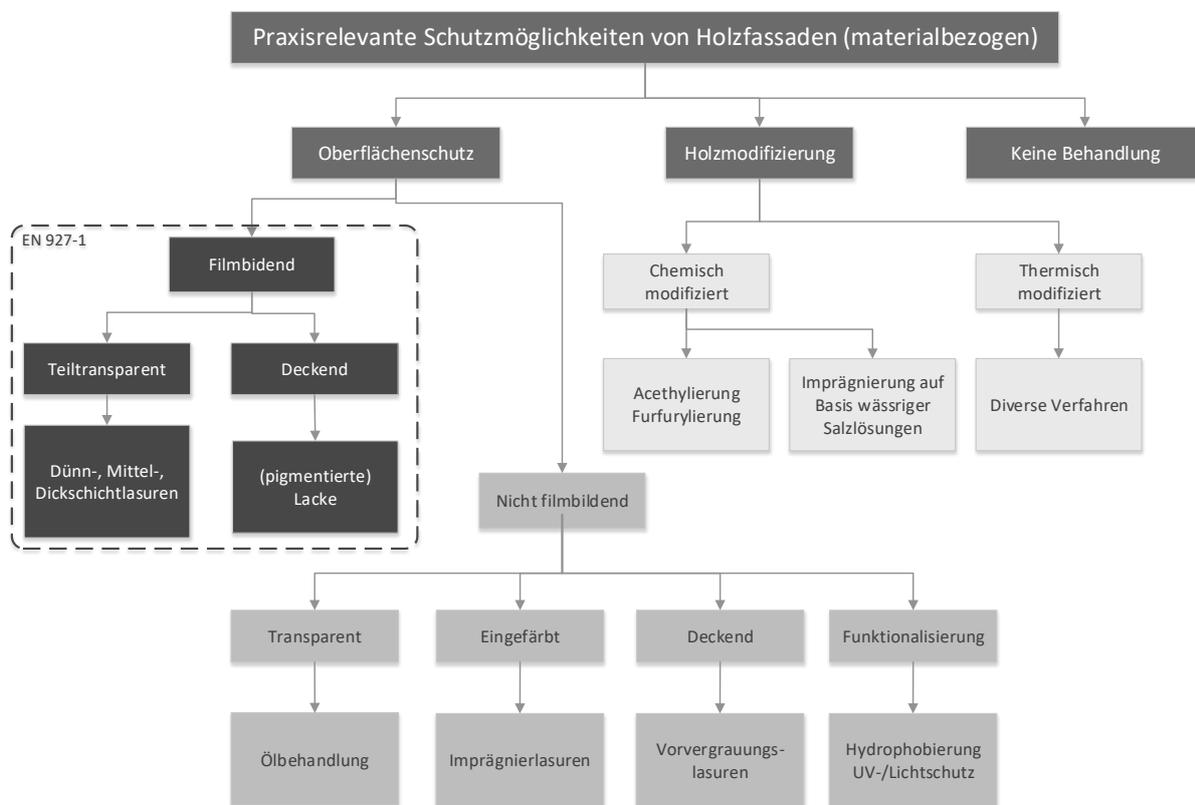


Abbildung 2: Überblick über die Möglichkeiten des Oberflächenschutzes von Holzfassaden

Keine Schutzmassnahmen: Bei diesem Ansatz werden die Fassadenelemente nicht modifiziert oder behandelt. Es ist aufgrund der klimatischen Einflüsse mit einer starken Vergrauung der Oberfläche zu rechnen (Abbildung 3), wobei die Verfärbungen je nach Exposition und Einbausituation sehr ungleichmässig sein können. Ein wesentlicher Vorteil dieser Variante sind die geringen Kosten bzgl. Anschaffung und Unterhalt, jedoch wirken derartige Fassaden im feuchten Zustand oft dunkelgrau/schwarz und es bestehen praktische keine ästhetischen Variationsmöglichkeiten (Volkmer und Höltschi 2008, Ganne-Chédeville et al. 2010). Der Abbau der Holzoberfläche ist dadurch gekennzeichnet, dass es zu einem Abbau des Lignins in der Mittellamelle (Abbildung 4) kommt und somit die mechanische Stabilität der Oberfläche stark reduziert wird. Das hat wiederum eine ausgeprägte Erosion zur Folge verbunden mit den genannten Vergrauungseffekten (Williams et al. 2001a,b).



Abbildung 3: Unbehandelte Stülpschalung - Fichte (westexponiert), nach 5 Jahren Bewitterungszeit, die erwartete Vergrauung ist relativ gleichmässig abgesehen vom Einfluss des Vordaches (Volkmer und Höltschi 2008)

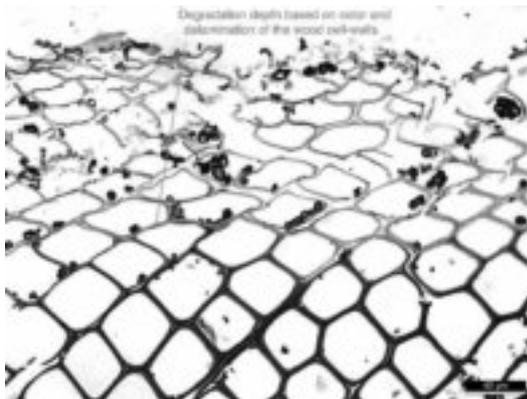


Abbildung 4: Fichtenoberfläche nach 12 Monaten Freibewitterung (südexponiert), die Mittellamelle ist stark abgebaut, der Zellverbund ist delaminiert und es hat eine Besiedlung durch Schimmelpilze eingesetzt, die Tiefe der Degradation ist gut durch die Farbunterschiede sichtbar (Barbotin 2014)



Abbildung 5: Eiche, Südseite der Fachhochschule in Biel nach 9 Jahren Bewitterungszeit



Abbildung 6: Südseite der Fachhochschule in Biel nach 9 Jahren Bewitterung und anschließender Reinigung

Ein wesentlicher Vorteil, den unbehandelte Fassaden bieten, ist ihrer leichte Renovierbarkeit. Die Oberfläche kann sehr kostengünstig mit handelsüblichen Systemen gereinigt und nahezu in den farblichen Ausgangszustand versetzt werden, was eine Alternative zu den herkömmlichen Beschichtungsvarianten darstellt.

Druckimprägnierung mit wasserbasierten Salzlösungen: Bei den wässrigen Systemen handelt es sich um Lösungen oder Emulsionen ohne Bindemittel. Sie basieren auf reinen Wirkstoffen wie Borsalzen, Kupfer, Chrom, oder Arsen (Sutter 1997). Wobei beispielsweise Kupfer und Bor als effektive biozide Stoffe wirken und Chrom zur Fixierung der entsprechenden Wirkstoffe dient. Je nach Produkt können diese Lösungen durch entsprechende Pigmentpasten eingefärbt sein, wobei aktuell nur grüne oder braune Produkte im Angebot sind.



Abbildung 7: Druckimprägnierte Fassade nach 6 Jahren Nutzungsdauer (ostexponiert), das Erscheinungsbild ist sehr gleichmässig (Volkmer und Höltschi 2008)

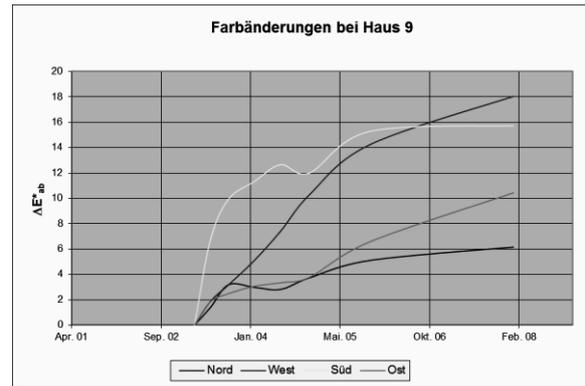


Abbildung 8: Farbveränderung einer druckimprägnierten Holzfassade im Verlauf von ca. 6 Jahren in Abhängigkeit der Exposition (bei unbehandelten Fassaden ist unter gleichen Bedingungen mit Farbänderungen von $\Delta E > 45$ zu rechnen) (Volkmer und Höltschi 2008)

Die Einbringung der Substanzen erfolgt über das Vakuum-Druck oder das Wechseldruckverfahren. Dabei werden Eindringtiefen je nach Holzart von mehreren Zentimetern erreicht. Diese Varianten finden in erster Linie Anwendung für den Einsatz von Bauteilen in Gebrauchsklasse 4 (siehe EN 335.2), werden aber auch häufig für Fassaden eingesetzt (Abbildung 7). Bei diesen Behandlungsvarianten handelt es sich um einen sehr effektiven Schutz des Holzes mit begrenzten ästhetischen Möglichkeiten. Es ist praktisch kein Unterhalt notwendig und die ästhetische Erscheinung verändert sich über die Jahre nur relativ gering (Abbildung 8). Jedoch kommen teilweise umweltbelastende Stoffe zum Einsatz, welche teilweise in den Untergrund ausgewaschen werden. Detaillierte Ausführungen zum Einsatz von druckimprägnierten Bauteilen im Fassadenbereich finden sich bei Volkmer und Höltschi (2009).

Vorvergrauungs-/Verwitterungslasuren: Bei diesen Systemen handelt es sich in aller Regel um Einschichtsysteme. Die Bindemittelbasis kann dabei sehr unterschiedlich sein. Bei den momentan am Markt erhältlichen Produkten kommen dabei reine oder modifizierte Naturöle oder Bindemittelkombinationen auf synthetischer Basis (z.B. Alkydharze) zum Einsatz. Der Festkörperanteil kann dabei bis zu 50% betragen, was bei einer Holzbehandlung zu einer Filmbildung führt. Die Anwendungsidee für derartige Lasuren besteht darin, dass diese einmalig aufgetragen werden und die behandelten Holzteile anschliessend nicht mehr gepflegt oder unterhalten werden müssen. Durch die Vergrauungslasuren wird die natürliche Vergrauung des Holzes simuliert, wobei ein teilweises Abwittern der Beschichtung sogar gewünscht ist. Dabei kommt es zur Überschneidung von verschiedenen Abwitterungsmechanismen (Beschichtung baut sich ab, freigelegtes Holz vergraut), mit dem Ergebnis, dass die Fassade vom Zeitpunkt der Erstellung über den gesamten Nutzungszeitraum einen einheitlichen grauen Farbton aufweist (Abbildung 9). Die Praxis hat gezeigt, dass diese Systeme dauerhaft sind und aufgrund der oben beschriebenen Effekte die

ästhetischen Anforderungen eines Grossteils der heutigen Kunden erfüllen. Aufgrund der schwierigen Kantenbearbeitung im Profilbereich kann es vorkommen, dass die Schmalflächen nicht ausreichend beschichtet sind und sich dann farblich stark abzeichnen, was teilweise zu Reklamationen geführt hat (Abbildung 10).

Als Nachteil sind auch die wenigen gestalterischen Möglichkeiten zu nennen, da entsprechend nur Grautöne zum Einsatz kommen, obwohl diese von grün-grau über rot-grau bis blau-grau variieren können.



Abbildung 9: Fassade - behandelt mit einer Vorvergrauungslasur. Die Oberfläche wirkt sehr natürlich und ist kaum von einer unbeschichteten, bewitterten Fassade zu unterscheiden.



Abbildung 10: Fassadenschalung mit einer Vorvergrauungslasur behandelt. Speziell die Kantenbereiche erscheinen relativ ungleichmässig und die Lasur wird flächig abgebaut.

Öle: Diese Systeme werden teilweise auch als Imprägnierlasuren bezeichnet. Als Bindemittel kommen natürliche Öle und Kombinationen aus Ölen und Alkydharzen zum Einsatz. Sie werden entweder als eigenständige Produkte verwendet, was einen 2 maligen Auftrag erfordert. Sie werden aber auch teilweise als Erstbehandlung für deckende Anstriche eingesetzt. Der Festkörperanteil kann je nach Hersteller stark schwanken und liegt ca. zwischen 15-50%. In der Regel ist die Eindringung sehr gut, weshalb diese Systeme teilweise mit Wirkstoffen zum Bläueschutz ausgerüstet werden. Die Öle kommen in transparenter und pigmentierter Form zum Einsatz, wobei speziell bei den transparenten Varianten je nach Exposition mit kurzen Pflegeintervallen von weniger als 2-3 Jahren gerechnet werden muss.

Funktionalisierte Systeme (Feuchteschutz und/oder UV-Schutz): Bei dieser Produktgruppe werden Systeme eingesetzt welche in erster Linie Wirkstoffe enthalten, welche eine spezifische Funktion auf der Oberfläche ausführen sollen. Dabei soll einerseits flüssiges Wasser durch einen entsprechenden Abperleffekt (Abbildung 11 und 12) von der Oberfläche ferngehalten werden und andererseits der photochemische Abbau der Holzoberfläche verlangsamt werden.



Abbildung 11: Hydrophobierte Holzproben auf dem Bewitterungsstand, ein Abperleffekt ist erkennbar, welche jedoch zeitlich begrenzt ist (Volkmer 2008)

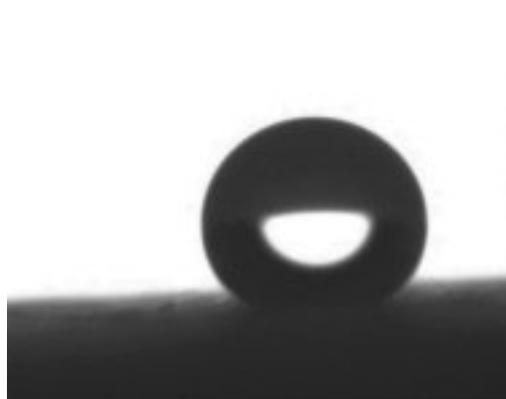


Abbildung 12: Hydrophobierte Holzoberfläche im Ausgangszustand vor der Bewitterung mit ausgeprägtem Abperleffekt (Volkmer 2008)

Für den Schutz vor flüssigem Wasser kommen Hydrophobierungsmittel auf der Basis von spezifischen Ölen, Wachsen oder Silikonen zum Einsatz. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nanostrukturierung der Oberfläche durch den Einsatz von SiO_2 -Nanopartikeln. Durch die Verwendung von UV-Absorbern oder HALS wird der Schutz der Oberfläche vor der energiereichen Globalstrahlung gesteuert. Dadurch wird der Abbau der Oberfläche durch zwei unterschiedliche Mechanismen gesteuert. Einerseits wird die UV-Strahlung in Wärme umgewandelt oder über Strukturänderungen in der chemischen Zusammensetzung abgebaut. Vorteilhaft bei diesen Systemen ist, dass diese teilweise auch auf bestehenden Beschichtungssystemen aufgebracht werden können. Jedoch sind diese

Behandlungsvarianten aufgrund des geringen Festkörpergehaltes und des fehlenden Bindemittels nicht dauerhaft und müssen entweder durch schichtbildende Systeme geschützt oder kontinuierlich gepflegt und erneuert werden.

Lasuren (wenig pigmentiert): Lasuren bilden je nach Zusammensetzung einen Film auf der Oberfläche, wobei die Schichtdicke bei Dünnschichtlasuren zwischen 20-30µm und bei Dickschichtlasuren zwischen 40-80µm variieren kann. (siehe Böttcher 2003) Die Pigmentierung liegt in der Regel zwischen 0-3% und wird oftmals über die Grundierung in das Holz eingebracht (Abbildung 13). Deshalb kann durch Lasuren die farbliche Erscheinung von Oberflächen geändert werden, die Textur (Jahrringverlauf) des Holzes bleibt aber weiterhin sichtbar. Aufgrund dieser Eigenschaften gewähren Lasuren einen guten Schutz vor flüssigem Wasser, jedoch kann nur ein Teil der energiereichen UV-Strahlung abgehalten werden. Das hat zur Folge, dass das Holz unter der Lasur modifiziert und abgebaut wird und derartige Systeme je nach Exposition nach 3-4 Jahren renoviert werden müssen, ansonsten ist mit grösseren Schäden zu rechnen und die Instandsetzung wird deutlich aufwendiger (Schmid 1998 a,b). Die Beschichtung wird je nach Anbieter durch 2-3 Anstriche appliziert. Als Bindemittelbasis kommen verschiedene Polymere zum Einsatz wie z.B. Acrylate, Acetate, mod. Alkyde oder Hybride. Aufgrund des Abbaumechanismus der Acrylate (physikalisch trocknend teilweise selbstvernetzend) bleibt im Vergleich zu reinen Alkydsystemen die Elastizität über den Bewitterungszeitraum relativ konstant und die Systeme verspröden nicht. Das wirkt sich positiv auf das Haftungsverhalten und ein verringertes Abplatzen der Beschichtung aus. Im Gegensatz zu den Alkydsystemen erfolgt bei den acrylatbasierten Beschichtungen ein wetterbedingter Abbau mit abnehmender Schichtdicke bei gleichbleibend guter Haftung, Alkydsysteme reißen im Bewitterungsverlauf deutlich schneller und platzen dann grossflächig ab.

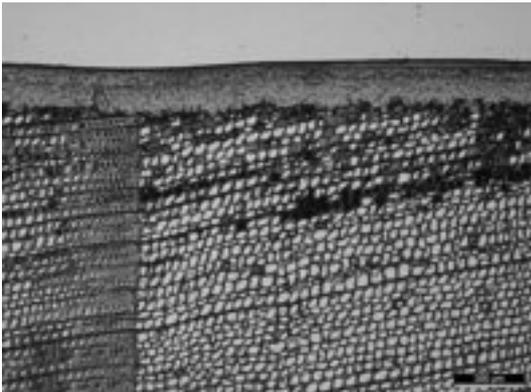


Abbildung 13: Lasierendes System mit transparenter Deckschicht und pigmentierter Grundierung, welche relativ weit in das Holz eindringt (Volkmer 2008)

Lacke pigmentiert: Deckend pigmentierte Systeme sind dadurch charakterisiert, dass sie sowohl die Holzfarbe als auch die Holzstruktur abdecken (Abbildung 14). Daher bieten diese Systeme den besten UV-Schutz, da keine Strahlung bis auf die Holzoberfläche durchdringt und diese abbauen kann. Die Farbstabilität (Abbildung 15) und Witterungsbeständigkeit ist je nach System (Farbton) und Exposition sehr hoch, was zu Renovationsintervallen von deutlich mehr als 6 Jahren führen kann. Hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sind sie den lasierenden Systemen ähnlich abgesehen vom Pigmentanteil, welcher bei bis zu 10-12% liegen kann. Deckend pigmentierte Systeme werden heute je nach Hersteller mit sehr unterschiedlichem Festkörpergehalt von 25-45% angeboten (Prieto und Keine 2007), was wiederum zu einer breiten Spanne der Schichtdicke für diese Varianten führt (40-120µm). Wie bei allen bis jetzt genannten Systemen ist eine ausgeprägte Diffusionsoffenheit angestrebt. Aufgrund der polymeren Grundstruktur ist dabei für deckende Beschichtungen system- und feuchteabhängig mit μ -Werten zwischen 2500-3000 zu rechnen ($\mu_{\text{Holz}} \cong 50-100$), was zu s_d -Werten von 1-1.5m führt. Neue Beschichtungssysteme auf mineralischer Basis sind demgegenüber deutlich diffusionsoffener bei μ -Werten von ca. 1000. Derartige Systeme sind eigentlich für mineralische Untergründe konzipiert, da sie die Quell- und Schwindbewegungen von Holz nicht ausgleichen können. Bei neuen Ansätzen ist es unter Verwendung spezieller Grundierungen (organische Bindemittel) möglich, mineralische Farben auch bei Holzfassaden einzusetzen.

Dadurch ergibt sich eine sehr widerstandsfähige Oberfläche mit hohem UV- und Feuchteschutz. Derartige Systeme zeigen eine sehr offene Mikrostruktur, wodurch sich die hohe Dampfdurchlässigkeit ergibt, was aber auch eine Verschmutzung und den Befall durch Schimmelpilze unterstützt. Lasierende Systeme auf mineralischer Basis sind nicht im Einsatz.



Abbildung 14: Fassade mit Dickschichtlasur ostexponiert nach 5 Jahren Nutzungsdauer, die Erscheinung ist sehr gleichmässig (Volkmer und Höltschi 2008)

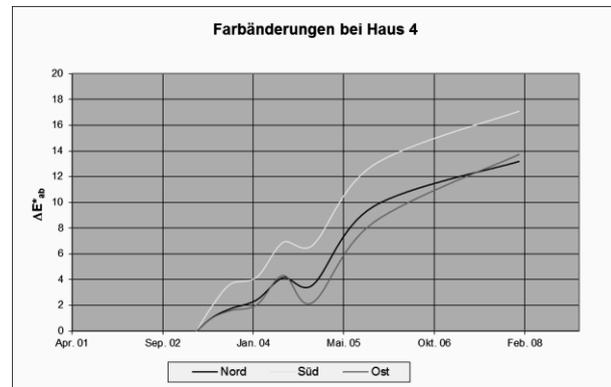


Abbildung 15: Farbveränderung einer Fassade beschichtet mit Dickschichtlasur (gelb) in Abhängigkeit der Exposition und Zeit (bei unbehandelten Fassaden ist unter gleichen Bedingungen mit Farbänderungen von $\Delta E > 45$ zu rechnen) (Volkmer und Höltschi 2008)

Neben den oben beschriebenen Varianten gibt es eine Reihe an Behandlungssystemen, welche nicht klar eizuordnend sind, da es Überschneidungen zwischen den einzelnen Produkten hinsichtlich Pigmentierung, Bindemittelbasis oder Schichtdicke gibt.

Darüber hinaus ist an dieser Stelle noch eine weitere Behandlungsvariante zu nennen, welche momentan von 2 Firmen (in der Schweiz) angewendet wird, dabei handelt es sich um **eine natürliche Vorvergrauung** (Abbildung 17). Dazu werden die Fassadenelemente mehrere Monate dem Wetter exponiert ausgesetzt, um den Alterungsprozess zu beschleunigen. Der Vorgang wird dabei je nach Verfahren durch eine Behandlung mit einer Sporensuspension unterstützt, was zu einer schnelleren Kolonialisierung der Oberfläche durch ausgewählte Schimmel-/Bläuepilze führt (Abbildung 16). Entsprechende Produkte sind unter der Bezeichnung „ecogris“ oder «Biod» am Markt erhältlich.

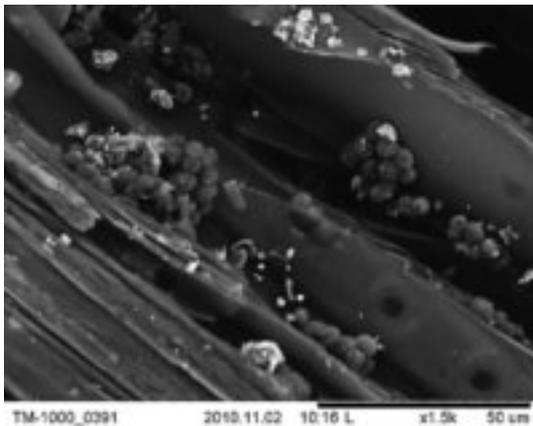


Abbildung 16: elektronenmikroskopische Aufnahme einer natürlich vorvergrauten Holzoberfläche, bekannt unter dem Namen Biod, es sind deutliche Ablagerungen von Pilzsporen zu sehen, sowie eine leichte Degradation (Längs- und Querrisse) des Holzverbundes (Volkmer 2008)



Abbildung 17: Vorvergraute Fassade (westexponiert) nach 5 Jahren Nutzungsdauer, das Erscheinungsbild ist relativ gleichmässig und vermittelt den natürlichen Holzcharakter (Volkmer und Höltschi 2008)

4. Zusammenfassung

Holzoberflächen bei Anwendungen im Aussenbereich sind ähnlich wie andere Bauteiloberflächen (von Beton, Glass, Kunststoff u.a.) einer Vielzahl an Einflussfaktoren ausgesetzt. Diese können zu einer starken Erosion und einer Zerstörung der Oberflächen und des gesamten Bauteils führen. Sonnenstrahlung, und Feuchtigkeit sind die wichtigsten

Faktoren. Wenn diese in Kombination auftreten, laufen verschiedene Mechanismen ab, welche zu einem photo-chemischen Abbau der Oberfläche führen. Eine traditionelle Methode Holzoberflächen vor einem solchen Abbau zu schützen ist der Einsatz von diversen Beschichtungen. Die wesentlichen Anforderungen an solche Systeme sind:

- Abhalten von flüssigem Wasser bei gleichzeitiger Diffusionsoffenheit
- Schutz vor UV-Strahlung
- Gewährleistung einer guten Haftung auf dem Substrat
- Vielfältige optische Gestaltungsmöglichkeiten
- Lange Renovationsintervalle

Neben klassischen Beschichtungssystemen gibt es noch chemische und thermische Modifizierungsvarianten durch welche das Holz und die Holzoberflächen ebenfalls geschützt werden.

Nutzungsbedingt stehen Fassaden nicht in direktem Erdkontakt und bei fachgerechter Konstruktion ist ein kontinuierliches Austrocknen auch immer wieder gewährleistet. Von daher ist ein chemischer Schutz vor holzerstörenden Pilzen und Insekten nicht notwendig, obwohl teilweise derartige Systeme im Fassadenbereich angewendet werden. Die filmbildenden Beschichtungssysteme, Lasuren und stark pigmentierte Lacke, sind durch europäische Normen hinsichtlich der zu erfüllenden Anforderungen spezifiziert, wodurch auch eine Qualitätskontrolle möglich ist. Der gesamte Bereich der nichtfilmbildenden Systeme umfasst ein sehr breites Spektrum und ist nicht durch Normen erfasst, weshalb eine qualitative Bewertung sehr schwierig ist. Das liegt auch darin begründet, dass derartige Systeme sehr spezifisch sind und oftmals nur einen Aspekt des Oberflächenschutzes abdecken (Feuchteschutz oder UV-Schutz oder farbliche Gestaltung). Gerade bei den nichtfilmbildenden Systemen finden sich eine Reihe an transparenten Varianten. Diese Art der Oberflächenbehandlung ist aus Sicht der Bauherrschaft oft gewünscht, bedarf aber eines regelmässigen Unterhalts in kurzen Zeitintervallen, was für mehrgeschossige Objekte nicht realistisch ist.

Es besteht auch die Möglichkeit Holzfassaden nicht zusätzlich zu behandeln. Das führt zu einem natürlichen Vergrauungsprozess, welcher je nach Konstruktion der Fassade mehr oder weniger gleichmässig ausfällt. Bei einer entsprechenden Beratung der Bauherrschaft, handelt es sich hierbei um einer sehr kostengünstige Variante, bei welcher es jedoch keine optischen Gestaltungsspielraum gibt. Es besteht jedoch die Möglichkeit derartige Fassaden längerfristig zu reinigen. Dieser Prozess ist sehr einfach aber äusserst effektiv. Bei geringem Material- (Wasser) und Arbeitsaufwand lassen sich derartige Fassaden relativ leicht wieder in den Neuzustand versetzen.

5. Literatur

- [1] Barbotin S (2014): Micro-preparation of wooden samples to study the distribution of natural glue systems in wood, Master Thesis EPFL
- [2] Böttcher P (2003): Beschichtungen von Holz und Holzwerkstoffe im Aussenbereich, in: Lackhandbuch Holz (2003), DRW Verlag
- [3] Desai RL (1968): Photo degradation of Cellulosic Materials - A Review of the Literature, Pulp and Paper Magazine of Canada 16/8, 53-61
- [4] The Photodegradation of Wood during Solar Irradiation, Holz als Roh- und Werkstoff 39, 341-350.
- [5] Emmler R (2003): Abschlussbericht zur Verschmutzungsneigung von Möbeloberflächen, ihd-Dresden
- [6] Erler K (2002): Holz im Aussenbereich, Birkhäuserverlag
- [7] Feist W, Hon D (1984): Chemistry of Weathering and Protection, aus «Chemistry of solid wood» Advances in Chemistry Series No. 207 by Rowell R.M, American chemical Society`s, 401-451
- [8] Frank W (1973): Einwirkung von Regen und Wind auf Gebäudefassaden, Wilhelm Ernst & Sohn, Sonderdruck aus: Berichte aus der Bauforschung 86

- [9] Ganne-Chédeville C, Volkmer T, Letsch B (2010). Nachhaltige Reinigung von unbehandelten Holzfassaden - Ergebnisse aus laufenden Forschungsprojekten, SAH Tagung 26.-27.10.2010 Weinfelden, Konferenzpapier
- [10] Geiser M (2005): Einfluss des Schlagregens auf die farbliche Veränderung von Holzoberflächen, unveröffentlichte Feldstudie, Hochschule für Architektur, Bau und Holz
- [11] Hon DN-S (2000). Photochemistry of wood, In: Hon D.N.-S., Shiraishi N. (Ed.): Wood and Cellulose Chemistry, Kap. 11, 525-555, New York, Mark Dekker.
- [12] Meijer dM, Millitz H (2001): Moisture Transport in coated Wood. Part 2: Influence of coating type, film thickness, wood species and moisture gradient on kinetics of sorption and dimensional change, Holz als Roh- und Werkstoff 58, 467-475
- [13] Schmid EV (1998a): Aussenbewitterung von Holzlasuren, *Applica* 3, 10-17
- [14] Schmid EV (1998b): Renovation von abgewitterten Holzlasuren, *Applica* 18, 2-6
- [15] Schulz H, Böttcher P, Neigenfind W (1973): Einfluss einiger Anstrichsysteme und Farbtönungen auf den Feuchtehaushalt natürlich bewitterter Holzproben, Holz als Roh- und Werkstoff 31, 132-137
- [16] Schwarze FWMR (2003): Vorlesungsskript Holzmodifikation, Universität Freiburg
- [17] Sell J (1981): Klimabedingungen und Wetterbeanspruchung von Aussenbauteilen, in *Holzaussenverwendung im Hochbau* (Willeitner H., Schwab E.), Verlagsanstalt A. Koch GmbH Stuttgart
- [18] Sell J (2001): Oberflächenschutz von Holzfassaden, *Lignatec/Die technischen Holzinformation der Lignum* 13
- [19] Sell J, Graf E, Richter S und Fischer J (1995): Holzschutz im Bauwesen, *Lignatec* 1
- [20] Selter W (2007): Neue Entwicklungen in der Behandlung von Holzoberflächen, *Applica* 8
- [21] Turkulin H, Sell J (2002): Investigations into photodegradation of wood using microtensile testing. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 60(2), 96-105
- [22] Volkmer T (2006): Oberflächenbehandlung von Holz im Aussenbereich, *Applica* 8, 2-5
- [23] Volkmer T (2008): Schimmelpilze auf beschichteten Holzfassaden – physikalische und chemische Einflussfaktoren, Dissertation Uni Freiburg i.Brsg.
- [24] Volkmer T, Höltschi Ch (2008): Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Holzschutzmassnahmen im Aussenbereich, Forschungsbericht BFH NR. 6746-SB-01
- [25] Volkmer T, Höltschi Ch (2009): Holzfassaden verändern ihre Farbe, *Applica* 5, 12-16
- [26] Volkmer T, Arietano L, Plummer C, Strautmann J, Noël M (2013): Loss of tensile strength in cellulose tissue on the surface of spruce (*Picea abies*) caused by natural photodegradation and delignification, *Polymerdegradation and Stability*, 98 (6), pg. 1118–1125
- [27] Williams RS, Knaebe MT, Sotos PG, Feist WC (2001a). Erosion Rates of Wood during natural Weathering: Part 1 Effects of Grain Angle and Surface Texture, *Wood and Fiber Science*, 33(1) 31-42.
- [28] Williams RS, Knaebe MT, Sotos PG, Feist WC. (2001b). Erosion Rates of Wood during natural Weathering: Part 2 Early Wood and Late Wood Erosion Rates, *Wood and Fiber Science*, 33 (1) 43-49.
- [29] SN EN 927 Beschichtungsstoffe - Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Aussenbereich: 1-6
- [30] EN 335.2 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Definition der Gebrauchsklassen - Teil 2: Anwendung bei Vollholz

Holzfassade und Architektur

Prof. Hermann Kaufmann
Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH
Schwarzach, Österreich



Holzfassade und Architektur

Kaum etwas polarisiert in der Diskussion über Holzbau mehr, wie die Holzfassade. Für die einen der Inbegriff an Schönheit und Lebendigkeit, für die anderen hässlich, fleckig, vergänglich und billig. Beide Positionen sind mit Beispielen belegbar, was zeigt, dass man auch hier etwas falsch, aber auch richtig machen kann. Das Wesen einer naturbelassenen Holzfassade ist ihre Veränderbarkeit. Es ist unumgänglich, diese mit in das Gestaltungskonzept sowie die Detailentwicklung einer Fassade einzubeziehen. Das braucht einiges an Befassung und Beobachtung und regionale Eigenheiten machen Planungsregeln und Prognosen sehr schwer. Historische Beispiele sind wunderbare «Vorlagen» dafür. Der jeweils auf den Ort bezogene konstruktive Holzschutz beeinflusst dabei das Gesicht des Gebäudes, die spezifische Physionomie ermöglicht meist eine exakte regionale Zuordnung. Diese historisch gewachsene Differenzierung ist ein Fundus der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten von Holzfassaden. Die Moderne dagegen ist «glatter» geworden. Die Reduktion der Profilierungen reduziert den spezifischen Ausdruck, dennoch vermag oft lediglich die Struktur einer Verschalung ein lebendiges Erscheinungsbild entstehen. Das ist der Reiz des Materials Holz, dass auch trotz Reduktion eine Nahbarkeit möglich ist.

Aus meiner langjährigen Befassung mit dem Thema werde ich versuchen, Veränderungsprozesse zu dokumentieren und Schlüsse daraus zu ziehen. Ebenfalls interessant scheint mir zu sein, dass Farbe im Zusammenhang mit Holzfassaden eine wirkliche Bereicherung ist und das Anwendungsgebiet stark erweitert. Aus der Geschichte der Holzfassaden ist die farbige Beschichtung nicht wegzudenken, auch in der modernen Architektur scheint sie wieder stark an Bedeutung zu gewinnen.

1. Beispiele

<p>Wohnanlage Ölbündt Dornbirn 1996 und 2019</p> <p>1996 wurde das Wohnhaus in Dornbirn (AT) erbaut. Vordächer schützen die Fassade vor der Witterung. Die Stülpschalung aus unbehandeltem Lärchenholz hat sich über die letzten 22 Jahre gut gehalten.</p>		
<p>Raiffeisenbank Mittelbregenz- zerwald Egg 2010 und 2019</p> <p>Die Schindelfassade aus Fichtenholz ist nicht hinterlüftet – bei einem Holzbau sei das nicht nötig, erklärt Kaufmann. Innerhalb von neun Jahren ist die Fassade gleichmäßig vergraut.</p>		
<p>Wohnanlage Hard 2003 und 2019</p> <p>Schützen sollten die Vordächer die Fassade aus Lärchenholz. Stattdessen haben diese eine ungleichmäßige Verwitterung verursacht. «Heute würden wir das anders machen», gibt der Architekt freimütig zu.</p>		

Olpererhütte Tirol
2007 und 2019

Eine Schindelfassade aus Lärche umkleidet die Tiroler Schutzhütte auf 2388 Meter über Meer. Mit der vergrauten Fassade passt der Bau heute noch besser in die Umgebung – wie ein Fels in der Landschaft.



Sutterlüty Markt Weiler
2002 und 2019

Der Lebensmittelmarkt wurde mit einer Fassade Akazienholz verschalt. Ein sehr bewegtes Holz, weshalb kurze Balken eingesetzt sind, die von bündigem Querholz unterteilt sind. Gleichmäßig ist die Fassade ergraut und hat eine eigene Textur erhalten.



Wohnanlage Mühlweg Wien
2006 und 2019



Wohnanlage Neudorfstraße
Wolfurt 2001 und 2019



**Eine Frage der Ökologie:
Planen, Bauen und Leben im urbanen Raum**

Repetitiver Holzbau: Grossprojekt ELMEN / Konzeption und Ausführung der Musterhäuser

Gary Kolbach
Société Nationale des Habitations à Bon Marché S.A. (SNHBM)
Luxemburg, Luxemburg



Repetitiver Holzbau: Großprojekt ELMEN / Konzeption und Ausführung der Musterhäuser

1. Einleitung

Die erste Frage die sich stellt, bei der Entwicklung eines Neubauprojektes ist die:

Wie wollen wir in Zukunft leben und was sind die heutigen und auch die morgigen Bedürfnisse der zukünftigen Nutzer.

Am Beispiel Elmen wollen wir Ihnen darlegen wie man kostengünstig ein Großprojekt im menschlichen Maßstab umsetzen kann.

2. Eckdaten

- Land Luxemburg
- Gemeinde Kehlen
- Ortschaft Olm
- Größe +/- 27 Hektar
- Ausmaße +/- 1300 m x 300 m
- Einfamilienhäuser +/- 375 Einheiten
- Mehrfamilienhäuser +/- 375 Einheiten
- Einwohner +/- 2000
- Baubeginn 2018
- Geplante Fertigstellung +/- 2032

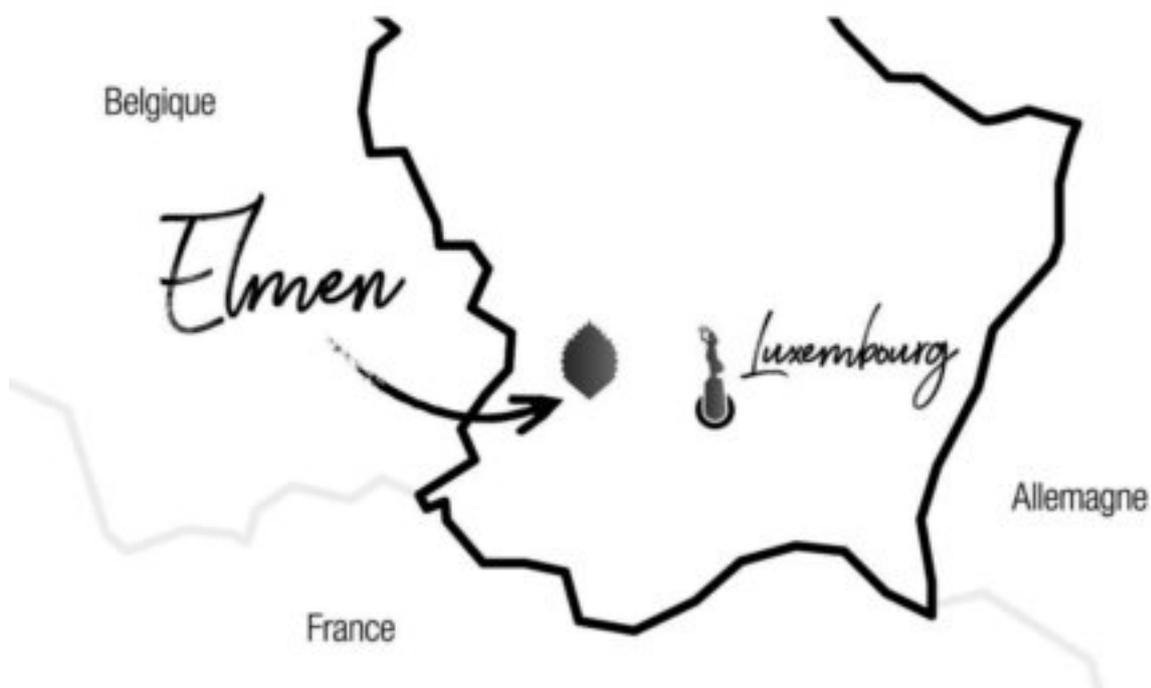


Abbildung 1: Karte von Luxemburg

3. Von den ersten Ideen hin zur Umsetzung

In einer Arbeitsgruppe mit Gemeindevertretern sowie unterschiedlichen Minsiterien, wurden die ersten Überlegungen sowie die Wunschvorstellung des Projektes definiert und in einem Leitfaden umrissen.

Die alles überlagernde Frage war: Wie können wir die Lebensqualität und den sozialen Zusammenhalt wieder stärken und dies unter den Gesichtspunkten einer guten Lebensqualität im öffentlichen-, wie im privatem Lebensraum, dies in Verbindung mit einer finanziellen, zeitnahen und kostengünstigen Entwicklung.



Abbildung 2: Karte ELMEN

Es galt ein ausgeglichenes Maß zwischen Wohnungsmangel und einem gesundem Wachstum für die Gemeinde zu finden. Das Projekt wurde in mehrere Phasen aufgeteilt. Eine bestimmte Anzahl an Wohneinheiten wurden definiert. Dies, um dem Projekt eine ausreichende Anzahl an Bewohnern zu ermöglichen, damit die Nutzfunktionen überleben können und somit den Anwohnern sämtliche Vorteile von Anfang an zur Verfügung stehen.

4. Freiraum

Einer der ersten Ansatzpunkte um die hochgesteckten Ziele zu erreichen, waren Überlegungen wie sich das Auto in das Gebiet einfügen soll. Die Schlussfolgerungen der Überlegungen sind relativ einfach, durch die Umgestaltung des Strassenraumes hin zur Priorität für die Fussgänger und die Fahrradfahrer, entsteht ein öffentlicher Raum welcher dem Anwohner zugute kommt. Kinder können in den Strassen spielen, Nachbarn können sich grüßen ohne durch parkende Autos oder Verkehr gestört zu werden.

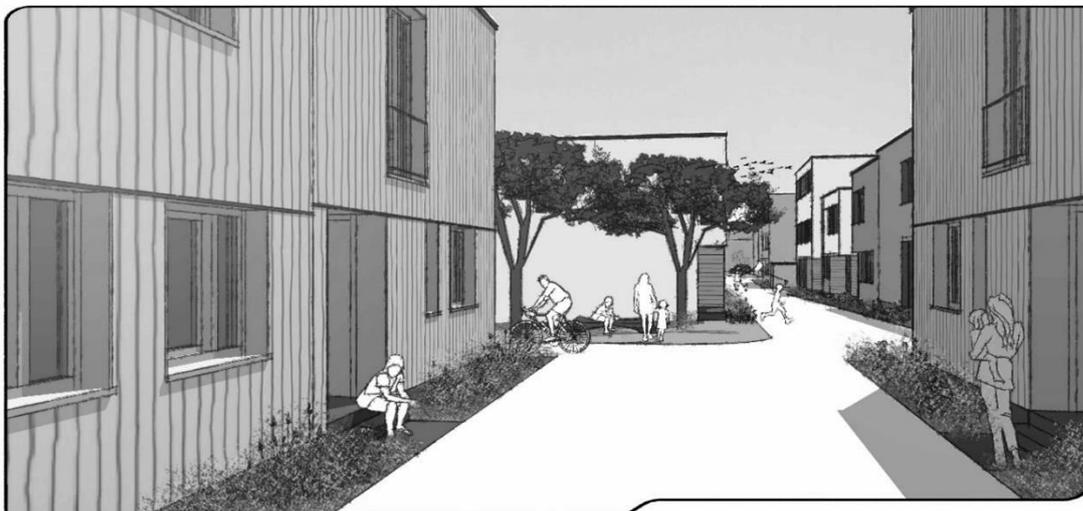


Abbildung 3: BILD Straßenraum

Dadurch stellte sich natürlich die Frage wohin mit den Autos? Hier greifen wir auf Sammelparkhäuser zurück. Eine Maßnahme an die sich vielleicht nur ein öffentlicher Bauträger heranwagen kann. Die Parkhäuser sind punktuell ins Quartier eingebunden und reduzieren gleichzeitig den Flächenverbrauch des Gebietes. Die Parkhäuser schaffen Identität und bringen durch ihre Zentralität die Anwohner zusammen. Auf dem maximalen 200 Meter Fussweg ergeben sich Möglichkeiten der Begegnung und des Zusammenfindens.



Abbildung 4: Parkhaus

Gleichzeitig sind Quartiersplätze an die Parkhäuser angebunden, diese sollen unterschiedliche Qualitäten der Freizeitgestaltung anbieten und auch eine grössere Vielfalt an Aussenräumen im Wohngebiet anbieten. Diese unterschiedlichen Aussenräumen sollen den Anwohner jedes Alters und Kultur, als Treffpunkt dienen und durch unterschiedliche Größen sowie Nutzungen, eine reiche Vielfalt an landlichen sowie urbanen Treffpunkten und Aufenthaltsorte bieten. Wir unterteilen diese unterschiedlichen Plätze unter zentraler Platz mit öffentlichen Nutzungen, Quartiesplätze welche den verschiedenen Quartieren einen Identität geben sollen sowie den Nachbarschaftsplätzen welche den Strassenraum und die Nachbarschaft direkt gestalten. All diese Maßnahmen dienen dazu dem Ort eine möglichst hohe Aufenthaltsqualität zugeben, damit sich die Anwohner mit dem Ort, ihrer Strasse und ihrer Nachbarschaft identifizieren.



Abbildung 5: Plätze

5. Nachhaltigkeit

Der Gedanke von Identifizierung und unterschiedlichen Platzgestaltungen findet sich auch in den Grünbereichen wieder. Die Grünbereiche durchschneiden die 3 Bauphasen und bilden trotzdem einen zusammenhängenden Grünbereich. Dieser Grünbereich gestaltet auch den Übergang zwischen der Bebauung und der umliegenden Natur, so dass sich das Wohngebiet bestmöglichst in ihre Umgebung einfügen kann. Insgesamt werden rund 40% der Grundfläche an die öffentliche Hand abgetreten.



Abbildung 6: Grünfläche

Städtebaulich wird das Gebiet durch eine zentrale Achse definiert, die Gebäude entwickeln sich entlang dem natürlichen Gelände, um sich der Umgebung besser anzupassen und um den Bodenaushub, wie auch das Bewegen von Erdmassen auf ein Minimum zu reduzieren. Aktuell werden etwa nur 4 % der bebauten Fläche unterkellert.

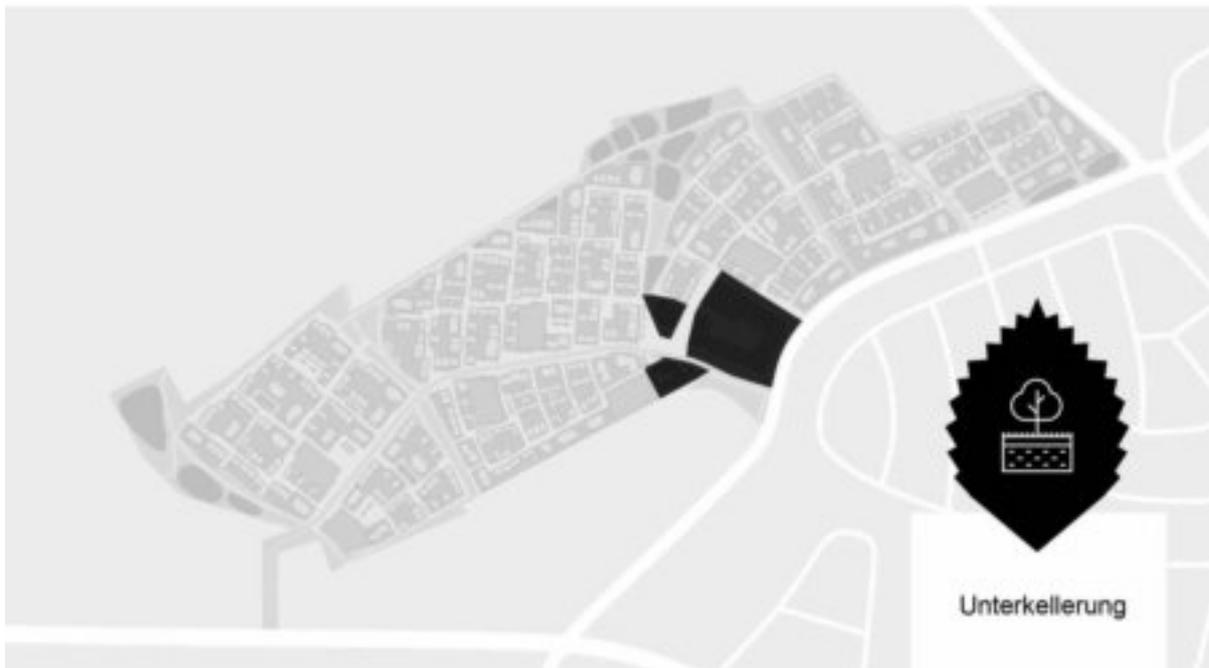


Abbildung 7: Unterkellerung

Sämtliches Regenwasser, wird oberirdisch im Straßenraum hin zu den Retentionsbecken abgeführt. In den Retentionsbecken kann das Wasser verdampfen sowie versickern bevor es in den naheliegenden Bach geführt wird. Diese Maßnahme ermöglicht ein Trennsystem von Regenwasser und Schmutzwasser und entlastet zusätzlich die lokale Kläranlage.



Abbildung 8: Abwassersystem

6. Repetitiver Wohnungsbau

Um diese städtebaulichen Ideen der Identität sowie des sozialen Zusammenlebens auch in den Wohnbereichen zu integrieren, haben wir uns dazu entschieden verschiedene Typologien mit unterschiedlichen Bedürfnissen zu entwickeln, dies sowohl für die Einfamilienhäuser, wie auch für die Mehrfamilienhäuser. Ziel ist es, eine größtmögliche Vielfalt von Wohnformen anzubieten, dies im Hinblick auf die dringend benötigten kostengünstigen Wohnraum.

Es wurden insgesamt 9 Typologien von Einfamilienhäuser entwickelt, mit einer Größe von 120 bis 170 m².



Abbildung 9: Musterhäuser

In den Grundrissen der Einfamilienhäuser spiegeln sich verschiedene Grundideen aus dem Städtebau wieder. So wurden Aussenabstellräume so angeordnet, dass sie für Fahrräder vom Strassenraum zugänglich sind. Die Wohnbereiche mit den anschliessenden Garten, wurden so orientiert, dass sie Einblicke zwischen privatem wie öffentlichem Raum zulassen.



Abbildung 9: Plan Musterhaus

Sämtliche Einfamilienhäuser werden in Massivholzbauweise errichtet, im Gegensatz zu den Mehrfamilienhäusern welche in Stahlbeton errichtet werden.

Bei den Mehrfamilienhäusern haben wir insgesamt 4 Typologien entwickelt, diese mit 3, 5, 6 und 8 Wohneinheiten. Dies sind relativ kleine Wohnblöcke um Kostengünstig zuzubauen, jedoch war uns der menschliche Maßstab wichtig um einer Nachbarschaft zu erzeugen und eine Anonymität zu vermeiden.



Abbildung 11: Mehrfamilienhäuser

Die Idee der größtmöglichen kostengünstigsten Vielfalt, wurden bis ins Innere der unterschiedlichen Räume ausgeführt. Dazu wurden 3 Ausstattungspakete entwickelt, welche einen vorgegebenen Rahmen bilden. In diesem Rahmen können sie die zukünftigen Besitzer ganz persönlich nach den eigenen Wünschen ihr Eigen zusammenstellen.

Städtebaulich wurden sämtliche Typologien, sowohl Einfamilienhäuser wie auch Mehrfamilienhäuser quer im Gebiet verteilt, dies gelingt uns durch die immer wiederkehrenden Typologien recht spielerisch. Wir können so unterschiedliche urbane Räume und Qualitäten schaffen. Je nach Wunsch und Bedürfniss der Bewohner hat man so die Möglichkeit zentraler oder doch etwas abgelegener zu wohnen. Desweiteren schaffen wir mit dieser Durchmischung auch ein soziales Gleichgewicht von Eigentumswohnungen und Mietwohnungen und stärken dadurch das Gefühl der Gemeinschaft.

Diese Vielfalt der Anordnung einiger weniger Typologien ermöglichen jedoch Wohnräume zu unterschiedlichen Preisen sowie unterschiedlichen Bedürfnissen. Dies spiegelt einen Querschnitt unserer Gesellschaft wieder.

Repetitiver Holzbau: Grossprojekt ELMEN / Konzeption und Ausführung der Musterhäuser

Philipp Waldmann
Société Nationale des Habitations à Bon Marché S.A.
Luxemburg, Luxemburg



Repetitiver Holzbau: Grossprojekt ELMEN / Konzeption und Ausführung der Musterhäuser

1. Einleitung

Auf dem Gelände des «PAP NQ ELMEN 01» entstehen in den kommenden Jahren in einer ersten Phase ca. 350 Wohneinheiten, davon in etwa die Hälfte als Einfamilienhäuser, der Rest als kleine Mehrfamilienhäuser mit jeweils 5 bis 8 Wohneinheiten je Gebäude.

Die Bebauung des Ilots 3-11 umfasst neun als Musterhäuser für die restliche Siedlung konzipierte Einfamilienhäuser. Es kommen hier 8 von insgesamt 9 verschiedenen Haustypen vor. Ein Typ wird zweimal gebaut. Alle Häuser umfassen zwei Geschosse – Erdgeschoss und Obergeschoss – und sind nicht unterkellert. Zu jedem Haus gehört ein kleiner Garten und eine der Bebauung angepasster Gartenlaube, welche als Abstellraum dient. Für die gesamte Wohnsiedlung sind Flachdächer vorgesehen.



Abbildung 1: Musterhäuser des Ilots 3-11

In den darauffolgenden Bauphasen «PAP NQ ELMEN 02» und «PAP NQ ELMEN 03» wird zusammen noch einmal die gleiche Anzahl an Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern entstehen.

2. Aufbau der Konstruktion

Da die Musterhäuser sozusagen als Prototypen für insgesamt ca. 350 Häuser zu errichten waren, wurde bei der Planung, Ausschreibung und Ausführung ein grosses Augenmerk auf die zukünftige grosse Stückzahl und Serienproduktion gelegt.

Alle Einfamilienhäuser wurden in Holzbauweise geplant. Die Aussenwände und Decken bestehen aus massiven Brettsperrholzelementen. Die tragenden Innenwände werden in Holztafelbauweise mit OSB-Beplankung errichtet, um die elektrischen Installation einfacher den Kundenwünschen anpassen zu können. Die Trennwände werden in Trockenbauweise ausgeführt.

Die Bodenplatte wird in Stahlbetonbauweise hergestellt, ebenso wie die Innentreppe, die als Stahlbetonfertigteile mit Sichtoberfläche geliefert wird. Die Innentreppe wurde massiv ausgeführt, um die thermische Speicherkapazität zu vergrössern.



Abbildung 2: Innentreppe als Stahlbetonfertigteile

Grundsätzlich befinden sich im Erdgeschoss die Wohnräume und der Technikraum, in dem alle technischen Anlagen und Einspeisung zusammengeführt werden. Im Obergeschoss befinden sich die Schlafräume und Badezimmer.

Die Lüftungsversorgung für die einzelnen Wohnräume wird für das Erdgeschoss im Estrich der darüber liegenden Decke geführt, für das Obergeschoss in der Abhang Decke unter dem Flachdach. Die Brettspertholzdecke über dem Erdgeschoss ist standardmässig in Sichtqualität vorgesehen, kann aber vom Kunden optional, wie im Obergeschoss, mit einer Abhang Decke ausgeführt werden.

Die Holzfenster mit einer Dreifach-Isolierverglasung werden überall mit einem aussenliegenden Sonnenschutz versehen. Jede Parzelle besitzt einen ungedämmten Aussenabstellraum, der vom Garten aus zugänglich ist, als Kompensation für den fehlenden Keller und Speicher. Alle Flachdächer, auch die des Abstellraumes, sind begrünt und dienen als Retentionsfläche.

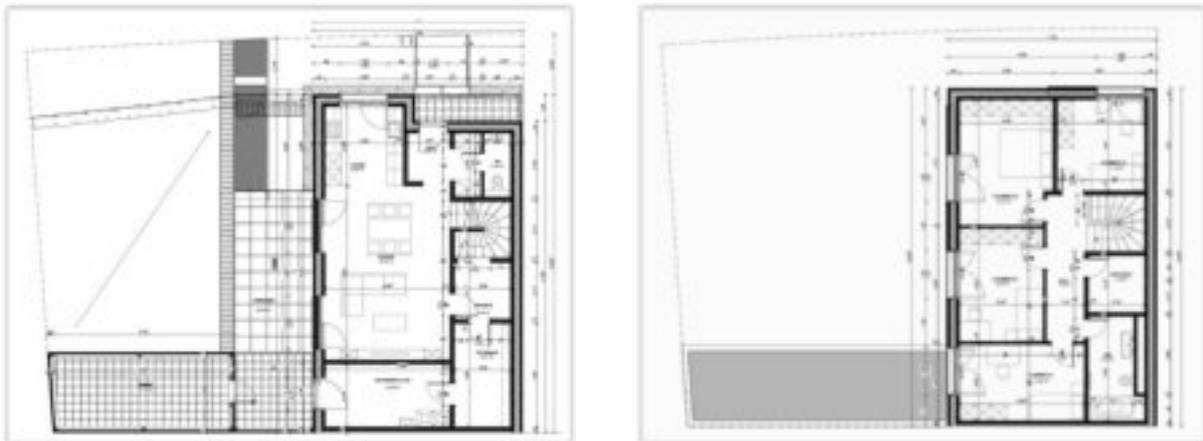


Abbildung 3: Grundrisse eines Musterhauses (Typ 7) – Erdgeschoss und Obergeschoss

Um keine Uniformität der Häuser aufkommen zu lassen, kommen unterschiedliche Fassadenmaterialien zum Einsatz – Putz, Holzverschalung, Plattenbekleidung. Je nach Haustyp auch mehrere Fassadensysteme pro Haus. Die Fassadentypen wurden so konzipiert, dass sie alle eine gleiche Dicke aufweisen und somit beliebig je Haus austauschbar sind.

Die Holz- und Plattenfassaden sind hinterlüftet und werden auf einer vollständig ausisolierten Dämmständerenebene aufgebracht. Die Putzfassade wird als Wärmedämmverbundsystem mit einer Dämmung aus Mineralwolle ausgeführt.

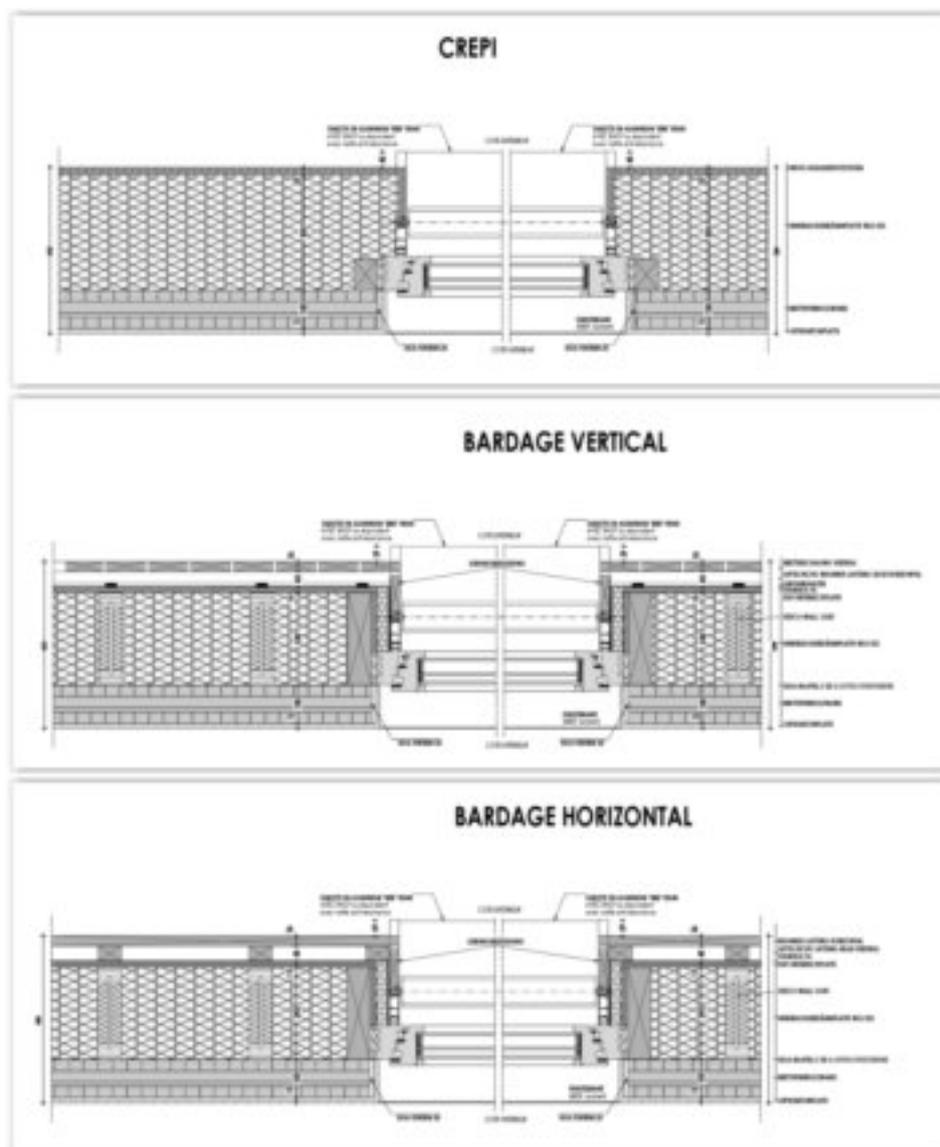


Abbildung 4: Drei beliebig austauschbare Fassadentypen – Putzfassade / vertikal angeordnete Holzverkleidung / horizontal angeordnete Holzverkleidung

3. Energiekonzept

Energetisch wurden die Häuser für den NZEB-Standard (nearly zero energy buildings) ausgelegt.

Jedes Gebäude erhält ein thermodynamisches 4/1-Doppellüftungsgerät. Bei diesem System werden 4 Systeme in einem kompakten Gerät kombiniert. Die Lüftung, Heizung, Kühlung und die Warmwasserbereitung. Mithilfe eines hocheffizienten Gegenstromtauschers wird hierbei die Energie aus der abgesaugten Luft zurückgewonnen. Die Restenergie, wird von einer Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung und zur Erwärmung der Zuluft zugeführt. Das Gerät kann die im Sommer eingeblasene Luft in einem gewissen Masse kühlen. Die Kühlfunktion funktioniert jedoch nicht als Klimagerät.

Bei den Musterhäusern werden zu Testzwecken zwei unterschiedliche Geräte eingesetzt. Zum einen das «Nilan Compact P XL» des Weiteren das «Pichler PKOM4». Die Verteilung der Belüftung erfolgt über standardmässige Lüftungsrohre, die im Estrich, bzw. in der Abhang Decke verlegt sind.

Als zusätzliche Heizung kommt eine elektrische Flächenheizung zum Einsatz, welche direkt unter den Bodenbelag (Fliesen oder Parkett) auf den Estrich eingespachtelt wird. Diese Art von Flächenheizung reagiert sehr schnell, und ist nicht so träge wie übliche Fussbodenheizungen.

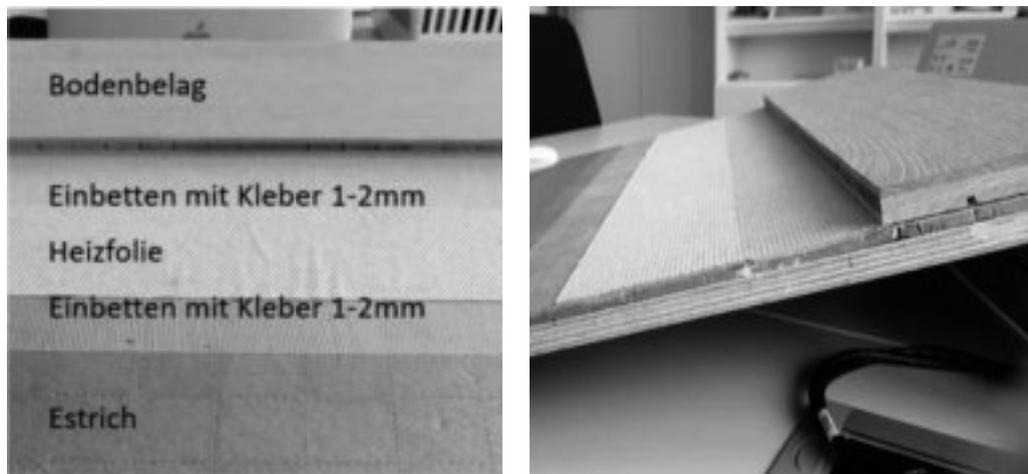


Abbildung 5: Aufbau der Fussbodenheizung mit Heizmatten aus Carbon-Kunststoff-Verbundmaterial

Die Flächenheizung besteht aus Heizfolien aus einem sehr dünnen Carbon-Kunststoff-Verbundmaterial mit seitlichen Kupferbahnen zur Spannungsversorgung. Die homogene und dichte Netzstruktur des Gewebes ermöglicht eine gleichmässige Erwärmung der Bahnen und eine Unempfindlichkeit gegen Beschädigungen, ausgenommen der Kupferbahnen der Stromversorgung.

Die Steuerung der Raumtemperatur erfolgt über Raumthermostate, die die Transformatoren, welche raumindividuell vorgesehen sind, ansteuern.

Zur Energiegewinnung ist jedes Haus mit einer eigenen Photovoltaikanlage mit einer Kapazität von 4,2 kWp bis 7,5 kWp ausgestattet. Die Anlage deckt in erster Linie den eigenen Verbrauch ab. Bei einer Überproduktion wird diese in das lokale Netz eingespeist, oder bei einem zusätzlichen Bedarf diesem entnommen.

4. Besonderheiten bei der Ausschreibung und Ausführung der Musterhäuser

Verursacht durch die Grösse des Gesamtprojektes mussten die 9 Musterhäuser europaweit ausgeschrieben werden. Da es jedoch gewünscht war, dass möglichst viel «Know-How» von ausführenden Unternehmen in die Werkplanung des Projektes einfließt, wurde die Ausschreibung der geschlossenen Rohbauhülle in drei Lose aufgeteilt. Somit stiegen die Chancen, den Auftrag an mehrere Unternehmen zu vergeben.



Abbildung 6: Ausführungsstand der Rohbauarbeiten im Spätsommer 2019

Schlussendlich konnte der gesamte Auftrag an eine Arbeitsgemeinschaft von drei regionalen Holzbaubetrieben vergeben werden. Deren Erfahrung floss gemeinsam in die detaillierte Werkplanung und Optimierung des Projektes ein, und dient als Grundlage für die Planung der zukünftigen Einfamilienhäuser.

Bedingt durch die Arbeitsgemeinschaft von drei Unternehmen, sind durch unterschiedliche Lieferanten doch deutliche Unterschiede in der sichtbaren Holzkonstruktion der Brettschichtholzdecken erkennbar. Sowohl in der Anordnung des Fugenbildes, als auch in der Ausführung der Fugen der Sichtholzdecken sind die drei verschiedenen Lieferanten der Brettsperrholzelemente erkennbar. Dies gibt die Möglichkeit, die Käufern der zukünftiger Häuser darauf hinzuweisen, dass die gezeigten Häuser nur Muster darstellen, welche sich je nach Lieferant leicht unterscheiden können.



Abbildung 7: Drei Ausführungsvarianten der Brettschichtholzdecken in Sichtqualität

Prinz-Eugen-Park in München – die größte Holzbausiedlung in Deutschland entsteht

Ulrike Klar
Stadtdirektorin
Landeshauptstadt München
Referat für Stadtplanung und Bauordnung
München, Deutschland



Prinz-Eugen-Park in München – die größte Holzbausiedlung in Deutschland entsteht

1. Die größte Holzbausiedlung Deutschlands – Unsere Herausforderungen

1.1. Wohnen in München

Eine der wichtigsten Aufgaben in München ist die Versorgung der Bevölkerung mit bezahlbarem Wohnraum. München wird weiter wachsen und somit auch die Nachfrage nach Wohnungen. Gleichzeitig verknappen sich die zur Verfügung stehenden Siedlungsflächen im Stadtgebiet zunehmend.

Der Münchner Stadtrat hat daher das neue wohnungspolitische Handlungsprogramm «Wohnen in München VI» Ende 2016 beschlossen, in dem die Ziele der Münchner Wohnungspolitik fortgeschrieben und weiterentwickelt werden. Damit werden alle verfügbaren Instrumente genutzt, um den Anteil an preiswertem Wohnraum zu schützen und den Neubau von Wohnungen zu fördern. Seit seiner Erstauflage im Jahr 1989 sind über 157'000 Wohnungen fertiggestellt worden, das ist etwas mehr als der Wohnungsbestand von Karlsruhe.

Aufgrund der absehbaren Flächenverknappung lassen sich folgende Schwerpunkte für Wohnungsbaupotenziale identifizieren:

- Umstrukturierung von Gewerbegebieten in Wohngebiete,
- Nachverdichtung,
- Neuentwicklung.



Umstrukturierung

Verdichtung

Stadtrand

Abbildung 1: Strategien der Langfristigen Siedlungsentwicklung

Holz hat als Baumaterial eine Bedeutung gewonnen, die noch vor wenigen Jahren kaum denkbar war. Gerade bei der Nutzung der Wohnbaupotenziale Nachverdichtung und Neubau kann der Holzbau im Wohnungsbau große Vorteile bieten. Der Holzbau lässt sich vorfertigen und elementieren. Beim Bau bringt der Holzbau durch das schnelle Zusammenfügen der vorgefertigten Elemente deutliche Zeitvorteile und verursacht weniger Baustellenverkehr. Bautechnische Forschungen haben große Verbesserungen beim Brand-

und Schallschutz von Holzbauten bewirkt. Computergestützte Herstellungsmethoden ermöglichen völlig neue Formen der Gestaltung. Einer der ältesten Baustoffe liefert somit entscheidende Beiträge zu einer ressourcenschonenden Architektur, ein vertrautes Material präsentiert sich in einer neuen Vielfalt.

Bauen mit Holz ist ein Statement für ökologisch verantwortliches und nachhaltiges Bauen und kann zukünftig bei der langfristigen Siedlungsentwicklung und seinen Strategien für das Wohnen in München eine große Rolle spielen.

1.2. PERSPEKTIVE MÜNCHEN – Online Befragung

Neue Impulse erhielt der Holzbau in München durch die Fortschreibung des Münchner Stadtentwicklungskonzepts PERSPEKTIVE MÜNCHEN im Jahr 2012. In der Online-Befragung hatte der Vorschlag «München profiliert sich als international führende Holzbaustadt» die meisten Zustimmungen erhalten.

Der Münchner Stadtrat hat daraufhin das Referat für Stadtplanung und Bauordnung beauftragt, die Möglichkeiten für die Holzbauweise in München auszuloten.

2. Rolle und Einflussmöglichkeiten der Kommune

2.1. Der Stadtrat packt mit an

Eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung der Holzbauweise ist die Einbindung und umfassende Information der politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger. Das Referat für Stadtplanung und Bauordnung hat daher für die Mitglieder der wichtigsten Ausschüsse zum Beispiel eine Informationsfahrt nach Bad Aibling in die «City of Wood» oder nach Zürich zu Holzbauprojekten veranstaltet. Die bereits realisierten Gebäude sind Vorbildprojekte, gerade auch für den mehrgeschossigen Holzbau. Die Projekte zeigen, dass sich der Holzbau für private Bauherrinnen und Bauherren durchaus wirtschaftlich interessant darstellt.

2.2. Konzeptausschreibungen

Nachdem die Stadt München selbst nicht als Bauherrin für Wohnungsbauvorhaben fungiert, bestehen insbesondere bei der Ausschreibung und Vergabe städtischer Flächen für Wohnungsbau größte Einflussmöglichkeiten bei der Umsetzung bestimmter Ziele, wie beispielsweise der Holzbauweise.

Nach dem Eingang zitierten wohnungspolitischen Handlungsprogramm «Wohnen in München» werden städtische Wohnungsbaugrundstücke nicht mehr gegen Höchstgebot, sondern im Rahmen von Konzeptausschreibungen vergeben. Neben dem Preis nach Verkehrswert fließt auch die Qualität des Konzepts in die Bewertung ein. Wichtig ist dabei, dass die Qualitätsbausteine und Auswahlkriterien messbar und nachvollziehbar sind.

Für die Umsetzung der Holzbauweise bei den Projekten auf ehemals städtischen Flächen hat das Referat für Stadtplanung und Bauordnung daher das ökologische Kriterium «Einsatz nachwachsender Rohstoffe» eingeführt. Die Bewerberinnen und Bewerber verpflichten sich in ihren Angeboten zum Einsatz bestimmter Mengen an Holz bzw. nachwachsender Rohstoffe, um ihre Chancen bei der Vergabe aufrecht zu erhalten.

3. Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park

3.1. Ehemalige Prinz-Eugen-Kaserne

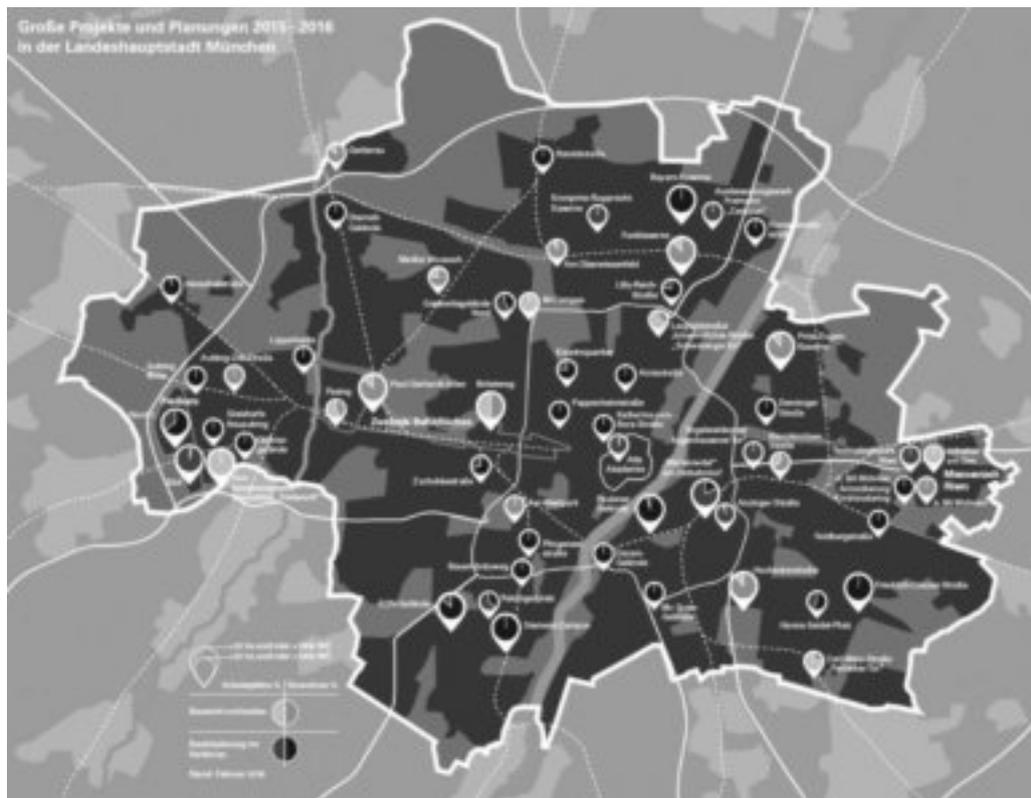


Abbildung 2: Große Planungen in München und Lage Prinz-Eugen-Park, 2017

Der Münchner Stadtrat hat das Referat für Stadtplanung und Bauordnung beauftragt, eine Ökologische Mustersiedlung in Holzbauweise umzusetzen. Die Karte (Abbildung 2) zeigt einerseits, dass derzeit große Planungen über das gesamte Stadtgebiet verteilt stattfinden sowie den Standort der Ökologischen Mustersiedlung. Der Standort ist ein Teilbereich in der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne, die die Stadt München 2005 vom Bund erworben hat.

3.2. Vorzeigequartier für nachhaltige Stadtentwicklung

Auf dem Gelände der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne entsteht seit 2016 ein Stadtquartier mit 1.800 Wohnungen, das Vorbildcharakter für ganz München hat. Das neue Stadtquartier wird nach dem Rahmenplan aus dem städtebaulichen Wettbewerb im Jahr 2009 (GSP Architekten und Rainer Schmidt Landschaftsarchitekten, beide München) entwickelt.

Der neue Prinz-Eugen-Park in Bogenhausen wird ein lebenswertes Quartier, bei dem viel Wert auf die Beteiligung der zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner sowie auf Gemeinschaftseinrichtungen, autoreduziertes Wohnen, eine gute Nahversorgung und vernetzte Nachbarschaften gelegt wird. Die Akteure haben sich zu einem Konsortium, bestehend aus den beiden städtischen Gesellschaften GEWOFAG und GWG, der staatlichen Gesellschaft Stadibau, Genossenschaften, Baugemeinschaften und freien Bauträgern zusammengeschlossen und errichten auf dem Areal Wohnanlagen und soziale Einrichtungen. Durch den Mix aus unterschiedlichen Wohnprojekten, unter anderem in staatlichen und städtischen Förderprogrammen, entsteht ein breites Angebot für verschiedene Einkommens- und Altersgruppen.

Im südlichen Bereich des Prinz-Eugen-Parks entsteht eine Ökologische Mustersiedlung in Holzbauweise. Damit möchte die Landeshauptstadt München den modernen Holzbau etablieren und neue Maßstäbe in puncto Klimaschutz und nachhaltiger Stadtentwicklung setzen. Unterschiedliche Gebäudetypen, bis hin zu siebengeschossigen Häusern werden

dort errichtet. Mit fast 600 Wohnungen entsteht die **größte zusammenhängende Holzbausiedlung Deutschlands**. Die Stadt hat dafür ein eigenes Förderprogramm ins Leben gerufen. Mitte 2020 soll die Mustersiedlung fertig sein, das erste Wohnungsbauprojekt bereits Mitte 2019.



Abbildung 3: Rahmenplan Prinz-Eugen-Park (GSP Arch., München) und Umgriff Mustersiedlung

4. Rolle und Einflussmöglichkeiten der Kommune

4.1. Definition: «Was ist ein Holzbau?»

Die Münchner Planungsexperten haben für die erfolgreiche Umsetzung der Holzbauweise drei wichtige Schwerpunkte festgelegt:

Die Ausschreibung und Vergabe der Grundstücke für die Ökologische Mustersiedlung in Holzbauweise erfordern Bewertungskriterien, die messbar sind und mit denen sichergestellt wird, dass die gewünschten Qualitäten umgesetzt werden.

Für die Definition der Holzbauweise hat die Stadt München als Kooperationspartnerin an einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojekt der TU München und der Ruhr Universität Bochum mitgewirkt. Im Ergebnis der Forschung ist ein geeigneter und gut messbarer Parameter zur Bewertung von Holzbauten die Menge Holz, die im Gebäude verbaut ist. Holz wird dabei als «nachwachsender Rohstoff» in der Abkürzung «nawaros» bezeichnet.

Als Einheit für die Bewertung dient die Masse in Kilogramm an nachwachsenden Rohstoffen («nawaros») je Quadratmeter Wohnfläche ($\text{kg nawaros}/\text{m}^2 \text{WF}$). So kann beispielsweise der Holzanteil im Geschosswohnungsbau – je nach Bauweise – bis zu 230 kg nawaros pro m^2 Wohnfläche betragen.

4.2. Förderung der Holzbauweise

Die Ökologische Mustersiedlung ist mit ihren Zielen und in der geplanten Größe ein bislang einmaliges Pilotprojekt für nachhaltiges Bauen. Um die Realisierung zu ermöglichen, hat der Münchner Stadtrat ein Förderprogramm speziell für die Ökologische Mustersiedlung beschlossen. Das Programm bietet den Akteuren einen Zuschuss für die Finanzierung der höheren Erstinvestition und der Mehraufwendungen für den Holzbau. Die Höhe des Zuschusses richtet sich nach der im Gebäude verbauten Masse Holz (in Kilogramm). Nach den Förderrichtlinien beträgt der Zuschuss bei kleinen Gebäuden bis drei Geschosse bis zu 0.70 Euro pro Kilogramm «nawaros» und beim Geschosswohnungsbau bis zu 2.00 Euro pro Kilogramm «nawaros». Der Münchner Stadtrat hat für das Zuschussprogramm Haushaltsmittel in Höhe von 13.6 Mio. Euro zur Verfügung gestellt.

4.3. Qualitätssicherung der Holzbauweise

Die Umsetzung des Holzbaus stellt für die Akteure eine große technische Herausforderung dar. Die Qualitätssicherung erfolgt über mehrere Bausteine:

Die Bauherren haben sich zu einem integrierten Planungsansatz verpflichtet. Erst dann kommen die wesentlichen Vorteile der Holzbauweise wie eine verkürzte Bauzeit, Kostensicherheit und die gewünschte Ausführungsqualität zur Geltung. Zudem müssen die verwendeten Holzbaustoffe aus nachhaltiger Bewirtschaftung oder aus der Region stammen.

Das speziell eingerichtete Ratgeber-Gremium mit vier anerkannten Expertinnen und Experten hat alle Projekte in der Planungsphase zu Brandschutz, Tragwerk und Schallschutz im mehrgeschossigen Holzbau beraten und begleitet.



Abbildung 4: Projekt der GWG München, Müller-Blaustein, Arch. Rapp

5. Ökologische Mustersiedlung - Die größte Holzbausiedlung Deutschlands

5.1. Was ist vor Ort zu sehen?

Die Ökologische Mustersiedlung wird von Baugemeinschaften und Baugenossenschaften sowie den städtischen Wohnungsbaugesellschaften GEWOFAG und GWG München realisiert. Diese Akteure erstreben innovative und nachhaltige Gebäudekonzepte und sind bereit, diese auch umzusetzen.

Alle Projekte zeichnen sich durch eine hohe Planungsqualität aus. Der integrierte Planungsansatz, bei dem alle an Planung und Bau Beteiligten von Anfang an einbezogen werden und der für das Gelingen der Holzbauweise entscheidend ist, wird bei allen Projekten konsequent umgesetzt.

Die aktuellen Planungsstände beinhalten auch Aussagen zur Umsetzung der Holzbauweise und hier insbesondere zu den Massen an Holz bzw. nachwachsenden Rohstoffen, die in den Gebäuden verbaut werden. Diese Angaben dienen sowohl der Qualitätssicherung als auch der Ermittlung der Förderung aus dem Zuschussprogramm.

Jetzt im Februar 2019 sind alle acht Projekte in der Ökologischen Mustersiedlung im Bau und in den meisten Baufeldern werden oder sind die Holzkonstruktionen bereits ausgeführt. Aktuell ist vor Ort die Holzbauweise der Gebäude besonders gut sichtbar, da noch nicht alle Brandschutzverkleidungen und Fassaden ausgeführt sind.

Ein großer Teil der Holzkonstruktionen wird im Werk vorgefertigt und als Holzbauteil oder Holzbaumodul auf die Baustelle transportiert und dort montiert. Damit kann ein schneller Baufortschritt erreicht werden.

Die ersten Gebäude sind bereits fertiggestellt.



Abbildung 5: Stand der Umsetzung in der Ökologischen Mustersiedlung im Oktober 2018

5.2. Ausblick

Mit der Umsetzung der Ökologischen Mustersiedlung als Leuchtturmprojekt soll die Holzbaweise besonders im Geschosswohnungsbau befördert werden und der Holzbau soll sich nach Möglichkeit stärker auf dem Markt etablieren. Das Ausschreibungsverfahren, die Vergabekriterien sowie das Förderprogramm sollen Anregungen für andere Städte und Kommunen sein.

Die Ökologische Mustersiedlung im Prinz-Eugen-Park in Holzhybrid- und Holzbaweise soll einen Beitrag zur Verbreitung des Holzbaus leisten und etabliert den modernen Holzbau für eine nachhaltige Stadtentwicklung.

Mit der Umsetzung der Ökologischen Mustersiedlung werden in acht Projekten 566 Wohnungen hergestellt, davon 370 geförderte und freifinanzierte Mietwohnungen. Damit kann in Zukunft durch vielseitige Projekte gezeigt werden, dass die Holzbaweise auch für Bestandshalter interessant sein kann.

Durch die vom Münchner Stadtrat für das Zuschussprogramm bereitgestellten 13,6 Mio. war es möglich, die Holzkonstruktionen und Massen an nachwachsenden Rohstoffen individuell und großzügig zu fördern.

Dadurch wurden in der Ökologischen Mustersiedlung sehr vielfältige und verschiedene Holzbau- und Holzhybridbauweisen möglich, die von einer Stahlbetonskelettbauweise mit einer Fassade in Holzrahmenbauweise bis zu massiven Brettsperrholzkonstruktionen inklusive den Treppenhäusern und Aufzugsschächten variieren.

Die Stadt München wirkt als Kooperationspartnerin an einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojekt der Ruhr Universität Bochum mit. Das Forschungsprojekt soll unter anderem dazu beitragen, die modellhafte Entwicklung eines innovativen Konzeptes für ein ressourcenschonendes Quartier darzustellen, die umgesetzten Maßnahmen zu dokumentieren, und den Kohlenstoffspeicher sowie die Klimaschutzwirkung auf Gebäude- und Quartiersebene zu quantifizieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes ist eine Publikation geplant.

Die Landeshauptstadt München wird die nachhaltige Stadtentwicklung weiter fördern. Die Erkenntnisse aus der Ökologischen Mustersiedlung sollen dabei für weitere Stadtentwicklungsvorhaben der Landeshauptstadt München als Best-Practice-Beispiele dienen.

Neckarbogen in Heilbronn – Stadt der Zukunft

Barbara Brakenhoff
Bundesgartenschau Heilbronn 2019
Heilbronn, Baden-Württemberg, Deutschland



1. Die Stadtausstellung in der Bundesgartenschau Heilbronn 2019

Die «**Bundesgartenschau Heilbronn 2019**» präsentiert erstmals in der Geschichte der deutschen Gartenausstellungen eine **Stadtausstellung** als ihren integralen Bestandteil. Die Blumen-, Sträucher- und Pflanzflächen werden ab 2020, nach dem Gartenschau-Sommer, für die weitere Bebauung des **neuen Stadtquartiers** genutzt, den **Neckarbogen Heilbronn**. Entstehen soll ein lebendiges Stadtquartier mit sozialer Mischung und Vielfaltigkeit in der Gestaltung und Nutzung bei gleichzeitiger Gesamtharmonie. Die **Grüne Infrastruktur** wird zum Grundgerüst eines modernen Städtebaus.

Architektur, Baumaterial, Gestaltung und Ausstattung des ersten Bauabschnitts sind auch getragen von den großen Entwicklungen der **Bauhaus-Ideen** und haben ihrerseits den Anspruch, sowohl zukunftsweisende wie auch gebrauchts-ästhetische Gebäude- und Material-Entwicklungen ausstellungsreif zu verwirklichen. Die Stadt Heilbronn verwirklicht im Neckarbogen **Innenentwicklung und Nachverdichtung** für letztlich ca. 3.500 Menschen und ca. 1.000 Arbeitsplätze – zehn Fußminuten von Innenstadt und Bahnhof entfernt.



Die 22 Häuser werden während der Gartenschau von ca. 800 Menschen bewohnt. **Gemischte Nutzung:** 51% Mietwohnungen einschließlich gefördertem Wohnraum; die Erdgeschosse für Läden und Einrichtungen der Nahversorgung; Inklusionseinrichtungen; behindertengerecht; **innovative Mobilität;** umweltschonende Materialien; nachhaltige Versorgungsmedien.

Die architektonisch-städtebauliche Entwicklung und Betreuung des ersten Bauabschnitts hat die BUGA GmbH übernommen, auch die Beratung der Bauherren und Architekten. Die BUGA ist Triebfeder der fristgerechten Verwirklichung und steht für Qualitätssicherung. Gemeinsam mit Stadtrat und Verwaltung initiiert sie in der Stadt ein breites **Nachdenken über Leben und Arbeiten in der Zukunft**, über die europäische Stadt im 21. Jahrhundert.



Die elementaren planerischen Grundlagen wurden geschaffen von:

- steidle architekten, Gesellschaft von Architekten und Stadtplanern mbH, München
- Machleidt GmbH, Städtebau + Stadtplanung, Berlin
- Sinai, Gesellschaft von Landschaftsarchitekten mbH, Berlin



Etappe 2019



Vision 2020 ff.

Nachhaltigkeit im Neckarbogen:

Nachhaltigkeit durch grüne Infrastruktur – Park + Ufer + Fluss + Seen

- Nachverdichtung der Stadt im Innenbereich – Vorrang Innenentwicklung
- 10 Jahre intensive Beteiligung der Heilbronner Bevölkerung
- Nachhaltigkeit im Stadtleben Neckarbogen (Mischung, Inklusion, Resilienz ...)
- Gebäudehüllen mit hohem Anteil an nachwachsenden Rohstoffen (Holz)
- Zukunftsweisende Energiekonzepte + Anschlüsse für Elektromobilität



Rückbau einer Bundesstraße (30.000 Autos/Tag) zum Neckar-Uferpark

Zur Heilbronner Konzeptvergabe

- elementar wichtige Vorgaben durch gute Planungsgrundlagen (Masterpläne, Gestaltungshandbuch ...)
- Vergabe der Grundstücke: Verkauf nicht nach Höchstpreis, sondern nach der Qualität des Konzepts jedes Hauses und der Gesamtkomposition des Quartiers
- Auswahlgrundlage: Gewichtungsgleichklang von Architektur, Nutzung, Mobilität und technischer Innovation
- wichtige Vorgabe: jeder Bauherr kann sich auf so viele Grundstücke bewerben wie er will, jeder Architekt darf nur für zwei Grundstücke planen, die jedoch nicht nebeneinander liegen dürfen
- der Ankauf des Grundstücks war erst nach Baugenehmigung möglich, zunächst erfolgte eine Anhandgabe.
- Prozess-Begleitung: die Bauvorhaben wurden auch durch Ausführungsplanung und Bauausführung von der BUGA begleitet. So konnte gesichert werden, dass die im Wettbewerb zugesagte Qualität letztlich auch umgesetzt wurde

Schritte der BUGA und Alternative Instrumente unserer Arbeit in Heilbronn:

- Vorschläge für die Zusammensetzung der überregionalen Jury
- Ergänzung der Wettbewerbsunterlagen um den Aspekt der Nutzung (insbes. der Wohnnutzung) und die Abgabe eines Arbeits-Modells (s. Foto unten). Das Quartiers-Modell diente sowohl Fachleuten wie insbesondere Laien als wichtigstes unmittelbares Anschauungsobjekt
- Durchführung des Auswahlverfahrens durch die Jury
- öffentliche Präsentation der Ergebnisse (Ausstellung und Broschüre)
- Durchführung der Planungsrunden je Baufeld (hier wurde die auf Ort, Zeit und Personen bezogene Planungskultur gemeinsam entwickelt und vereinbart)
- Planungsrunden in Anwesenheit der Fachämter bis Bauantrag
- Umwandlung der überregionalen Fachjury in eine Baukommission (informeller Gestaltungsbeirat)
- regelmäßige Berichte an den Gemeinderat
- transparentes Verfahren zu allen relevanten Änderungen gegenüber dem Wettbewerbsergebnis unter Einbeziehung der Baukommission und des Gemeinderates
- Höchstmaß an Flexibilität in der Projektsteuerung
- Zeitvorgabe und Taktung des Planungs- und Bauablaufs: Abgabe Bauanträge, Spatenstiche, Richtfeste, Vorstellung der Häuser in einer gemeinsamen Broschüre, öffentliche Präsentation in einer kleinen Baumesse, Fassadenfest, Baufreiheit durch Entfernung der Gerüste

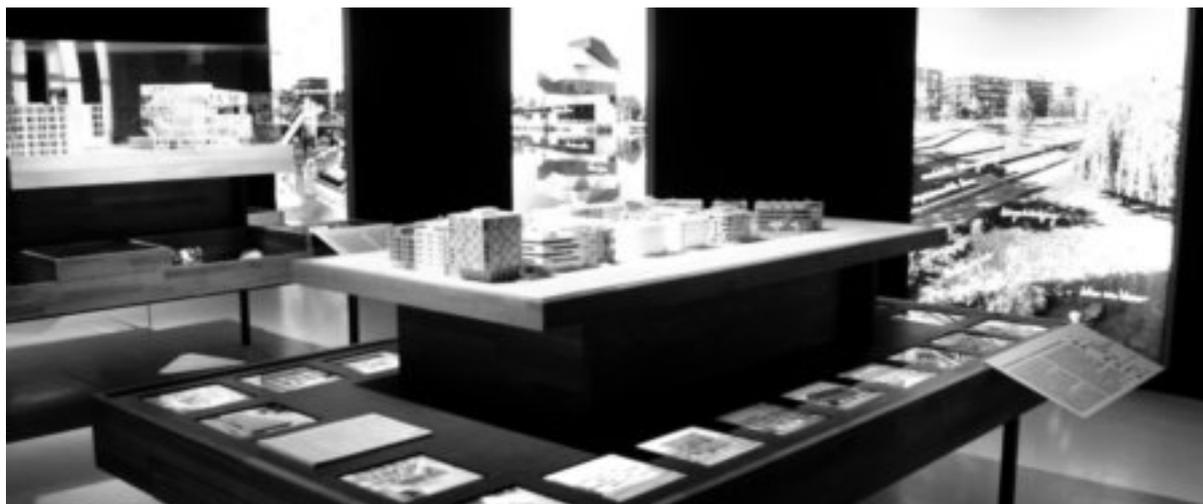


1.1. Baukultur ist Prozesskultur – Dem Pulsschlag der Bauplanung folgen

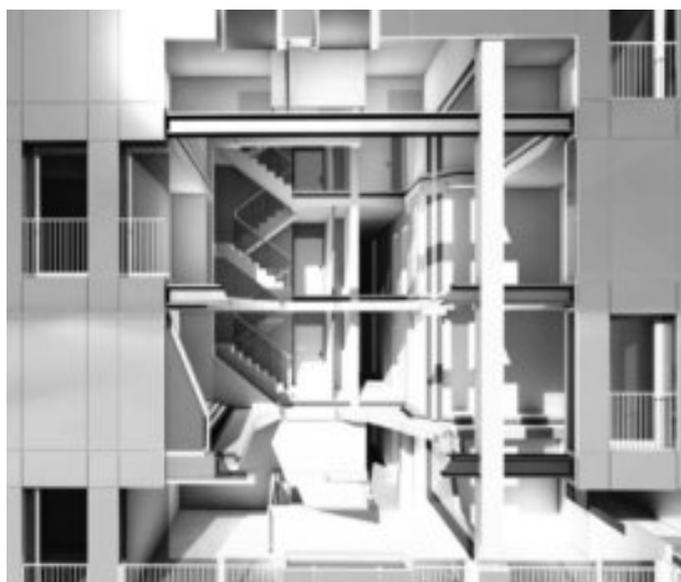
Beim gleichzeitigen Planen und Bauen von bis zu acht Bauvorhaben je Baufeld wurde eine enge kontinuierliche Zusammenarbeit unerlässlich, bis zum Bauantrag gemeinsam mit den zuständigen Ämtern, anschließend einschließlich Bauausführung allein durch die BUGA. Es hieß Vertrauen schaffen, Verbindlichkeiten anfordern, Zeiten einhalten, nach (gemeinsamen) Lösungen suchen, im Extremfall auch ausgeschiedene Bauherren ersetzen. Immer hoch transparent und nachvollziehbar

1.2. Jeder Planungsbeteiligte ist Teil des Orchesters

Als Gesprächsregel in den Baurunden galt von Anfang bis Ende: zuhören und ausreden lassen. Jeder Verantwortliche, ob Bauherr, Architekt, städtischer oder BUGA-Mitarbeiter, ist Teil eines Orchesters. Diese Einstellung hat die BUGA GmbH immer wieder betont. Sie war jederzeit offen für alle Probleme von allen Seiten, für Uneinigkeiten, Vorschläge und Angebote. Das Prinzip war, kontinuierlich positiv nach vorne zu diskutieren. Spätere Änderungen



Die beiden Ausstellungen **Baustoff Holz** und **BUGA Material Labyrinth** betonen die Bedeutung der sich anbahnenden Umorientierung bei der Nutzung von Baumaterialien. Die Ausstellung **Baustoff Holz** zeigt die Potentiale und die heute bereits im zehngeschossigen Holzhochhaus angewandte Praxis des Baustoffs als wichtigste Alternative des heute bereits knapp werdenden Vorrats an Sand und Natursteinen.



Im **BUGA Material Labyrinth** werden **Bau- und Werkstoffe der Zukunft** ausgestellt. Hier finden wir z.B. Dämmstoffe aus feuerfestem Pilzmyzel; architektonische Strukturen, die biologisch gewachsen und «erstarrt» worden sind; Baumaterialien mit Bindern aus kalzitbildenden Bakterien; hygroskopische Fassadenelemente, die sich in Relation zur Luftfeuchtigkeit selbsttätig öffnen bzw. schließen; wir sehen Entwicklungen zu biobasierten Werkstoffen, zu so genannten Smart Materials und Energy Harvesting Solutions.

Was wird sich durchsetzen können? Womit lassen sich gestalterisch höchste Qualitäten verwirklichen? Wir befinden uns in einem **Labyrinth der Zukunft**, kuratiert von der Zukunftsagentur HAUTE INNOVATION aus Berlin.

Die Ausstellung regt ein tieferes Bewusstsein für einen umweltverträglichen Umgang mit Werkstoffen an, für das Denken in Materialkreisläufen und ressourcenschonenden Konstruktionen. Regenerative Energietechnologien stehen im Fokus der zukünftigen dekarbonisierten Gesellschaft.

Für ein weiteres Projekt, das «**Building from Waste**», konnte das Karlsruher Institut für Technik (KIT) gewonnen werden, Lehrstuhl Professor Hebel, Fachgebiet Nachhaltiges Bauen. Ein **aus Abfall produzierter Pavillon** ist auf der Bundesgartenschau Heilbronn

2019 entstanden. Er hat hohe gestalterische Qualität und erzeugt keinen neuen, nicht wiederverwertbaren Müll. **Materialkreisläufe** entstehen und verwirklichen sich.

«Der Stein hat keine Hoffnung, etwas anderes zu sein als ein Stein. Aber durch Zusammenwirken fügt sich einer zum anderen und wird zum Tempel.»

Antoine de Saint-Exupéry (1900 – 1944)



Sponsoren und Aussteller

binderholz

tiptop timber

natur in architektur □



binderholz ist Europas Marktführer für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte Massivholzbaulösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettspertholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressholzklotze und -paletten | Biobrennstoffe

bbs@binderholz.com

www.binderholz.com



Wenn aus einzelnen
Teilen etwas Großes wird.
Egger Bauprodukte.

www.egger.com/bauprodukte

Auf EGGER Bauprodukte kann man bauen. Unsere modulare Unternehmensarchitektur – und somit auch das Stammhaus in St. Johann in Tirol – ist der beste Beweis. Die Kombination aus **OSB 4 TOP**, **DHF** und **Schnittholz** bietet im flexiblen Holzrahmenbau eine einfache und nachhaltige Lösung. So wird aus vorgefertigten Elementen in kürzester Zeit etwas ganz Großes.

MEHR AUS HOLZ.

E EGGER

HÖCHSTE ZEIT

IST ES IMMER DANN, WENN ES FAST ZU SPÄT IST. UND BEVOR ALLE STRICKE BZW. KLEBEBÄNDER REISSEN, MÖCHTEN WIR IHNEN GANZ SCHNELL SAGEN,

DASS WIR

SEHR VIEL ZEIT UND GELD IN DIE ENTWICKLUNG PERFEKTER KLEBEBÄNDER GESTECKT HABEN. UND UM

IHNEN MAL EINE

VORSTELLUNG VON UNSEREM KÖNNEN ZU GEBEN, SOLLTEN SIE UNS AM BESTEN SCHREIBEN. UND DAZU MÜSSEN SICH NICHT MAL EINE BRIEFMARKE

KLEBEN

OFFICE@ISOCELL.AT

ISOCELL

WWW.ISOCELL.COM

Perfekter Innenausbau und dauerhaft schöne Fassade

Ein schönes Gebäude verdient es,
schön zu bleiben – von innen und aussen



Innenausbau

- fermacell® Gipsfaser- und fermacell® greenline Platten – für den perfekten Innenausbau für Decke, Wand und Boden
- fermacell® Powerpanel H₂O und fermacell® Powerpanel TE – für Nassräume und robuste Nassraum-Böden

Fassade

- fermacell® Powerpanel HD – für verputzte und hinterlüftete Aussenwände
- HardiePlank® und HardiePanel® Paneele – für eine langlebige und zeitlose Fassadenbekleidung

© 2019 James Hardie Europe GmbH. ™ und ® bezeichnen registrierte und eingetragene Marken der James Hardie Technology Limited und James Hardie Europe GmbH. James Hardie Europe GmbH · Bennigsen-Platz 1 · 40474 Düsseldorf · fermacell@jameshardie.de

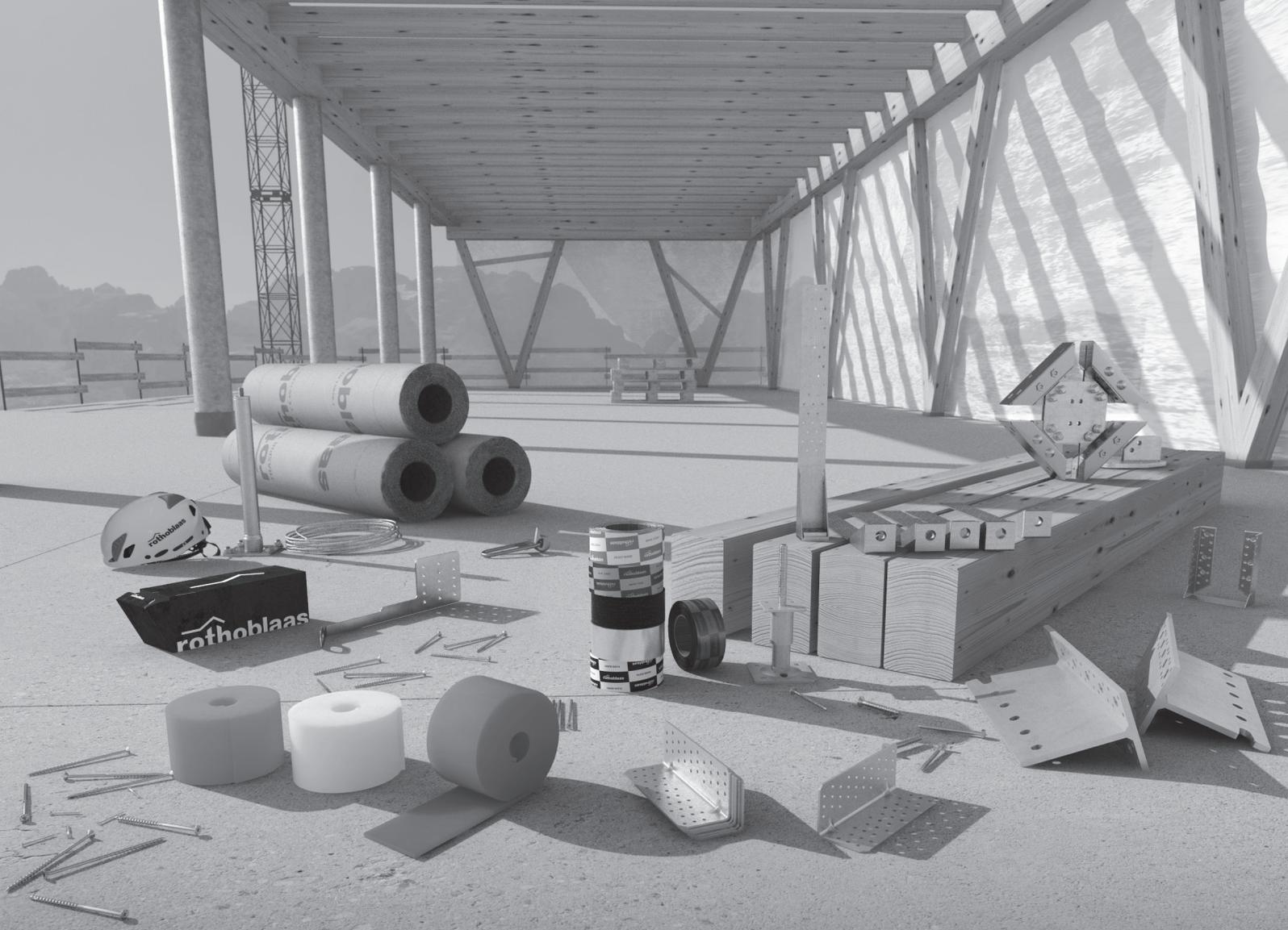
Fokus

**HASSLACHER
NORICA TIMBER**

From **wood** to **wonders**.

Qualität & Innovation

hasslacher.com



FÜR JEDE ANFORDERUNG DIE PASSENDE LÖSUNG

- VERBINDUNGSTECHNIK
- LUFTDICHTHEIT UND BAUABDICHTUNG
- SCHALLDÄMMUNG
- ABSTURZSICHERUNG
- WERKZEUGE UND MASCHINEN

Rothoblaas hat sich als multinationales Unternehmen der technologischen Innovation verpflichtet und entwickelte sich innerhalb weniger Jahre zum weltweiten Bezugspunkt im Bereich Holzbau und Sicherheitssysteme. Dank unserem umfassenden Sortiment und einem engmaschigen und technisch kompetenten Vertriebsnetz sind wir in der Lage, unseren Kunden unser Know-how im Bereich Holzbau zur Verfügung zu stellen und Ihnen als starker Partner zur Seite zu stehen.

Für weitere Informationen besuchen
Sie unsere Website:
www.rothoblaas.de

rothoblaas

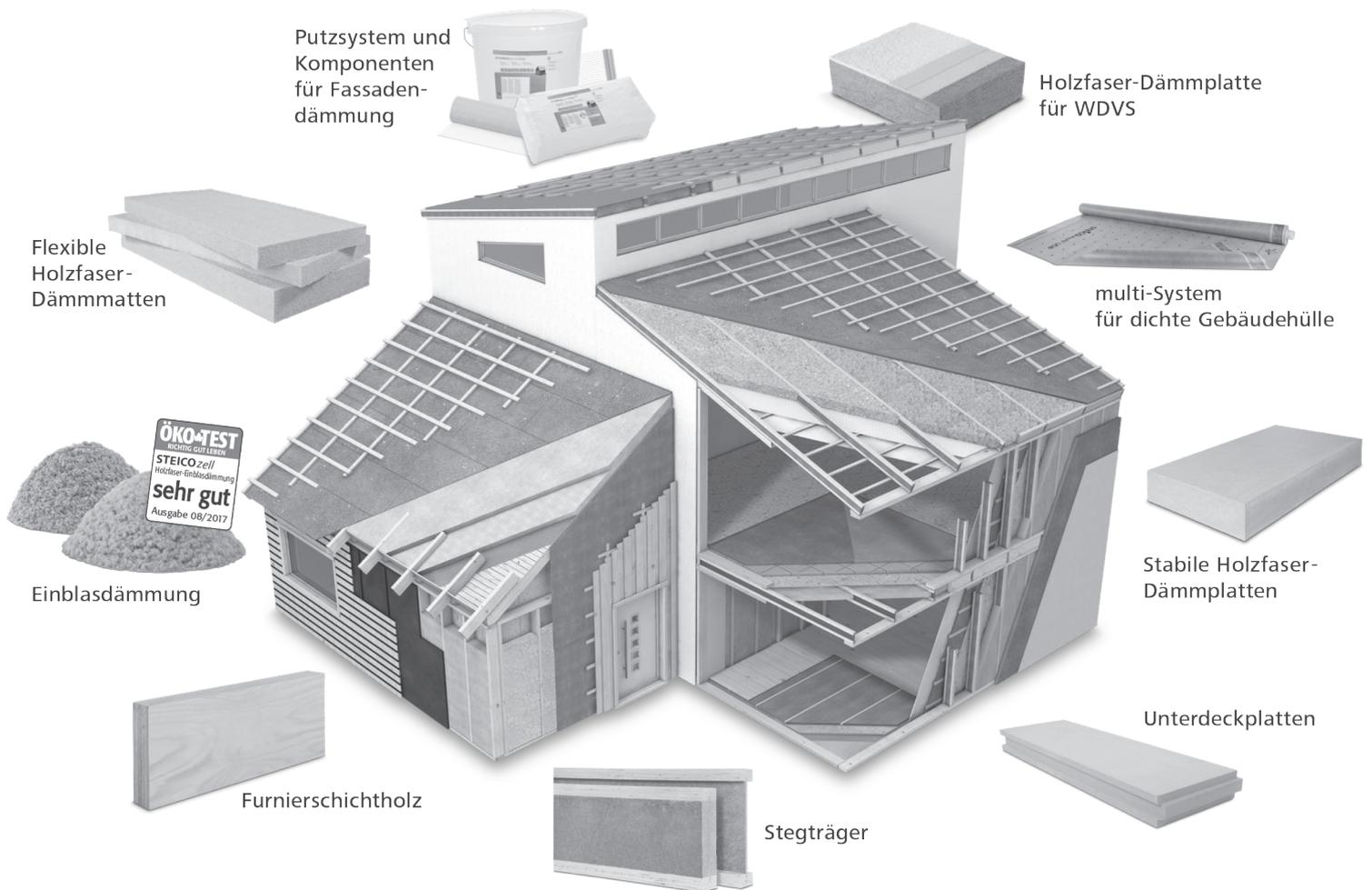
Solutions for Building Technology

Das innovative STEICO Bausystem für Neubau und Sanierung



STEICO
NEWSLETTER
www.steico.com/newsletter

Ökologisch. Sicher. Zukunftsweisend.



Putzsystem und Komponenten für Fassaden-dämmung

Holzfaser-Dämmplatte für WDVS

Flexible Holzfaser-Dämmmatten

multi-System für dichte Gebäudehülle

Einblasdämmung



Stabile Holzfaser-Dämmplatten

Furnierschichtholz

Unterdeckplatten

Stegträger

Das komplette Sortiment für ökologisches Bauen

Ob Holzfaser-Dämmstoffe aus dem Nass- oder aus dem Trockenverfahren. Ob Stegträger oder Furnierschichtholz. STEICO ist Europas größter Hersteller für ökologische Dämm- und Konstruktionsprodukte. Profitieren Sie vom umfangreichsten Sortiment der Branche und dem hervorragenden Service des Marktführers.

Erfahren Sie mehr auf www.steico.com.

STEICO
Das Naturbausystem



ALLES
GUTE
für Ihr Haus!

DACH SCHORNSTEIN LÜFTUNG

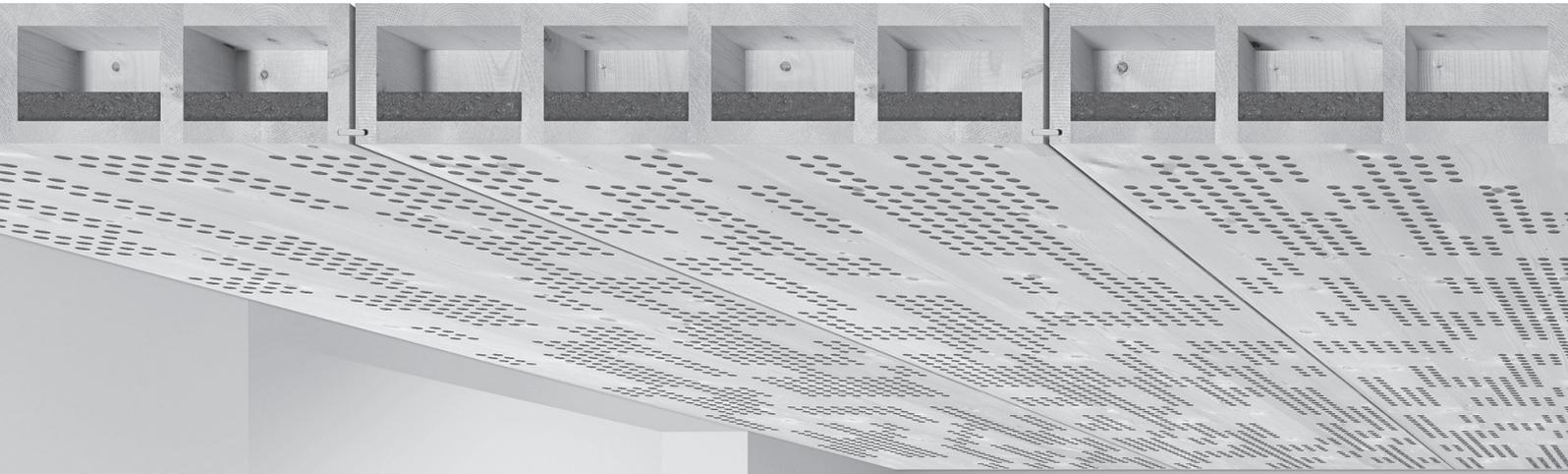
www.erlus.com



schützt
wärmt
atmet

ERLUS 

Qualität aus Deutschland



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
info@lignatur.ch



Erfahren Sie mehr unter:

www.lignatur.ch

INFRASTRUKTURBAU IN HOLZ- UND HYBRID- BAUWEISE

Seit mehr als 90 Jahren, einer Zeit, in der Themen wie Umweltbewusstsein und designorientierte Holzkonstruktionen noch keine Relevanz hatten, bauen wir mit Leidenschaft auf den ökologischen Baustoff Holz. Heute sehen wir uns mehr denn je in der Verantwortung zur Bewahrung und Verbesserung unseres Lebensraumes für zukünftige Generationen.

Holz ist der einzige Baustoff, mit dem sich Infrastrukturbauten in der erforderlichen Größe errichten und dabei die durch den Bau verursachten Treibhausgas-Emissionen senken lassen – sowohl im Neubau, bei energetischen Sanierungen, Fassadengestaltungen, Aufstockungen und bei der urbanen Nachverdichtung.



Wohnanlage Straße am Flughafen, Berlin



Clark International Airport, Philippinen



Mehrgeschossiger Holzbau, Walden 48, Berlin



Technische Universität München, Campus Olympiapark, München



Innovationszentrum, Rovereto

VELUX®

VELUX ACTIVE

Intelligente Sensorsteuerung für Ihre VELUX Dachfenster, Sonnenschutzprodukte und Rollläden.

with
NETATMO



Elektrische VELUX INTEGRA® Produkte und VELUX ACTIVE:

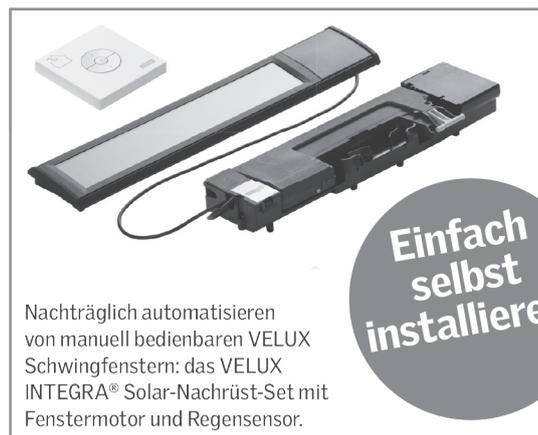
Gesundes Raumklima – ganz automatisch



Mit VELUX ACTIVE ist eine komfortable Bedienung aller elektrischen oder solarbetriebenen VELUX Produkte von überall per Smartphone oder Sprachbefehl möglich.



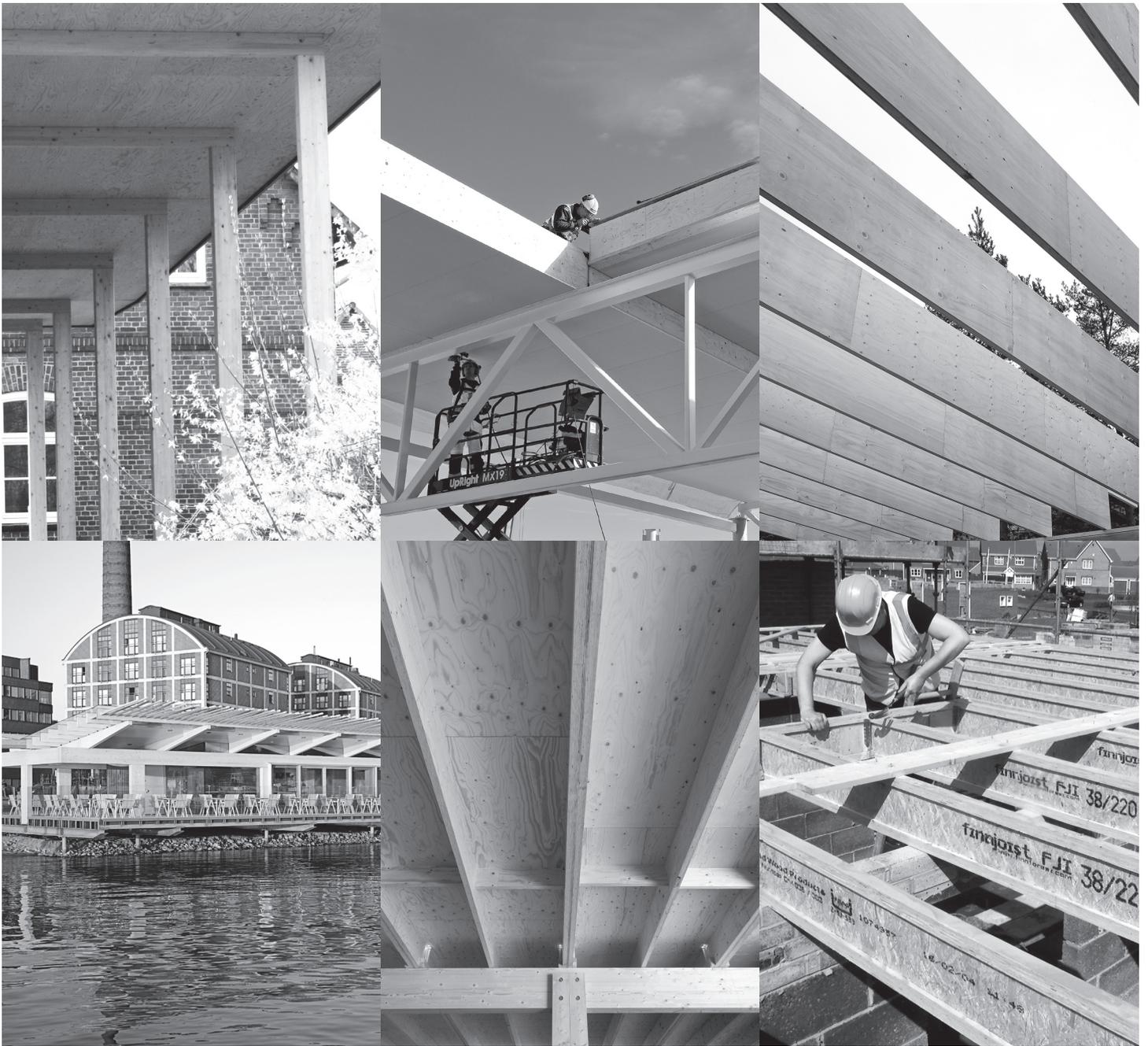
Die intelligente Sensorsteuerung misst ständig das Raumklima (Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt) und öffnet oder schließt VELUX INTEGRA® Produkte ganz automatisch.



Einfach selbst installieren!

Nachträglich automatisieren von manuell bedienbaren VELUX Schwingfenstern: das VELUX INTEGRA® Solar-Nachrüst-Set mit Fenstermotor und Regensensor.

Mehr Infos unter velux.de/active



KERTO® FURNIER-SCHICHTHOLZ

- extrem fest und formstabil
- bis zu 23 m Länge
- bis zu 90 mm Stärke
- mit mehr als 3 Mio cbm Erfahrung

KERTO-RIPA® – DECKEN-UND DACHELEMENTE

- bis zu 23 m Spannweite ohne tragende Zwischenwände oder Stützen
- vorgefertigte Elemente mit und ohne Dämmung

FINNJOIST – I-TRÄGER

- Reduzierung von Wärmebrücken
- geringes Gewicht
- kein Verdrehen oder Verziehen

NEUE ANWENDUNGSZULASSUNG VON KERTO AUF WWW.METSAWOOD.DE ➔

METSÄ WOOD DEUTSCHLAND GMBH

Louis-Krages-Straße 30
D-28237 Bremen
Telefon +49(0) 421-69 11-0
Telefax +49 (0) 421-69 11-300
metsawood.de@metsagroup.com



Nachhaltige Forstwirtschaft



Erneuerbarer Rohstoff



Zusammenarbeit Werte



Produktion Technologie



Forschung für neue Ideen



Kontinuierliche Entwicklung



LASIERTE

MASSIVHOLZDECKEN

AUS BRETTSPERRHOLZ UND BRETTSCHICHTHOLZ

- werksseitig lasiert
- geschliffen oder sägerau
- in 8 verschiedenen Farben
- UV-stabil und lichtecht
- diffusionsoffen
- mineralische Lasur





Ihr Projekt ist nachhaltig – Ihre Finanzierung auch?

Ganz gleich welches zukunftsweisende Bauprojekt Sie umsetzen möchten – sprechen Sie uns an! Die GLS Bank finanziert seit mehr als 40 Jahren Unternehmen und Projekte aus nachhaltigen Branchen. Nutzen auch Sie unsere langjährige Expertise.

Telefon +49 234 5797 300
gls.de/finanzieren

Stand:
EG 04
Besuchen
Sie uns

GLS Bank
das macht Sinn

ERLEBE DEN GUTEX EFFEKT

*Ökologische Dämmstoffe aus
Schwarzwaldholz.*

Erfahren Sie mehr über Holzfaserdämmung
unter www.gutex.de



DER
**GUTEX
EFFEKT**

 **GUTEX**®

DÄMMPLATTEN AUS SCHWARZWALDHOLZ

INNOVATIVER HOLZBAU MIT SYSTEM

Nachhaltig hochwertig



Knauf bietet ganzheitliche, perfekt aufeinander abgestimmte Lösungen für den Holzbau, die höchste Anforderungen an Schall-, Brand- und Wärmeschutz in Boden, Wand, Decke und Dach erfüllen.

Auf unserem Ausstellungsstand beraten Sie unsere Experten umfassend zu neuen und bewährten Systemlösungen aus dem Hause Knauf. Dabei stehen folgende Themen im Fokus:

- › Außenwand-Systeme für den innovativen und auch mehrgeschossigen Holzbau
- › Holzbalkendecken mit außergewöhnlichem Schallschutz – auch im tieffrequenten Bereich
- › Wirtschaftliche und effiziente Dämmsysteme

www.knauf.de

www.knaufinsulation.de

KNAUF

pavatex
by SOPREMA

Holzfaser-Dämmsysteme

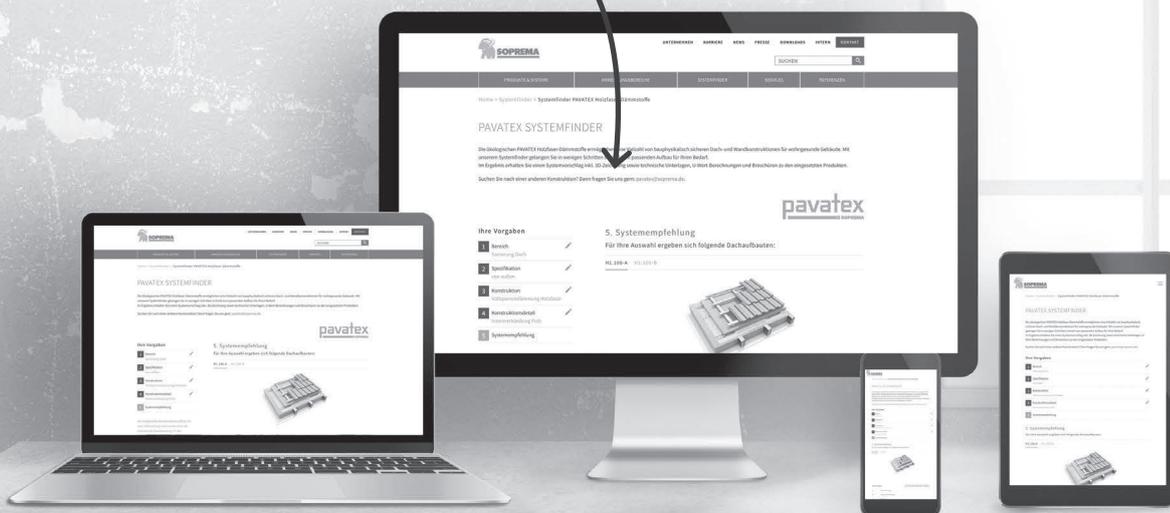
PRAKTISCHER KLIMASCHUTZ JETZT MIT SYSTEM PLANEN

Es gibt viele Möglichkeiten ein Gebäude zu dämmen. Vergleicht man die Ökobilanzen, so hat die Holzfaserdämmung entscheidende Vorteile. Die ökologischen Dämmstoffe werden aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz gewonnen und ressourcenschonend hergestellt. Aufgrund ihrer natürlichen Eigenschaften tragen sie gleich zweifach zur CO₂-Reduktion bei: Zum einen ist Holz ein natürlicher CO₂-Speicher, zum anderen wird durch die Gebäudedämmung CO₂ eingespart.

Mit dem neuen PAVATEX Online-Systemfinder einfach und schnell die passende natureplus®-zertifizierte Dämmung für Ihr Bauprojekt ermitteln. So können auch Sie einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Mit wenigen Klicks zum richtigen Dämmsystem.

Mit vielen praktischen Downloads für die Planung.

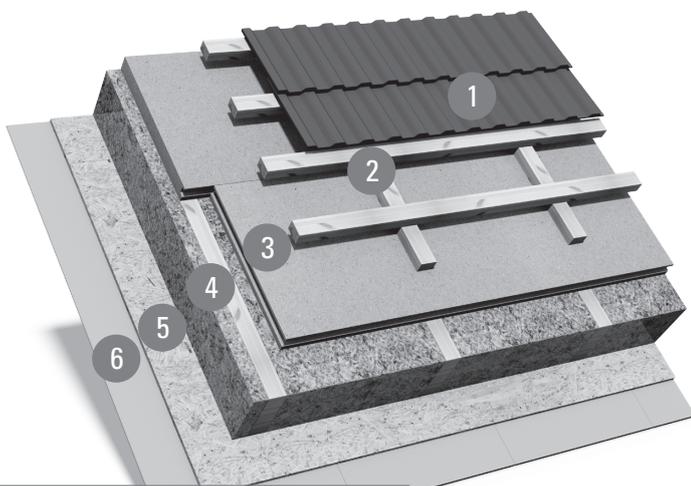


SOPREMA
GROUP

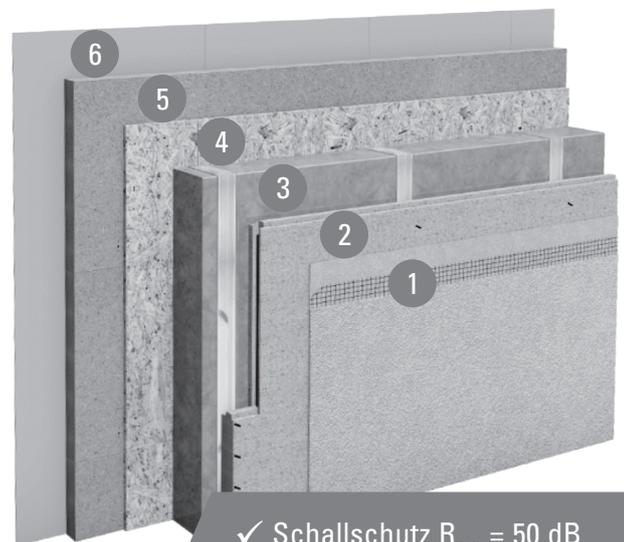
Weitere Informationen finden Sie auf www.pavatex.de

GEPRÜFTE KONSTRUKTIONEN IM AGEPAN® SYSTEM!

AGEPAN® THD, AGEPAN® DWD und
AGEPAN® OSB-Produkte auch im Großformat!



- ✓ Schallschutz $R_{w,p} = 50$ dB
- ✓ Hagelschutz
- ✓ Nagerschutz



- ✓ Schallschutz $R_{w,p} = 50$ dB
- ✓ Brandschutz F 90-B (REI 90)

DACH

- 1 Dachpfannen
- 2 Konter- und Traglattung 60 x 40 mm
- 3 AGEPAN® THD N+F ≥ 80 mm
- 4 Sparren ≥ 80 x 200 mm
mit Zellulose-Gefachdämmung
- 5 AGEPAN® OSB PUR ≥ 15 mm
- 6 GKB $\geq 12,5$ mm

WAND

- 1 Mineralisches Putzsystem
- 2 AGEPAN® THD N+F ≥ 40 mm /
AGEPAN® THD Putz 050 ≥ 40 mm
- 3 Ständerwerk KVH ≥ 60 x 140 mm
mit Steinwolle ausgedämmt
- 4 AGEPAN® OSB PUR ≥ 15 mm
- 5 AGEPAN® THD Install ≥ 40 mm
- 6 GKB $\geq 12,5$ mm

NEU drauf & dicht



Immer das richtige Band für den Fensteranschluss zur Hand!



Für innen und aussen!



fenax.ampack.biz

Pascal Kohlbrenner
Fenstermonteur

**„Typisch für die sich
auf dem Holzweg
befindlichen Menschen
ist das Brett vor dem Kopf.“**

(Ernst Ferstl)

BauMediation klärt!

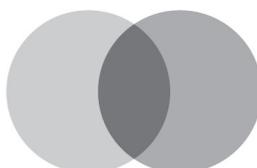
**Einzel- und Gruppenmediation
Inhouseworkshops
Fachvorträge
Baubegleitende Mediation
Vorvertragliches Lösungsmanagement**

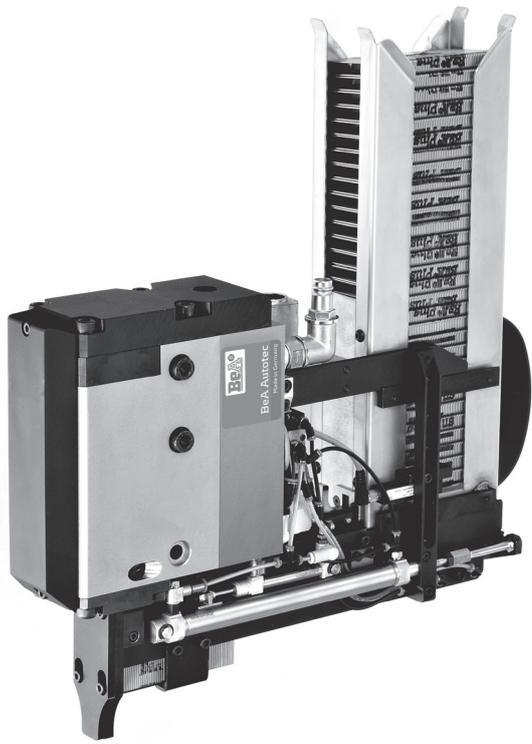
Gerne lerne ich Sie und Ihr konkretes Interesse kennen – Sprechen Sie mich an!



Dipl.-Ing. Baubetrieb
Wirtschaftsmediatorin
Tanja Hauptstock

0231 - 222 63 73
baumediatorin.de
hauptstock@baumediatorin.de

 **BauMediatorin**



THE POWER OF FASTENING

BeA®

Das BeA Autotec 264 / 284 Gerät mit Wechselkassette für Klammern der Type 155 und 180 steht für kompakte Bauweise, schnellste Nachladezeiten und hohe Schussfrequenz. Hundertfach bewährt für den Einsatz in Multifunktionsbrücken im Fertighausbau.



BeA – Industrielle Geräte und Befestigungsmittel

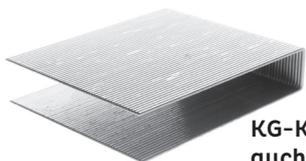
Joh. Friedrich Behrens AG
 Bogenstraße 43 – 45, 22926 Ahrensburg, Germany
 Tel. +49 (0) 4102 78 – 444, Fax +49 (0) 4102 78 – 270
 info@behrens-group.com, www.bea-group.com

Der Partner des Handwerks



KMR Skater für KG Klammern für 2-Mann Einsätze für Platten bis zu 3m Länge

- Beide Handgriffe mit Auslösesicherung
- Auslösesicherung auf der Platte
- Leerschlagsperre
- Quick Release
- Drehbarer Abluftdeckel für komfortables Arbeiten
- Stufenlose Höhenverstellung
- Peilnuten für exaktes Arbeiten mitten auf der Platte
- Leichtlaufräder, hinterlassen keine Spuren



KG-Klammern passend auch für andere Gerätemarken



Joh. Friedrich Behrens AG, Bogenstr. 43 – 45, 22926 Ahrensburg
 Tel. 04102 78-444, info@kmreich.com, www.kmreich.com

INNOVATION IM HOLZVERBUND

Erhöhung der Tragfähigkeit mit Polymerverguss

GIFAfloor PRESTO

schwimmendes Auflager

COMONO®

Holzbalken

COMONO®
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 „Comono®“
- Schallschutz und Brandschutz mit den Gipsfaserdeckenplatten „GIFAfloor PRESTO“

VORTEILE

- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Querstöße ohne Hinterfütterung
- Höhenausgleich
- Kleine Baustelleneinrichtung

www.comono.de
www.balkendecke.de

Regupol® comfort



Die Trittschalldämmung für geringe Aufbauhöhen

- Einbaudicke 5 mm, 8 mm oder 12 mm
- Trittschallverminderung bis 29 dB
- dynamische Steifigkeit $\leq 10 \text{ MN/m}^3$
- belastbar bis 5 kN/m^2



REGUPOL BSW GmbH

Tel.: +49 2751 803-0

Fax: +49 2751 803-109

schwingung@berleburger.de

www.regupol.de

BAUEN SIE AUF ORANGE. MIT BTI.



BTI gehört zu den führenden Direktvertriebern für das Bauhandwerk. Unser Sortiment umfasst mehr als 100.000 Artikel für Profi-Handwerker. Dabei bietet BTI Werkzeuge, Betriebsausstattung, Produkte aus den Bereichen Chemie, Befestigung, Sanitär, Heizung und Klima sowie Arbeitskleidung und Arbeitsschutz. Individuelle Systemlösungen für die Dach- und Fenstermontage sowie für den Brandschutz runden unser Angebot ab. Das überzeugt mittlerweile über 100.000 zufriedene Kunden, die nicht nur auf, sondern vor allem mit dem Spezialisten BTI bauen.

WIR VERSTEHEN IHR HANDWERK.





Die BMF

Die Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser (BMF) wurde 1961 in Hamburg mit dem Ziel gegründet, die Qualität der Produkte und Prozesse ihrer Mitgliedsunternehmen sicherzustellen und neue Standards im Bereich des Fertighaus zu setzen. Sie ist eine vom RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. anerkannte Gütegemeinschaft und finanziert sich über die Beiträge ihrer Mitglieder sowie die durchzuführenden Überwachungen. Heute hat die Gütegemeinschaft ihren Sitz in Bad Honnef bei Bonn und zählt ca. 130 Mitglieder vornehmlich aus Deutschland, aber auch aus dem angrenzenden Ausland. Neben der RAL Gütesicherung bietet die BMF im bauaufsichtlichen Bereich ein umfangreiches Angebot an Leistungen für verschiedene Bauprodukte an.

Die anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle BMF führt Fremdüberwachungen für die Bauprodukte „beidseitig bekleidete oder beplankte nicht geklebte Wand-, Decken und Dachelemente“ und „Schwalbenschwanzverbindungen“ durch und verleiht den Herstellerwerken das bauaufsichtlich geforderte Übereinstimmungszeichen.

Darüber hinaus ist die Stelle auf Europäischer Ebene akkreditiert und notifiziert. Sie führt CE-Zertifizierungen für die werkseigene Produktionskontrolle der Bauprodukte „Vollholz mit rechteckigem Querschnitt“ nach EN 14081-1 und „Nagelplattenbinder“ nach EN 14250 durch. Die BMF begleitet außerdem Unternehmen bei der Erstellung einer europäisch technischen Bewertung (ETB) für „Gebäudebausätze aus Holz“ gemäß der Europäischen Leitlinie ETAG 007.

Die RAL Gütezeichen werden von der Gütegemeinschaft an ihre Mitglieder verliehen. Auf der Grundlage der jeweiligen RAL Güte- und Prüfbestimmungen werden diese laufend überwacht. Die BMF führt derzeit die RAL Gütezeichen „Holzhausbau“ (RAL GZ 422), „Holzrohelementherstellung“ (RAL GZ 421), „Stahlsystembauweise“ (RAL GZ 613) und „Mobile Raumsysteme“ (RAL GZ 619). Außerdem übernimmt die BMF die Überwachungen für die Gütegemeinschaft Fertiggeller, die das gleichnamige Gütezeichen (RAL GZ 518) verleiht.

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 Verschlussystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

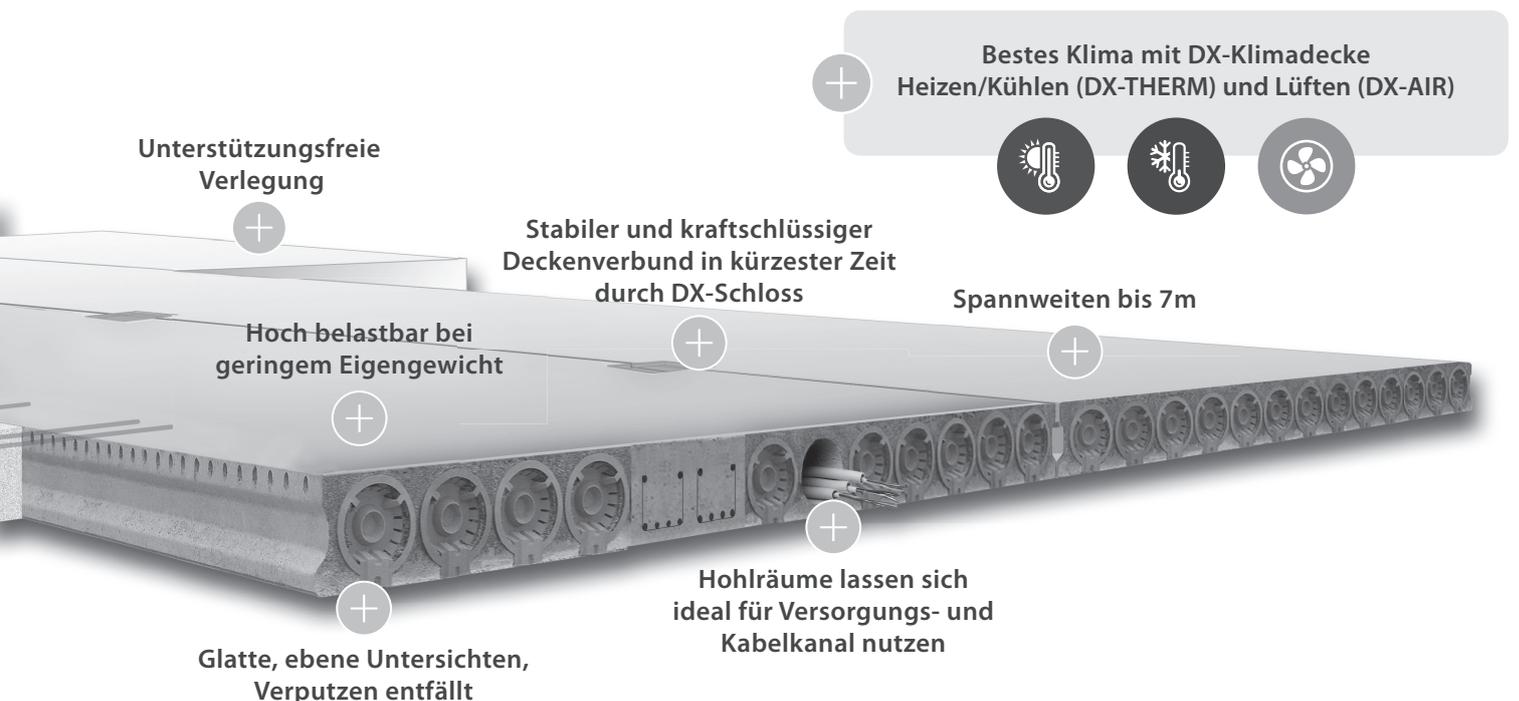
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begebar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

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).



Holz | Terrasse und Garten | Dach | Fassade | Beton

PASSENDE PRODUKTE ▶ FÜR JEDEN ANWENDUNGSFALL

20 JAHRE Qualität

In nur 20 Jahren seit unserer Gründung haben wir uns bereits als erfolgreiches Unternehmen im Bereich der Befestigungstechnik etabliert. Im Jahr 2013 haben wir mit der Eigenproduktion am Standort Hagen begonnen. Seitdem können wir eigene Schrauben mit Durchmessern von 6 bis 10 mm und einer maximalen Länge von einem Meter herstellen.

Wir haben uns zum Ziel gesetzt, Produkte herzustellen, die auch professionellen Anwendern maximale Innovationsvorteile bieten. Darüber hinaus fertigen wir häufig kundenspezifische Produkte, die in enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden entwickelt werden.

Das Basisprogramm umfasst Schrauben und Befestigungssysteme für Bauholz und Beton sowie hochwertige Tragkonstruktionen und Befestigungssysteme für den Terrassenbau.

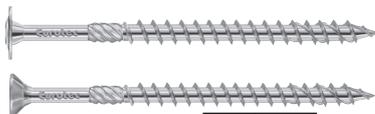


Pedix Stützenfuß
Schnell montiert und besonders tragfähig



Verstellfüße Profi-Line

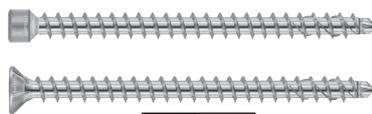
- Hohe Tragfähigkeit von bis zu 8,0 kN/Fuß
- Einfache und schnelle Montage
- Stufenlose Höhenjustierung
- Beständig gegen Witterung, UV-Belastung, Insekten und Fäulnis



Paneltwistec DAG

Vorteile der neuen DAG Spitze:

- Verringertes Einschraubdrehmoment
- Verringerte Spaltwirkung
- Besseres „Anbeißen“ der Schraube



KonstruX ST

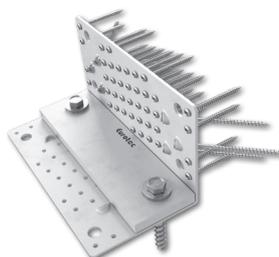
Die leistungsstarke Lösung für Neubau und Sanierung:

- Für alle tragenden Verbindungen im Holzbau
- Hoher Auszieh Widerstand



Magnus Einhängeverbinder

Der Magnus Einhängeverbinder ist ideal dafür geeignet, Haupt-Nebenträger-Anschlüsse im Holzbau herzustellen.

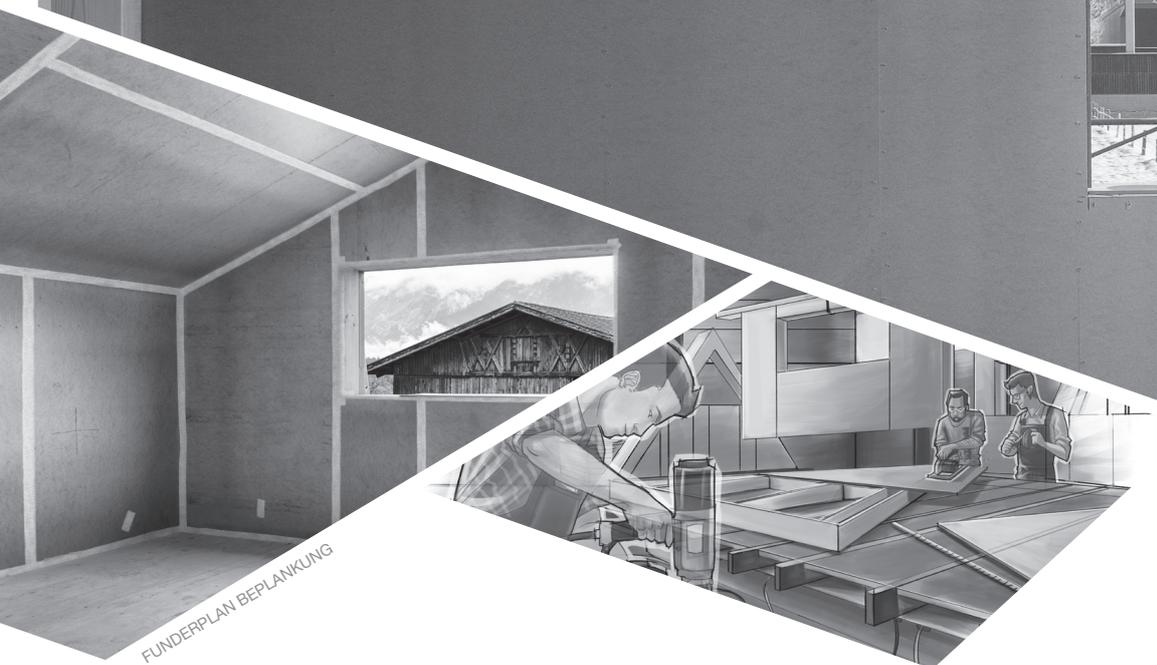


Holzbauverbinder

- Zur Montage in Holz und Beton
- Durch die hohen Tragfähigkeiten sind weniger Verbinder erforderlich
- Viele verschiedene Einsatzbereiche

FunderPlan

Das ökologische Element im Holzbau



FUNDERPLAN BEPLANKUNG

FUNDERMAX®

- statisch beanspruchbar
- als Dampfbremse wirksam
- luftdichte Ebene gewährleistet
- auf Wohngesundheit geprüft
- splitterfrei schneiden und verkleben
- Wohnraumgewinn durch schlanken Aufbau



for
people
who
create



baustoffe.fnr.de

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V.

Wir fördern Innovationen für die biobasierte Wirtschaft

im Auftrag des BMEL

fnr.de/projektfoerderung



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

FNR
Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V.

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gaulhofer

SPRICHWÖRTLICHE GAULHOFER-QUALITÄT

Seit 100 Jahren stellt GAULHOFER Fensterelemente von höchster Qualität her. Handwerkliche Tradition, hoch entwickelte Fertigungstechnologie, Forschung und Entwicklung im eigenen Haus und die Zusammenarbeit mit namhaften Instituten haben GAULHOFER zu einem führenden Anbieter von Energiesparfenstern und -türen gemacht. Und mit Produkten wie INLINE auch zu einem der innovativsten.

Die Begeisterung bei der Verarbeitung und die Liebe zum Detail offenbaren sich in jedem GAULHOFER Element, umfassendes Knowhow wird von Generation zu Generation weitergegeben und die Qualität der Fenster laufend optimiert. Als einziger Hersteller im deutschsprachigen Raum gibt GAULHOFER daher 30 Jahre Garantie auf seine Holz- und Holz-Alu-Fensterkonstruktionen.

Die GAULHOFER Fensterprogramme repräsentieren geforderte Vielfalt: Ob Energiesparen, Schallschutz oder erhöhte Sicherheit. Ob anspruchsvolles Design oder Nachhaltigkeit: GAULHOFER hat das passende Fenster und die richtige Türe für jede Anforderung.

FÜR JEDE ANFORDERUNG DAS PASSENDE FENSTER

Mit INLINE präsentiert GAULHOFER ein innen wie außen flächenbündiges Holz-Alu Designfenster und begeistert Architekten und energiebewusste Bauherren zugleich mit klarer Linienführung, lichtoptimierten Ansichten und erstklassigen Dämmeigenschaften. Die Fenster der Serie FUSIONLINE bieten mit der gelungenen Synthese von Holz und Alu unverwundlichen Schutz und alle Vorzüge natürlichen Raumklimas. GAULHOFER NATURELINE Holzfenster sorgen für 100% natürliches Wohngefühl und mit dem Naturwerkstoff Holz für ökologisch vorbildliche Energiesparlösungen. Für seine Holz- und Holz-Alu-Konstruktionen verwendet GAULHOFER im Winter gefällte Fichte und Lärche aus nachhaltiger heimischer Forstwirtschaft. Und wer das Außergewöhnliche sucht, wählt Eiche – besonders hart, langlebig und wertbeständig. Mit ENERGYLINE und ERGOLINE setzt GAULHOFER auch in der Kunststoff-Fensterwelt auf zukunftsorientierte Technik, zeitloses Design und High-Tech-Wärmeschutz. Kombiniert mit attraktiven Alu-Vorsatzschalen sind GAULHOFER Kunststoff-Alu-Fenster witterungsbeständig, pflegeleicht und sorgen für begeisternde Optik über viele Jahre.

WILLKOMMEN DAHEIM!

Auch bei den Haustürprogrammen setzt GAULHOFER auf Vielfalt, Ästhetik, Stabilität und Robustheit. GAULHOFER Haustüren präsentieren sich in klarer, überzeugender Optik und meisterhafter Verarbeitung. Die qualitativ hochwertigen Konstruktionen in Holz, Holz-Alu und Aluminium haben beste Dämmeigenschaften. Für energiebewusste Bauherren bietet GAULHOFER alle Modelle in Niedrigenergie- oder Passivhaus-Bauweise. Und wer Schutz vor ungebetenen Gästen wünscht, schätzt modernen Zutrittskontrollsysteme oder RC3-Ausstattung.

FENSTER

- > Holz-Alu
INLINE 91
FUSIONLINE 94/108
- > Holz
NATURELINE 78/92
- > Kunststoff/-Alu
ENERGYLINE-S 85/91
ENERGYLINE-E 85/91
ENERGYLINE-P 85/91
ERGOLINE-S 70/76

Sonnenschutz, Insektenschutz

HAUSTÜREN

- > Holz NATURELINE
- > Holz-Alu FUSIONLINE
- > Alu EXCLUSIV, SELECT

30 JAHRE GARANTIE





Vorteile

- Effizienter, langlebiger Schallschutz
- TimberCalc für die einfache Materialauswahl
- Geprüfte Lager mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
- Sicheres Berechnungsmodell für den Standsicherheitsnachweis

Für TimberCalc registrieren Sie sich gleich auf:
apps.getzner.com



Schallschutzlösung die auch Statiker überzeugt

Seit Jahren hat Getzner die Lösung zur Entkopplung von flankierenden Bauteilen – zum Schutz vor Schall in Massivholzbauten – am Markt etabliert. Mit dem neuen Bemessungskonzept nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung ist nun die statische Nachweisführung der Schallschutzlösung verlässlich berechenbar.

www.getzner.com

getzner
engineering a quiet future



Gütegemeinschaft
Holzbau-Ausbau-Dachbau e.V.

Gütesicherung im Holzbau

Nutzen Sie die Vorteile für Ihr Bauvorhaben



Bei einem sich ständig verändernden Markt sehen sich Bauherren und Architekten einer Vielzahl von Anbietern gegenüber. Zuverlässige und qualifizierte Partner finden Sie in den Mitgliedsbetrieben der GHAD. Diese haben sich für eine zusätzliche Qualitätssicherung im Holzbau entschieden.

www.ghad.de

HECO®-Schrauben Innovation. Vertrauen. Zukunft.



Qualität und Perfektion von Profis für Profis.

*Verlangen Sie HECO®-Schrauben –
Sicher ist sicher*



HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Steim-Straße 28, D-78713 Schramberg

Tel.: +49 (0) 74 22 / 9 89-0, Fax: +49 (0) 74 22 / 9 89-200

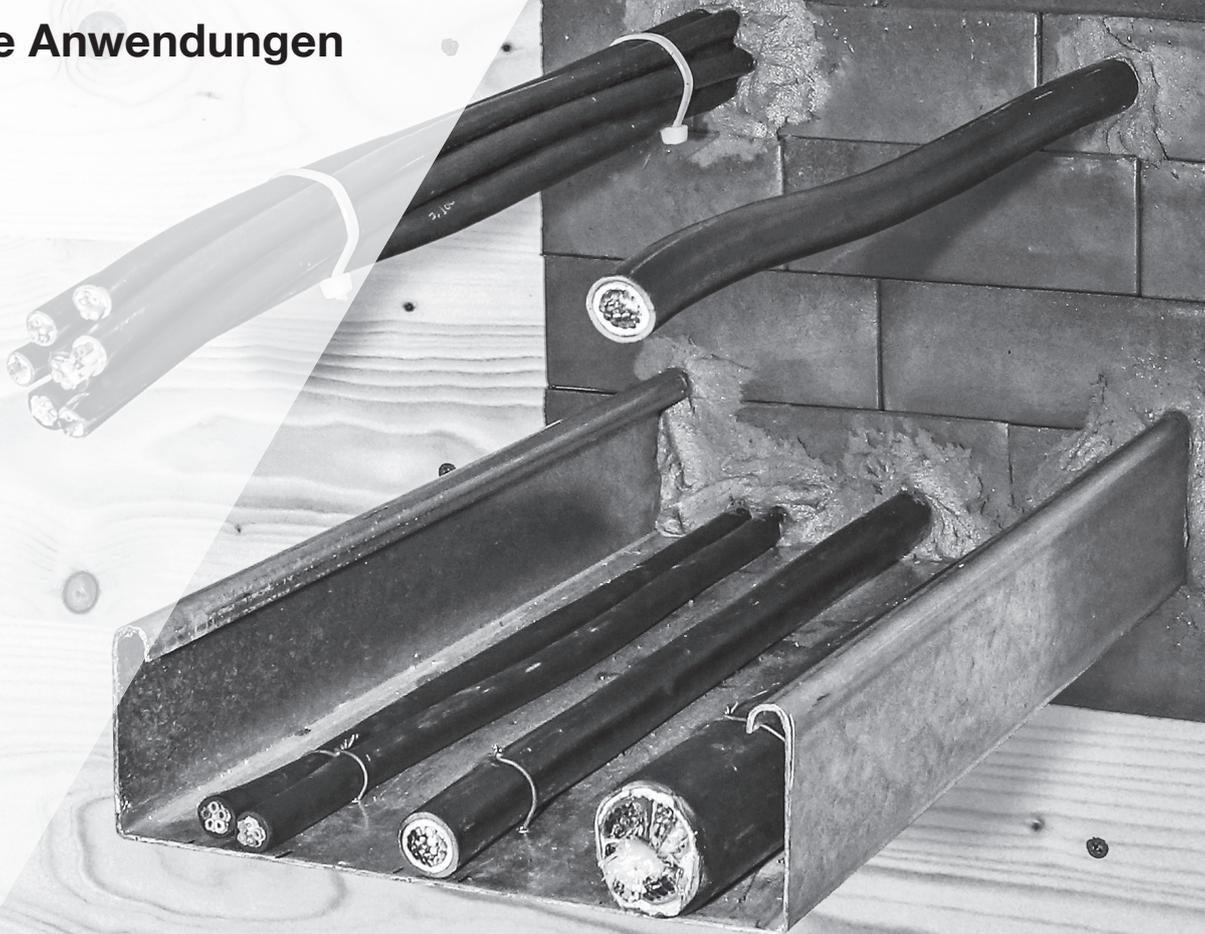
E-Mail: info@heco-schrauben.de, Internet: www.heco-schrauben.de





BRANDSCHUTZ IM HOLZBAU

Geprüfte Anwendungen
mit Hilti



FORUM
HOLZBAU
URBAN KÖLN

23./24. Oktober 2019

Erhöhte Produktivität in der Planung und Vorfertigung.

Hilti bringt seine 30 Jahre Brandschutzerfahrung in den Holzbau. Europaweit zugelassene Brandschutzprodukte für Holzanwendungen vereinfachen die Planungs- und Genehmigungsschritte in jedem Holzbauprojekt.

Ob mehrgeschossiger Wohnbau, Hotelbauten oder Bürogebäude, Hilti bietet Lösungen für die Abschottung der Gebäudetechnik. Die trockenen Brandschutzlösungen ermöglichen einen schnelleren Einbau auf der Baustelle. Kein Warten auf Mörtelaushärten. Kein Einbringen von Baufeuchte. Vorgefertigte Brandschutzlösungen unterstützen den Holzbauer bei der industriellen Vorfertigung und eröffnen Möglichkeiten zur Steigerung seiner Wertschöpfung.

Holzbau

Geschoss-
wohnungsbau

Objektbau

XXL-Fenster

Schiebetüren

WIR
realisieren
IHRE Projekte.
Sprechen Sie
uns an.

BECKER 360
Holzbau Becker & Sohn GmbH
Kolpingstraße 4
59964 Medebach

T +49 2982 9214 0
info@becker360.de
www.becker360.de

BECKER
360

Erfahrung, die Werte schafft.
Seit 1926.

TOOLMATIC®

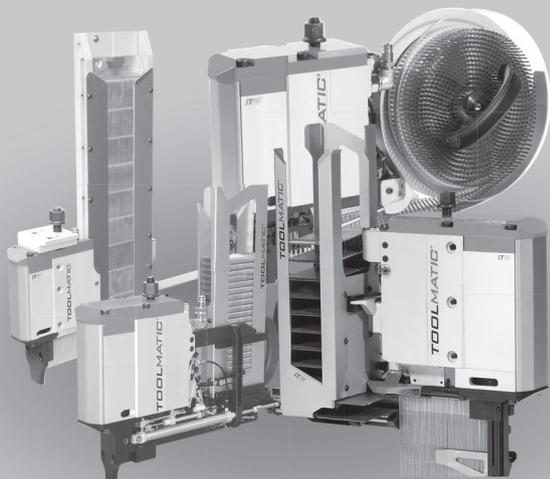
AUTOMATED FASTENING SYSTEMS

INNOVATIVE TECHNOLOGIE FÜR IHRE AUTOMATISIERUNG^V

Automatisierte Vorgänge und standardisierte Qualität, die höchsten Ansprüchen genügen.

Die Flexibilität des modularen Aufbaus der Toolmatic Klammer- und Nagelgeräte bietet kundenspezifische Lösungen in der industriellen Fertigung.

- ❑ Leichte Integration in unterschiedlichste Maschinen, Roboter und Brücken
- ❑ Entwicklung und Produktion Made in Germany mit Know-how und Erfahrung aus dem Hause ITW
- ❑ Konstant hohes Qualitäts- und Serviceniveau





KEIM LIGNOSIL®

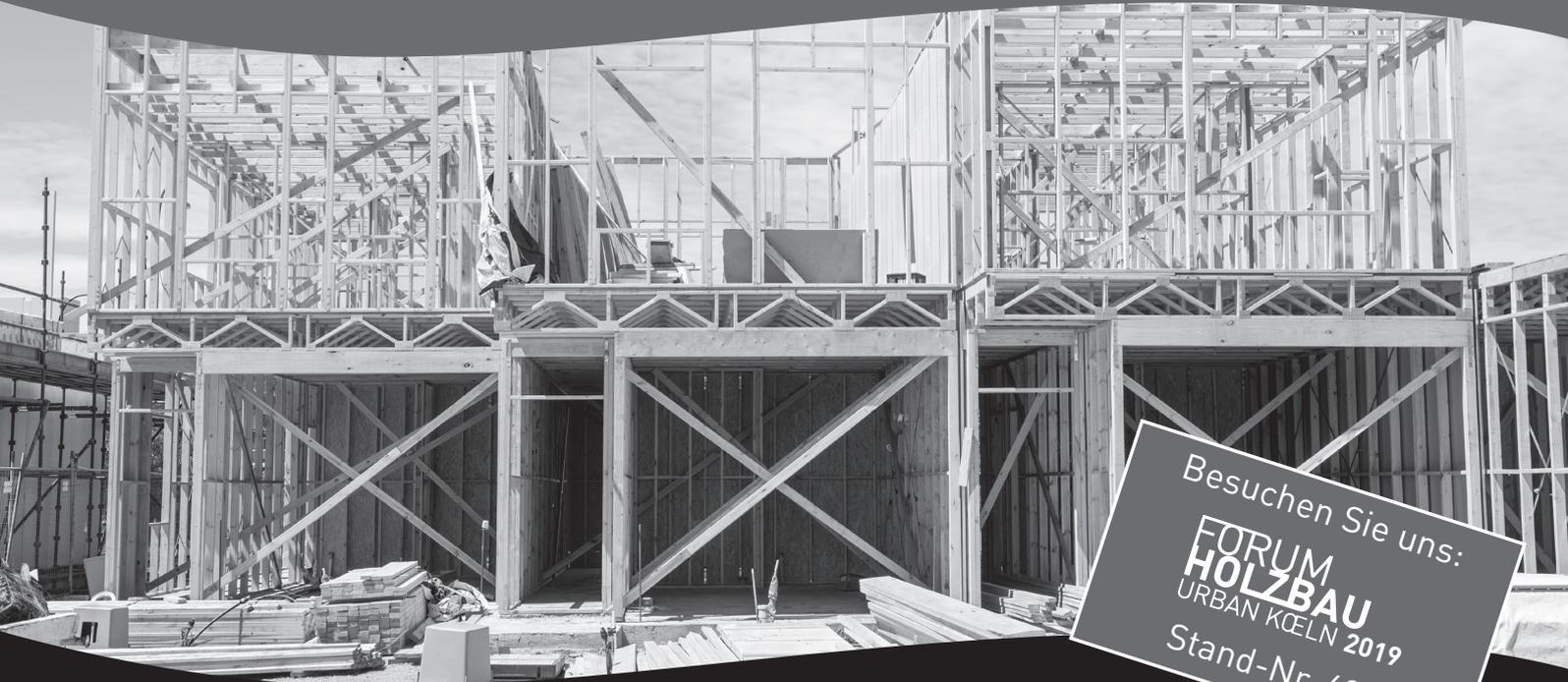
DIE MINERALFARBE FÜR HOLZ – ÄSTHETISCH, DAUERHAFT UND EINZIGARTIG

Lignosil ist die erfolgreiche Übertragung des „Prinzips Silikatfarbe“ auf den Untergrund Holz. Profitieren Sie von hervorragendem Feuchteschutz, UV-Stabilität, Witterungsbeständigkeit und samtmatter Oberflächenoptik.

- KEIM Lignosil®-Color: Deckende Farbbeschichtung für Holzbauteile im Außenbereich
- KEIM Lignosil®-Verano: Natürliche Vergrauung von Holzfassaden
- KEIM Lignosil®-Inco: Lasierende bis deckende Gestaltungen im Innenbereich

KEIM. FARBEN FÜR IMMER.

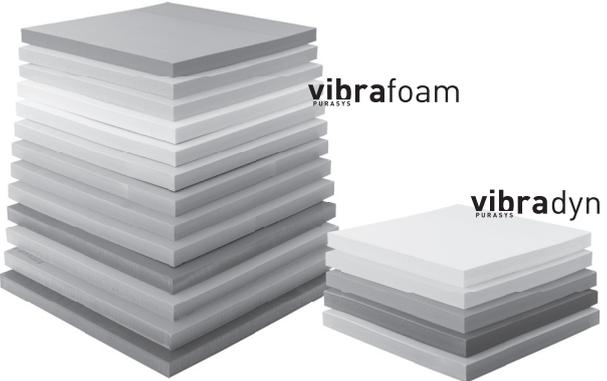
www.keim.com



Besuchen Sie uns:
**FORUM
HOLZBAU**
URBAN KOELN 2019
Stand-Nr. 402

vibrafoam | **vibradyn**
PURASYS PURASYS

Elastische Lager aus Polyurethan zur Schall- und Schwingungsreduzierung im Holzbau



- 18 Basistypen für annähernd jeden Anwendungsfall
- individuelle Sondertypen bei Bedarf möglich
- einfache, schnelle Verlegung
- hervorragende Schall- und Schwingungsminderung, insbesondere an problematischen Knotenpunkten





LIGNO® Brettsperrholz.

Konfigurierbar,
für qualitätsvolle
Holzbau-Architektur
made of LIGNO®.



Linke Spalte, von oben nach unten:
Stadhäuser in Lauchringen (1. und 2. Bild, im Bau) – LIGNO Decken, Wände – Architektur: Jörg Kaiser, Lauchringen //
Mehrfamilienhaus in Lörrach – LIGNO Deckenbauteile – Architektur: wilhelm und hovenbitzer freie architekten, Lörrach
/ Foto: Dieter Ertel, Weitransdorf // Festhalle in Kressbronn – LIGNO Akustikpaneele / Architektur: Spreen Architekten,
München

Mittlere Spalte:
Schwimmhalle in Euskirchen – LIGNO Dachbauteile – Architektur: 3pass, Köln / Foto: Jens Kirchner, Düsseldorf

Rechte Spalte:
Stadhäuser in Lauchringen (im Bau) – LIGNO Decken, Wände – Architektur: Jörg Kaiser, Lauchringen

LIGNOTREND Produktions GmbH
Landstrasse 25 D-79809 Weilheim
Tel.: +49 (0)7755 9200-0
www.lignotrend.com

LIGNO ■ TREND®

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.



MiTek[®]

Holzbau mit System

Bemessungssoftware

Produktionsanlagen

Verbindungsmitel

www.MiTek.de

INTELLIGENTE LUFTDICHTUNG

INTELLO macht Ihre Bauteile besonders sicher.

Hydrosafe Hochleistungs-Dampfbrems-System

100-fach feuchtevariabel s_d 0,25 bis >25 m

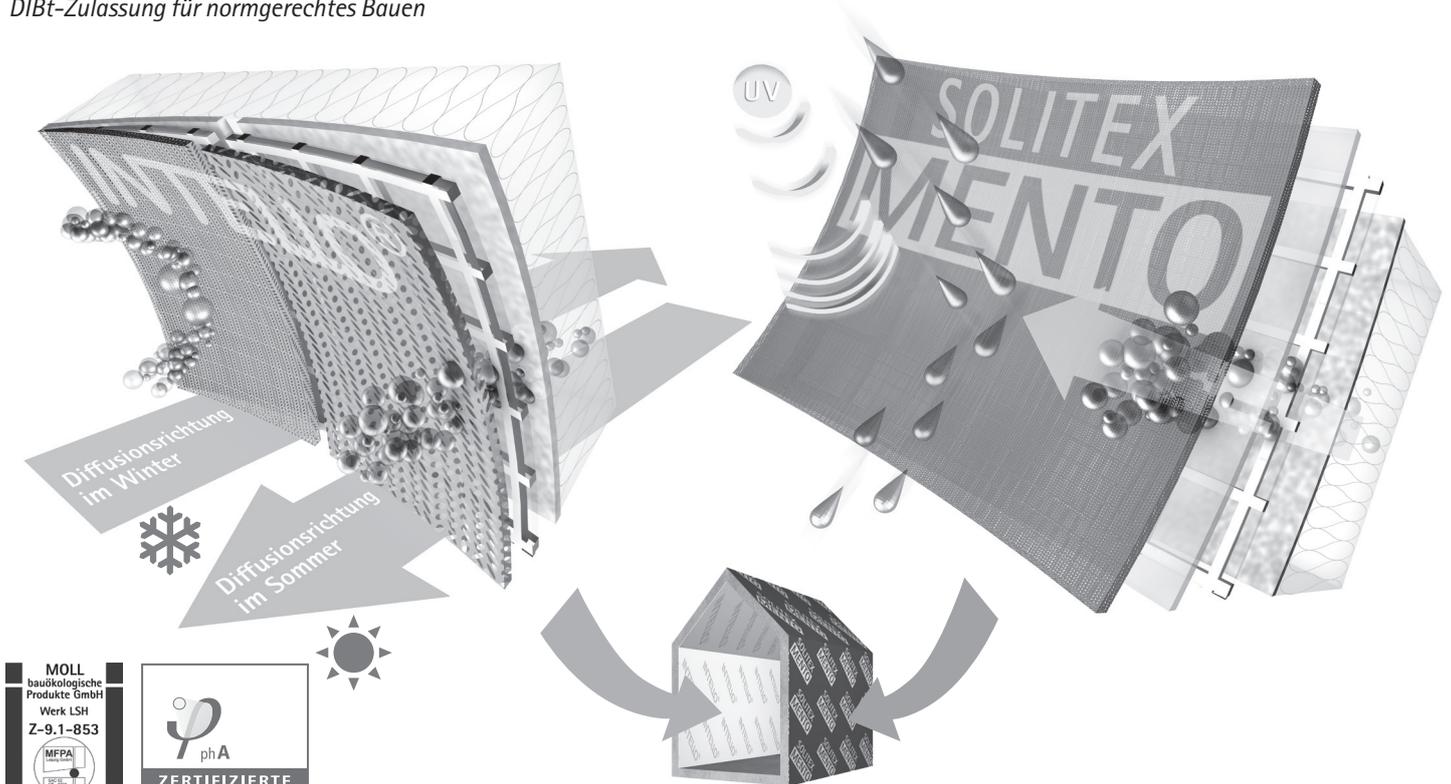
DIBt-Zulassung für normgerechtes Bauen

FEUCHTEAKTIVE AUSSENDICHTUNG

SOLITEX schützt vor Wind und hält das Bauteil trocken.

Hochdiffusionsoffenes Unterdecksystem mit monolithischer

Funktionsmembran mit aktivem Feuchtetransport nach außen.



Feuchtevariable Dampfbremsbahn INTELLO zur Verwendung entsprechend DIN 68800-2:2012-02



INTELLO • INTELLO PLUS
TESCON VANA • ORCON F
CONTEGA SOLIDO SL
KAFLEX • ROFLEX

DAUERHAFT VERKLEBUNG

Allround-Klebeband TESCON VANA

- Klebt sicher innen und außen – sogar bei Feuchtigkeit: wasserfester SOLID Kleber
- Einfacher weiter arbeiten: Vliesträger direkt überputzbar
- Flexibler weiter arbeiten: 6 Monate UV stabil
- 100 Jahre Klebkraft unabhängig bestätigt



pro clima – und die Dämmung ist perfekt

Das komplette Profi-System für die sichere Gebäudedichtung. Über 30 Jahre Erfahrung in Forschung und Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service. Für besten Schutz gegen Bauschäden und Schimmel.



Kostenfrei bestellen:

Planungshandbuch pro clima »WISSEN«

mit über 400 Seiten Konstruktionen, Details, Bauphysik, Systemen, Produkten, Service u. v. m.

Fon +49 (0) 62 02 - 27 82.0

info@proclima.de

proclima.de/wissen

www.proclima.de



TRANSPARENT BY NATURE

Choose Nordic quality for sustainable
fire protection of urban wood construction.

Meet us at
Forum Holzbau Urban Cologne (EBH)
stand 410

NT[®]
NORD
TREAT



www.nordtreat.com

ORCA **AVA** bringt Sie zum Ziel!

© 1990-2017 by ORCA Software GmbH • Alle Rechte vorbehalten
Bildnachweis: © AllentForce - Fotolia.com

Ausschreibung
Vergabe
Abrechnung

durchgängiges
Kostenmanagement

Testen Sie jetzt, wie gut ORCA AVA zu Ihnen passt.
Kostenlos – unverbindlich.

www.orca-software.com/ava



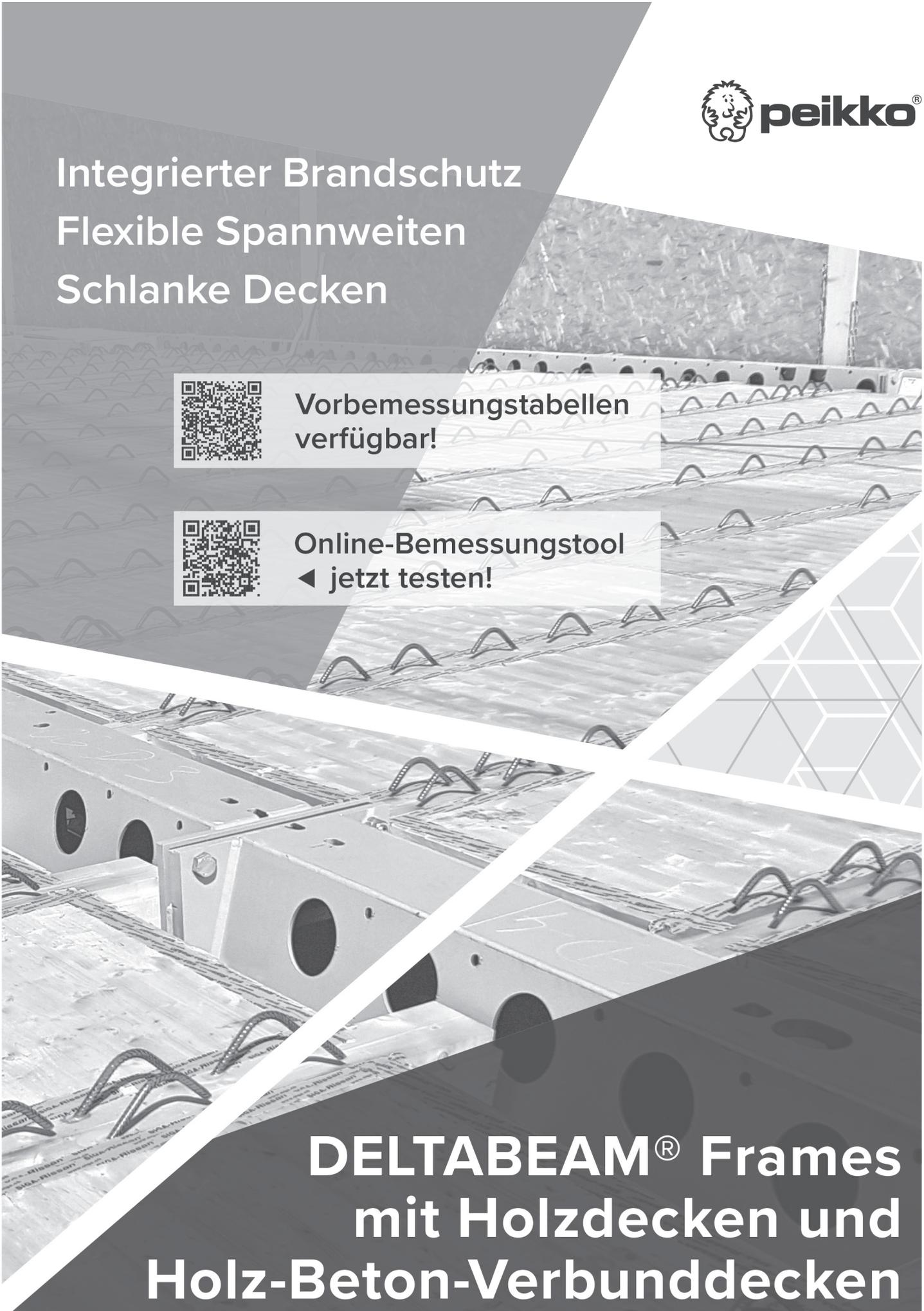
Integrierter Brandschutz
Flexible Spannweiten
Schlanke Decken



Vorbemessungstabellen
verfügbar!



Online-Bemessungstool
◀ jetzt testen!



**DELTABEAM® Frames
mit Holzdecken und
Holz-Beton-Verbunddecken**



Schnittholz



Massivholzplatten



Brettsperrholz - CLT



Brettschichtholz



 **PFEIFER**

PASSION FOR
TIMBER

pfeifergroup.com

ZWEI, DIE AUF NACHHALTIGKEIT BAUEN



**INSPIRATIONS
CLOSE TO YOU**



Die emissionsarme Holzwerkstoffplatte LivingBoard ist die ideale Wahl für den wohngesunden Holzrahmen- und Innenausbau. Die Faserplatte StyleBoard MDF.RWH eignet sich perfekt als diffusionsoffene Unterdeckung für Dach und Wand. Beide Boards sind 100% formaldehydfrei und feuchtebeständig PU-verleimt.



www.blauer-engel.de/uz76

- emissionsarm
- Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft
- in der Wohnumwelt gesundheitlich unbedenklich



SCHALLSCHUTZ WEITER GEDACHT



Innovative Holzverbindingssysteme für höchste Ansprüche.
Pfostenträger | Verbinder | Balkonsäulen | Zaunsäulen | Werkzeuge | Schallschutz

Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG
Siemensstraße 26, 84051 Altheim
Telefon: +49 8703 93460
www.pitzl-connectors.com

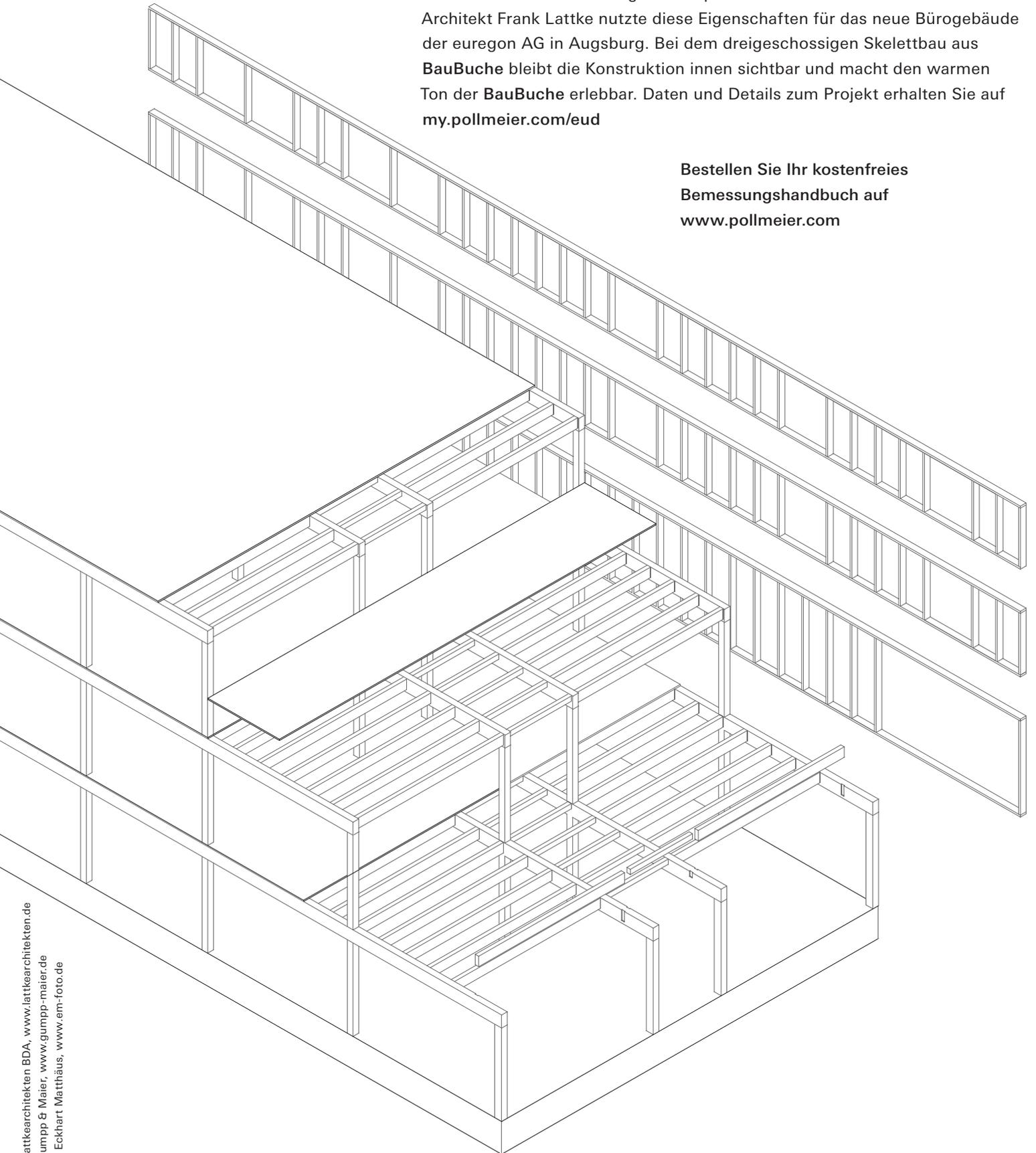


BauBuche spart Raumhöhe

Ein schlanker Skelettbau für das euregon AG Bürogebäude

BauBuche besitzt eine außergewöhnlich hohe Tragfähigkeit und ermöglicht schlankere Bauteile sowie größere Spannweiten im konstruktiven Holzbau. Architekt Frank Lattke nutzte diese Eigenschaften für das neue Bürogebäude der euregon AG in Augsburg. Bei dem dreigeschossigen Skelettbau aus **BauBuche** bleibt die Konstruktion innen sichtbar und macht den warmen Ton der **BauBuche** erlebbar. Daten und Details zum Projekt erhalten Sie auf my.pollmeier.com/eud

Bestellen Sie Ihr kostenfreies
Bemessungshandbuch auf
www.pollmeier.com





PURE LIVIN

DIE **REVOLUTION** IM MEHRGESCHOSSIGEN HOLZBAU

Seriell vorgefertigte, komplette Raummodule aus Massivholz werden nach dem Prinzip „Plug & Play“ zu multifunktionalen, flexiblen Wohneinheiten und –gebäuden kombiniert.

- » Erhebliche Zeit- und Kostenersparnis in der Planung (BIM)
- » Maximale Kostensicherheit in der Umsetzung
- » Serieller Vorfertigungsgrad von 95%
- » Herausragende handwerkliche Ausführungsqualität
- » Bauzeitverkürzung um bis zu 75%
- » Klimapositiv und nachhaltig durch den Baustoff Holz

www.purelivin.net
office@purelivin.net | +43 (5572) 38380



purelivin
wohnen weiter gedacht



UPB[®] BOARDS

made of Resysta[®]

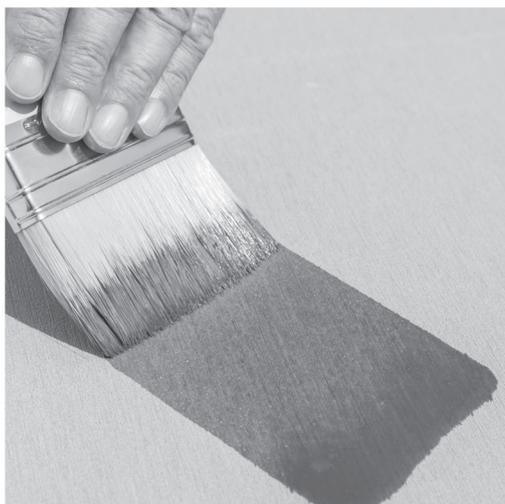
- **100% wasserfest**
- **Einfach verarbeiten wie Holz**
- **Individuelle Farbgestaltung**
- **Premium Kante**
- **Thermoverformbar**
- **100% recycelbar**



reddot design award
winner 2017



Green
Product Award
Winner
CATEGORY ARCHITECTURE



GARANTIE
auf
das Material
80 Jahre

kein Aufquellen
kein Reißen
kein Splintern
kein Verrotten



Design-Board mit natürlichem
Look & Feel von Holz **UPB BOARDS**

www.upb-board.com

iW
INTELLIGENTWOOD
UPB[®] Boards made of Resysta[®]

Im Jahre 1983 begannen J. **S**chlemper + T. **S**chucht mit der Entwicklung einer Software zur Arbeitserleichterung für den rechenintensiven Abbund. Aus den Anfängen auf einem C64-Computer entstand eine der führenden Lösungen im Bereich 3D-CAD/CAM Holzbau-Software - 2016 feierte die S+S Datentechnik für den Holzbau GmbH ihr 30-jähriges Firmenjubiläum.

S+S Anwender erhalten eine durchgängige, professionelle 3D-CAD / CAM-Lösung für die Entwurfs-, Genehmigungs-, Produktions- und Montageplanung. Alle verfügbaren Module sind dabei auf einem selbstentwickelten Programmkern aufgesetzt. Das Resultat: eine Datenverarbeitung der kurzen Wege ermöglicht sowohl die schnelle Erstellung wie auch Veränderung von Bauvorhaben. Alternative Ansätze können geprüft und beurteilt werden, auch hinsichtlich der Auswirkungen auf die Kosten, die 3D-visuelle Beurteilung eines Entwurfs aus jedem Blickwinkel hilft Design- und Konstruktionsfehler zu vermeiden. Ist der „Haken dran“, erfolgt die schnelle Ausgabe von Arbeits- und Fertigungszeichnungen.

Die **S+S** Datentechnik GmbH ist nicht nur Lieferant eines „Werkzeugs“ sondern vielmehr ein Partner, der den Anwender begleitet und diesem ein umfangreiches Support- und Schulungsprogramm bietet.

Unsere Kunden finden kompetente Ansprechpartner, wenn es darum geht, Lösungen zu Problemen aus der täglichen Praxis zu finden oder Anregungen und Vorschläge einzubringen. Der Dialog mit den Anwendern bewährt sich täglich aufs Neue und

begründet das hohe, an der Praxis orientierte Niveau unserer Produkte.

Dieses Niveau wird gesichert durch regelmäßige Mitarbeiterschulungen - im Service wie in der Programmierung, durch den Einsatz der neuesten Developer-Tools von Microsoft und das Vorhalten stets aktueller Hardware- und Kommunikationsausstattung.

Ob Dachkonstruktionen oder Objekte im Holzrahmenbau, Fachwerk-, Blockbohlen- oder Ingenieur-Holzbau - **ABBUND** steht mit seinen diversen Modulen und Leistungsfunktionen für absolute Flexibilität und rationelles Arbeiten. Mit der leicht zu erlernenden 3D-CAD/CAM-Software sind Bauvorhaben rasch und valide, vollumfänglich und fertigungs-optimiert konstruiert. Das „Kernprogramm“ kann sinnvoll ergänzt werden um **ConCAD** - ein Modul für das unlimitierte + freie Konstruieren im 3-dimensionalen Raum, um **OpenIN** - zur Platzierung beliebiger Projekte (ein- oder mehrfach) in andere Abbund-Projekte oder um **DesignDesk** das Modul zur freien, individuellen Gestaltung von Bau- und Konstruktionsplänen unter Nutzung aller von Abbund bereitgestellten Zeichnungen, Listen und Visualisierungen. Neben zahlreichen Im- und Export-Schnittstellen sind Steuerungen für die Holzbau-Maschinen aller Hersteller verfügbar, angeführt seien hier z.B. die Firmen *Hundegger*, *Weinmann*, *SCM*, *Essetre*, *Krüsi* oder *Randek*.

Nun ist **ABBUND** zwar primär ein Holzbauprogramm, aber die Umwandlung von Holzbauteilen in andere Materialien, z.B. Stahl, nebst notwendigem Zubehör ist sehr einfach zu

vollziehen. Profile und materialtypische Oberflächen werden dank der 3D-Funktion in allen erdenklichen Perspektiven der Konstruktion wiedergegeben. Die Leistungsfunktion 3D-CAM gewährleistet die Bearbeitung der gesamten Konstruktion im Raum. Parallel verschieben, Dimensionen ändern, freies Verlängern bzw. Verkürzen, Hart- oder Weichverschneidungen, die Verbindungen auch unterschiedlicher Hölzer: All dies geschieht in Echtzeit unter ständiger visueller Kontrolle bei automatischer Mengenermittlung als Basis für eine genaue Kostenanalyse in jeder Phase des Entwurfs.

2014 hat S+S als erster 3D-CAD/CAM Anbieter eine völlig neue, nach ergonomischen Gesichtspunkten gestaltete Benutzeroberfläche entwickelt, die wahlweise eine unlimitierte Bedienung mit zehn Fingern oder mit Maus und Tastatur erlaubt,



Neu in 2019 ist u.a.:

- erweiterte IFC-Schnittstelle
- Webdesign
- u.v.m.

S+S Datentechnik für den Holzbau GmbH

Bensberger Str. 252
D-51469 Bergisch Gladbach
Tel: +49-(0)2202-969550
www.abbund.com
info@abbund.com



SFS

Wirt schaftlich. Kreativ. Leistungs fähig.

Kein Kompromiss bei Qualität und Sicherheit.

SFS Befestigungslösungen für den konstruktiven Holzbau:

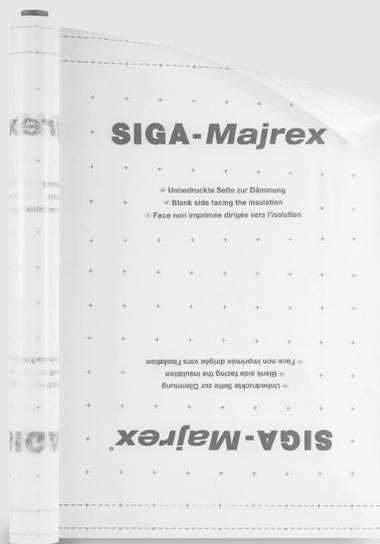
- Leistungsstarke Doppelgewindebefestiger
- Einzigartige Vollgewindebefestiger
- Selbstbohrendes Stabdübelsystem
- Große Auswahl an Teilgewindebefestigern
- Schraubanker zur Befestigung von Holz an Beton
- Kompetenter Bemessungsservice

+49 6171 70020
www.sfsintec.de



SIGA⁺ 1966

SIGA ist führend in der Entwicklung, der Produktion und dem Vertrieb von wohngiftfreien Hochleistungsprodukten für eine luft- und winddichte Gebäudehülle. Rund 500 Mitarbeitende streben in über 20 Ländern nach einer Welt mit Gebäuden ohne Energieverlust.



Majrex® – die sichere Dampfbremse für jede Konstruktion

Die patentierte Dampfbremse SIGA-Majrex mit Hygrobrid®-Technologie ermöglicht den kontrollierten Feuchtetransport in eine Richtung und bietet erhöhte Sicherheit in jeder Konstruktion.



Neubau



Flach- und Steildach



Sanierung



Stick with us.

siga.swiss

ARBEITEN WIE DIE PROFIS!



GEPRÜFTE SICHERHEIT, HÖCHSTE QUALITÄT

WINKELVERBINDER



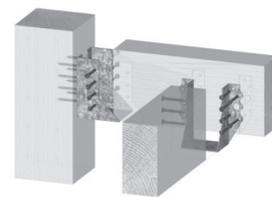
STÜTZENFÜSSE



ZUGANKER



BALKENSCHUHE



Simpson Strong-Tie® Holzverbinder

Wir liefern Verbinder für tragende Holzkonstruktionen.
Das können Sie von uns erwarten:

- Die meisten CE Kennzeichnungen im Markt
- Qualität auf höchstem Niveau
- Höchster Anspruch an Sicherheit
- Wegweisende Innovationen
- Die anerkannt beste technische Dokumentation
- ISO-9001-zertifizierte Produktionsstätten
- Zertifizierte Labore für Produkttests

SIMPSON
Strong-Tie®



You have big visions. So do we.

Städte wurden seit Jahrhunderten verändert, das urbane Umfeld ändert sich laufend – doch jetzt ist die Zeit reif für eine **neue Phase des Bauens**: Neue Technologien für die Planung und allgemein in der Holzindustrie ermöglichen uns mehr Design-Optionen als je zuvor. Die heutigen Herausforderungen verlangen nach neuen Ideen für Lösungen, die **nachhaltig** und **in großem Maßstab** umgesetzt werden können sowie auf intelligent industrialisierten Produktionsmethoden basieren. Wir als Stora Enso unterstützen mit unserer Erfahrung, Expertise und unseren veredelten Holzprodukten dabei, diese Entwicklungen mitzugestalten.

Die Division Wood Products ist ein führender Anbieter von **innovativen holzbasierten Lösungen**. Die Produktpalette deckt **alle Bereiche urbanen Bauens** ab und umfasst unter anderem **Massivholzelemente** und **Holzkomponenten**. Das Angebot wird durch eine Reihe von Schnittholzprodukten und Pellets für eine nachhaltige Wärmeerzeugung abgerundet. Eine wachsende Produktpalette an Bioverbundstoffen ermöglicht den Ersatz von Kunststoffen in Konsumgütern und generiert damit neues Potenzial für weitere, anspruchsvolle und kosteneffiziente Außen-Anwendungen. Zu unseren Kunden zählen vor allem Groß- und Einzelhändler, Tischlerei- und Bauunternehmen.

Wir haben es uns zur Aufgabe gemacht, unsere Vision gemeinsam mit Ihnen zu realisieren.

Alles, was heute aus fossilen Materialien produziert wird, kann morgen aus Holz hergestellt werden.

Foto: MHD Arkitekter

Kontaktieren Sie uns für mehr Informationen:

Stora Enso, Division Wood Products
Werk Pfarrkirchen
Tel. +49 8561 30050
E-Mail: office.pfarrkirchen@storaenso.com

www.clt.info
www.storaenso.com

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY



Holz in Bestform



PRÄZISE
UND MASSIV



SWISS KRONO
MAGNUMBOARD® OSB

Das massive Holzbaustem

- Direkt beschichtbar

swisskrono.de

Made in
Germany



SWISS KRONO
BAUTEIL-PLANER

Ein digitales
Planungsinstrument
für den Holzbau

timberplanner.com

Digitalisieren Sie Ihre Holzverarbeitung.
Triviso ERP unterstützt Sie dabei.

- ✓ Interaktives Arbeiten in den Dokumenten
- ✓ Integrierte Kalkulation
- ✓ Schnittstellen zu CAD-Lösungen und Finanzbuchhaltungen
- ✓ Individuelle Prozessdefinitionen
- ✓ Mobile Zeiterfassung
- ✓ Termin- und Kapazitätsplanung



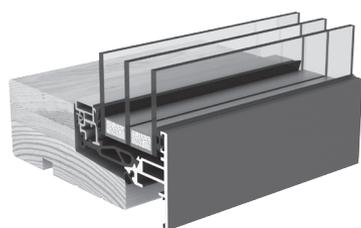
GEITNER HAUS, DÜSSELDORF

► Außergewöhnliche Architektur im konventionellen Umfeld mit VELFAC Design Fenstern

Großzügig und individuell bauen und sich doch harmonisch in ein gewachsenes Quartier einfügen – die Düsseldorfer Architekten Leona und Andreas Geitner haben die Herausforderung angenommen und einen großen Erfolg gelandet. Das Geitner Haus erhielt den 2. Platz beim Häuser Award 2012 und eine „Auszeichnung guter Bauten“ des BDA Düsseldorf 2014.

Die schlichte elegante Fassade wurde in Holzrahmenbauweise realisiert, die Struktur der einfachen sägerauen Bretter scheint durch eine dunkel lasierte Fichtenholzverkleidung hindurch. Je nach Lichteinfall changiert das Gebäude zwischen dunklem Anthrazit und silbrigem Grau. VELFAC Design Fenster wurden u.a. wegen der schmalen Ansichtsprofile sowie der möglichen bündigen Ausführung in der Fassade gewählt.

VELFAC 200 ENERGY – das originale Designfenster



Die **VELFAC 200 ENERGY**-Serie mit sehr schlanken Profilen und effektiven Energielwerten bietet ein elegantes und zeitloses Design, das sich besonders für Neubauten und die Sanierung von Häusern aus den 1960ern bis 1980ern eignet.

FAKTEN:

- **Objekt/Standort:** Drosselweg 6, 40489 Düsseldorf
- **Bauherr:** Leona Geitner, Dipl.-Ing. Architektin BDA, Andreas Geitner, Dipl.-Ing. Architekt BDA, Düsseldorf
- **Architekt:** Geitner architekten, Düsseldorf
- **Website des Büros:** www.geitnerarchitekten.de
- **Auszeichnung:** Häuser Award 2012 – 2. Platz in der Kategorie "Die besten kostengünstigen Einfamilienhäuser" Auszeichnung guter Bauten des BDA Düsseldorf 2014

VELFAC 200 ENERGY

- 3-fach verglastes Designfenster mit schmalen Rahmen
- Minimalistisches Design - einfach und elegant
- "Schwebender" Flügel im Mauerwerk dank zurück gezogener Fuge
- Fest- und Öffnungsflügel mit gleicher Ansicht
- Eingebautes Sicherheitspaket
- Umfassendes Testprogramm in Bezug auf Haltbarkeit, Stabilität und Dichtigkeit
- Uw-Werte bis zu 0,8 W/m²K



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