

# FORUM HOLZBAU URBAN KÖLN

**14. Europäischer Kongress (EBH)**

**20./21. Oktober 2021**

**Gürzenich Köln, Deutschland**

Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum

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

## Inhalt

### Wirtschaft und Bauwirtschaft im Wandel

**Global | National | Regional – Wie wird sich die Bauwirtschaft verändern** 10  
*Martin Langen, B+L Marktdaten, Bonn, Deutschland*

**Nachhaltig bauen – wir müssen umdenken** 12  
*Prof. Dr. Natalie EBig, Hochschule München, München, Deutschland*

### BLOCK A1

#### Bauten für Bildung und Erziehung

**Pädagogik und Architektur** 19  
*Vera Lisa Schneider, MSB NRW, Düsseldorf*

**Lindenforum Gummersbach** 25  
*Simon Gellert, Hausmann Architekten, Aachen, Deutschland*

**Kita «Rheindampfer» in Bonn Geislar** 34  
*Prof. Ulrich Graffelder, rheintreuearchitekten, TH Köln, Köln, Deutschland*

**Gesamtschule Münster-Ost** 39  
*Dagmar Grote, farwick+grote Architekten BDA Stadtplaner, Ahaus/Dortmund, Deutschland*

### BLOCK A2

#### Modulare Bauweisen: Aufstockungen | Sanierungen | Neubauten

**Serielle Sanierung zum NetZero-Standard nach dem Energiesprong-Prinzip** 47  
*Sebastian Eck, VBW Bauen und Wohnen, Bochum, Deutschland*

**Sieben Geschosse in Holz-Hybridbauweise:  
Studentenappartements mit 66 vorgefertigten Badmodulen** 53  
*Tillmann Schütt, Gebr. Schütt, Landscheide-Flethsee, Deutschland*

**Deutschlands grösste Aufstockung:  
2 Geschosse – 19 Gebäude – 1102 Module in Frankfurt** 64  
*Christian A. Czerny, LiWood, München, Deutschland*

### BLOCK B1

#### Schallschutz: Flachdach und Aussenwand

**Schallschutz gegen Aussenlärm bei Holzbauweisen –  
Planungsgrundsätze für die Praxis** 76  
*Dr. Andreas Meier, Müller-BBM, Planegg bei München, Deutschland*

**Flachdächer und Dachterrassen im Holzbau** 87  
*Andreas Rabold und Camille Châteauvieux-Hellwig,  
Technische Hochschule Rosenheim und ift Rosenheim, Rosenheim, Deutschland  
Stefan Bacher, ift Rosenheim, Rosenheim, Deutschland*

**Luftschalldämmung von Brettsperrholzwänden mit  
Wärmedämmverbundsystem** 99  
*Dr. Franz Dolezal, IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie,  
Wien, Österreich*

## BLOCK B2

### Wie planen wir den qualitativen HOLZBAU in der Zukunft GEMEINSAM

- Analoges Entwerfen im strukturell gebundenen Raum** 108  
*Eckehard Wienstroer, Wienstroer Architekten Stadtplaner, Neuss, Deutschland*
- Tragwerksplanung im Kontext der beteiligten (Fach-)Planer** 115  
*Tobias Götz, Pirmin Jung Deutschland, Remagen, Deutschland*
- Fundierte Ausführungsplanung als Garant für gelungenen Holzbau** 121  
*Roland Springmeyer, Saint-Gobain Brüggemann Holzbau, Neuenkirchen, Deutschland*

### Revitalisierung bestehender Strukturen

- Duisburg: Wasser raus, Mieter rein – Aus Schwimmbad wird Büroraum** 130  
*Burkhard Walter, Walter Reif Ingenieurgesellschaft, Aachen, Deutschland*
- Bernapark – aus stillgelegter Fabrik wird visionäres Quartier** 146  
*Armin Schawalder, Timbatec Holzbauingenieure Schweiz, Bern, Schweiz*
- Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals grössten Güterbahnhof Europas** 151  
*Heinz Thurik, ZÜBLIN Timber, Aichach, Deutschland*

## BLOCK C1

### Holz-Beton-Verbund: Entwicklungen | Konzepte | Umsetzungen

- Aus der Forschung in die Praxis: Erstes Pilotprojekt mit geklebter HBV-Decke** 159  
*Volker Schmid und Melf Sutter, Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland*
- Individuell und doch modular «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen** 169  
*Andreas Schimmelpfennig, CREE Deutschland, Bremen, Deutschland*
- Verbundtechnologien im Einsatz: Engineering, Design und Nachhaltigkeit** 178  
*Frank Steffens, Brüninghoff Gruppe, Heiden, Deutschland*
- Vergleich unterschiedlicher Systeme – Ansätze an drei ausgeführten Projekten. Eine integrale Planungsaufgabe.** 189  
*Dennis Morkötter, Planungsgesellschaft Dittrich, München, Deutschland*

## Block C2

### Digitalisierung: Im Holzbau schon längst Realität

- Einheitliche digitale Produktinformation für den Holzbau gemäss ISO 23386** 201  
*Christoph Eichler, buildingSMART Austria, Wien, Österreich*
- Von der Planung bis zur Ausführung: Eine Gesamtbetrachtung von BIM im Holzbau** 206  
*Philipp Zumbrennen, URBAN Limited, London, UK*

## BLOCK D1

### NRW Spezifisch: Brandschutz | Fachberatung | Initiativen

- «The Cradle» – Kreislauffähiges Bauen mit Holz in Planung, Produktion und Montage** 216  
*Markus Stepler, DERIX Gruppe, Niederkrüchten, Deutschland*
- Bauen mit Holz in den GKL 4 und 5 in Nordrhein-Westfalen** 223  
*Jost Rübél, Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung, Düsseldorf, Deutschland*
- Aufstockungen in Holzbauweise – wie sieht es mit dem Brandschutz aus? Aktuelle Projekte in NRW** 232  
*Tobias Wiesenkämper, Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure, Essen, Deutschland*

## BLOCK D2

### Recht

- Lernen aus der Corona-Krise – Ansprüche und Risiken von Bauverträgen** 240  
*Dr. Matthias Orlowski, Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft, Düsseldorf, Deutschland*
- Baubetriebliche Aspekte von Bauablaufstörungen** 251  
*Prof. Dr. Michael Ehlers, Hochschule Osnabrück, Osnabrück, Deutschland*
- Neuere Rechtsprechung zu den Mängelbeseitigungskosten im Werkvertragsrecht** 263  
*Jan-Philipp Budde, Amtsgericht Detmold, Detmold, Deutschland*

## Moderatoren

### **Prof. Dr. Bayer Dirk**

Technische Universität Kaiserslautern  
Pfaffenbergstrasse 95  
67663 Kaiserslautern, Deutschland

Tel.: +49 6312 0527 59  
E-Mail: dirk.bayer@architektur.uni-kl.de

### **Brähler Isabel**

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

Tel.: +49 2111 6998 14  
E-Mail: i.braehler@vdw-rw.de

### **Prof. Damm Hannelore**

Technische Hochschule Köln  
Claudiusstrasse 1  
50678 Köln, Deutschland

Tel.: +49 2218 2752 793  
E-Mail: hannelore.damm@th-koeln.de

### **Prof. Frühwald-König Katja**

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Campusallee 12  
32657 Lemgo, Deutschland

Tel.: +49 5261 7025 827  
E-Mail: katja.fruehwald@th-owl.de

### **Prof. Dr. h. c. Köster Heinrich**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
83024 Rosenheim, Deutschland

Tel.: +49 8031 8051 20  
E-Mail: heinrich.koester@th-rosenheim.de

### **Müller Michael**

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

Tel.: +49 2024 4571 32  
E-Mail: m.mueller@acms-architekten.de

### **Rychter Alexander**

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

Tel.: +49 2111 6998 21  
E-Mail: a.rychter@vdw-rw.de

### **Prof. Dr. Becker Jörg**

Fachhochschule Dortmund  
Sonnenstrasse 96  
44139 Dortmund, Deutschland

Tel.: +49 2317 5544 26  
E-Mail: joerg.becker@fh-dortmund.de

### **Brüggenolte Klaus**

Architektenkammer Nordrhein-Westfalen  
Zollhof 1  
40221 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: +49 2114 9670  
E-Mail: klaus.brueggenolte@vaa-nrw.de

### **Eisfeld Matthias**

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

Tel.: +49 2962 9749 80  
E-Mail: eisfeld@landesbeiratholz-nrw.de

### **Heemann Christoph**

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

Tel.: +49 2111 3067 117  
E-Mail: heemann@ikbaunrw.de

### **Prof. Dr. Moorkamp Wilfried**

Fachhochschule Aachen  
Bayernallee 11  
52066 Aachen, Deutschland

Tel.: +49 2416 0095 1147  
E-Mail: moorkamp@fh-aachen.de

### **Prof. Dr. Noosten Dirk**

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Emilienstrasse 45  
32657 Detmold, Deutschland

Tel.: +49 5231 7696 612  
E-Mail: dirk.noosten@th-owl.de

### **Prof. Dr. Schauerte Tobias**

Linnaeus University  
Lückligsplats 1  
35195 Växjö, Schweden

Tel.: +46 470 708 824  
E-Mail: tobias.schauerte@lnu.se

## Referenten

### **Budde Jan-Philipp**

Amtsgericht Detmold  
Heinrich-Drake-Strasse 3  
32756 Detmold, Deutschland

Tel.: +49 5231 7681  
E-Mail: jan-philipp.budde@ag-detmold.nrw.de

### **Dr. Dolezal Franz**

IBO – Österreichisches Institut für Bauen  
und Ökologie GmbH  
Alserbachstrasse 5/8  
1090 Wien, Österreich

Tel.: +43 1 319 200 514  
E-Mail: franz.dolezal@ibo.at

### **Prof. Dr. Ehlers Michael**

Hochschule Osnabrück  
Emsweg 3  
49090 Osnabrück, Deutschland

Tel.: +49 5419 695 345  
E-Mail: m.ehlers@hs-osnabrueck.de

### **Prof. Dr. Eßig Natalie**

Hochschule München  
Karlstrasse 6  
80333 München, Deutschland

Tel.: +49 8912 6526 33  
E-Mail: natalie.essig@hm.edu

### **Götz Tobias**

PIRMIN JUNG Deutschland GmbH  
Am Güterbahnhof 16  
53424 Remagen, Deutschland

Tel.: +49 2642 9051 910  
E-Mail: tobias.goetz@pirminjung.de

### **Grote Dagmar**

farwick+grote Architekten BDA Stadtplaner  
van-Delden-Strasse 15  
48683 Ahaus, Deutschland

Tel.: +49 2561 429 60  
E-Mail: anne.scherle@farwickgrote.de

### **Langen Martin**

B+L Marktdaten GmbH  
Markt 26  
53111 Bonn, Deutschland

Tel.: +49 2286 2987 20  
E-Mail: ml@BL2020.com

### **Czerny Christian**

LiWooD Management AG  
Rückertstrasse 5  
80336 München, Deutschland

Tel.: +49 8941 1841 14  
E-Mail: christian.czerny@liwood.com

### **Eck Sebastian**

VBW Bauen und Wohnen GmbH  
Wirmerstrasse 28  
44803 Bochum, Deutschland

Tel.: +49 2343 103 15  
E-Mail: sebastian.eck@vbw-bochum.de

### **Eichler Christoph**

buildingSMART Austria  
Eschenbachgasse 9  
1010 Wien, Österreich

Tel.: +43 6764 9562 60  
E-Mail: christoph.eichler@buildingsmart.co.at

### **Gellert Simon**

Hausmann Architekten GmbH  
Bendstrasse 50-52  
52066 Aachen, Deutschland

Tel.: +49 2415 6829 80  
E-Mail: pr@hausmannarchitekten.de

### **Prof. Graffelder Ulrich**

rheintreuearchitekten Koch/Graffelder PartG mbB  
Schaafenstrasse 25  
50676 Köln, Deutschland

Tel.: +49 2213 1001 59  
E-Mail: graffelder@rheintreue.net

### **Kaiser Hubert**

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft,  
Natur- und Verbraucherschutz des Landes  
Nordrhein-Westfalen  
Schwannstrasse 3  
40476 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: +49 2114 56 60  
E-Mail: martin.schwarz@wald-und-holz.nrw.de

### **Dr. Meier Andreas**

Müller-BBM GmbH  
Helmut A. Müller-Strasse 1-5  
82152 Planegg, Deutschland

Tel.: +49 8985 6023 25  
E-Mail: Andreas.Meier@mbbm.com

**Mindrup Klaus**

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

Tel.: +49 2506 3002 845 10  
E-Mail: mindrup@bauart-ingenieure.de

**Dr. Orlowski Matthias**

Mütze Korsch Rechtsanwalts-gesellschaft mbH  
Trinkausstrasse 7  
40213 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: +49 2118 829 29  
E-Mail: orlowski@mkrg.com

**Rübel Jost**

Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Gleichstellung des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf  
Jürgensplatz 1  
40219 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: +49 2118 6185 723  
E-Mail: jost.ruebel@mhkgb.nrw.de

**Schautes Stefan**

HOWOGE Wohnungsbaugesellschaft mbH  
Stefan-Heym-Platz 1  
10367 Berlin, Deutschland

Tel.: +49 3054 6412 60  
E-Mail: claudia.zinkler@howoge.de

**Schimmelpfennig Andreas**

Zech Bau Holding GmbH  
August-Bebel-Allee 1  
28329 Bremen, Deutschland

Tel.: +49 4217 9304 420  
E-Mail: aschimmelpfennig@cree-buildings.de

**Schneider Vera Lisa**

Ministerium für Schule und Bildung  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
Völklinger Strasse 49  
40221 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: +49 2115 8673 284  
E-Mail: vera-lisa.schneider@msb.nrw.de

**Schwalm Patrick**

Implenia AG  
Industriestrasse 24  
8305 Dietlikon, Schweiz

Tel.: +41 58 474 32 96  
E-Mail: patrick.schwalm@implenia.com

**Springmeyer Roland**

SAINT-GOBAIN Brüggemann Holzbau GmbH  
Am Wambach 17-19  
48485 Neuenkirchen, Deutschland

Tel.: +49 5973 9440 13  
E-Mail: r.springmeyer@brueggemann-holzbau.de

**Morkötter Dennis**

Planungsgesellschaft Dittrich mbH  
Leonrodstrasse 68  
80636 München, Deutschland

Tel.: +49 8913 011 80  
E-Mail: morkoetter@dittrich-pg.de

**Prof. Dr. Rabold Andreas**

Technische Hochschule Rosenheim  
Hochschulstrasse 1  
83024 Rosenheim, Deutschland

Tel.: +49 8031 8052 533  
E-Mail: andreas.rabold@fh-rosenheim.de

**Scharrenbach Ina**

Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Gleichstellung des Landes  
Nordrhein-Westfalen  
Jürgensplatz 1  
40219 Düsseldorf, Deutschland

Tel.: +49 2118 618 50  
E-Mail: martin.schwarz@wald-und-holz.nrw.de

**Schawalder Armin**

Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG  
Falkenplatz 1  
3012 Bern, Schweiz

Tel.: +41 58 255 15 33  
E-Mail: armin.schawalder@timbatec.ch

**Prof. Dr. Schmid Volker**

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

Tel.: +49 3031 4721 62  
E-Mail: volker.schmid@tu-berlin.de

**Schütt Tillmann**

Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.)  
Am Bahnhof 20  
25572 Landscheide-Flethsee, Deutschland

Tel.: +49 4858 1800 55  
E-Mail: t.schuett@schuett-holzbau.de

**Spieker Benedikt**

INTERBODEN Innovative  
Gewerbewelten® GmbH & Co. KG  
Europaring 60  
40878 Ratingen, Deutschland

Tel.: +49 2102 919 453  
E-Mail: b.spieker@interboden.de

**Steffens Frank**

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

Tel.: +49 2867 9739 114  
E-Mail: steffens@brueninghoff.de

**Steppler Markus**

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

Tel.: +49 2163 898 822  
E-Mail: m.steppler@derix.de

**Walter Burkhard**

Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH  
Charlottenburger Allee 60  
52068 Aachen, Deutschland

Tel.: +49 2419 4909 14  
E-Mail: walter@ing-walter.de

**Wienstroer Eckehard**

WIENSTROER ARCHITEKTEN STADTPLANER  
Tiberiusstrasse 8  
41468 Neuss, Deutschland

Tel.: +49 2131 3661 917  
E-Mail: ew@wienstroer-architekten.de

**Zumbrunnen Philipp**

Eurban Limited  
59 Lafone Street  
SE1 2LX London, Grossbritannien

Tel.: +44 20 737 884 76  
E-Mail: pz@eurban.co.uk

**Thurik Heinz**

ZÜBLIN Timber GmbH  
Industriestrasse 2  
86551 Aichach, Deutschland

Tel.: +49 8251 9081 41  
E-Mail: heinz.thurik@zueblin.de

**Dr. Wieland Stefanie**

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

E-Mail: stefanie.wieland@wald-und-holz.nrw.de

**Wiesenkämper Tobias**

Ripkens Wiesenkämper  
Beratende Ingenieure PartGmbH  
Zweigertstrasse 14  
45130 Essen, Deutschland

Tel.: +49 2018 718 120  
E-Mail: wiesenskaemper@rw-ingenieure.de

**Mittwoch, 20. Oktober 2021**

**Wirtschaft und Bauwirtschaft im Wandel**

# **Global | National | Regional – Wie wird sich die Bauwirtschaft verändern**

Martin Langen  
B+L Marktdaten GmbH  
Bonn, Deutschland



# Global | National | Regional – Wie wird sich die Bauwirtschaft verändern

Das vergangene Jahr 2020 war von einer sehr positiven Entwicklung der deutschen Bauwirtschaft geprägt. Anders als in vielen anderen europäischen Märkten haben sich sowohl der Neubau als auch Maßnahmen im Bestand positiv entwickelt. Insbesondere die Sanierungsmärkte haben von der Renaissance des Einfamilienhauses bzw. vom Verzicht auf Urlaub und «mehr Zeit zu Hause» profitiert. In der Nachfrage nach Wohnraum lassen sich in den vergangenen Monaten ebenfalls Veränderungen skizzieren, die darauf hindeuten, dass potentielle Hauskäufer zunehmend auch im weiteren Umkreis der Städte nach Wohnraum suchen. Auch hier spielen die veränderten Lebens- und Arbeitsbedingungen eine Rolle, da weniger Fahrten zur Arbeit eine Wohnraumsuche auch in weiterer Entfernung der Städte ermöglichen.

Während sich in der Wohnraumnachfrage regionale Veränderungen beobachten lassen, war die Entwicklung der Bauwirtschaft im Jahr 2021 auch stark von globalen Entwicklungen geprägt. Die starke Nachfrage in vielen europäischen und internationalen Märkten hat dazu geführt, dass sich die Verfügbarkeit vieler Produkte verschlechtert hat. Die Folge dieser Entwicklung waren steigende Kosten in zahlreichen Segmenten. Diese Entwicklung war insbesondere auch im Holzbau zu spüren:

Neben der starken europäischen Nachfrage ist hier auch in die starke Wohnbauaktivität in den USA zu nennen, die zu einem deutlichen Anstieg der europäischen Exporte entsprechender Holzprodukte geführt hat. Die Preissteigerungen im Bereich der Holzprodukte wurden dabei von zahlreichen Diskussionen auch in den öffentlichen Medien begleitet. Während die Preise vielfach wieder zurückgegangen sind und sich die Materialverfügbarkeit deutlich verbessert hat, stellt sich die Frage, wie sich die Situation der vergangenen Monate auf das Image des Holzbaus ausgewirkt hat. Branchenexperten berichten von einem gewissen Vertrauensverlust bzw. Verunsicherung beispielsweise bei Auftraggebern und Planern.

Trotz der beschriebenen Schwankungen bei Preisen und Verfügbarkeit in den vergangenen Monaten ist der Ausblick für den europäischen Holzbau klar positiv. Einerseits profitiert der Holzbau in vielen Märkten wie Deutschland, Österreich oder der Schweiz von einem steigenden Anteil vorgefertigter Gebäude. Im Bereich der Vorfertigung wird überproportional auf Holz-Lösungen wie den Holzrahmenbau oder Brettsperholz gesetzt, so dass der Holzbau hier weitere Marktanteile gewinnen wird. Andererseits profitiert die Branche von den Entwicklungen im Bereich von Ökologie und Nachhaltigkeit. Bereits vor den Plänen zum «Green Deal» auf europäischer Ebene wurde der Holzbau vielfach als aktiver Beitrag zum Klimaschutz gewertet. Die positivere CO<sub>2</sub>-Bilanz, beispielsweise im Vergleich zu Betonkonstruktionen, verschafft dem Holzbau hier klare Vorteile. Mit den Investitionen, die im Bereich des europäischen «Green Deals» geplant sind, dürfte der Holzbau an Bedeutung gewinnen. Dabei wird der Holzbau auch in Zukunft primär von Konstruktionen mit 2-D-Lösungen (Stichwort: Wandelemente) geprägt sein. Der Markt für 3-D-Lösungen (Stichwort: Raummodule) ist aktuell zwar noch klein, wird aber in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Vielfach besteht hier im Holzbau noch die Chance, die Fertigungsprozesse weiter zu automatisieren, zu digitalisieren und damit effizienter zu gestalten. Diese Themen werden die technologische Umsetzung des Holzbaus aufgrund der demographischen Entwicklung in den kommenden Jahren eindeutig prägen.

# Nachhaltig bauen – wir müssen umdenken

Prof. Dr. Natalie Eßig  
Hochschule München, Fakultät für Architektur  
Bamberg, Deutschland



# Nachhaltig bauen – wir müssen umdenken

Der Bausektor hat einen enormen Einfluss auf unsere Umwelt, unsere Gesellschaft und den Klimawandel. Mit fast 50 Prozent ist das Bauwesen der größte Ressourcenverbraucher und ist für den Verbrauch von 40 Prozent der Energie und 16 Prozent des Wassers zuständig, ebenso wie für 60 Prozent der Abfälle. Darüber hinaus resultieren rund 40 Prozent des weltweiten Ausstoßes von Treibhausgasen aus der Gebäudeherstellung und -nutzung. Das war aber nicht immer so. Während in früheren Zeiten Gebäude aus Materialien aus der Region und nachwachsenden Baustoffen errichtet wurden, hat sich im Zuge der Industrialisierung und Internationalisierung beispielsweise der Beton als Standardbauweise etabliert und es wurden mehr und mehr neue Baustoffe – insbesondere Verbundbaustoffe – entwickelt, die den immer höheren technischen Eigenschaften und Standards gerecht werden müssen. Gebäude von «früher» gingen 1:1 in die natürlichen Ressourcenkreisläufe zurück, heute wird fast jedes Material beim Abriss eines Gebäudes aufgrund seiner Sortenunreinheit als «Abfall» deklariert und landet auf der Deponie oder in der thermischen Verwertung. Im Zuge der Industrialisierung im 18. und 19. Jahrhundert gingen viele alte Handwerkstechniken und Wissen der Baumeister komplett verloren, dies versucht man heute mithilfe technischer Maßnahmen neu zu definieren – allerdings nicht immer mit Erfolg. Aufgrund der Ressourcenknappheit und im Sinne des nachhaltigen Bauens, ist es daher dringend erforderlich im Bauwesen von der Vergangenheit zu lernen, um die Ressourcenkreisläufe wieder zu schließen.

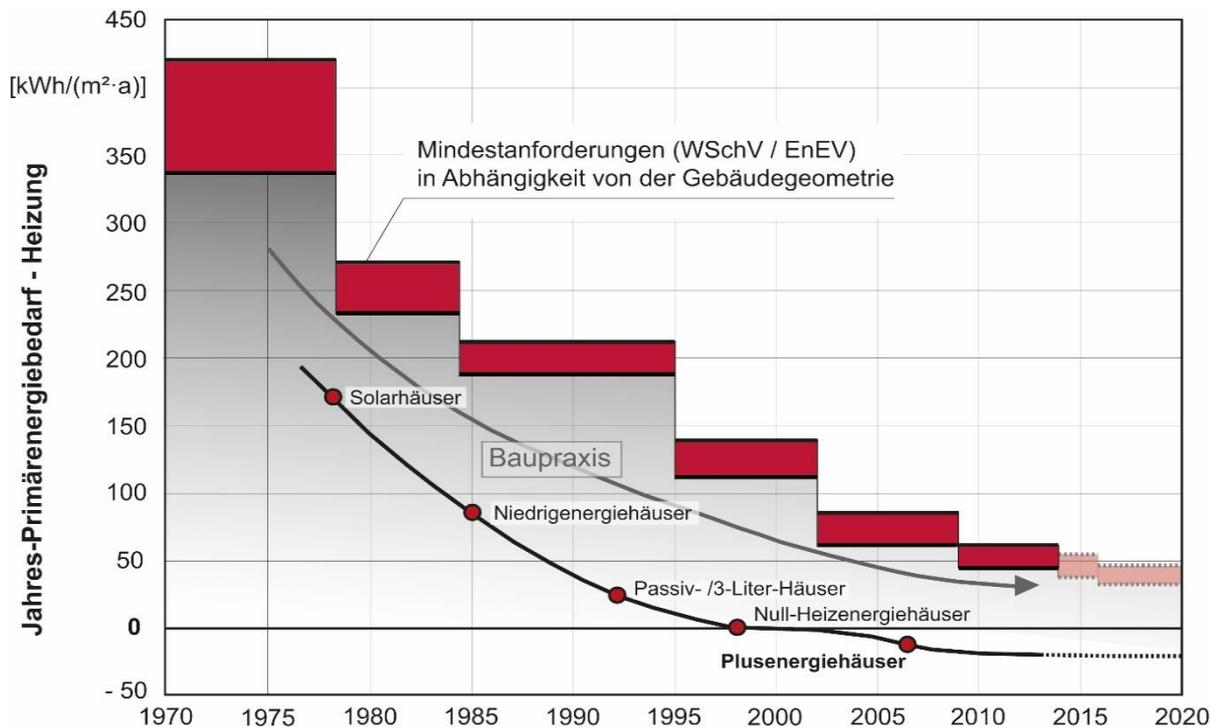


Abbildung 1: Entwicklung des energieeffizienten Bauens in Deutschland - Beispiel Wohngebäude

## 1. Gesellschaftlicher Wandel und Veränderung des Bausektors

Um nachhaltiges und ressourceneffizientes Bauen zu fördern, sind ein gesellschaftlicher Wandel und eine Veränderung des Bausektors dringend erforderlich. Hierfür ist ein (Um)denken unumgänglich, sowohl bei den Bauherren, bei den ausführenden Firmen, bei den Produkteherstellern, bei den Architekten und Fachplanern, als auch bei den Gesetzgebern. Dies gilt nicht für ökologische Themen, nachhaltiges und ressourceneffizientes Bauen bedeutet auch soziale Verantwortung. Neben der Verwendung von

«gesunden» Baumaterialien, ist eine Eindämmung der Schwarzarbeit und der Kinderarbeit dringend erforderlich. Hierfür werden ganzheitliche Ansätze benötigt, bei denen ökologische, ökonomische und soziale Aspekte gleichberechtigt im Bauwesen umgesetzt werden und in die Prozessabläufe, wie die Planung, die Ausschreibung, die Vergabe, die Baustellenabläufe und in den Betrieb von Gebäuden integriert werden. Folglich gilt es die Prozesse im Bauwesen über den kompletten Lebenszyklus von Gebäuden zu ändern. Dies wird anhand des folgenden Beispiels gezeigt: Im Bereich der Energieeffizienz ist man im Neubau aktuell mit den steigenden Anforderungen und Verschärfungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) und dem GebäudeEnergieGesetz (GEG), das ab 01. November 2020 in Kraft tritt, grundsätzlich auf einem guten Weg (siehe Abbildung 1). Während zukünftig Gebäude als Niedrigst-, Null- oder Plusenergiegebäude kaum mehr Energie verbrauchen werden, steigt die Wohnfläche pro Person aber kontinuierlich an (siehe Abbildung 2). In den 60er Jahren standen durchschnittlich jedem Bürger etwa 20 qm Wohnfläche zur Verfügung, im Jahr 2014 waren es bereits 45 qm. Hier zeigt sich nun die Problematik: auf Basis der Anforderungen der Energieeinsparverordnung sinkt zwar unser Energieverbrauch (Kilowattstunden pro Quadratmeter), bezieht man diesen aber nicht auf die Quadratmeter sondern auf die nutzende Person, so bleibt der Energieverbrauch pro Kopf seit den 70er Jahren unverändert. Es ist sogar ein stetiges Ansteigen des Energieverbrauchs pro Person erkennbar. Folglich ist ein (Um)denken und (Um)handeln unbedingt erforderlich. Im Bausektor gilt es daher

- effizienter («besser»)
- suffizienter («weniger»)
- und konsistenter («anders»)

zu agieren.

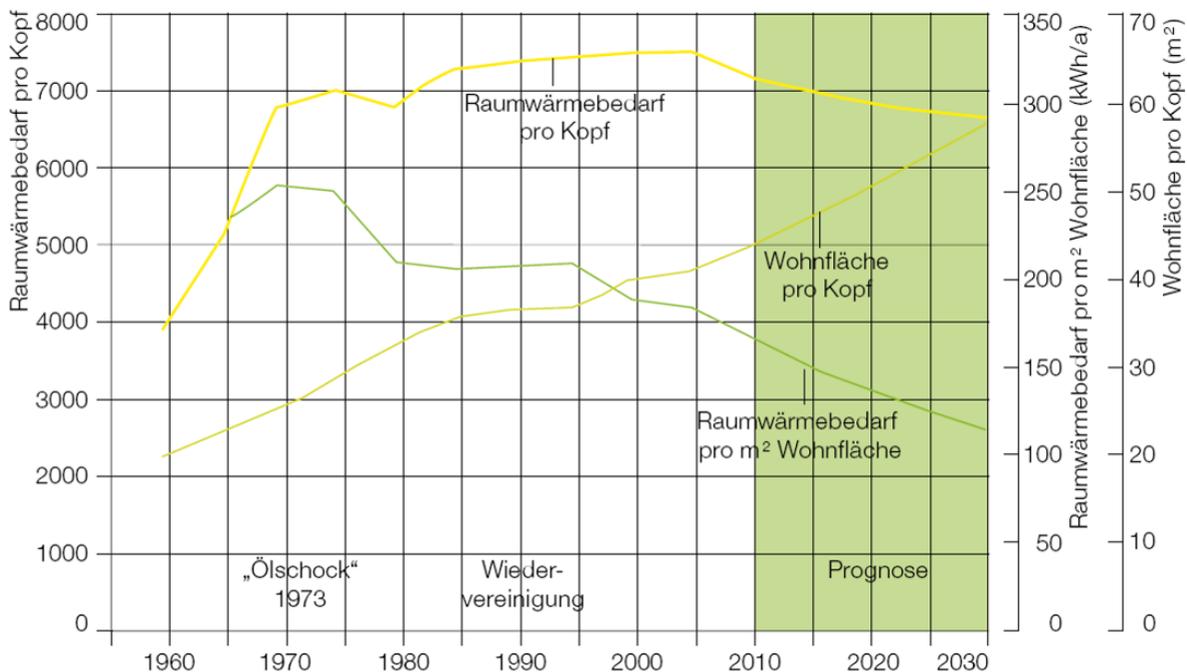


Abbildung 2: Korrelation zwischen Wohnfläche, Raumwärmebedarf pro Kopf und Wohnfläche

## 2. Kriterien für nachhaltiges Bauen

Ein wichtiger Ansatz für ein effizientes, suffizientes und konsistentes Handeln ist die 2000 Watt Gesellschaft aus der Schweiz. Im Fokus steht der Nutzer. Jeder Mensch sollte dauerhaft maximal eine Leistung von 2.000 Watt von der Natur beanspruchen, damit die Klimaerwärmung auf 2 Kelvin begrenzt werden kann (2.000 Watt pro Person entspricht einem Primärenergiebedarf von 17.500 kWh/a). Die Methode umfasst die Bereiche Wohnen, Mobilität, Ernährung, Konsum und Infrastruktur. 2011 lag der durchschnittliche Energiebedarf weltweit bei rund 2500 Watt. Doch sind die Unterschiede zwischen den Ländern

enorm: Während es in den Entwicklungsländern einige hundert Watt sind, haben Industrieländer einen sechs bis sieben Mal höheren Verbrauch als die angestrebten 2000 Watt. Das Modell der 2000-Watt-Gesellschaft strebt eine global gerechte Verteilung des Energieverbrauchs an. Hier ist dringender Handlungsbedarf erforderlich – insbesondere im Bauwesen. Zur Umsetzung dieser Nachhaltigkeitsanforderungen wurden auf internationaler Ebene verschiedene Gütesiegel zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden entwickelt. Diese bauen auf den Nachhaltigkeitszielen (SD Sustainable Development Goals) der UN auf. International haben sich seit den 90er Jahren zahlreiche Bewertungssysteme, wie LEED (USA), BREEAM (Großbritannien) oder DGNB und BNB (Deutschland) etabliert. Während die DGNB vorwiegend privatwirtschaftliche Bauvorhaben zertifiziert, hat das Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) mit dem Bewertungssystem BNB einen Leitfaden für öffentliche Bauten und Bundesbauten entwickelt. Mit rund 60 Kriterien wurden diese Gütesiegel speziell für Nichtwohngebäude entwickelt. Schwerpunkte der Bewertung stellen folgende Nachhaltigkeitsaspekte dar:

- Ökologische Qualität: Energie, Ökobilanz (LCA), Wasser, Materialien, Fläche etc
- Ökonomische Qualität: Wirtschaftlichkeit, Lebenszykluskosten (LCC), Drittverwendung etc
- Soziokulturelle und funktionale Qualität: Komfort, Gesundheit, Nutzer, Barrierefreiheit, Zugänglichkeit, Architektur etc
- Technische Qualität: Brandschutz, Schallschutz, Gebäudehülle, Rückbau, Reinigung etc.
- Prozessqualität: Vorplanung, Integrale Planung, Ausschreibung, Baustelle, Inbetriebnahme etc.
- Standortqualität: Mikrostandort, Risiken, Transport, nutzerspezifische Einrichtungen etc.

Bei kleineren Bauten, wie beispielsweise Wohnungsbauten, zeigte es sich, dass die genannten Zertifizierungssysteme sehr komplex und kostenintensiv sind. Hier galt es einfache und leicht anwendbare Werkzeuge zu entwickeln. Aus diesem Grund wurde das Bewertungssystem Nachhaltige Kleinwohnhausbauten (BNK) auf den Markt gebracht, das mit 19 Kriterien die Nachhaltigkeit von Wohnungsbauten abbildet und vom Bau-Institut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen (BiRN) geprüft wird.

### 3. Nachhaltiges Bauen im Lebenszyklus

Mit der Einführung der Nachhaltigkeitsgütesiegel im Bausektor wurde eine wichtige Lücke geschlossen, nämlich das Planen, Konstruieren und Betreiben von Gebäuden im kompletten Lebenszyklus. Während bei aktuellen Bauvorhaben der Betrieb etwa die Hälfte bis Zweidrittel des Gesamtenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus einnimmt, werden zukünftig mit der Umsetzung von Niedrigenergie- und Plusenergiehäusern die Heizenergie und der Nutzerstrom in Richtung «0» gehen. Der Anteil der «Grauen Energie» der Baukonstruktion wird aber zunehmend eine wichtige Rolle einnehmen. Folglich werden Werkzeuge benötigt, mit denen die «Graue Energie» über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes abgebildet werden kann, nämlich für

- die Herstellungsphase,
- die Errichtungsphase,
- die Nutzungsphase inklusive Instandhaltung, Instandsetzung und Modernisierung
- und die Phase am Ende des Lebenszyklus (Rückbau, Recycling/ Wiederverwendung und Entsorgung).

Die Ökobilanzierung (LCA) ist hierbei ein geeignetes Berechnungsinstrument, mit der nicht nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen, sondern auch die Primärenergie («Graue Energie») und weitere Teilindikatoren, wie Versauerungspotential, Ozonschichtbildungspotenzial etc. von Materialien, Konstruktionen und ganzen Gebäuden im Verlauf ihres Lebenswegs dargestellt werden können. Zudem lassen sich mit Hilfe von Ökobilanzen die Massenbilanzen

und der Anteil verbauter Materialien eines Gebäudes aufzeigen und Vergleiche zwischen verschiedenen Konstruktionen oder Bauweisen ableiten (siehe Abbildung 3). Neben den Umweltwirkungen können auch die Kosten über den gesamten Lebenszyklus mit sogenannten Lebenszykluskostenberechnungen (LC C) ermittelt werden. Zu nennen sind die Kosten für den Neubau, ebenso wie die Kosten für den Betrieb, die Reinigung, die Instandsetzung und Wartung. Über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren können mithilfe eines Barwerts bereits im Planungsprozess unterschiedliche Konzepte in Bezug auf die Lebenszykluskosten miteinander verglichen werden. Rückbaukosten werden aufgrund mangelnder valider Werte noch nicht mit einberechnet. Diese Lücke gilt es zukünftig zu schließen.

#### Holzbauweise

Rohstoff / Material	Anteil (%)
Mineralische Baustoffe	72,28%
Holz	16,79%
Eisenmetalle	7,15%
Nicht-Eisenmetalle	0,02%
Dämmstoffe	1,81%
Glas	0,56%
Kunststoffe	0,69%
Sonstiges	0,71%

#### Massivbauweise

Rohstoff / Material	Anteil (%)
Mineralische Baustoffe	94,14%
Holz	1,78%
Eisenmetalle	2,44%
Nicht-Eisenmetalle	0,31%
Dämmstoffe	0,42%
Glas	0,15%
Kunststoffe	0,54%
Sonstiges	0,23%

Abbildung 3: Vergleich des Massenanteils in % der Materialien eines Einfamilienwohnhauses in Holzbauweise und Massivbauweise

## 4. Circular Economy

Folglich wird das Thema «Circular Economy», d.h. das Schließen der Kreislaufströme im Bausektor immer wichtiger. Neue Ansätze, wie Urban Mining (die Stadt als Rohstofflager), Recycling, Sekundärnutzung von Baustoffen, Baustoffdatenbanken oder Cradle to Cradle spielen hierbei eine wichtige Rolle. Insbesondere «Cradle to Cradle» (C2C) ist ein Ansatz für eine durchgängige und konsequente Kreislaufwirtschaft. C2C bedeutet «von Wiege zu Wiege» oder «vom Ursprung zum Ursprung». C2C-Produkte werden entweder als «biologische Nährstoffe» in biologische Kreisläufe zurückgeführt oder als «technische Nährstoffe» kontinuierlich in den technischen Kreisläufen gehalten. Mit der C2C-Zertifizierung werden die fünf Kriterien Materialgesundheit, Kreislauffähigkeit, erneuerbare Energien, verantwortungsvoller Umgang mit Wasser sowie soziale Gerechtigkeit bewertet. Während diese Methoden bereits in verschiedenen Branchen, wie beispielsweise der Textilbranche angewandt werden, müssen die Ansätze noch für den Bausektor übersetzt werden. Hierbei muss speziell dem Rückbau von Gebäuden und Bauprodukten ein besonderes Augenmerk gewidmet werden. Forschungsprojekte, wie die «Weiterentwicklung ausgewählter Kriterien des Bewertungssystems Nachhaltiger Kleinwohnhausbau (BNK)» der Forschungsinitiative ZukunftBau (BBSR) oder «Rural Mining - Entwicklung eines Leitfadens zum Rückbau und Recycling von Einfamilienhäusern in Holzfertigbauweise» des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) bieten hierbei eine fundierte Ausgangslage, um zukünftig Aussagen über den Rückbau und die mögliche Weiternutzung der rückgebauten Materialien bieten zu können. Anhand des Kriteriums «Rückbau- und Recyclingfähigkeit» des BNK-Gütesiegels wurde bei zehn Pilotprojekten (Einfamilienwohnhäuser) die Anwendbarkeit bereits existierender Werkzeuge zur Bestimmung des theoretischen Rückbaus der Gebäude geprüft und Rückbaukonzepte für diese entwickelt.

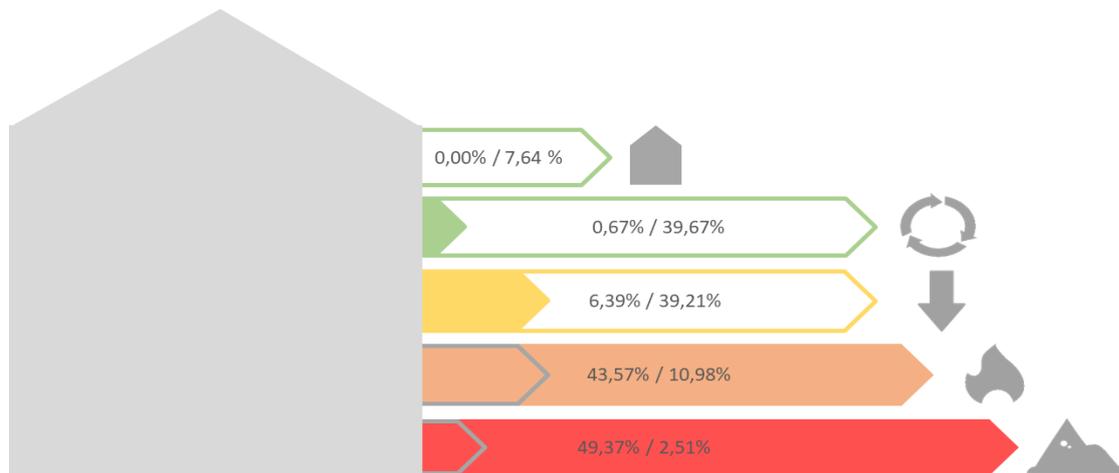
**Legende:**

Abbildung 4: Analyse des Rückbaus in der Praxis – Zerlegung von Bauteilen im Labor

Im Projekt «Rural Mining» wurde mit dem Rückbau- und Wiederaufbau von drei Wohnhäusern in Holzfertigbauweise die mögliche Sekundärnutzung von ganzen Gebäuden und einzelnen Bauteilen aufgezeigt und die technischen und rechtlichen Grundlagen erarbeitet. Zudem wurde eine detaillierte Analyse des selektiven Rückbaus von vergleichbaren Bestandskonstruktionen im Labor durchgeführt. Diese zeigte auf, dass die potentiellen Verwertungswege einer Kreislaufwirtschaft lange noch nicht ausgenutzt werden. Aufgrund mangelnder sortenreiner Trennbarkeit und der aktuellen Gesetzeslage werden aktuell etwa 95 Prozent der rückgebauten Materialien als «Müll» deklariert und landen auf der Deponie bzw. in der thermischen Verwertung. Die Grafik 4 zeigt jedoch die Potenziale einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft auf. So könnte die Wiederverwertung, das Recycling und das Downcycling der rückgebauten Materialien theoretisch auf etwa 88 Prozent erhöht und die thermische Verwertung und Deponierung auf 12 Prozent reduziert werden. Hierfür ist jedoch dringend ein (Um)denken und (Um)handeln erforderlich. Solange die Kosten für neue Bauprodukte wesentlich geringer sind als für Recycling- und Sekundärprodukte, keine gesetzlichen Regelungen für eine Kreislaufwirtschaft in Kraft treten und unsere Gesellschaft die Wertschöpfungskette mißachtet, solange stehen wir mit dem nachhaltigen Bauen noch ganz am Anfang!

**5. Literatur**

- [1] Abbildung 1: Entwicklung des energieeffizienten Bauens in Deutschland – Beispiel Wohngebäude (Quelle: Hauser, G., 2013)
- [2] Abbildung 2: Korrelation zwischen Wohnfläche, Raumwärmebedarf pro Kopf und Wohnfläche (Quelle: Essig, N., Ebert, T. und G. Hauser, 2010)
- [3] Abbildung 3: Vergleich des Massenanteils in % der Materialien eine Einfamilienwohnhauses in Holzbauweise und Massivbauweise (Quelle: Essig, N. und P. Mittermeier, 2018)
- [4] Abbildung 4: Forschungsprojekt «Rural Mining» - Analyse des Rückbaus in der Praxis – Zerlegung von Bauteilen (Quelle: Essig, N., Kustermann, A., Lindner, S. und K. Kegler, 2020)

## **Block A1**

### **Bauten für Bildung und Erziehung**

# Pädagogik und Architektur

Vera Lisa Schneider  
Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen  
Düsseldorf, Deutschland



# Pädagogik und Architektur

## 1. Bauaufgabe Schule: Warum reden wir über Schulbau?

Es gibt wohl kaum ein Thema, das in den letzten Jahren vehementer und auch kontroverser diskutiert wurde als die Bildung unserer Kinder, was diese ausmacht, wovon sie abhängt. Die Diskussion wird oft leidenschaftlich geführt, denn jeder ist irgendwie betroffen: sei es als Eltern, Großeltern, über den Freundeskreis, als Architekt oder Architektin, als Lehrer oder Lehrerin oder als Kind der eigenen Schulzeit.

Die Veränderungen im «System Schule» in den letzten Jahren wie etwa – 8 oder 9 Jahre Schulzeit, digital oder präsent, Ganztags oder Halbtags, Tafel oder Laptop – sind gravierend und haben Auswirkungen auf viele Lebensbereiche. Aus den Veränderungen im System erwächst ein enormer Veränderungsbedarf in den Gebäuden, und so sehen wir uns heute vielen neuen Herausforderungen im Schulbau gegenüber:

- Da ist das Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Die «Corona» Krise hat uns allen dabei gezeigt, wie wichtig die digitale Welt in kürzester Zeit werden kann.
- Schüler und Schülerinnen, aber auch Lehrkräfte verbringen aufgrund des Ganztags immer mehr Zeit in der Schule – das Schulgebäude wird vom Lernort zum Lebensort.
- Gelingendes Inklusives Lernen benötigt andere Rahmenbedingungen und eine barrierefreie Erreichbarkeit.
- Die Leitentscheidung zu «G9» bescherte den meisten Gymnasien einen zusätzlichen Schülerjahrgang.
- Der Anstieg der Schülerzahlen bringt in den betroffenen Kommunen Raum- und Flächenmehrbedarf, dem mit Neu- oder Erweiterungsbau begegnet werden muss.
- Letztendlich: Viele Schulgebäude sind «in die Jahre gekommen» und müssen mehr oder weniger umfassend saniert werden.
- Haushaltsmittel aus Förderprogrammen in Nordrhein-Westfalen (z.B. Gute Schule 2020, Kommunalinvestitionsfördergesetz, DigitalPakt Schule etc.) zusätzlich zu den erhöhten Mitteln aus der Schul-/Bildungspauschale versetzen Schulträger in die Lage, Mittel für dringend benötigte Maßnahmen an Schulen zur Verfügung zu haben. Gleichzeitig setzt dies die Schulträger unter Druck, tätig zu werden, zu planen und zu bauen.
- Schließlich sollen moderne Schulgebäude nachhaltig sein, ein freundliches Ambiente ausstrahlen und gesunde Raumbedingungen aufweisen.

All diese Herausforderungen sind Anlass genug, sich näher mit der Bauaufgabe Schule zu befassen.

## 2. Weitere Herausforderungen

Schulbau ist keine neue Aufgabe, seit vielen Jahren und Jahrzehnten werden Schulen gebaut. Trotzdem hat sich in Nordrhein-Westfalen gerade in den letzten Jahren an der Bauaufgabe inhaltlich viel verändert, zum Beispiel:

- Es gibt (außer der bauaufsichtlichen SchulBauR!) keine verbindlichen (Planungs-) Vorgaben über Schulbau und auch keine Musterraumprogramme mehr – Raumprogramme werden individuell entwickelt, da jede Schule eigene Schwerpunkte oder «Labels» hat (wie z.B. «Bewegte Schule», «Gesunde Schule, Sport- Gymnasium...»).
- Neue Aufgaben an der Schule (früher Halbtagschule – nach dem Unterricht gingen alle nach Hause). Heute bekommt die Schule durch Ganztagsmodelle neue Aufgaben und Schulräume werden somit vom Lern- zum Lebensraum. Andere Aktivitäten finden an der Schule statt (z.B. Mittagessen, spielen, alleine entspannen, mit Freunden «chillen», Hausaufgaben, Sport machen wie etwa Fußballspielen etc).

- Unterricht ist heute anders gestaltet und arbeitet mit anderen Methoden (früher Frontalunterricht, heute verschiedene «Lernsettings»).
- Unterricht erfolgt zunehmend mit anderer **Ausstattung** (früher Tafel, heute neue Medien).
- Die Beteiligten (Kinder, aber auch Eltern...) haben andere Informationsbedürfnisse, sie wollen mitbestimmen und mitentscheiden.

### 3. Anforderungen

Was muss ich wissen, wenn ich heute eine Schule plane?

Da sind zunächst einmal die «Basics»:

- Welche **Rahmenbedingungen** hat die Schule die ich plane? Ist es eine neue Schule oder eine bestehende Schule? Welche Schulform? Arbeitet die Schule im offenen/ gebundenen Ganztage? Wie groß ist die Schule, wo liegt sie? Gibt es Schwerpunkte wie Sport Musik Gesundheit o.ä.?
- Wie ist das **pädagogische Konzept**? Wie wird an der Schule gearbeitet? Welche Beteiligungskultur herrscht an der Schule?
- **Raumprogramm** – Gibt es ein Raumprogramm? Wie ist das Raumprogramm entstanden? Gab es eine «Phase Null» oder Vorgaben des Schulträgers (z.B. «Leitlinien»)?
- Digitale Ausstattung/ wie wird digital gearbeitet? Gibt es ein Digitales Konzept?

Das ist bis jetzt nichts Neues. Aber was macht eine «pädagogische Architektur» aus?

### 4. Pädagogische Architektur

Gemäß der Montag Stiftung Jugend und Gesellschaft, die umfangreiche Veröffentlichungen über Pädagogische Architektur herausgegeben hat, z.B. das Buch «Schulen planen und bauen», verfolgt eine «Pädagogische Architektur» das Ziel, Schulgebäude zu schaffen, die eine zeitgemäße Bildung für alle unterstützen.

Also eine Architektur, die so beschaffen ist, dass alle Kinder dort optimal bei allen Szenarien des Lernens unterstützt werden. Auch die folgende, bekannte These aus der Reggio-Pädagogik unterstreicht die unterstützende Bedeutung des Gebäudes:

«Der Raum ist der dritte Pädagoge»

Aber stimmt das?

Beeinflusst das Schulgebäude tatsächlich «a priori» die Qualität des Lernens? Oder ist es umgekehrt - bildet das Schulgebäude nur ab, was die Schule vorgibt? Die Erfahrungen mit dem «Schulbaupreis», der Prämierung beispielhafter Schulgebäude in Nordrhein-Westfalen, die seit über 10 Jahren erfolgreich gemeinsam von Architektenkammer und dem Schulministerium des Landes Nordrhein-Westfalen ausgelobt wird, sprechen für Ersteres: In einem guten Schulgebäude lernt man besser.

Dieser These möchte ich nun anhand einiger Beobachtungen nachspüren, denn bei vielen der besonders beispielhaften Gebäude lassen sich Parallelen feststellen, die nahelegen, dass es sich um *Kriterien für eine gute Schulbauarchitektur* handelt.

### 5. Merkmale eines «guten Schulgebäudes»

- **Gute Funktionalität – ein Raum muss für seinen Zweck gut geeignet sein**

Was ist denn eigentlich die Funktion eines Raumes? Soll dort gemeinsam in der Gruppe etwas erarbeitet werden? Soll es Raum für konzentriertes Selbst- Lernen sein? Oder soll eine große Gruppe für einen Vortrag oder Präsentation erreicht werden können?

Sicherlich gibt es begnadete Menschen, die selbst unter widrigsten äußeren Umständen – etwa mitten auf dem Parkplatz fesselnde Geschichten erzählen oder im turbulenten Café die wunderbarsten Bestseller schreiben können -, aber im Allgemeinen wird das Ergebnis immer *besser*, wenn der Raum zu den Aktivitäten passt, die auch darin geschehen sollen. Und im

Idealfall ist der Raum so beschaffen, dass die Dinge die getan werden sollen, *eben durch die Angebote des Raums besonders gut gemacht werden können*. Etwa, wenn im modernen Schulbau neue Raumkonstellationen dazu einladen, andere Lernformen auszuprobieren oder dazu animieren, informell und quasi ungeplant etwas gemeinsam zu erarbeiten.

### – **Neue Raumkonstellationen für neue Lernsettings**

Unterricht findet heute nicht mehr ausschließlich als Frontalunterricht statt. Zum typischen Szenario – eine Person instruiert vorne, viele Personen hören (mehr oder weniger aktiv) zu, schreiben mit – kommen heute Gruppenarbeiten und Phasen der Selbsterarbeitung hinzu. Experten schätzen, dass zwischenzeitlich nur noch zu einem Drittel Frontalunterricht stattfindet und das Lernen zu zwei Drittel in anderen Konstellationen erfolgt. Das hat Auswirkungen auf den Raum. Daher sind die Grundrisse vieler neuer Schulgebäude nicht mehr als «Klassenraum-Flur»-Schule sondern mit anderen Strukturen wie z.B. sogenannten «Clusterlösungen» oder sogar «offenen Lernlandschaften» organisiert.

Bei reinem Frontalunterricht können alle Räume gleich gestaltet sein (früher ca. 6m x 10m). Die Ausrichtung ist immer dieselbe: Lehrkraft vorne, Kinder an Tischen und Bänken dahinter, Fenster links. Diese Konstellation eignet sich für Kommunikationsformen, bei denen immer nur eine Person spricht und die anderen zuhören.

Unterricht ist heute zunehmend anders strukturiert: Gelernt wird alleine, in der Kleingruppe, in der Klasse. Damit der Raum das leisten kann muss man ihn anders strukturieren. Typische Strukturen, die sich durchgesetzt haben sind:

**Klassenraum- Plus** (Klassenraum plus Differenzierungsraum, ggf. auch ein gemeinsam nutzbarer Raum zwischen zwei Klassenräumen),

**Cluster** (mehrere Klassenräume einer Jahrgangsstufe oder eines Zuges sind um eine gemeinsam nutzbare Fläche gruppiert, zusätzliche Räume sind gemeinsam zu nutzen),

**Offene Lernlandschaft** (Auf großer Fläche gibt es keine abgeschlossenen Klassenräume, sondern Zonierungen für verschiedene Zwecke, zuzügl. von allen nutzbaren abgeschlossenen Räumen für bestimmte Zwecke).

Wichtig sind außerdem **räumliche Möglichkeiten für informelle Treffen**. Da Schüler heute an der Schule «anders unterwegs» sind, benötigt man räumliche Möglichkeiten für flexibel nutzbare informelle Treffen oder Kleingruppenarbeit, z.B. Nischen, Sitzbänke, Sitztreppen etc..

### – **Angenehme Atmosphäre, Sicherheit und Wohlbefinden**

Ängste lähmen und sind Gift für die Kreativität. Eine sichere Umgebung ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Helle und gut proportionierte Räume, gute Belichtung und Beleuchtung, die Abwesenheit von dunklen Ecken und Angsträumen, gute Luft und eine geeignete Akustik tragen zu einer Atmosphäre bei, in der man sich sicher und wohl fühlt, eine Voraussetzung für Wohlbefinden und Kreativität.

### – **Maßstäblichkeit**

Instinktiv fühlen sich Menschen in einer zu ihnen selbst maßstäblichen Umgebung wohler. «Kurze Beine kurze Wege» - So wird der Wirkungskreis von Kindern immer größer, je älter sie werden. Niemand käme auf die Idee, Kleinkinder in einem Hörsaal unterzubringen! Diesen Umstand setzen viele neue Schulbauentwürfe um, indem z.B. Cluster oder Jahrgangshäuser gebildet werden und der Radius der zu bewältigenden Wege mit dem Alter der Kinder immer größer wird.

### – **Orientierung**

Der Wunsch nach einem «Fluchtweg» ist nicht nur Bestandteil jeden Brandschutzkonzepts sondern auch ureigenes Bedürfnis. Sie haben bestimmt auch schon beobachtet, welche Tische im Restaurant am liebsten besetzt werden, und welche am längsten frei bleiben. Jeder Mensch braucht den Überblick, wie er sich im Raum orientieren kann. Das gilt auch für Schulen. Die großen Schulzentren der 1970-Jahre sind heute aus der Mode gekommen, sicherlich auch, weil viele unübersichtlich sind und man sich nicht gut darin zurechtfindet.

### – Gute/geeignete Akustik

Lärm führt zu Stress und Stress behindert Wohlbefinden und Kreativität. Viele Lehrkräfte, aber auch Kinder beschreiben Lärm als störend und als Ursache für Beeinträchtigungen. Das liegt sicher an der gleichzeitigen Anwesenheit vieler Menschen in der Schule, aber auch an einer nicht geeigneten Raumakustik, vor allem in älteren Gebäuden. Im Umkehrschluss wird eine für die Zwecke geeignete Raumakustik – für den Unterrichtsraum eine andere als für Musikübungsräume oder die Aula – als angenehm und wohltuend und damit günstig für den Lehr- und Lehrerfolg empfunden.

### – Wertschätzende Architektur

Wertschätzung ist einer der wichtigsten Motivatoren überhaupt. Wer sich wertgeschätzt fühlt, ist persönlich motiviert, und das ist ein starker Motor für den persönlichen Erfolg. Wir haben die Erfahrung gemacht, dass ein schickes, schön gestaltetes Gebäude – welches auch einen gediegenen und luxuriösen Eindruck machen oder wie ein Theaterfoyer aussehen kann – von den Schülerinnen und Schülern als Wertschätzung empfunden wird und das Verhalten der Schülerinnen und Schüler beobachtbar verändern kann.

### – Geeignete, wertige Materialien

In einem saubereren gepflegten Umfeld fühlt man sich wohl, und man lernt einfach besser. Sauberkeit ist dabei nicht nur ein Thema des Reinigungsdienstleisters sondern auch der Materialwahl. Mit robusten, geeigneten Materialien, die sich gut reinigen lassen, gut altern und somit lange schön bleiben kann schon im Entwurfsstadium viel beeinflusst werden.

## 6. Gelingensbedingungen

Die beschriebenen Merkmale sind sicherlich sehr allgemein und sie können «einen dummen Schüler nicht schlauer machen». Aber es sind Faktoren, die die Atmosphäre und das Tun in einem Raum positiv beeinflussen können, also bessere Voraussetzungen schaffen. Und können so dafür sorgen, dass dieser Schüler – oder die Schülerin – motivierter ist, das Lernen mehr Freude bereitet, sein oder ihr Interesse geweckt wird, und sich dann Erfolge einstellen.

(Achtung – hier handelt es sich nicht um eine allgemein gültige Regel oder gar Vorgabe! Sondern es sind Beobachtungen die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben!)

## 7. Umsetzung

Eine wichtige Frage ist, wie es gelingt, dies in der Praxis umzusetzen.

Auch hier gibt es kein Patentrezept, das garantiert funktioniert. Aber die Erfahrungen mit dem «Schulbaupreis» haben gezeigt, dass der gemeinsame Prozess und die gemeinsam mit den Nutzenden erarbeiteten Rahmenbedingungen und Voraussetzungen zu einem frühen Zeitpunkt – in Anlehnung an die Honorarstufen der HOAI gerne auch «Leistungsphase Null» genannt – eine der wichtigsten «Gelingensbedingungen» ist.

Denn Schulgebäude, in denen gut gearbeitet werden soll, entstehen interdisziplinär. Dort hat schon vor Beginn der Planungen ein Dialog mit den Beteiligten darüber stattgefunden, was denn eigentlich genau entstehen soll. Welche Aktivitäten genau sollen wo stattfinden? Was soll wo wann getan werden und wie muss der Raum beschaffen sein, damit das gut gelingt? Wie wird an der Schule gearbeitet, wie ist der Tag strukturiert und welche Wege müssen wann von wem bewältigt werden?

Diese Fragen sind wichtig, denn anders als früher ist jede Schule anders und hat andere Schwerpunkte. Pädagogische Konzepte sind heute so unterschiedlich, dass allgemein gültige Raumvorgaben keinen Sinn mehr machen. Dazu müssen alle umdenken und von althergebrachten Raumvorstellungen Abstand nehmen. Letztendlich ist hier der Architekt oder die Architektin gefragt, der oder die die Bedarfe und Vorstellungen in Räume «übersetzen» kann. Die Zeit, die hier investiert ist, zahlt sich später aus. So gelingt es dann auch, beste Voraussetzungen für ein gut funktionierendes Schulgebäude zu schaffen.

Der beste Einstieg in den Dialog ist dabei übrigens, sich gelungene Beispiele anzuschauen. Nur vor Ort spürt man die besondere Atmosphäre an einer Schule und entdeckt Lösungen oder Ideen, die sich erst dort zeigen – nach denen man vielleicht gar nicht bewusst gesucht hat. Etwa, die im Eingangsbereich eingeplante Sitzbank, wo sich Kinder informell treffen, oder Sitz – Nischen, die zu Kleingruppenarbeit einladen und mit Eifer genutzt werden. Oder eine geschickte Lösung im Alltag, ein Farbsystem. Eine besonders edle Architektur, die das Verhalten der darin befindlichen Menschen sichtbar beeinflusst.

So ist eine Exkursion zu guten Schulgebäuden eine hervorragende Möglichkeit, der Frage «was ist guter Schulbau» nachzuspüren und den eigenen Erfahrungsschatz anzureichern. Deshalb organisieren das Ministerium für Schule und Bildung und die Architektenkammer NRW schon seit einigen Jahren eine Exkursionsreihe zu beispielhaften Schulgebäuden, die mit dem «Schulbaupreis» ausgezeichnet wurden. Das interdisziplinäre Format richtet sich dabei ausdrücklich an Architekten und Architektinnen, Pädagogen und Pädagoginnen und sowie Vertretungen aus Kommunalverwaltungen.

Wir hoffen, die Veranstaltungsreihe, die wegen «Corona» unterbrochen wurde, bald wieder wie gewohnt fortsetzen zu können.

Die Veranstaltung ist kostenlos und wird auf der Homepage der AKNW und im Bildungsportal angekündigt.

# Lindenforum Gummersbach

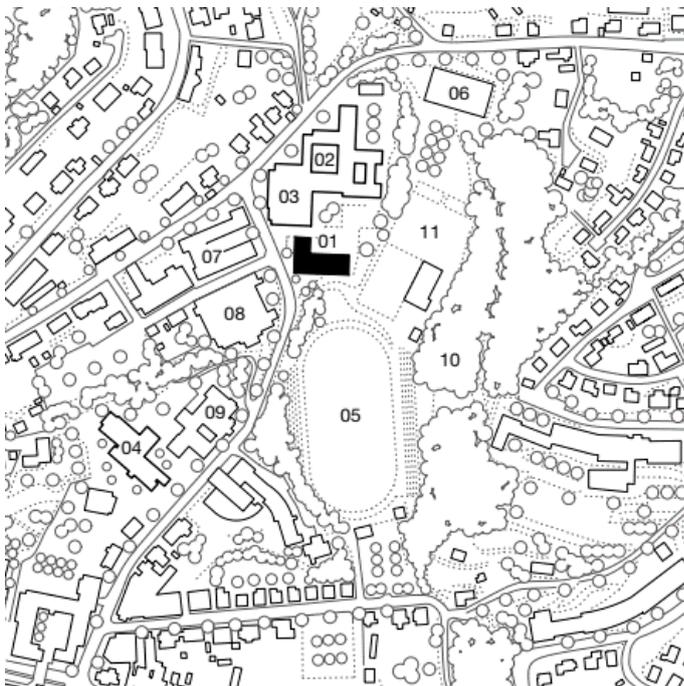
Simon Gellert  
Hausmann Architekten GmbH  
Aachen, Deutschland



# Lindenforum Gummersbach

## 1. Planungsaufgabe

Im August 2014 wurde aus den beiden benachbarten Schulstandorten Grotenbach-Gymnasium und Gymnasium Moltkestrasse das neue städtische Lindengymnasium Gummersbach gebildet. Einhergehend mit der strukturellen Zusammenlegung führte die Schule einen Ganztagsbetrieb ein, der den Bedarf an ein Mittagstischangebot und den von Betreuungsmöglichkeiten für Kinder zwischen 10–13 Jahren für die Mittags- und Nachmittagszeit stellte. Die vorangegangene Prüfung räumlich in Frage kommender Standorte in Bestandsgebäuden ergab hinsichtlich Funktion, Organisation und Wirtschaftlichkeit kein zielführendes Konzept, sodass die Stadt Gummersbach 2013 ein Qualifizierungsverfahren in Form einer Mehrfachbeauftragung für die Planung eines Neubaus auf dem Grundstück des Grotenbach-Gymnasiums durchführte.



01 Lindenforum | 02 Lindengymnasium Kl. 5-7 | 03 Stadttheater  
 04 Lindengymnasium Kl. 8-12 | 05 Stadion Lochwiese | 06 Kreissporthalle  
 07 Jakob-Moreno-Schule | 08 Eugen-Haas-Sporthalle | 09 Bibliothek  
 10 Hangwald | 11 Festplatz / Parken

Abbildung 1: Städtebaulicher und funktionaler Bezug

Standort, Erscheinungsbild und Gebrauchsqualität einer neuen Mensa mit Freizeiträumen waren im Wesentlichen an die räumlichen und funktionalen Beziehungen der Schul-, Sport- und Gemeinschaftseinrichtungen untereinander, mit den Grün- und Freiflächen sowie den umliegenden Wohngebieten und der Schaffung von Blickbeziehungen und interessanten Aufenthaltsbereichen geknüpft.

Da sich eine aktive Rolle der Schule im Freizeitbereich auch auf das unmittelbare Umfeld auswirkt, sollte das anfänglich als Schulerweiterung geplante Projekt im Laufe der Planung in seiner Bedeutung zum Bildungs-, Familien- und Kulturforum für das umliegende Stadtquartier und die bestehende Nachbarschaft erweitert werden.

## 2. Städtebauliche Einbindung

Der Neubau besetzt in Teilen Flächen des südlichen Schulhofs und Flächen der ehemaligen Sporthalle des Grothenbach-Gymnasiums im Anschluss an das Bühnenhaus des Stadttheaters. Als eingeschossiger L-förmiger Baukörper fügt sich das Lindenforum zentral zwischen die beiden Baukörper der Gymnasien an der Moltkestrasse ein und bildet zugleich die südliche Fassung des nördlich anschließenden Frei- und Pausenbereiches. Der Baukörper befindet sich topografisch auf dem heutigen unteren Schulhofniveau.

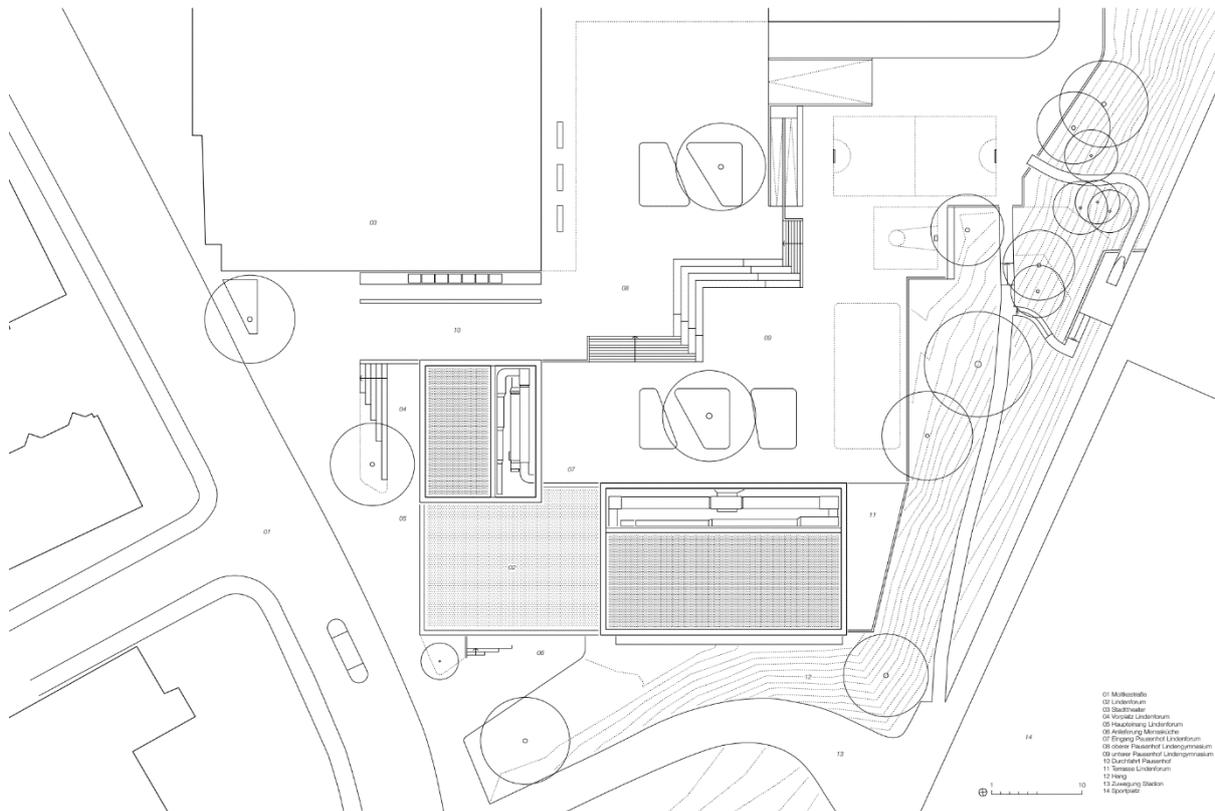


Abbildung 2: Lageplan



Abbildung 3: Gebäudeecke Moltkestrasse

In der Gebäudeerschliessung galt es, auf die unterschiedlichen topografischen Anschlusspunkte zu reagieren. Mit der Positionierung an der Moltkestrasse ist eine umfassende Einbindung in den Campus Lindengymnasium und das angrenzende Wohnquartier gewährleistet. Ein neuer «Campusrundweg» soll künftig nach Abschluss der Gesamtentwicklung der nördlichen Innenstadt von Gummersbach mit dem Lindenforum als Ankerpunkt die verschiedenen Standorte und Landschaftsräume sinnvoll und wahrnehmbar miteinander verbinden.

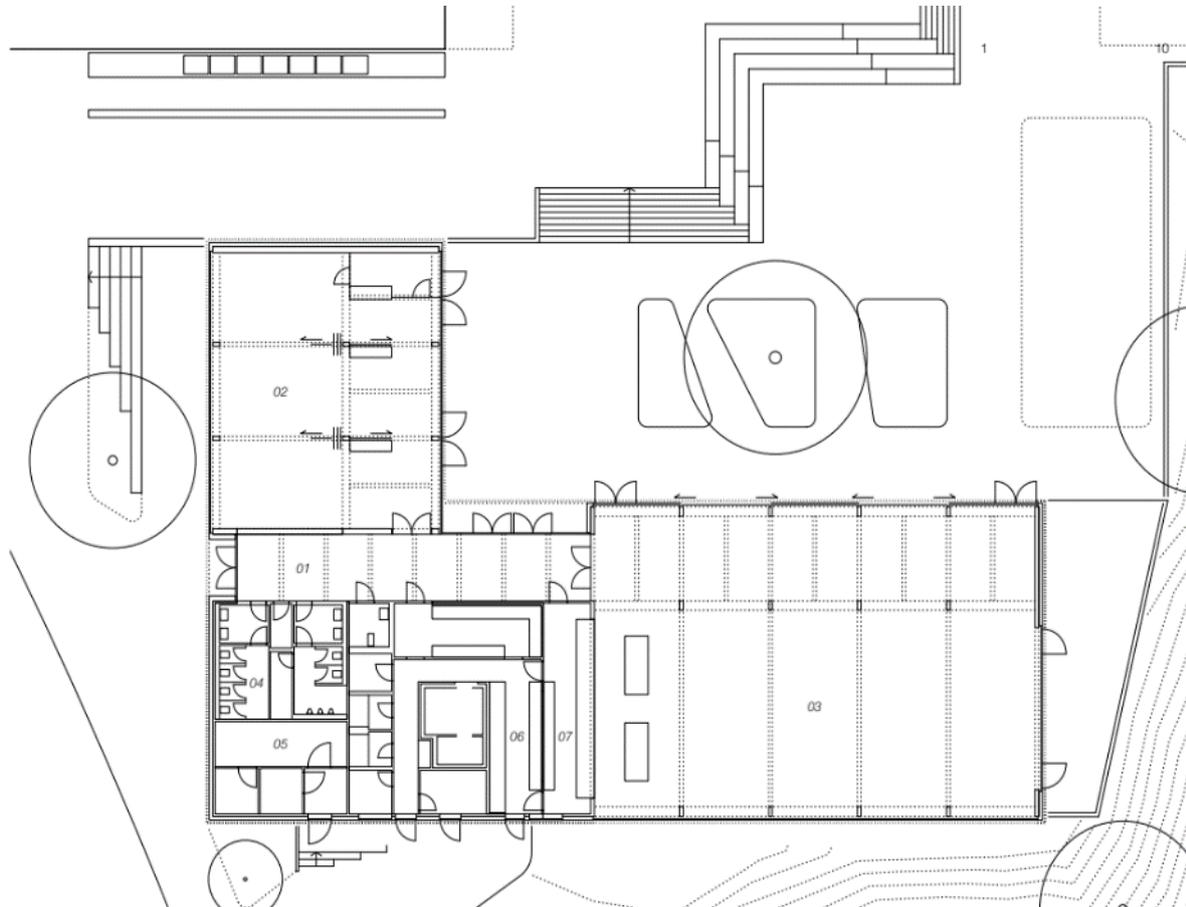
Eine neue Vorplatzsituation, die den Eingang zur Mensa und zum Schulhof definiert, entwickelt sich mit ansteigendem Höhengniveau zum Strassenraum zu einer Freitreppe mit Sitzstufen. Im Zusammenspiel mit neu gepflanzten Lindenbäumen entsteht hier ein Treffpunkt für Schüler, von dem aus direkte Blickbeziehungen in den Freizeitraum und darüber hinaus bis in den dahinter liegenden Pausenhof bestehen.



Abbildung 4: Hauptzugang Forum

### 3. Gebäudekonzeption

Das Lindenforum weist zwei Eingänge auf und ist somit von der Moltkestrasse im Westen wie auch über den Schulhof im Norden erschlossen. Der Zugang an der Moltkestrasse ist zugleich Hauptzugang für das Forum, als auch Zugang für die Schülerströme des südlich gelegenen Gymnasiums. Der nördliche Eingang ist Zugang für die Schüler des Grotenbach-Gymnasiums. Beide Eingänge finden sich in einem zentralen Eingangsfoyer zusammen, das als Ort des Austausches und der Kommunikation die unterschiedlichen Nutzungsbereiche des Forums verbindet.



- 01 Foyer
- 02 Freizeitraum
- 03 Speisesaal
- 04 Sanitär
- 05 Technik
- 06 Küche
- 07 Speisenausgabe
- 08 Terrasse



Abbildung 5: Grundriss

Der Hauptnutzungsbereich – der Speisesaal – befindet sich im östlichen Gebäudeteil. Er öffnet sich zu drei Seiten über grossformatige Fensterfronten und bietet den Besuchern verschiedenste Blickbeziehungen und viel natürliches Tageslicht für die Nutzungen im Inneren.

Nach Norden besteht ein barrierefreier Anschluss auf den Pausenhof, nach Süden bietet die Lage am Hang einen freien Blick auf die Sportanlagen und an der östlichen Kopfseite erweitert die Mensa ihr Flächenangebot über eine Terrasse ins Freie.



Abbildung 6: Eingangsfoyer mit angrenzenden Freizeiträumen

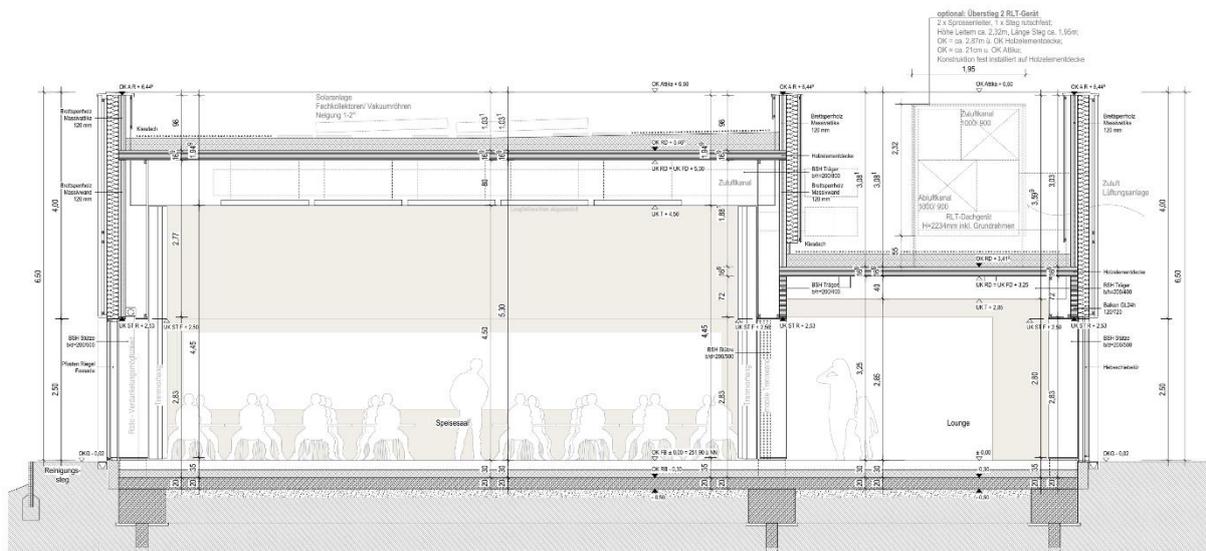


Abbildung 7: Querschnitt Speisesaal

Der Speisesaal besitzt einen niedrigen und einen hohen Deckenbereich und lässt sich durch seine Stützenstellung in kleinere Bereiche teilen, aber auch öffnen und für multifunktional grosse Veranstaltungen nutzen.

Der Raum ist in einen Speisebereich mit streng bestuhlten Tischreihen und einer Raumhöhe von 5,30m und einem separaten offenen Loungebereich mit lockerer Bestuhlung und einer Raumhöhe von 3,25m gegliedert. Die Speiseausgabe wird mit einem vorgeschalteten Free-Flow-Bereich mit Salat- und Ausgabetheken organisiert.

Die flexible Gebäudestruktur schafft möglichst viel Gestaltungsvielfalt im täglichen Gebrauch. Neben der Mittagsverpflegung mit 240 Sitzplätzen in 2 Schichten für 400 Schüler ist der Speiseraum ein Ort, an dem Kultur-, Bildungs- und Medienprojekte stattfinden können. Von Lehrerkonferenzen über VHS-Abendveranstaltungen bis zu Filmvorführungen und Seniorentanztreffs kann der Raum unterschiedlich und ohne aufwendigen Umbau bespielt werden.

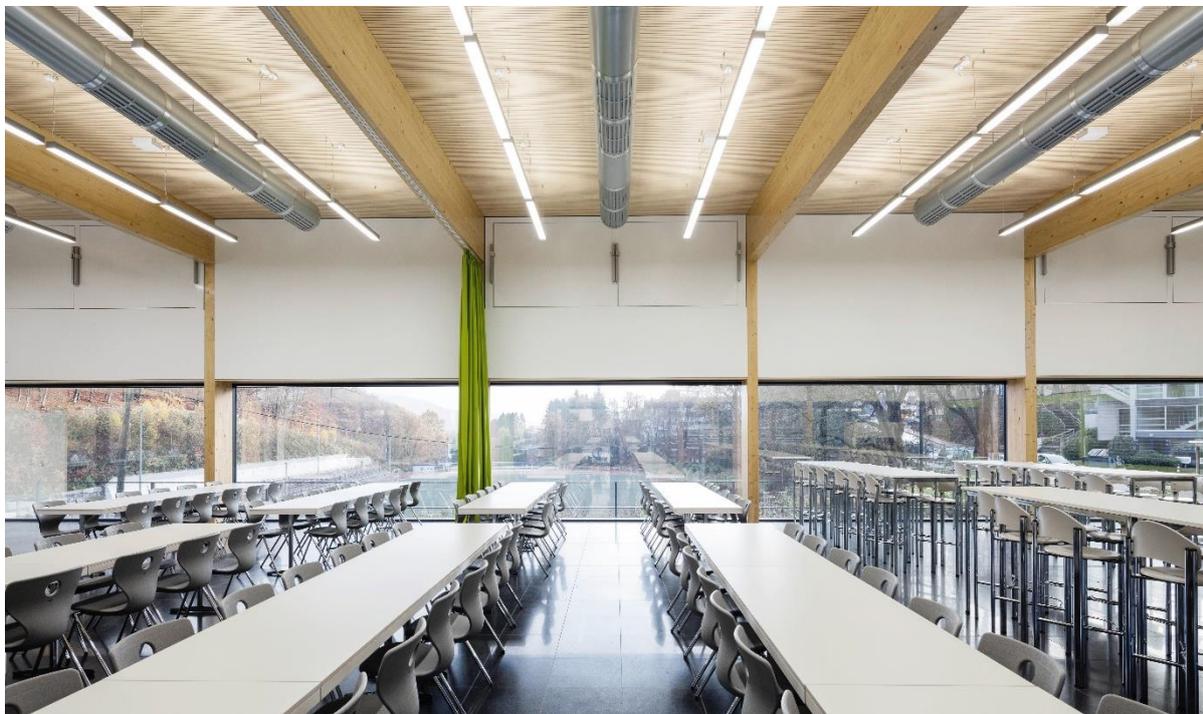


Abbildung 8: Speise- und Veranstaltungsraum

Nördlich des Foyers gliedern sich die Freizeiträume an. Diese können separat vom Speisesaal betrieben werden, sodass eine voneinander unabhängige Nutzung stattfinden kann.

Entweder kann der Raum als eine grosse flexible Zone genutzt, oder bei Bedarf durch flexible Trennwände in drei Einheiten geteilt werden. Der Freizeitraum ist darüber hinaus, gleich dem Speisesaal, in einen hohen (Raumhöhe 4,60m) und einen niedrigen Deckenbereich (Raumhöhe 3,25m) zониert. Der niedrige Bereich dient als Erschliessungszone bei der Nutzung in drei separaten Einheiten. Die Abtrennungen bilden hier raumhohe Einbauschränke. Als Treffpunkt für Kinder und Jugendliche wird der Freizeitraum ausserhalb der Schulzeit vom Jugendzentrum Innenstadt mitgenutzt und stellt dem umliegenden Wohnquartier ein vielschichtiges Angebot und Alternativen zu kommerziellen Freizeitangeboten.

Über bodentiefe Pfosten-Riegel-Fassaden öffnen sich Speisesaal und Freizeitraum jeweils zu den beiden Längsseiten. Nach Norden und Osten erhalten sie so eine Verbindung zum Pausenhof. Insbesondere der Speisebereich lässt sich zusätzlich über zwei grosszügige Hebe-Schiebetüren im Sommer zum Freibereich öffnen. Grüne Inseln mit Sitzbänken und einer Linde fassen den Mensaaussenbereich zum übrigen Schulhof. Der Freizeitraum erhält mit seinen aktiven und stadtteilbezogenen Nutzungen eine einladende Transparenz nach Westen zum Vorplatz. Die Offenheit der Räume zueinander und zum Pausenhof ermöglicht eine gute Orientierung und Übersichtlichkeit.



Abbildung 9: Speiseraum, Freizeiträume, Zugang Schulhofseite

## 4. Konstruktion und Materialität

Der eingeschossige Baukörper setzt sich entsprechend der abgebildeten Funktionen aus drei verschiedenen hohen Gebäudeteilen (Freizeitraum 5,5m, Mensa 6,5m und Küche mit Nebenräumen und Foyer 4,0m) zusammen. Als verhältnismässig niedriges Bauwerk in einer deutlich differenzierten topografischen Lage ist gerade die Dachfläche von vielen Punkten in der Umgebung aus einsichtig. Dies hatte Auswirkungen auf die Gestaltung der Dachfläche und die Integration der freistehenden Lüftungsgeräte für Mensa, Küche und Freizeitraum. Für die Anlagen wurden jeweils Dachbereiche oberhalb des Freizeitraumes und des Speisesaals abgesenkt, sodass die Geräte nicht über die Dachkanten hinausragen und Kanalleitungen auf direktem Wege horizontal über die Dachinnenfassaden ins Gebäudeinnere geleitet werden können. Hier werden die Leitungen offen zwischen dem Haupttragwerk geführt.

Die Fassade ist im Wesentlichen geprägt durch grosszügige Stahl-Pfosten-Riegel-Fassaden und einer Vorhangfassade aus vertikalen Holzlamellen. Die 4 auf 6 cm Lamellen mit einem Abstand von ca. 4cm zueinander ziehen sich als einheitliche Hülle über geschlossene Fassadenbereiche sowie Fenster und Türen zu Nebenräumen und Zu- und Abluftöffnungen. Die Farbgebung der Holzlasur orientiert sich am Grau der ortstypischen Schieferfassaden und der bergischen Grauwacke.

Die tragenden Wände des Gebäudes sind in vorgefertigter Massivholzbauweise ausgeführt. In den beiden multifunktional nutzbaren Hauptbereichen der Mensa und des Freizeitraumes überspannen Brettsperrholzträger in einem Achsabstand von 5m stützenfreie Bereiche von 7x15m und 11,5x25m. Die Decken sind aus Holz-Hohlkasten-Elementen mit fertiger Untersicht aus Holzakustiklamellen. Die hellen Decken und Wände aus belassenen Nadelholzoberflächen in Sichtqualität und weiss gestrichenen Gipskartonfeldern zwischen den Stützen strahlen Wärme und Einfachheit aus. Der dunkle Betonwerksteinboden stellt einen Kontrast zu den hellen Wand- und Deckenflächen und verhält sich besonders robust für die wechselnden Nutzungen. Strapazierfähige HPL-Bekleidungen an der Speiseausgabe und den Zugängen zu den Sanitäreinrichtungen und Vorhängen in Mensa und Freizeitraum sind in Anlehnung an das Schullogo grün akzentuiert.

## **5. Ausgewählte Projektbeteiligte**

- Bauherr: Stadt Gummersbach
- Tragwerksplanung, Bauphysik: Ingenieurbüro Voogt, Olpe
- TGA-Planung: G-TEC Ingenieure GmbH, Olpe
- Brandschutz-SV: Ing. Büro K. Leiermann, Dormagen-Zons
- Freianlagenplanung: scape Landschaftsarchitekten, Düsseldorf
- Holzbauarbeiten: Fritz Kathe & Sohn GmbH, Vechta
- Holzfassade: Zimmerei Bald, Kreuztal

## **6. Abbildungsnachweise**

Abbildungen 1,2,5,7: Hausmann Architekten

Abbildungen 3,4,6,8,9: Jörg Hempel für Hausmann Architekten

# **Bauten für Bildung und Erziehung Kita «Rheindampfer» in Bonn Geislar**

Prof. Dipl.- Ing. Ulrich Graffelder  
rheintreuearchitekten,  
Technische Hochschule Köln  
Köln, Deutschland



# Kita «Rheindampfer» in Bonn Geislar

## 1. Einleitung

Der steigende Bedarf an Betreuungsplätzen veranlasste die Stadt Bonn zum Bau mehrerer neuen Kitas im Großraum Bonn. Die Kita «Rheindampfer» entstand im neu erschlossenen Wohngebiet Geislar, nordöstlich von Bonn.

Wegen der erhöhten Anzahl der neu zu bauenden Kitas entwickelte die Stadt Bonn das sogenannte «Bonner Model», eine Grundrissvorgabe an die Architekten um wiederholte Ämterabstimmungen und somit Zeit einzusparen.

Als weitere Vorgabe war eine eingeschossige Holzbauweise im KfW 55 Effizienzhaus-Standard gewünscht um einen Vergleich (Qualitäten, Termine, Kosten) zu anderen Bauweisen von weiteren Kitas zu haben die zur selben Zeit errichtet wurden.



Abbildung 1: Gartenansicht Kita / Foto Patrik Prior

## 2. Entwurfsidee

Die Herausforderung bestand darin, innerhalb der Grundrissvorgaben und des engen Baufeldes (das ausgewiesene Baufeld war geringfügig kleiner als das geforderte Raumprogramm) einen ansprechenden Baukörper und stimmungsvolle Räume zu entwickeln. Ein Nutzer stand noch nicht fest, sodass wir nicht auf ein konkretes pädagogisches Konzept reagieren konnten.

Die festgelegten Raumfolgen der einzelnen Gruppen werden als Stilmittel übernommen und architektonisch in ablesbare, einzelne Häuser übersetzt. Rücken an Rücken sind die einzelnen Gruppen hintereinander aufgereiht, jede Gruppe im eigenen Haus aus zwei Baukörpern mit Pultdach wie zusammengesetzte Bauklötze, die Teil eines großen gemeinsamen Bauwerks werden.

Die Häuser werden über einen «großen Spielflur», an denen die Differenzierungsräume angrenzen, miteinander verbunden. Das Raumgefüge «großer Spielflur», die Häuser der einzelnen Gruppen (Drei-Raum-Konzept) und die losgelösten Differenzierungsräume bieten eine gute Grundlage für das «offene pädagogische Konzept».

Das Spiel der Dachformen und Raummaße ist auch im Inneren erfahrbar und unterstützt das kindliche Verständnis für Raumgeometrien.

Die freundlichen hellen Räume verfügen alle über eine großzügige «Tageslichtbeleuchtung», auf Abhangdecken wurde verzichtet die warm anmutenden Oberflächen bestehen aus mineralischen Baustoffen wie Gipsputz, Holz und Linoleum. Die KITA steht am Rand eines Baugebietes aus Einfamilienhäusern; sie wird mit den aneinandergereihten Giebelhäusern aus Lärchenholz zum Bindeglied zwischen den neuen Einfamilienhäusern und den angrenzenden Rheinwiesen und Feldern.



Abbildung 2: Straßenansicht Kita / Foto Patrik Prior



Abbildung 3: Lageplan

## 3. Planung, Konstruktion, Vergabe

### 3.1. Gebäude

Leitgedanke bei der Planung war einen möglichst hohen Vorfertigungsgrad zu ermöglichen. Die Herausforderung bestand hier bei der Integration der Haustechnik. Die Sparren sollten unbedingt sichtbar bleiben weswegen überall auf abgehängte Decken verzichtet werden musste. Die dann offen verlaufenden Installationen wurden auf die Raumgestaltung abgestimmt.

Eine weitere Herausforderung war die Umsetzung des Schallschutzes. Durch die Zugrundelegung der Schulbaurichtlinie in Bezug auf den Schallschutz wurde eine Vielzahl an unterschiedlichen Wandaufbauten erforderlich die wiederum nur vor Ort fertiggestellt werden konnten.

Die Kita ist auf einen umlaufenden, gedämmten Stahlbetonsockel gestellt, die Barrierefreiheit ist durch angefügte Rampen sichergestellt.

Das Dach ist als Warmdach mit Schaumglasdämmung ausgeführt, was für den Holzbau eine hohe Sicherheit bei geringen Unterhaltskosten darstellt.

### 3.2. Technik

Das Gebäude wurde entsprechend der EnEV 2014 als Nichtwohngebäude mit normalen Innentemperaturen errichtet. Der Gebäudestandart entspricht einem Effizienzhaus EH 55. Der Jahres – Primärenergiebedarf liegt mit 141 kWh/(m<sup>2</sup>a) bei ca. 75 % der Referenzwertes zum EnEV.

Die Anforderungen des Erneuerbare-Energien Wärmegesetzes (EEWärmeG 2011/2014 für öffentlich genutzte Gebäude) werden eingehalten.

Die Wärmeversorgung erfolgt mittels einer Luft / Wasser Wärmepumpe zum Heizen und Kühlen. Das Gebäude verfügt über eine raumluftechnische Anlage mit Wärmerückgewinnung über einen Plattentauscher. Das Lüftungsgerät wurde nach Energieeffizienzklasse A ausgelegt.



Abbildung 4: Gruppenraum / Foto Patrik Prior



Abbildung 5 und 6: Vorgefertigte Wände werden aufgestellt / Foto U. Graffelder

### 3.3. Vergabe

Die öffentliche Ausschreibung erfordert eine produktneutrale Planung und Ausschreibung. Da die meisten Holzbaubetriebe unterschiedliche Standard-Fertigungstechniken und Detail ausführen möchten, ist die Werkplanung «offen» gehalten. Das hat zur Folge, dass Teile der Planung bei den Zimmererarbeiten mit ausgeschrieben werden müssen.

Um den geforderten KfW 55 Standard umzusetzen zu können ist eine dichte Gebäudehülle erforderlich. Die Gewährleistung sollte hier bei nur einem Betrieb bleiben. Das Vergabeamt stimmte einer zusammengefassten Ausschreibung für Rohbau, Fassade (Fenster/Türen) und Dach zu. Alle anderen Gewerke wurden einzeln vergeben.

## 4. Bauüberwachung

Die Umsetzung der Planung auf der Baustelle erforderte eine intensive Bauüberwachung aus folgenden Gründen:

- Viele der vorgefertigten Wände wurden im weiteren Bauablauf nicht mehr veredelt. Der angelieferte Rohbau ist gleichzeitig auch fertiger Ausbau. Dem Schutz der Oberflächen musste somit viel Aufmerksamkeit zukommen.
- Die zahlreichen unterschiedlichen Wandaufbauten (Schallschutzgründe) ziehen eine enorme Detailvielfalt in allen Anschlussbereichen der Nachfolgewerke nach sich.
- Die sehr niedrig ausgeschrieben VOC Grenzwerte wurden trotz aller zuvor angemeldeten Bedenken sogar noch unterschritten. Auch hier war natürlich eine konsequente Überprüfung aller angelieferten Materialien notwendig.

Die Kita Rheindampfer wurde mit dem Kita Preis 2020 des Ministeriums für Kinder, Familie, Flüchtlinge und Integration des Landes Nordrhein-Westfalen und der Architektenkammer Nordrhein-Westfalen ausgezeichnet.

Weiterhin wurde die Kita Rheindampfer mit dem Architekturpreis Bonn-Rheinsieg des BDA ausgezeichnet.

# Gesamtschule Münster-Ost

Dipl.-Ing. Dagmar Grote  
Architektin BDA  
farwick+grote Architekten BDA Stadtplaner  
Ahaus/Dortmund, Deutschland



# Gesamtschule Münster-Ost

## 1. Einleitung

Eine klimaneutrale Stadt bis 2030 – diesem Anspruch hat sich die Universitätsstadt Münster in Westfalen verschrieben. Die Gesamtschule Münster-Ost (Mathilde-Anneke-Gesamtschule), derzeit Münsters größtes öffentliches Neubauprojekt, ist die erste Schule der Stadt, die in Holzbauweise errichtet wird.

Die sechszügige von farwick+grote Architekten BDA Stadtplaner aus Ahaus/Dortmund geplante Gesamtschule wird zukünftig als Neubau im Bereich der Manfred-von-Richthofen-Straße/Andreas-Hofer-Straße und im Bestand der Fürstin-von-Gallitzin-Schule 1.400 Schülerinnen und Schüler und 150 Lehrkräfte aufnehmen. Zum Schulensemble zählen neben Forum, Mensa, Fachräumen, Verwaltungstrakt und Lernhaus für die einzelnen Jahrgangsstufen eine Vierfachsporthalle sowie eine Kindertagesstätte. Hinzu kommen Freiflächen für Schulhof und Sportanlagen, die vom Büro club L94 aus Köln geplant wurden.

Die neuen Gebäude erfüllen die hohen Anforderungen, die die Stadt Münster an ihre öffentlichen Bauten stellt, um den Energieverbrauch dauerhaft möglichst niedrig zu halten. Als erstes städtisches Gebäude wird die Mathilde-Anneke-Gesamtschule nach dem Bewertungssystem «Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB)» des Bundesbauministeriums zertifiziert. Angestrebt wird eine Auszeichnung mit der Note «Silber».



Abbildung 1: Lageplan

## 2. Planungsaufgabe, Entwurf und Nachhaltigkeit

Schon bei der Auslobung des Architektenwettbewerbs wurde seitens der Stadt Münster besonderes Augenmerk auf die Berücksichtigung der Anforderungen des nachhaltigen Bauens im Gebäudeentwurf gelegt und eine ökologisch und energetisch zukunftsweisende Bauweise gefordert.

Die gewählte offene Gestaltung des Schulensembles unterstützt mit ihrer zweigeschossigen und ressourcenschonenden Holzarchitektur die Leitidee des Konzepts «Schule als Lebensraum – Leben in der Gemeinschaft». Die Verwendung des Baustoffes Holz als Tragwerkskonstruktion und Ausbaumaterial verleiht dem Gebäude eine warme und natürliche Atmosphäre und zeigt insbesondere unter dem Gesichtspunkt der CO<sub>2</sub>-Speicherung nachhaltig Verantwortung. Ein hoher Wärmedämmstandard der Gebäudehülle ist wirtschaftlich verantwortbar zu realisieren.

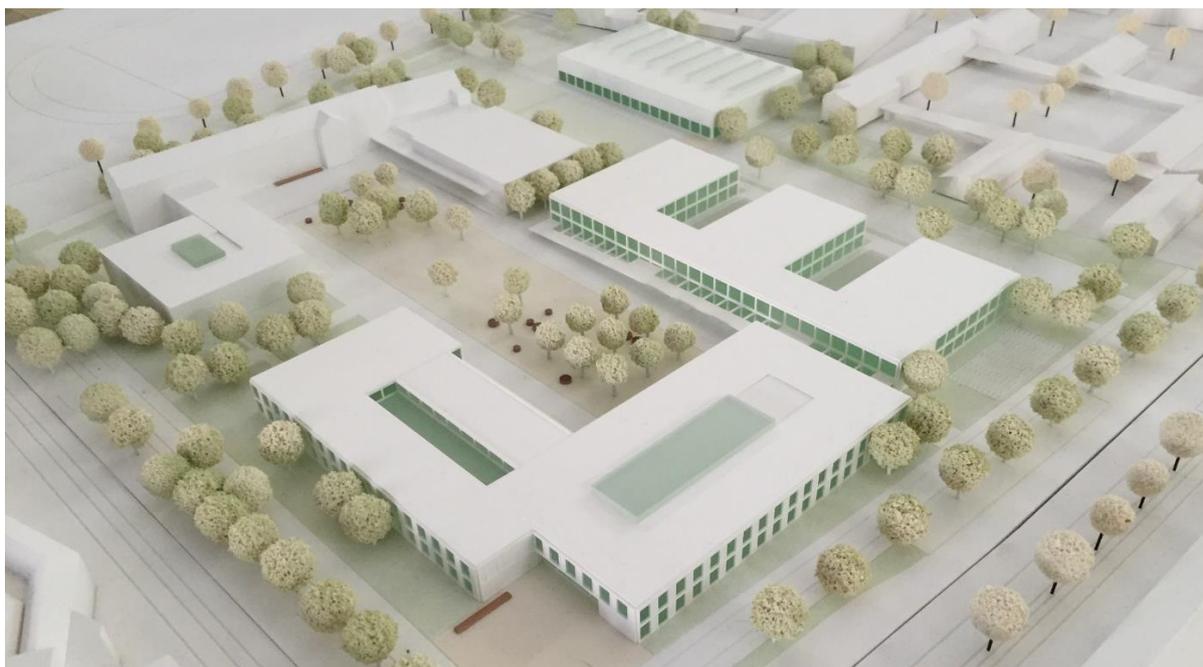


Abbildung 2: Wettbewerbsmodell

Der Haupteingang der neuen Gesamtschule orientiert sich sowohl zur Andreas-Hofer-Straße als auch zur Manfred-von-Richthofen-Straße. Dezentral angeordnete Eingänge erschließen die weiteren Schulgebäude. Das Foyer öffnet die Schule zum Vorplatz und erschließt Forum und Mensa, sodass Raum für vielfältige Nutzungen innerhalb des Schulalltags, aber auch für Schulfeste und Abschlussfeiern zur Verfügung steht. Eine Abtrennung der einzelnen Raumeinheiten ist möglich, sodass eine externe Nutzung von Foyer und Forum unabhängig vom Schulbetrieb gewährleistet ist.

Der Umsetzung neuer pädagogischer Konzepte und zeitgemäßer Leitlinien wird durch die Errichtung einer «Pädagogischen Mitte» in den drei Lernhäusern Rechnung getragen. Ergänzt werden diese durch Sitznischen und offene Arbeitsbereiche in den Flurzonen und Galeriebereichen, um so ein vielschichtiges Raumangebot zur Förderung von Austausch und Kommunikation zu bieten und eine zukunftsweisende Lernatmosphäre zu schaffen.



Abbildung 3: Außenperspektive des Haupteingangs



Abbildung 4: Außenperspektive des Lernhauses

Geplant wurde eine semiindustrielle Vorfertigung der Holzbauelemente. Die Fassade ist in Holzbauweise mit Glaselementen und geschlossener Holzbrettschalung konzipiert. Die Holzsystemdecken sind als Holzbalken- und Holzmassivdecken ausgebildet, so dass der erforderliche Brand- und Schallschutz gewährleistet ist. Lediglich die notwendigen Treppenträume sowie die Nassräume und Mensaküche sind in Ortbetonkonstruktion konzipiert.

Die Materialität setzt sich konsequent im inneren Erscheinungsbild fort, wodurch der Nachhaltigkeitsaspekt für die Schüler erleb- und nachvollziehbar wird. Robuste Holzoberflächen an Decken, Wänden und Einbauelementen in den Gemeinschafts- und den offenen Lernbereichen sind langlebig, weniger anfällig für Vandalismus und schaffen Identität.



Abbildung 5: Innenperspektive des multifunktionalen Forums

Variabel nutzbare Grundrisse, die auf sich wandelnde Nutzungsanforderungen reagieren, Tageslichtnutzung in allen Bereichen der Schule, eine regelbare kontinuierliche Lüftung und Heizung, die Nutzung regenerativer Energie durch Photovoltaik und die Errichtung von Gründächern auf allen Neubauten sind weitere Komponenten des Gesamtenergiekonzepts, das zu einer höchstmöglichen Nutzungsdauer und langjährigen Werterhaltung der neuen Schulgebäude beitragen soll. Die gewählte Holzbauweise mit ihrem geplanten hohen Vorfertigungsgrad, wartungsfreundliche Konstruktionen und Oberflächen sowie reduzierte technische Standards bei niedrigen Energieverbräuchen sichern niedrige Lebenszykluskosten.

Insgesamt ist die neue Gesamtschule Münster-Ost als moderne, energieeffiziente und leistungsfähige Schule geplant, die in selbstverständlicher Weise Ökologie und Nachhaltigkeit im Schulalltag vermittelt und einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt leistet.

### 3. Ausführung

#### 3.1. Haupt- und Lernhaus

Die Schulneubauten sind stringent auf dem Gebäudegrundraster von 3,60 m aufgebaut. Dies bildet die Grundlage für einen modularen Aufbau der Gebäude, deren Vorfertigung und Montage.

Die Außenwände der Neubauten von Haupt- und Lernhaus wurden als Holzrahmenwände erstellt. Der Wandaufbau gliedert sich in eine tragende Holzrahmenwand ( $d=28\text{ cm}$ ) mit Innenwandverkleidung ( $d=6\text{ cm}$ ) und einen Außenwandaufbau ( $d=22\text{ cm}$ ).

Die Fenster und Türanlagen wurden als Holz-Aluminiumkonstruktion vorgesehen. Die Fensteranlagen haben außenseitig eine vierseitig umlaufende Leibungsbekleidung aus gekantetem pulverbeschichteten Aluminiumrahmen, in den sowohl die Führung des außenliegenden Sonnenschutzes, als auch die Absturzsicherung bzw. der Einstiegsschutz im Erdgeschoss integriert ist. So wird im Bewegungsbereich der Nutzer durch robuste Materialien die Dauerhaftigkeit gesichert.

Ein hohes Maß an Vorfertigung, aufgrund der sich wiederholenden Fenstermaße und eine einfache Montage, sichern wirtschaftliche Erstellungskosten.

Merkmale:

- modulare Addition bei einem Gebäuderaster von 3,6 m
- flexible Aufteilung
- raumhohe Verglasung

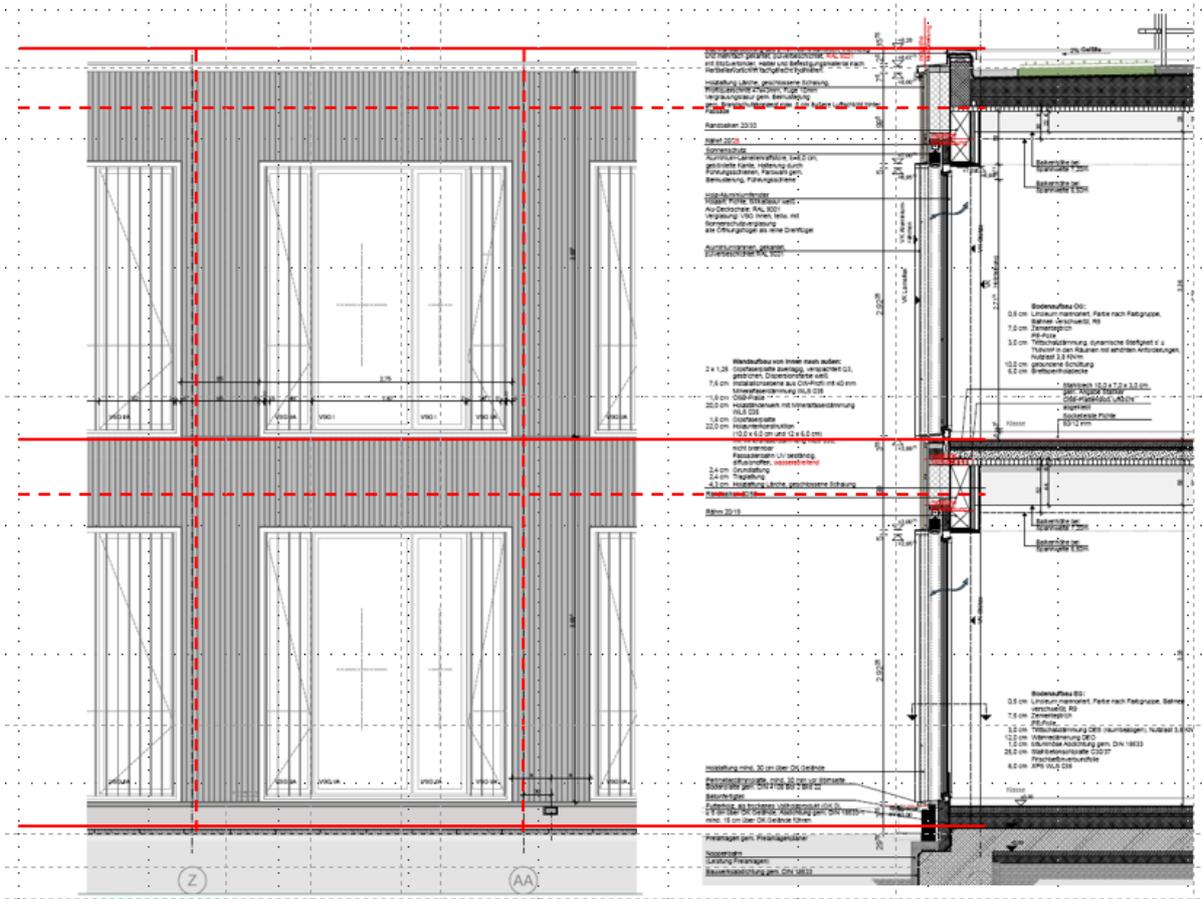


Abbildung 6: Elementierung der Fassade von Haupt- und Lernhaus (Ausschnitt)

### 3.2. Sporthalle

Die neue 4-Feld-Sporthalle dient zukünftig für die Schule, Sportvereine und externe Akteure aus dem umliegenden Quartier als Sport- und Versammlungsstätte.

Die Sporthalle ist in Hybridbauweise konzipiert. Aufgrund brandschutztechnischer Anforderungen wird sowohl der Funktionsriegel mit Geräteräumen, Umkleiden und Tribüne in Ortbeton als auch die Tragstruktur der Außenwände als Betonfertigteilstützen ausgeführt.

Die nichttragenden Ausfachungen wurden als Holzrahmenwand wie bei Haupt- und Lernhaus ausgeführt. Die Sporthallendecke aus Holzleimbinder ist als Holzkassettendecke konzipiert. Die Fassade ist gegliedert in einen erdgeschoss hohen Gebäudesockel mit geschlossener Brettschalung und darauf aufgesetzter Fassade mit offener Leistenschalung. In die Leistenschalung integriert ist, inspiriert von der Flugbahn eines Hochspringers in der Leichtathletik, ein Relief in Wellenform zur Belebung der großflächigen Fassade.

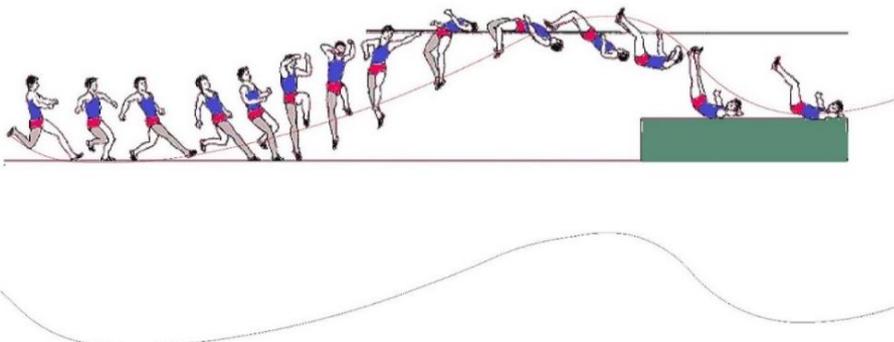


Abbildung 7: Flugbahn eines Hochspringers



Abbildung 8: Außenperspektive der Sporthalle



Abbildung 9: Außenansicht der Sporthallenfassade mit versetzter Leistenschalung in Wellenform kurz vor der Fertigstellung

## **Block A2**

### **Modulare Bauweisen:**

Aufstockungen | Sanierungen | Neubauten

# **Serielle Sanierung zum NetZero-Standard nach dem Energiesprong-Prinzip**

Sebastian Eck  
VBW Bauen und Wohnen GmbH  
Bochum, Deutschland



# Serielle Sanierung zum NetZero-Standard nach dem Energiesprong-Prinzip

## 1. Hintergrund «Energiesprong-Prinzip»

Es handelt sich um ein, in den Niederlanden entwickeltes, neuartiges Sanierungsprinzip für Gebäude. Im Mittelpunkt steht das Erreichen des «NetZero-Standards»: Hierbei erzeugt das energetisch sanierte und technisch neu ausgestattete Objekt die benötigte Energie für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Haushaltsstrom selbst. Die Sanierung erfolgt durch innovative seriell vorgefertigte Bauteile. Dies betrifft vor allem Fassadenelemente (zum Beispiel in Holzbauweise), welche bereits werksseitig Dämmung, Fenster, Türen und Rollläden erhalten und im Ganzen angeliefert werden. Auch seriell gefertigte Dachelemente sind verfügbar. Weiter gedacht lassen sich auch Gebäudetechnik und Leitungen in den vorgefertigten Elementen unterbringen. Ziel ist die Reduzierung der Bauzeit auf wenige Wochen. Zur Wärmeversorgung kommt ein moderner Energieerzeuger, beispielsweise eine Wärmepumpe, zum Einsatz. Die erforderliche Energiemenge wird vor Ort durch PV-Anlagen erzeugt. Für Transparenz bei den Bewohnern können moderne Möglichkeiten zum Verbrauchsmonitoring sorgen, zum Beispiel Onlineportale/Apps oder Infodisplays in den Wohnungen.

Neben der Klimaneutralität und dem seriellen Ansatz berücksichtigt das Energiesprong-Prinzip weitere Aspekte, die wichtige Erfolgsfaktoren darstellen: Bestandteil jeder Maßnahme ist ein Mieterkommunikationskonzept, das eine Mietereinbindung in die Maßnahme sicherstellt und für eine umfangreiche Kommunikation der Veränderungen am Gebäude sorgt. Zukunftssicherheit für Bewohner und Eigentümer wird durch eine langfristige Performanceabsicherung geschaffen: Die am Projekt beteiligten Partner führen nach Fertigstellung ein langfristiges Monitoring durch, um die Einhaltung des energetischen Standards sicherzustellen.

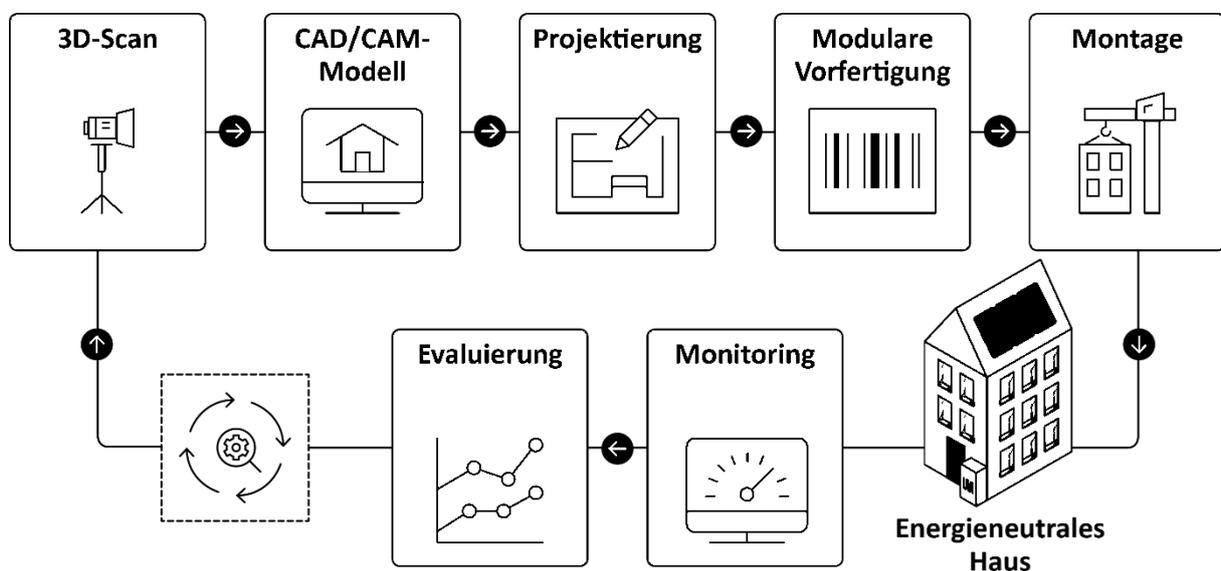


Abbildung 1: Der Energiesprong-Prozess

Quelle: Deutsche Energie-Agentur (dena)

Ein Blick in die Niederlande zeigt, dass die Sanierungskosten mittlerweile ca. 40% unter den Kosten der ersten Pilotprojekte liegen. Es wurden dort bereits 5.000 Gebäude saniert; zunächst Einfamilienhäuser, nun aber verstärkt Mehrfamilienhäuser. Nachfrage besteht inzwischen europaweit. Niederländische Experten begleiten die Projekte in den jeweiligen Ländern mit ihrer Erfahrung.

Innerhalb der Deutschen Energie-Agentur (dena) wurde ein nationales Marktentwicklungsteam gegründet. Das Team bringt die Akteure zusammen und unterstützt Pilotprojekte von der Planung bis zur Umsetzung. Zugleich übernimmt es Öffentlichkeitsarbeit, informiert über Fortschritte und setzt sich für optimale Rahmenbedingungen ein. Der intensive Austausch und die fachliche Beratung sind für Wohnungsunternehmen eine zentrale Stütze bei der Pilotentwicklung. Dies betrifft auch die Kommunikation mit dem Fördermittelgeber auf EU-Ebene. Zur Etablierung des Energiesprong-Prinzips werden nationale Fördermittel und EU-Mittel im «Interreg North-Western Europe Programme MustBe0» angeboten. In diesem Zusammenhang findet ein regelmäßiger Austausch der nationalen Energiesprong-Teams und der Programmteilnehmer statt. Aktuell gibt es Teams in Frankreich, Großbritannien, Italien, den Niederlanden und Deutschland. Zugleich bilden sich in den USA erste Initiativen für serielle Sanierungslösungen.

Aufgabenstellung für die Akteure auf dem deutschen Markt ist die zeitnahe Realisierung der Pilotprojekte und Standardisierung der Sanierungslösung. Neben technischen Herausforderungen in der Umsetzung stehen hierbei die Themen Mieterkommunikation, performance-basierte Ausschreibung und die Entwicklung des Geschäftsmodells im Fokus. Durch die dena werden regelmäßig Coaching-Programme für weitere interessierte Wohnungsunternehmen und Lösungsanbieter veranstaltet.

Ziel der Weiterentwicklung des Energiesprong-Prinzips mit dauerhaftem Dialog zwischen Lösungsanbietern und Nachfragern ist es, warmmietenneutrale Sanierungen zu ermöglichen. Dabei werden innovative Lösungen, Nachhaltigkeit und das Anbieten bezahlbaren Wohnraums im Einklang betrachtet. Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die Anwendung der Sanierungslösung in der Breite, um eine Kostenreduktion zu erreichen.

## **2. Serielle Sanierung im Fokus von innovativen Wohnungsunternehmen**

Als VBW Bauen und Wohnen GmbH (kurz: VBW) bewirtschaften wir in Bochum einen Bestand mit fast 13.000 Wohneinheiten. In unserer Unternehmensstrategie sind nachhaltige Quartiersentwicklungen und Innovation verankert. Daher haben wir mit 22 deutschen Wohnungsunternehmen den «Volume-Deal» unterzeichnet. Damit tragen wir durch die Sanierung von 100 Wohneinheiten nach dem Energiesprong-Prinzip zur Schaffung CO<sub>2</sub>-neutraler Gebäude bei.

Wir haben uns erstmals 2018 mit dem Potenzial dieses Lösungsprinzips beschäftigt. Durch das serielle Sanieren verfolgt die VBW vier Ziele:

1. Verkürzte Sanierungszeiten
2. CO<sub>2</sub>-neutrale Gebäude mit geringen Energiekosten
3. Nachhaltigkeit durch den Gebrauch nachwachsender und hochwertiger Materialien
4. Zukunftssicherheit für Bewohner und Vermieter durch eine langfristige Performance

Eine Workshopreihe mit Teilnehmern der dena und einem Lösungsanbieter hat zur Konzeption eines ersten Pilotprojektes der VBW geführt. Eine Erkenntnis daraus war, dass sich die Sanierungsmethode wegen der einfachen Hülle zunächst für typische Mehrfamilienhäuser der 50er, 60er und 70er Jahre eignet. Da aus dieser Zeitperiode auch ein Großteil unseres Wohnungsbestandes stammt, wurde unser Interesse an seriellen Sanierungslösungen bekräftigt.

### 3. Erfahrungen und Projekte der VBW Bauen und Wohnen GmbH

Als erstes Pilotprojekt haben wir eine Häuserzeile aus drei Mehrfamilienhäusern ausgewählt. Die Objekte aus dem Jahr 1965 haben drei Vollgeschosse und umfassen insgesamt 19 Wohneinheiten. Geplant wurden u. a.

- die Erneuerung der Gebäudehülle im seriellen Verfahren,
- der Austausch der vorhandene Gaszentralheizung durch eine zentrale Wärmepumpe
- die Erneuerung der vorhandenen Balkone durch Vorstellbalkone
- Installation einer PV-Anlage auf dem Dach zur bilanziellen Deckung des Energiebedarfs der 19 Wohnungen

Die Durchführung war für das Jahr 2020 geplant. Die Kommunikation mit der Mieterschaft hat positive Resonanz und Aufgeschlossenheit gegenüber dem neuartigen Sanierungsprinzip gezeigt. Leider konnte die Maßnahme nach einer Analyse möglicher Risiken während der Planungsphase nicht umgesetzt werden. Diese Entscheidung wurde vor allem im Hinblick darauf getroffen, dass die Sanierung in bewohntem Zustand erfolgen sollte.

In der Folge haben wir uns auf ein zweites Projekt fokussiert (32 Wohneinheiten, Baujahr 1968), welches parallel zum ersten Projekt vorbereitet wurde: Mörikestr. 8-14 in Bochum-Harpen. Es war möglich, erste Erfahrungswerte auf das zweite Projekt zu übertragen, insbesondere die Intensivierung der Planungsphase vor Maßnahmenankündigung.



Abbildung 2: Ansicht Mörikestr. 8-14 in Bochum vorher und nachher (Visualisierung)

Zusammen mit den Partnern B&O Bau NRW GmbH (Baupartner), Stadtwerke Bochum GmbH (Energiepartner) und der Deutschen Energie-Agentur (Energiesprong-Experten) wurde eine Bauteamphase erfolgreich abgeschlossen und die Maßnahme für die Umsetzung in der zweiten Jahreshälfte 2021 vorbereitet. Baubeginn war im Juli 2021. Folgende besondere Ergebnisse wurden in der Planungsphase erarbeitet:

- Erstellung einer Fassade inkl. Dämmsystem mittels einer vorgefertigten und vorgesetzten Holzfassade: Holzverschalung vorvergraut in den Obergeschossen, Putzoberfläche im EG und im Bereich der Treppenhäuser
- Dezentrale Versorgung der Wohnungen mit ZLW-Geräten: Lüften (kontrollierte Wohnraumlüftung), Heizen und Warmwasseraufbereitung in einem System. Die Beheizung erfolgt mittels Lüftung, sodass auf die vorhandenen Heizkörper verzichtet werden kann. Die erforderlichen Kanäle werden durch eine abgehängte Deckenbeplankung im Flur verkleidet.
- Errichtung von vier Photovoltaikanlagen auf dem Dach zur Deckung des Energiebedarfs; Anbieten eines Mieterstromtarifs durch die Stadtwerke Bochum.

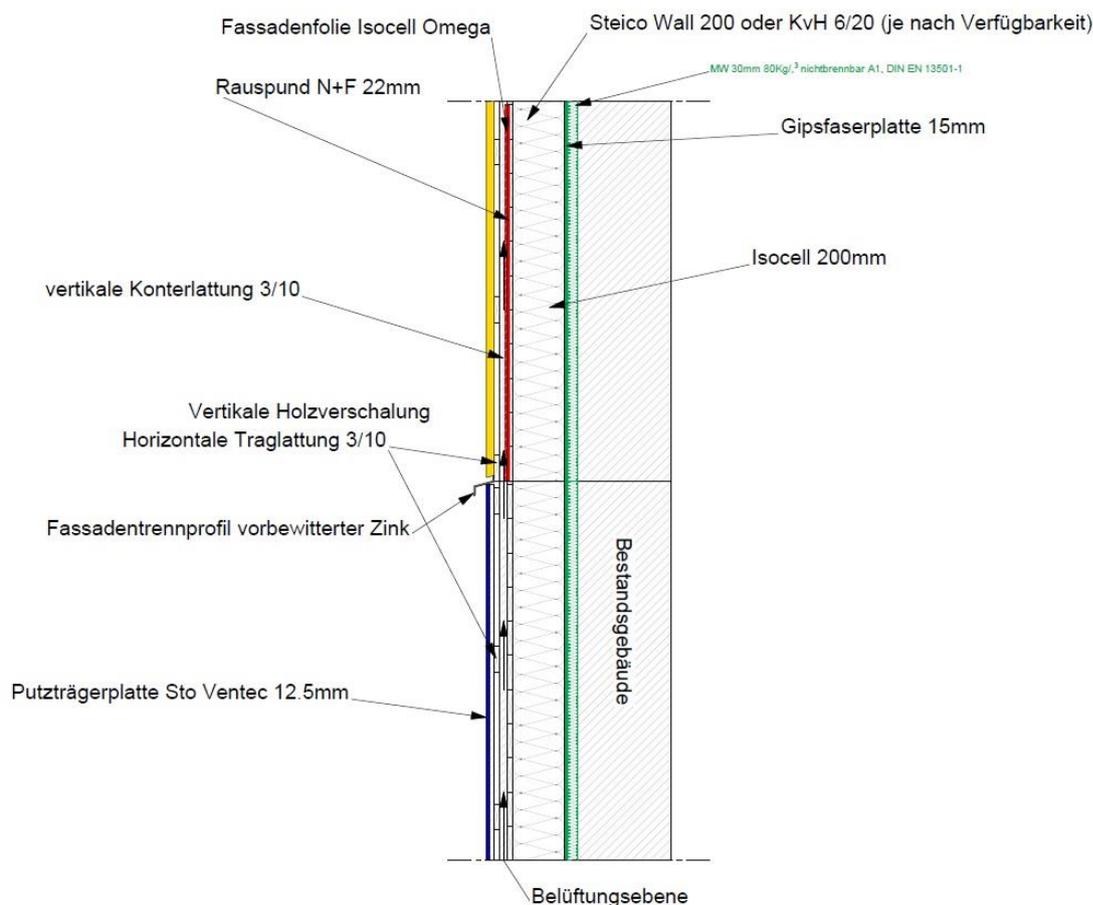


Abbildung 3: Fassadenaufbau

Bis Ende September 2021 wurden der Abriss der Loggien und alter Fassadenverkleidungen aus Betonfertigteilen abgeschlossen. Die Montage der vorgefertigten Fassadenelemente inkl. neuer Fenster wurde zu ca. 50% umgesetzt. Die Anpassungsmaßnahmen innerhalb der Wohnungen haben begonnen. In diesem Punkt zeigt sich hoher Steuerungsbedarf bei der Organisation und Kommunikation in Richtung der Bewohner, um die ohnehin großen Eingriffe in die Wohnungen möglichst zeitsparend auszuführen. Bis zum Jahresende ist die Fertigstellung der Gesamtmaßnahme (ohne Außenanlagen) geplant. Anschließend beginnt auch das Monitoring des Gebäudes, um die Einhaltung des NetZero-Standards zu überprüfen.

## 4. Ausblick

Zur Bewertung des Energiesprong-Prinzip nach den ersten Pilotprojekten in Deutschland, die überwiegend noch in Umsetzung sind, ist eine differenzierte Betrachtung notwendig:

Vorgefertigte Fassaden und Bauteile eignen sich sehr gut für die serielle Herstellung. Die Gebäudetechnik hingegen erfordert umfangreiche Planung mehrerer Fachplaner: Hier entsteht pro Projekt noch hoher individueller Aufwand. Zudem erfordert die Koordination der Pilotprojekte durch das Wohnungsunternehmen hohen internen Aufwand, da viele Besonderheiten zu berücksichtigen sind. Es wird voraussichtlich weiterhin attraktive Fördermöglichkeiten geben. Im Pilotprojekt Mörikestr. 8-14 wurde die BEG-Förderung der KfW genutzt.



Abbildung 3: Vergleich Energiesprong-Modernisierung (Kombination Putz- und Holzfassade (oben) und konventionelle Modernisierung (unten), gleicher Gebäudetyp

Die Arbeit an Pilotprojekten bietet den Wohnungsunternehmen wertvolle Möglichkeiten zur Vernetzung und schärft die Wahrnehmung des Unternehmens im Hinblick auf seine ökologische Ausrichtung. Die Marktentwicklung ist ein Treffpunkt innovativer und nachhaltig orientierter Akteure.

In der Praxis besteht noch Potenzial darin, die Einschränkungen für die Bewohner zu verringern und Sanierungszeiten deutlich zu verkürzen. Diese Vorteile der seriellen Sanierung wurden bei den ersten Pilotprojekten noch nicht ausgeschöpft.

Perspektivisch ergeben sich durch die Sanierung mit vorgefertigten Elementen neue Möglichkeiten, um vor allem mit höherer Geschwindigkeit und in der Breite Gebäudehüllen im Hinblick auf die Klimaziele zu erneuern. Hinsichtlich der Energieversorgung sind neben der Einzelobjektbetrachtung insbesondere Quartierslösungen eine sinnvolle Weiterentwicklung.

# **Sieben Geschosse in Holz-Hybridbauweise: Studentenappartements mit 66 vorgefertigten Badmodulen**

Tillmann Schütt  
Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.)  
Landscheide-Flethsee, Deutschland



# Sieben Geschosse in Holz-Hybridbauweise



Abbildung 1: Studentenwohnheim Bremen, S. Müller

## 1. Schütt

Die Gebr. Schütt KG ist ein mittelständisches Bauunternehmen mit etwa 200 Mitarbeitern. Das Unternehmen sitzt in Schleswig-Holstein, dort wo der Nord-Ostsee-Kanal in der Elbe endet, in der Nähe von Brunsbüttel.

Leistungsschwerpunkte sind der I+G-Bau, der Reitanlagenbau sowie der mehrgeschossige Wohnungsbau.

## 2. Ein neues Quartier entsteht

In Bremen entsteht auf einem Gelände von etwa 9 Hektar ein lebendiges Wohnquartier mit mindestens 500 Wohnungen, das rund 1.000 BremerInnen jeden Alters sowie aus unterschiedlichen Gesellschaftsschichten und Kulturen ein neues Zuhause bieten soll. Auch soziale Einrichtungen, Vereine oder Kulturschaffende sollen dieses sozial-ökologische Modellquartier künftig bereichern.

Gebaut wird in Holz-Hybridbauweise und nach KfW 40 Standard. Das «Stadtleben Ellener Hof» ist zudem Klima- und zugleich Fahrradquartier. Ein Ort, an dem das soziale Miteinander hohen Stellenwert hat.

### 3. 66 Apartments auf 7 Geschossen

Das Studierendenwohnheim steht im Baufeld 1 und ist das erste fertiggestellte Gebäude. Mit sieben Geschossen und einer Höhe von 21,45 m ist es zugleich ein Ausrufezeichen für die Holz-Hybridbauweise des neuen Quartiers. Es wurde von dem Berliner Architekten Philip Koch als ein Polygon mit fünf Ecken geplant. Das Erdgeschoß ist ein reiner Stahlbetonbau und beinhaltet die Funktionsräume, den Gemeinschaftsraum, die Hausmeisterwerkstatt und Platz für die Fahrräder. Die sechs Obergeschosse beinhalten je Geschöß 11 Apartments: sechs x neun baugleiche mit 18,8 m<sup>2</sup>, sechs barrierefreie mit 20,3 m<sup>2</sup> sowie sechs rollstuhlgerechte Apartments mit 27,1 m<sup>2</sup>. Mit einer Fußbodenhöhe von 18,10 m im obersten Geschoss fällt das Gebäude in Gebäudeklasse V.

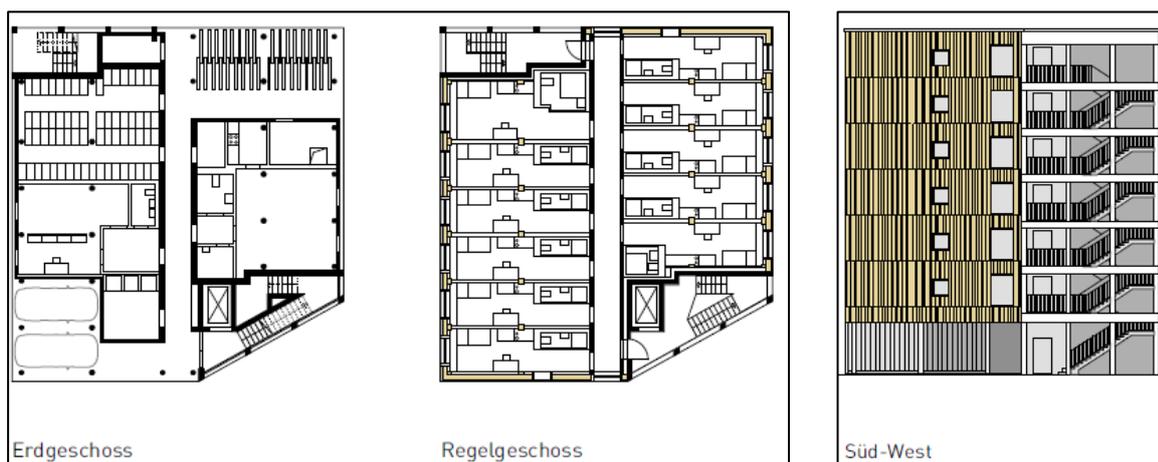


Abbildung 2: Grundriss, Atelier PK Architekten

Abbildung 3: Schnitt, Atelier PK Architekten

### 4. Die Gebäudestruktur

Das Gebäude gründet auf einer massiven 50 cm starken Stahlbetonplatte. Erschlossen wird es über einen Fahrstuhl mit Stahlbetonschacht sowie zwei diagonal sich gegenüberliegenden offenen Treppenhauskernen aus Stahlbeton. Diese dienen dem Gebäude zur Aussteifung und leiten die Horizontallasten in die Bodenplatte, dem Brandschutz dienen sie als sichere Fluchtwege. Sie liegen außerhalb der thermischen Hülle des Gebäudes und sind von dieser durch einen 20 cm starken Dämmstreifen getrennt. Die Mittelflure der sechs Wohngeschosse sind ebenfalls aus Stahlbeton und verbinden die beiden Treppenhäuser. In reiner Holzbauweise ordnen sich je Geschoss 11 Apartments beidseitig an den Flur.

### 5. Der Holzbau

Holzlichtige Brettsperrholzdecken spannen einachsrig von Wohnungstrennwand zu Wohnungstrennwand und steifen als Scheiben das Gebäude in Längsrichtung aus. Sie leiten ihre Kräfte in die Stahlbetondecken der Flure. Der zug- und druckfeste Anschluss der BSP-Decken an die kalten Stahlbeton-Treppenhäuser erfolgte über einzelne thermisch entkoppelte Isokörbe.

Die Wohnungstrennwände bestehen aus hochbelasteten Unterzügen aus Furnierschichtholz und BSH-Stützen der Klasse GL24h, ausgefacht mit zwei 9 cm starken KVH-Rahmen, die mit einer 2 cm starken mineralisch gedämmten Fuge schallschutztechnisch voneinander getrennt sind. Flurseitig liegen die Unterzügen in Auflagertaschen der Stahlbetonwand.

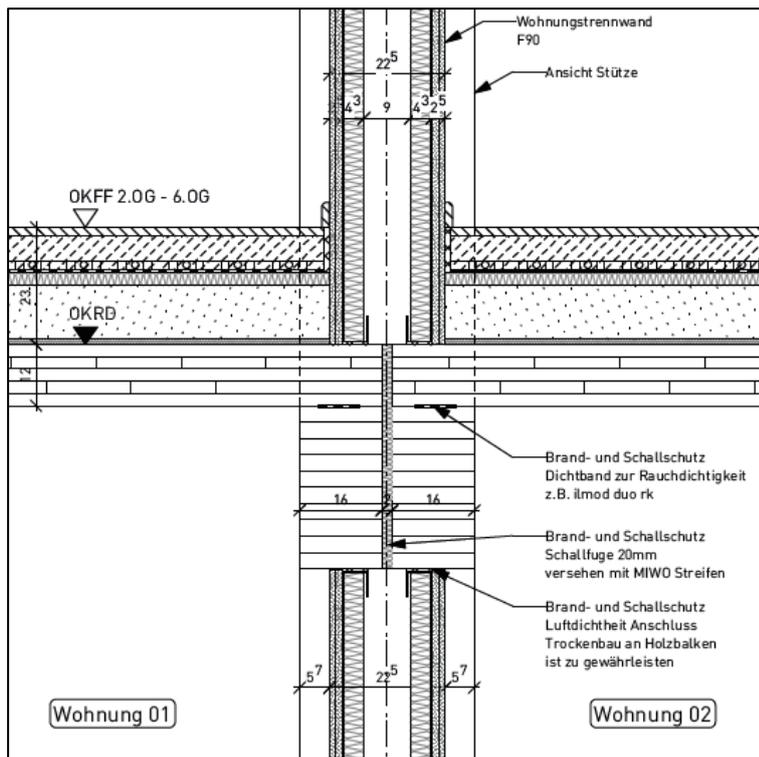


Abbildung 4: Vertikalschnitt Wohnungstrennwand, Atelier PK Architekten

Die vorgehängten, nichttragenden Außenwände sind in Holztafelbauweise gefertigt, mit werkseitig aufgebrachter Außenhaut, dreiseitig als Holzschalung, eine Seite mit Faserzementtafeln. Die Fenster samt Einfassung wie auch die horizontalen Brandschutzbleche wurden ebenfalls bereits im Werk montiert.

## 6. Die technischen Details

Die mit einer maximalen Länge von 10,45 m und einer Höhe von 3,05 m vorgefertigten Außenwände haben eine Wandstärke von 41 cm und weisen einen U-Wert von 0,14 W/m<sup>2</sup>K aus. Die Grundkonstruktion besteht aus 28 cm starken BSH-Rahmen mit STEICO wall Stegträgern, die in gleicher Stärke mineralisch ausgedämmt sind. Aussteifend ist innenseitig eine 22 mm OSB-Platte aufgebracht, die mit verklebten Stößen die Luft- und Dampfdichtigkeit gewährleistet. Innenseitig davor befindet sich eine 9 cm starke ausgedämmte Vorsatzschale, die mit zwei Lagen 12,5 mm Gipskarton-Feuerschutzplatten zum Innenraum abschließt. Außenseitig sind die Stiele mit einer 18 mm starken Gipsfaserplatte geschlossen, auf der als Hinterlüftungsebene die Konter- und Traglattung der Fassadenbekleidung aufgeschraubt sind. Drei Seiten des Gebäudes sind mit einer druckimprägnierten und farbig lasierten Fichtenholzschalung, in drei unterschiedlichen Breiten, wechselnd verschraubt. Die vierte Fassadenseite ist, da von der Feuerwehr im Löscheinsatz nicht anfahrbar, statt mit Holz mit einer durchgefärbten Faserzementtafel belegt. Die Lasten aus den Außenwandtafeln wurden durch ausgefälzte Furnierschichtholzriegel in die Deckenscheiben und Wände eingeleitet. Diese Riegel wurden innenseitig montagefreundlich mit Wand und Decke verschraubt.

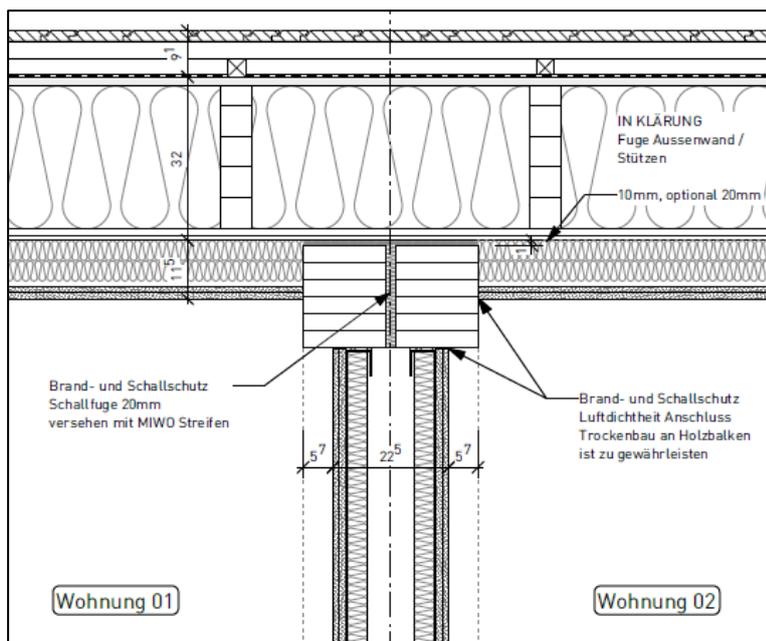


Abbildung 5: Horizontalschnitt Wohnungstrennwand/Außenwand, Atelier PK Architekten

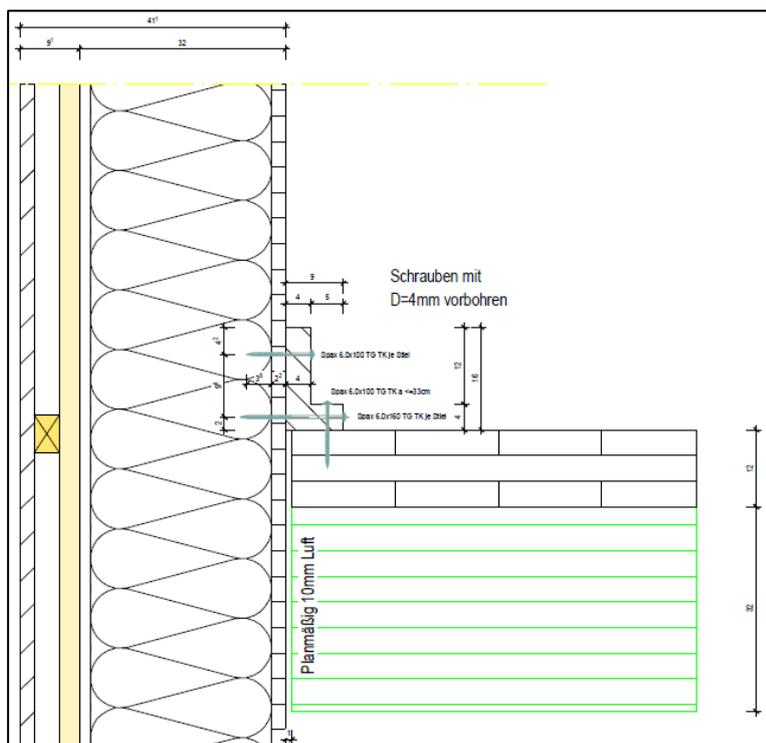


Abbildung 6: Schnitt Außenwand, Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.)

Der Schallschutzgutachter Herr Gerlach hat die gewählten und abgestimmten Aufbauten sehr genau beschrieben. Der Trittschallschutz wird durch eine zweite Lage Trittschalldämmung verbessert. Die Wohnungstrennwände sind zweischalige Trockenbauwände in Holzbauweise mit einem geprüften Systemaufbau gemäß Knauf auf 5 cm Abstand. Die Trennfuge zwischen den BSH-Stützen und Furnierschichtholz-Unterzügen der Trennwände wurde mit 2 cm Mineralwolle ausgedämmt.

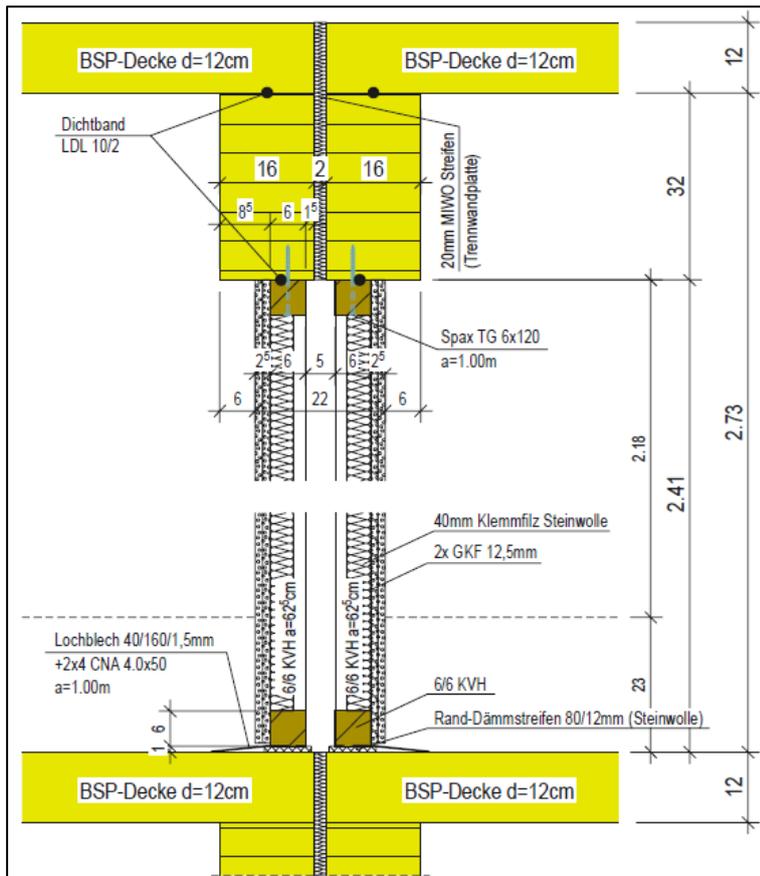


Abbildung 7: Detail Innenwand, Gebr. Schütt KG (GmbH &amp; Co.)

Die sichtbaren 12 cm starken BSP-Decken wurden auf Abbrand bemessen. Das gleiche gilt für die Stützen und Unterzüge, die auf 90 Minuten Feuerwiderstand ausgelegt wurden. Interessanter Punkt: herstellerbedingt handelte es sich bei den BSP-Decken um Decken mit Brettlagen ohne Schmalseitenverklebung. Daher mussten aufgrund der geringfügig größeren Stützweite in den giebelseitigen Apartments eine 124 mm dicke BSP-Decke eingebaut werden. Bei Platten mit verklebter Schmalseite hätten aufgrund eines besseren Verhaltens im Abbrand auch 120 mm gereicht. Der Prüfer hat sorgfältig geprüft und so musste der Hersteller seinen Nachweis zweimal nachbessern. Die 4 mm Mehrstärke konnten wir planerisch im Aufbau auffangen.

Die Ausführung der technischen Installationen war aufgrund des offenen und unbeheizten Erdgeschosses nicht ganz einfach. Insbesondere das Dämmen und das brandschutztechnische Schotten der Leitungen auf der Decke über dem EG waren aufwendig.

Eine weitere technische Besonderheit: Die Stahlbetondecke über dem EG musste zwecks Stützenarmut in Teilbereichen hochgehängt werden. Hierzu dienten die als Überzug ausgebildeten Stahlbetonwände des Flures. Da das EG offen ist, musste die kraftschlüssige Verbindung zwischen Decke und Wand (in horizontaler und vertikaler Richtung) thermisch entkoppelt werden. Der in der Statik geplante Leichtbeton war auf dem Betonmarkt nicht verfügbar. Deshalb wählten wir hier als «Isokorb» Furnierschichtholzträger mit um 90° gedrehten Furnierschichtholzlagen (siehe Abb. 8) Die Aufhängung erfolgte mit Edelstahlsteckern (luftdicht verschlossen mit Sprühfolie), die Aufnahme der H-Lasten durch eine Verzahnung und am Ende mit einer Stahlplatte (siehe Abb. 9). Auf dem Holzträger stehen nun die Stahlbeton-Flurwände aller sechs Geschosse.



Abbildung 8: Furnierschichtholzträger, Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.)



Abbildung 9: Furnierschichtholzträger, Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.)

Das Studierendenwohnheim wird über einen Fernwärmeanschluss mit Heizenergie und Warmwasser versorgt. Die Wärmeverteilung erfolgt bei einer Vorlauftemperatur von 35° über eine im Heizestrich verlegte Fußbodenheizung. Das Gebäude erfüllt die Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 40. Verbaut wurden bei diesem Bau insgesamt etwa 340 m<sup>3</sup> massives Holz, dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-Speicherung von über 312 t.

## 7. Die Elementierung / Modularität

Für den Betonbau wählten wir für die beiden Treppenhäuser und den Fahrstuhlschacht eine Ausführung mit Halbfertigteilen, die geschossweise mit dem Holzbau Zug um Zug mitwuchsen. Die hohen Kräfte führten zu Bewehrungszulagen, die eine reine Fertigteilmontage nicht zuließen.

Der Holzbau wurde in Wand- und Deckenelemente mit hohem Vorfertigungsgrad aufgelöst. Sowohl die Außenwände wie auch die Wohnungstrennwände wurden komplett in unserem Werk in Landscheide-Flethsee vorgefertigt und in Transportgestellen nach Bremen gebracht. Die BSP-Deckenplatten wurden fertig zugeschnitten direkt aus dem Herstellerwerk auf die Baustelle gebracht.

Um über den Montagezeitraum einen schnellen und sicheren Schutz vor Regen zu erreichen, bauten wir uns Behelfsdächer, die zügig gesetzt und entfernt werden konnten. Diese haben wir bei weiteren Projekten optimiert und sind inzwischen fester Bestandteil unserer Montagen.



Abbildung 10: Behelfsdach, Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.)

Für die installationsintensiven Bäder wurde eine Vorfertigung in Modulbauweise gewählt. Die Entscheidung für diesen Schritt fiel mit der Partnerschaft mit dem jungen Start-Up-Unternehmen Tjiko, welches einen Konfigurator für Badmodule in Holzbauweise entwickelte und einen Produktionspartner suchte. Von der Idee begeistert und selbst gerade auf dem Weg in Richtung einer modularen Fertigung suchten wir den Kontakt zu Tjiko. Auf dem Holzbauforum 2018 in Garmisch besiegelten wir die Partnerschaft und erteilten Tjiko Anfang 2019 den Planungsauftrag für die 66 Bäder.

Jedes der 6 Obergeschosse besteht aus 9 gleichen Appartements mit kleinem Standardbad sowie jeweils einem barrierearmen und einem barrierefreien Appartement, also aus drei verschiedenen Badtypen. Insgesamt waren also 54 gleiche kleine Bäder sowie zwei x sechs größere Bäder zu bauen.

Die Grundmaße des kleinen Bades betragen 1,07 x 2,90 m, der Aufbau besteht aus einer Bodenplatte aus Brettsperrholz und einer Dreischicht-Deckenplatte sowie Wänden in Holztafelbauweise. Jeweils an der Flur abgewandten Schmalseite erfolgte die Installation der Leitungstrassen, da hier wohnraumseitig die Pantry angeordnet wurde. Die Intensität der Trassenbelegung führte intern schnell zum Arbeitsbegriff «Technikmodul», führte die Trasse doch über sechs Etagen in das EG.

[Hyperlink - Youtube, Video «Neubau Studierendenwohnheim Bremen»](#)



Abbildung 11: Badmodule in Vorproduktion, Gebr. Schütt KG (GmbH &amp; Co.)



Abbildung 12: Badmodul/Technikmodul, Gebr. Schütt KG (GmbH &amp; Co.)



Abbildung 13 und 14: Innenansicht Badmodul in Vorproduktion, Gebr. Schütt KG (GmbH &amp; Co.)

Für die modulare Vorfertigung der Bäder war ein sehr hoher Abstimmungsaufwand erforderlich. Die reibungslose und zügige Montage der Bäder rechtfertigte rückblickend diesen Aufwand unbedingt.



Abbildung 15: Montage Badmodul, Atelier PK Architekten



Abbildung 16: Montage Badmodul, Atelier PK Architekten

## 8. Fazit

Das Bauvorhaben zeigt das Potential der hybriden Bauweise. Mit einer schlüsselfertigen Bauzeit von sechs Monaten ab OK massives Erdgeschoss, einer hohen energetischen Effizienz und einer nachhaltigen Bauweise, wurden die wirtschaftlich eng gesetzten Vorgaben umgesetzt.

Als Hemmnis kann das noch fehlende Vertrauen der begleitenden Behördenvertreter in die junge Bauweise genannt werden, wie auch die fehlende Routine im Zusammenspiel der Planer und Prüfer.

Planerisch sind die unterschiedlichen Montagegeschwindigkeiten wie auch die unterschiedlichen Toleranzen zwischen dem Holzbau und dem Stahlbetonbau zu berücksichtigen. Durch eine Optimierung der Planung und Abläufe ließe sich die Bauzeit noch verkürzen.

## 9. Projektbeteiligte

- Bauherr: Bremer Heimstiftung, vertr. durch Bremer Kontor GmbH, Bremen
- Entwurfsverfasser & Architektur: Atelier PK Architekten, Berlin
- Generalunternehmer: Gebr. Schütt KG (GmbH & Co.), Landscheide-Flethsee
- Tragwerksplanung: ifb frohloff staffa kühl ecker, Berlin
- Werkplanung Holzbau: Prause Holzbauplanung GmbH & Co. KG, Lindlar
- Brandschutz: Dehne, Kruse Brandschutzingenieure, Gifhorn
- Schallschutz: Ing.-Büro Gerlach, Bremen
- Konzeption Badmodule: Tjiko GmbH, Rosenheim
- Landschaftsplanung: RMP Stephan Lenzen Landschaftsarchitekten, Hamburg
- Wärmeschutznachweis: Dipl.-Ing. Ingo Andernach, Berlin
- Technische Gebäudeausrüstung: Duschl Ingenieure GmbH & Co. KG, Rosenheim

# **Deutschlands größte Aufstockung: 2 Geschosse – 19 Gebäude – 1102 Module in Frankfurt**

Christian A. Czerny  
LiWood AG  
München, Deutschland



# Deutschlands größte Aufstockung: 2 Geschosse – 19 Gebäude – 1102 Module in Frankfurt

## 1. Holzbau ist die Antwort

Bevölkerungswachstum – Ressourcenknappheit – Klimawandel

Diese Themen sind die drängendsten unserer Zeit und stellen die Bauwirtschaft vor große Herausforderungen. Die steigende wirtschaftliche Attraktivität in Verbindung mit der allgemeinen Lebensqualität macht Deutschlands Ballungszentren zu beliebten Wohnorten. Insbesondere die ältere Bevölkerung profitiert von der vorhandenen Infrastruktur, dem umfassenden Nahverbindungsnetz und der Dichte an gesundheitlicher Versorgung. Doch auch für junge Familien und viele tausende Studierende sowie Berufseinsteiger ist das umfangreiche Stellenangebot und die Bildungsmöglichkeiten, die eine Großstadt wie z. B. Köln, München oder Frankfurt bietet, äußerst attraktiv. Dem erheblichen Zuzug der letzten Jahre vom Land in die Metropolregionen steht ein nur allzu geringer Wohnungsbau gegenüber. Die Konsequenz: steigende Mieten und ein hoher Bedarf an bezahlbarem Wohnraum innerhalb der Stadtgrenzen, der auf Jahre hinaus nicht mehr gedeckt werden kann.

Aus der Zuwanderung und einem gesteigerten Wohnraumbedarf pro Kopf, bedingt auch durch den Anstieg zum Singlehaushalt, resultiert nach Einschätzungen der Politik und der Bauwirtschaft ein jährlicher Bedarf von etwa 400.000 neuen Wohnungen. Laut statistischem Bundesamt wurden hiervon im Jahr 2020 knapp über 300.000 umgesetzt. Dieses Defizit von fast 100.000 Wohnungen – pro Jahr – ist zum Teil auf einen massiven Flächenmangel, vor allem in den Innenstädten, zurückzuführen. Dieser treibt die Baulandpreise in die Höhe – in Köln zwischen 2010 und 2017 bereits um 44%, in München sogar um 145% im selben Zeitraum (Statistisches Bundesamt Fachserie 5 Reihe 3).

Für das Jahr 2020 formulierte die Bundesregierung ein sogenanntes «30-Hektar-Ziel». Das bedeutet, dass nur noch 30 Hektar Land täglich als neue Siedlungs- und Verkehrsflächen in Anspruch genommen werden sollten. Laut der Deutschlandstudie 2019 sind es derzeit noch 60 Hektar am Tag. Die Städte und Kommunen stehen also vor der Herausforderung, trotz dieses Ressourcenmangels im Stadtgebiet Wohnraum zu schaffen und den Wohnungssuchenden kosten- und zeiteffizient Wohnungen zur Verfügung zu stellen.

Ein weiterer Aspekt, den die Bauwirtschaft in den Fokus setzen muss, ist die Nachhaltigkeit. Wie kann der steigende Wohnraumbedarf in den Städten ohne verfügbares Bauland gedeckt werden? Wie ist das möglich, ohne weitere Neubaugebiete ausweisen zu müssen, ohne Freiflächen zu versiegeln und ohne die Stadt weiter zu zersiedeln? Hierzu ist ein Umdenken in der gesamten Bauwirtschaft notwendig.

In Zusammenarbeit mit Politik, Wohnungsgenossenschaften und Bauträgern müssen alternative Konzepte entwickelt und verwirklicht werden: Bauen im Bestand, Schließen von Baulücken, Überbauung von ineffizient genutzten Flächen wie Bau- und Supermärkten, Busbahnhöfen oder Parkplätzen, Ergänzung bestehender Gebäude mit Anbauten, Umbauungen und nicht zuletzt – Aufstockungen.

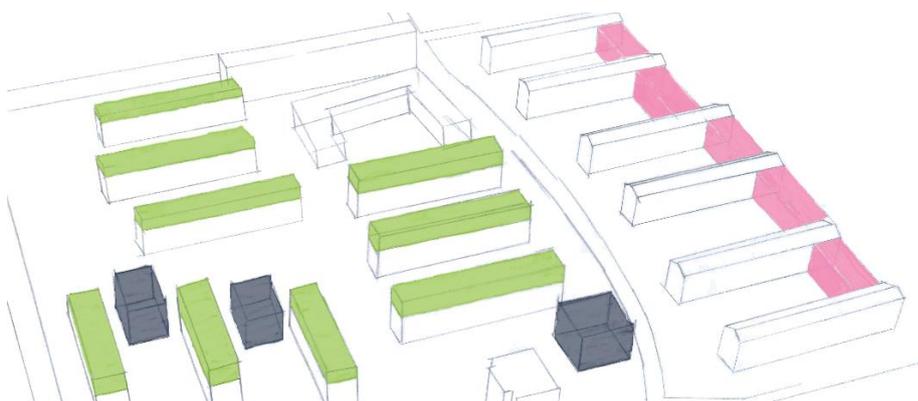


Abbildung 1: Die Möglichkeiten einer Nachverdichtung durch Aufstockung, Punkthäuser und Brückenbauten anhand einer fiktiven Siedlung

## 2. Auf Deutschlands Dächern von Wohnbauten schlummert Potential für bis zu 1,5 Mio. Wohnungen

Eine Möglichkeit, die besonders vom Holzbau profitiert, ist die Nachverdichtung. Hierfür eignen sich vor allem Wohnsiedlungen der 1950er bis 1970er Jahre, sie bieten laut einer Studie der TU Darmstadt und Pestel Institut Potential für etwa 1,5 Millionen Wohnungen. Diese Siedlungen verfügen über relativ offene Baustrukturen und eine geringe Wohnungsdichte. Auch sind viele Zeilen nur zwei bis vier Stockwerke hoch, was eine gute Voraussetzung für eine Aufstockung bietet. Durch die vertikale Ergänzung bestehender Quartiere lassen sich hunderttausende Wohnungen innerhalb der Stadtgrenzen schaffen.

Ein entscheidender Vorteil besteht in der bereits vorhandenen Infrastruktur und dem Entfall von Anschaffungskosten für das Baugrundstück. Diese machen meist einen nicht unwesentlichen Teil der Gesamtkosten aus. Die Folge dieses Wegfalls können günstige Mietkosten sein, genau das, was dringend benötigt wird. Freie, bebaubare Grundstücke in der Innenstadt sind rar und die hohen Grundstückspreise nicht für den geförderten Wohnungsbau geeignet. Eine Aufstockungsmaßnahme kann zu günstigen Mietpreisen führen und stellt zudem eine qualitative Aufwertung für das gesamte Quartier dar. Die obersten Stockwerke profitieren energetisch von den Aufstockungen, dadurch wird eine Reduktion des Energiebedarfs der bisherigen obersten Nutzungseinheit von bis zu 40% erreicht. Eine Aufstockung hat meistens auch weitere Instandhaltungs- und Modernisierungsarbeiten zur Folge, wie neue Fenster, Nachrüstung von Aufzügen oder neue Außenanlagen. Sie führt zu einem Gewinn für das gesamte Viertel, da sich auch die Infrastruktur an die neue Bewohnerdichte anpasst, was die Ansiedlung von neuen Geschäften, Praxen und sogar pädagogischen Einrichtungen zur Folge haben kann.

## 3. Wohnraumpotentiale in Höhe von über 2 Mio. Einheiten auf Büro- und Geschäftsgebäuden, Einzelhandelsketten, Parkplätzen und -häusern könnten gehoben werden

Der Holzmodulbau eignet sich hervorragend für eine Bestandsaufstockung. Er ist flexibel und lässt die unterschiedlichsten Wohnungsformen zu, vom Studierendenapartment bis hin zu Wohnungen für Großfamilien. Dies sorgt für eine soziale Durchmischung. Außerdem ermöglicht die Bauweise durch ihre modulare Struktur einen außergewöhnlich hohen Vorfertigungsgrad. Ein exakt auf den Bauablauf abgestimmtes Logistikkonzept erlaubt eine wesentlich reduzierte Bauzeit und damit eine entsprechend frühere Nutzung und eine verkürzte Belastungsdauer der Bestandsbewohner durch die Baustelle. Die industrielle Vorfertigung schafft neuen Wohnraum in kürzester Zeit. Gegenüber konventionellem Bauen ist ein Bauprojekt im Holzmodulbau zudem besonders leise und sauber. Darüber hinaus kommt es zu keinem nennenswerten Wassereintrag in den Gebäuden, die somit sofort nach Fertigstellung ein angenehmes Raumklima besitzen.

Ein weiterer und ganz entscheidender Vorteil einer Aufstockung in Massivholz ist die Statik. Durch das geringe spezifische Gewicht des Holzes und seiner herausragenden statischen Eigenschaften eignet sich das Produkt zur Aufstockung von Bestandsbauten besonders gut. Aufstockungen in Holzbauweise sind im Vergleich zur konventionellen Aufstockung um über 50% leichter, was ein entsprechend höheres Ausnutzungspotential darstellt.

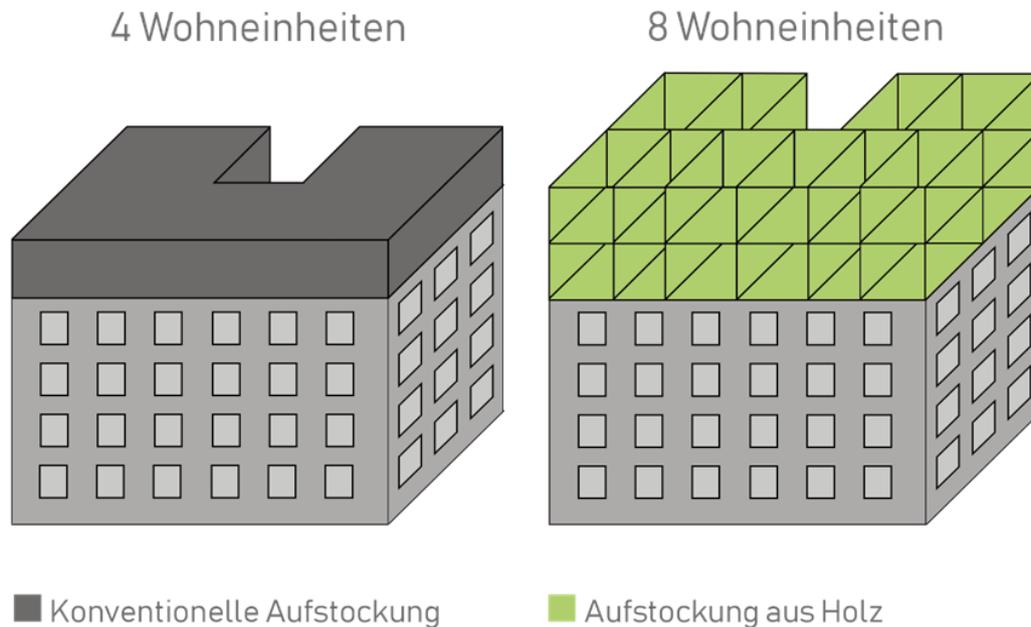


Abbildung 2: Aufstockungspotentiale im direkten Vergleich

## 4. Frankfurt am Main

### 4.1. 380 Wohnungen in nur 15 Monaten – die derzeit größte Nachverdichtungsmaßnahme bundesweit

Der Holzbau, speziell in modularer Ausführung, ist die große Chance der urbanen Nachverdichtung. Der hohe Vorfertigungsgrad ist hierbei ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Und so schuf die Frankfurter Aufbau AG zusammen mit LiWood in kürzester Zeit bezahlbaren Wohnraum für etwa 900 Bewohner. All das auf den Dächern der Platensiedlung in Frankfurt, einer ehemaligen Kasernensiedlung. Die Wohnungsbaugesellschaft ABG Frankfurt Holding, die seit 1995 Eigentümer der Siedlung ist, realisiert hier insgesamt über 600 neue Wohnungen in überwiegend modularer Holzbauweise.



Abbildung 3 und 4: (links) Die Platensiedlung im November 2018 – (rechts) und im Dezember 2019

Das in die Jahre gekommene Quartier, das einst für die Angehörigen der amerikanischen Streitkräfte errichtet wurde, erstreckt sich über 19 Häuserzeilen im Nordteil, die im Kampf gegen die Wohnungsnot großflächig nachverdichtet wurden.

Die Aufstockung der Riegelbauten mit jeweils zwei neuen Geschossen in Holzmodulbauweise wurde durch LiWood aus München als Generalunternehmer schlüsselfertig ausgeführt. Das Nachverdichtungskonzept der gesamten Siedlung stammt von Stefan Forster Architekten. Das Wohngebiet wurde allein durch die Aufstockung um 380 Ein- bis Dreizimmerwohnungen erweitert. Die Kombination aus sozialem, studentischem und freifinanziertem Wohnungsbau führte zu einer Durchmischung der Nachbarschaft, Studierende Tür an Tür mit Familien mit unterem und mittlerem Einkommen. So werden aus schlichten dreigeschossigen Zeilenbauten mit Satteldach durch einen modularen Aufbau in Holzbauweise fünfgeschossige Wohngebäude in frischem, modernem Gewand. Der Einsatz des Baustoffes Holz macht durch dessen herausragende statische Eigenschaften mit zugleich geringem spezifischem Gewicht dieses Projekt erst möglich. Eine statische Ertüchtigung des Fundaments ging der Aufstockung voraus. Die gesamten Aufstockungsarbeiten wurden im Frühjahr 2020 beendet. Das letzte Modul wurde am 13. Februar 2020 gestellt. Ende April wurde dem Bauherrn die komplette Aufstockung schlüsselfertig übergeben. Die 19 Gebäude sind bereits bewohnt.

Die Siedlung wird zusätzlich mit Kopf- und Brückenbauten sowie Torhäusern in konventioneller Bauweise ergänzt. Diese bieten nicht nur weiteren Wohnraum, sondern werten das Quartier mit zusätzlichen Ladengeschäften, Cafés und sozialen Einrichtungen auf. Die Schließung der ehemaligen Zeilenbebauung geht zudem mit einer Aufwertung der innenliegenden Grünflächen einher. Die Erneuerung des Quartiers wird mit Privatgärten und Gemeinschaftsflächen weiter aufgewertet. Ein Mehrwert für die gesamte Nachbarschaft entsteht. Die Nachverdichtungsmaßnahme ist als Gesamtkonzept hochinteressant, effizient, nachhaltig, äußerst CO<sub>2</sub> – einsparend und sozial ausgewogen.

Der Abbruch der Bestandsdächer erfolgte im bewohnten Zustand. Die Dächer wurden stückweise abgetragen und mit einem Kran direkt in die Mulden verladen, diese Vorgehensweise ist besonders lärmarm. Im Vorfeld wurde der freizulegende Bestand durch Abdichtungsmaßnahmen geschützt. Durch die Herstellung eines Ringankers als Zwischengeschoss auf dem Bestand wurden nicht nur ideale Bedingungen zum Aufsetzen der Module geschaffen, sondern auch eine Erschließung völlig unabhängig vom Bestand möglich. Sogar die Ausführung der Treppenhäuser in Holzmassivbauweise war möglich und vermied hohe Punktlasten gegenüber Stahlbetontreppenhäusern.



Abbildung 5, 6 und 7: (links) Abriss der Bestandsdächer, (Mitte) Platzierung der Module auf dem Ringanker (rechts) Treppenhaus in Holzmassivbauweise

Die Grundrisse der unterschiedlichen Wohnungen wurden aus 22 Modultypen zusammengesetzt. Das Projekt erforderte daher eine wesentlich komplexere Planung und Logistik und hob den Modulbau auf ein neues Niveau. Wegen des Projektumfangs (19 Gebäude mit überwiegend gleichen Aufstockungen) wurde die aufwendige Planung durch den hohen Wiederholungsfaktor ökonomisch. Die Planungsphase für weitere Zeilen verlängert sich bei ähnlicher Baustruktur nur unwesentlich.

Die durch die Aufstockung entstandenen 380 Wohnungen sind in Ein-, Zwei- und Dreizimmerwohnungen aufgeteilt. Dieser Wohnungsmix führte zu einer Diversifizierung der Bewohnerstruktur in der Siedlung. Studierende, Familien und Senioren haben hier gleichermaßen ein Zuhause gefunden.

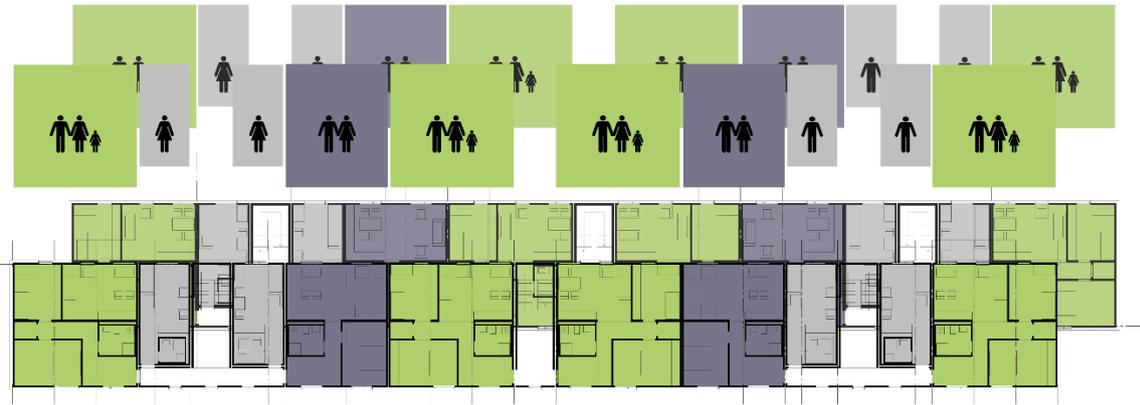


Abbildung 8: Grundriss eines Riegelbaus (aufgestockter Bereich)

Auch die Fertigbäder bestehen aus Massivholz – ein wesentlicher Faktor für die Nachhaltigkeit. Die Badmodule werden bereits mit allen Installationen und komplett fertiggestellter Innenausstattung in die Feldfabrik geliefert und dort als «Modul im Modul» montiert. Auf dem Hochbau werden sie anschließend innerhalb weniger Minuten zusammengesetzt. Die Vorfertigung des Bades bringt eine völlig neue Effizienz in die Bauabläufe des mehrgeschossigen Holzbaus.

Das Badmodul ist jedoch noch viel mehr als nur ein Bad: Es wird als technische Gesamteinheit konzipiert und ist so die Technikzentrale jeder Wohn- bzw. Nutzungseinheit. Die Bäder werden für jedes Bauvorhaben individuell geplant und seriell gefertigt. Dabei besteht selbstverständlich auch die Möglichkeit, barrierefreie und rollstuhlgerechte Bäder nach Wunsch entsprechend zu realisieren.

Die Konzeption gewährleistet eine optimale Revisionierbarkeit der Installationen. Jedes Bad ist mit einer Wohnungsstation ausgestattet. Diese liefert das benötigte Warmwasser für das Bad, Küche etc. sowie die Energie für das Beheizen der gesamten Wohnung. Die benötigten Anschlüsse der Küche sind bereits in der Rückwand des Bades enthalten. Die Badmodule beinhalten zudem die Elektrounterverteilung. Die Bäder werden im Gebäude übereinander positioniert, um implizit einen durchgängigen Steigschacht für die Medien und Installationen zu generieren.

## 5. Die Feldfabrik als Kernstück des LiWOOD-Konzeptes

Die LiWOOD-eigene Feldfabrik, eine elementierte Halle aus Brettsperrholz konstruiert, stellt ein wesentliches Alleinstellungsmerkmal von LiWOOD dar.



Abbildung 9: Die Feldfabrik – eine mobile Montagehalle aus massivem Holz

In dieser mobilen Montagehalle werden die vorgefertigten Bauteile angeliefert und auf einem Schienensystem zum Modul komplettiert. LiWOOD erstellt für jedes Projekt die individuellen Konstruktions- und Werkpläne. Danach werden Bauteile fast ausschließlich

eigenproduziert. Teilweise kommen möglichst regionale, baustellennahe Betriebe und Zulieferer zum Einsatz. Das zertifizierte Kreuzlagenholz für Wände, Decken und die eigenproduzierten Fertigbäder stammt aus Deutschland und Österreich und selbstverständlich aus nachhaltiger Forstwirtschaft. Täglich wird die Feldfabrik mit Material beliefert. Angehoben werden Boden- und Wandelemente aus Brettsperholz, Fassadenelemente, Badmodule, u.a. Etwa 5 Module verlassen die Halle täglich. Das bedeutet, dass jeden Werktag mit einer einzigen Montagelinie über 100 m<sup>2</sup> Wohnraum produziert werden. Die Montagelinie lässt sich entsprechend der Bauaufgabe individuell anpassen. Die Feldfabrik wird innerhalb weniger Wochen auf geeignetem Untergrund in Baustellennähe aufgestellt. Für die Montage der Bauteile kommt ein eigens für die Feldfabrik konzipierter, zerlegbarer Hallenkran mit mehreren Brücken zum Einsatz. Die Montagearbeiten werden weitgehend mit Hochleistungsakkuschraubern durchgeführt. Lärmintensive Geräte werden in aller Regel nicht eingesetzt, da die zu montierenden Bauteile passgenau geliefert werden.

In der Feldfabrik werden aus den zeitgesteuert angelieferten Bauteilen die Wohnmodule assembliert. Diese sind innen weitgehend fertiggestellt und enthalten bereits sämtliche Installationen. Der Fertigstellungsgrad richtet sich nach ökonomischen und ablauftechnischen Erfordernissen. Bis zu acht Module pro Tag können auf einer einzigen Fertigungsstraße produziert werden. Um Bauablaufstörungen auszuschalten, beträgt die durchschnittliche Produktion jedoch nur 5 Module. So haben Schlechtwetterperioden oder andere nicht vorhersehbare Störungen keine negativen Auswirkungen auf den Terminplan. Wegen der hervorragenden Skalierbarkeit können auch mehrere Fertigungsstraßen gleichzeitig betrieben werden.

Der hohe Vorfertigungsgrad und die Produktion in der Feldfabrik ermöglichen es den Bewohnern, während der gesamten Bauphase in ihren Wohnungen zu bleiben. Entmietung ist überflüssig. Die Bauweise reduziert Lärm- und Schmutzmissionen auf ein Minimum. Das Setzen der Module am Hochbau stellt einen nur geringen Anteil am gesamten Bauprozess dar. Durch diese kurzen Bauzeiten kann innerhalb von rund 20 Wochen ein Riegelbau mit 20 neuen Wohnungen schlüsselfertig aufstockt und somit über 1.000 m<sup>2</sup> Wohnraum geschaffen werden. Im Vorfeld wurden die Bestandsmieter von der Wohnungsbau-Gesellschaft umfangreich über die Baumaßnahmen informiert. Ein Informationspavillon stand den Bewohnern der Siedlung und allen Interessierten im Stadtviertel jederzeit zur Verfügung.

Das Konzept der Feldfabrik unterstreicht den Nachhaltigkeitsgedanken, unter den LiWood seine Arbeit stellt. Nicht nur die Wahl der Materialien folgt diesem, sondern auch die Logistik. Das «just-in-time» Prinzip und die damit verbundene «lean production» – also eine Produktion praktisch ohne nennenswerte Lagerhaltung – erfordern eine präzise Vorplanung des gesamten Projekts. Alle vorgefertigten Bauteile, wie beispielsweise Böden, Wände, Decken, Fassaden, Bäder usw., müssen in exakter Reihenfolge und zeitgesteuert in der Montagehalle eintreffen; so wird der Bauzeitenplan eingehalten und Lagerhaltung weitgehend vermieden. Durch die Montage vor Ort kann der Transport der Module von einer stationären Fabrik auf die Baustellen in ganz Deutschland und auch in das europäische Ausland vermieden werden. Somit werden viele LKW-Fahrten gespart oder auf ein Minimum beschränkt, da ein Transport mit kompakter Beladung der vorgefertigten Elemente effizient ist. Der CO<sub>2</sub> – Ausstoß wird durch die gesparten Fahrten gesenkt und externe Kosten reduziert (ein LKW belastet die Straße 10.000fach mehr als ein PKW).



Abbildung 10, 11 und 12: Modulmontage in der Feldfabrik

Auf dem Hochbau kann währenddessen parallel an mehreren Bauten gearbeitet werden. Damit verkürzt sich die Projektzeit drastisch. Die gesamte Bauphase der 19 Häuser in der Platensiedlung mit 27.000m<sup>2</sup> BGF umfasste nur 15 Monate. Die bestehenden Dächer wurden rückgebaut und im Rahmen der Aufstockung als Flachdach ausgeführt, ein Mehrwert für den Bestand, da auch die bereits vorhandenen Wohnungen in der Regel von dieser Maßnahme profitieren. Das Setzen der Module nahm pro Haus im Schnitt 11 Tage in Anspruch – auch während des Modulversetzens mussten die Bewohner zu keiner Zeit ihre Wohnungen verlassen. Während in einem Haus der Innenausbau und die Fassadenarbeiten stattfanden, wurden im nächsten Haus die neuen Module gesetzt, während in einem Dritten das Dach für die Aufstockung abgetragen wurde.

Der Neubau auf dem Bestand ist so konzipiert, dass er geringe Neben- bzw. Bewirtschaftungskosten hervorruft und ein angenehmes und gesundes Wohnklima unmittelbar ab Nutzungszeitpunkt aufweist – ein weiterer Vorteil von Bauen mit Holz.



Abbildung 13: Versetzen des ersten Moduls von insgesamt 1.102m<sup>2</sup>

## 6. Aktuell entsteht durch eine Aufstockungsmaßnahme in der Fritz-Kissel-Siedlung neuer Wohnraum – trotz Ensembleschutz

LiWood steht dafür ein, den Holzmodulbau stetig weiterzuentwickeln, um so den aktuellen Bauherausforderungen genügen zu können und den Entscheidungsträgern der Städte und Wohnbaugenossenschaften zu nachhaltigen Lösungen ihrer Bauaufgaben zu verhelfen.

Auch in dem aktuellen Aufstockungsprojekt in der Fritz-Kissel-Siedlung (Bauherr Nassauische Heimstätte) wird unkonventionell gedacht – hier entstehen zurzeit 130 Wohnungen. Im ersten Teil des Aufstockungsprojekts wurden 14 Gebäude in dem ensembleschutzten Quartier aufgestockt, wobei 82 Wohnungen entstanden. Auf der Baustelle konnte parallel an mehreren Bauten gleichzeitig gearbeitet werden. Damit verkürzte sich die Projektzeit auf knapp 9 Monate. Das Setzen der Module auf dem unmittelbar zuvor montierten Ringanker (aus Holz!) nahm pro Haus etwa zwei Wochen in Anspruch. Zeitlich überschneidet sich die Fertigstellung des ersten Abschnitts bereits mit dem Baubeginn des zweiten Teils. Hier entstehen auf acht Häusern weitere 48 Wohnungen.

Ein dritter Abschnitt in der Fritz-Kissel-Siedlung ist bereits in der Entscheidungsphase. Hier soll eine Aufstockung auf ungefähr weiteren 20 Gebäuden folgen und voraussichtlich nochmals etwa 150 Wohnungen hervorbringen.



Abbildung 14: Blick auf die fertiggestellte eingeschossige Aufstockung



Abbildung 15: Aufstockung von 6-geschossigen Punkthäusern um ein 7. und 8. Geschoss



Abbildung 16: Modulmontage im 8. Geschoss

Zu Beginn des Projekts wurde ein System entwickelt, welches auf verschiedene Bestandstypen adaptiert werden kann. Die Planung erforderte eine präzise Ausarbeitung vieler technischer Detaillösungen. Ziel war ein hoher Wiederholungsfaktor zur seriellen Fertigung des Holzbaus, welcher zugleich auf die vielfältigen Erfordernisse der Bestandsgebäude eingeht.

Der hohe Vorfertigungsgrad und die serielle Fertigung des Holzbaus ermöglichen eine Bauzeitenverkürzung im Vergleich zum konventionellen Bau um 70 %. Dabei wurde ganzheitlich in Holz geplant. Beispielsweise wurden alle Treppenhäuser und Zwischengeschosse aus Holz gebaut. Trotz den hohen Brandschutzanforderungen konnte eine Aufstockung in Gebäudeklasse 5 aus Holz realisiert werden.

Den fertiggestellten Wohnungen ist nicht anzumerken, dass sie aus Modulen konstruiert wurden. Durch das LiWood-Konzept wurden vielfältige Wohnungsgrundrisse mit offenen Räumen und ein abwechslungsreicher Wohnungsmix ermöglicht.



Abbildung 17: Treppenhaus komplett aus Holz in Gebäudeklasse 5 (Treppenlauf aus A-Baustoffen)



Abbildung 18: Großzügige, lichtdurchflutete Wohnräume

## 7. Auch in Zukunft geht es mit LiWood hoch hinaus – auf Flächen, die bisher nicht genutzt werden

Der aktuelle Trend ist eindeutig. Ein schnelles Umdenken ist unumgänglich, um die Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen. Auch in der Mobilitätsbranche ist dies bemerkbar. Vor allem in Städten steigen immer mehr Menschen daher von der Nutzung von Individualverkehr auf ÖPNV-Angebote um. Weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Lärmbelastung, sowie weniger erforderliche Parkflächen sind die Folge. Oft werden Teile von innerstädtisch gelegenen Parkhäusern nicht mehr vollständig genutzt und bieten somit viel Potential für neuen Wohnraum. Dies will die Firma LiWood zukünftig nutzen, um weitere Wohnfläche aus natürlichen Materialien entstehen zu lassen.

In Planung ist aktuell ein Projekt, bei dem zwei Geschosse eines Parkhauses abgetragen werden um anschließend vier Geschosse mit neuem Wohnraum entstehen zu lassen. Diese Wohnungen bieten eine zentrale Lage und sollen in gehobenen Standard errichtet werden. Dabei soll die Aufstockung nicht nur neue Wohnfläche bieten, sondern auch das gesamte Gebiet aufwerten und das Stadtbild positiv beeinflussen.

## 8. Das LiWood Konzept verbindet moderne Bautechnik mit Ökologie

Die Baumaterialien werden im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung sorgfältig ausgewählt und verarbeitet. Hauptbestandteil des Gebäudes ist Holz: so bestehen alle tragenden Innen- und Außenwände aus massivem Brettsperrholz. Es wird zudem großer Wert auf die Rückbaubarkeit & Recyclingfähigkeit der einzelnen Baustoffe gelegt. Die Bauteile werden nach detaillierten LiWood-Konstruktions- und Werkplänen hergestellt. Die Module werden als Fertigteile konzipiert: mit Leerrohren, Heizung, Estrich, Aussparungen für das Bad und Konsolen für die Fertigteileplatten der Erschließungsgänge usw.

Die Bauweise ermöglicht durch ihre modulare Struktur einen außergewöhnlich hohen Vorfertigungsgrad. Ein exakt auf den Bauablauf abgestimmtes Logistikkonzept erlaubt eine wesentlich reduzierte Bauzeit und damit eine entsprechend frühere Nutzung. Durch die industrielle Vorfertigung entsteht so in kürzester Zeit neuer Wohnraum. Gegenüber konventionellem Bauen ist ein Bauprojekt im Holzmodulbau besonders leise und sauber.

Sämtliche erhöhte Schallschutzanforderungen sind im Holzbau realisierbar. Durch die Entwicklung entsprechender Bauteilaufbauten werden die Schallschutzanforderungen an Trennwände und Decken zu anderen Wohnungen umgesetzt. Die Bauteilstrukturen werden projektspezifisch optimiert und entsprechend der Anforderungen umgesetzt (z.B. Trockenestriche, vorgefertigte Zementestriche). Auch die Schallentkoppelung ist konstruktiv gelöst. So werden beispielsweise Schallschutzanforderungen bei Gebäuden mit erhöhter Lärmbelastung durch stark befahrene Straßen durch eine grundstücks- und ausrichtungsoptimierte Planung sowie entsprechende Ausstattung der Fenster umgesetzt.

Mit dem Baustoff Holz können die Brandschutzbestimmungen hervorragend erfüllt werden. Holzbauteile durchwärmen sehr langsam und bleiben formstabil, daher ist die Wärmeausdehnung vernachlässigbar gering. Im Brandfall entsteht eine Kohleschicht auf dem Holz, die das dahinter befindliche Material schützt. Holz gilt als «normal entflammbar» bei mittlerer Rauchentwicklung. Die Bemessung der tragenden Bauteile wird entsprechend des Abbrandverhaltens von Holz (ca. 0,7 mm/min) festgesetzt: ca. 2 cm sind nach 30 Minuten abgebrannt. Es kann eine brandschutztechnische Beplankung des Holzes mit Gipsfaserplatten nötig werden; diese binden beim Brand austretende Feuchtigkeit und kühlen zusätzlich. Der Vorteil des Holzes ist, dass kein plötzliches Versagen des Materials in Hinsicht auf seine Tragfähigkeit auftritt, wie etwa bei Stahlgebäuden.

Durch den Holzbau im urbanen Kontext können unsere Städte zu riesigen Kohlenstoffspeichern werden, da Holz signifikant mehr Kohlenstoff speichert als bei der Verarbeitung emittiert wird. Gleichzeitig wird der Verbrauch endlicher Rohstoffe durch die Substitution konventioneller Baustoffe reduziert.

Bauen mit Holz ist die Zukunft.

## **Block B1**

**Schallschutz:** Flachdach und Aussenwand

# **Schallschutz gegen Außenlärm bei Holzbauweisen – Planungsgrundsätze für die Praxis**

Dr. Andreas Meier  
Müller-BBM GmbH  
Planegg bei München, Deutschland



# Schallschutz gegen Außenlärm bei Holzbauweisen – Planungsgrundsätze für die Praxis

## 1. Vorbemerkungen

Der Nachweis zum Schallschutz gegen Außenlärm in der zentralen deutschen Bauakustiknorm DIN 4109 ist mit der aktuellen Ausgabe der Norm Anfang 2018 überarbeitet worden. Die aktualisierte Norm nimmt moderate Anpassungen der Mindestanforderungen vor. Für den Schallschutz gegen Außenlärm wurde die separate Untersuchung des Tag- und Nachtzeitraum eingeführt und die für die Planung zu grobe 5 dB-Stufung der Anforderungswerte gegen eine 1 dB-Stufung abgelöst. Der Beitrag beschreibt die Hintergründe und die neue Nachweisführung. Hieraus werden Planungsgrundsätze für die Holzbauweise abgeleitet.

## 2. Neufassung der DIN 4109

### 2.1. Allgemeines

Die zentrale Schallschutznorm für den Hochbau, die DIN 4109, wurde auf Basis der Ausgabe aus dem Jahr 1989 in einer neuen Fassung herausgegeben [1]. Die Zeit für eine Anpassung der Schallschutznorm war überreif, denn folgende Entwicklungen fanden im Laufe der Zeit statt:

- Die regelmäßige Anwendung der alten Fassung förderte Defizite zu Tage, die beseitigt werden mussten.
- Die Planung des Schallschutzes kann durch neue Erkenntnisse heute deutlich zielorientierter und sicherer erfolgen. Der Einfluss jedes Bauteils und einzelner Schallübertragungswege kann separat diagnostiziert werden.
- Anpassungen an Vereinbarungen zu Nachweisverfahren im europäischen Handelsraum wurden notwendig.
- Für den Schallschutz gegen Außenlärm sollte auch der für einen erholsamen Schlaf wichtige Nachtzeitraum einbezogen werden.
- Baustoffe und Bauweisen haben sich durch Detailentwicklungen und gute Ideen fortlaufend weiterentwickelt.

Der bauakustisch erfahrene Anwender wusste längst, dass die aufgelaufenen Defizite der alten Norm insbesondere in Bezug auf die Berechnungsverfahren mittlerweile ein erhebliches Ausmaß erreicht hatten. So wurden z.B. sehr leichte flankierende Bauteile regelmäßig unterschätzt. Für die monolithische, wärmedämmende Ziegelbauweise musste hilfsweise in Ergänzung zur Norm eine bauaufsichtliche Zulassung für die Berechnung der Luftschalldämmung geschaffen werden. Diese wurde nun in die neue Norm integriert. Die Holzbauweise hat sich weiterentwickelt und war in der alten Norm nur rudimentär behandelt. Neue Erkenntnisse z.B. zu Reihenhaustrennwänden, Vorsatzschalen, Estrichen oder Fenstern, waren nicht eingearbeitet. Was erfahrene Anwender ausgleichen können, stellte für weniger erfahrene Anwender durchaus ein Anwendungs- und Haftungsrisiko dar.

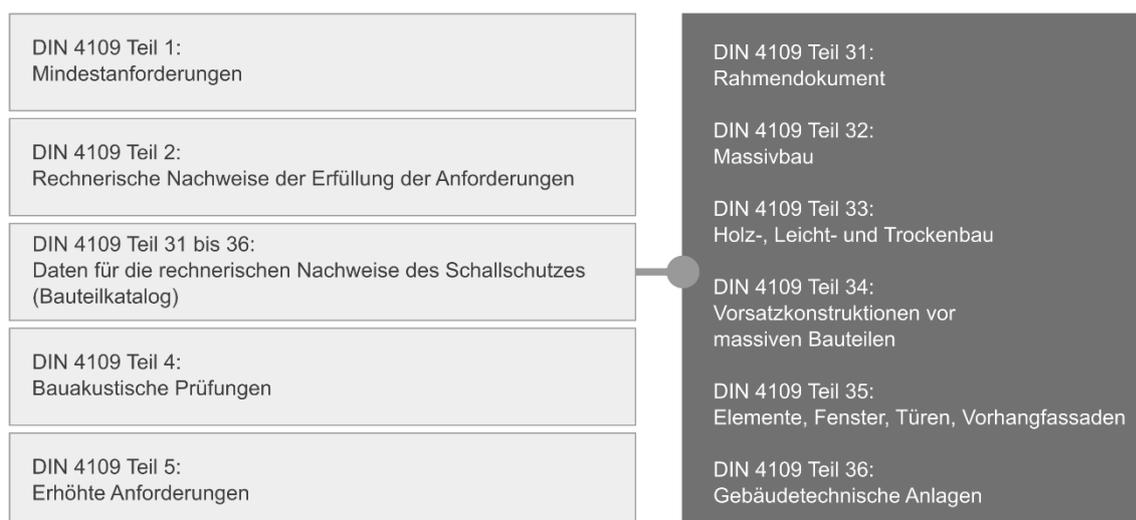


Abbildung 1: Struktur der neuen Schallschutznorm für den Hochbau DIN 4109:2018-01

Nachfolgend werden die wichtigsten Änderungen der Schallschutznorm erläutert.

## 2.2. Schalltechnische Anforderungen – nur geringe Änderungen

Die Norm formuliert in Teil 1 Mindestanforderungen an den baulichen Schallschutz, was nun im Titel eindeutig angegeben ist. Die schalltechnischen Schutzziele (Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise, Schutz vor unzumutbarer Belästigung) sind benannt und entsprechen der Zielsetzung nach der EU-Bauproduktverordnung Nr. 305/2011. Die daraus abgeleiteten schalltechnischen Anforderungen erscheinen unter Berücksichtigung dieser Schutzziele nach der Erfahrung der Planung und der Bauwirtschaft mit einer vergleichsweise geringen Zahl an Beschwerderückläufer von Gebäudenutzern im Wesentlichen als angemessen. Sie entsprechen also offensichtlich der allgemeinen Erfahrung und sind immer in Kombination mit üblichen, zugelassenen Bauweisen und Baumaterialien zu sehen [3].

Im Wesentlichen ist das Anforderungsniveau gegenüber der alten Fassung der DIN 4109 aus dem Jahr 1989 gleichartig geblieben. Anpassungen wurden lediglich bei langjährig erprobten Bauweisen nach den Regeln der Technik, wie z. B. der Trittschalldämmung von Decken oder der Schalldämmung von Haustrennwänden (Doppel- und Reihenhäuser) vorgenommen. Neu aufgenommen wurde eine Anforderung an die Trittschalldämmung von Balkonen und zulässigen Geräuschpegel bei Betrieb von raumluftechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich, was bislang nicht geregelt war. Die Erfahrung aus der Praxis zeigt, dass diese Anforderungen mit allen wesentlichen und bauüblichen Regelkonstruktionen erfüllt werden können.

## 2.3. Schallschutz gegen Außenlärm

Urbane Räume werden mit neuen Bauprojekten weiter verdichtet. Auch mit Lärm belastete Grundstücke scheiden aufgrund der hohen Nachfrage von Nutzern bei der Auswahl aktuell nicht mehr grundsätzlich aus. In der Folge rücken Gebäude stärker an Verkehrswege und Gewerbeflächen heran. Daher gelangt der Außenlärm in Planungsprozessen häufiger als früher in den Fokus.

Eine wesentliche Änderung und Verbesserung der neuen Schallschutznorm für die Gebäudenutzer ist die Einbeziehung der Schallbelastung des Nachtzeitraums. Es wird nun sichergestellt, dass der Schallschutz grundsätzlich mindestens 10 dB besser als am Tag ist. Sofern sich die Außenlärmpegel gegenüber dem Tagzeitraum im Nachtzeitraum nicht um 10 dB mindern, so müssen die Schalldämm-Maße der Außenbauteile von Schlafräumen entsprechend höher dimensioniert werden. Das ist z.B. regelmäßig bei Einwirkung von Schienenverkehrslärm der Fall, da die bereitgestellten Zugzahlen nachts häufig eine gleiche Belastung wie am Tag anzeigen. Für Straßenverkehr ist bei stark frequentierten Straßen nachts von einem Rückgang der Beurteilungspegel von 5 dB gegenüber dem Tag auszugehen. Innerorts treten in der Regel für relevante Straßen eine Minderung von 8 dB auf. Durch die Einbeziehung des Nachtzeitraums ist daher für Verkehrsgeräusche von einer

Erhöhung der schalltechnischen Anforderungen an die Außenbauteile auszugehen. Eine Unterscheidung zwischen Tag- und Nachtzeit sowie eine 10 dB Stufung ist jedoch schon seit langem in den einschlägigen Regelwerken zu Verkehrsgeräuschen obligatorisch.

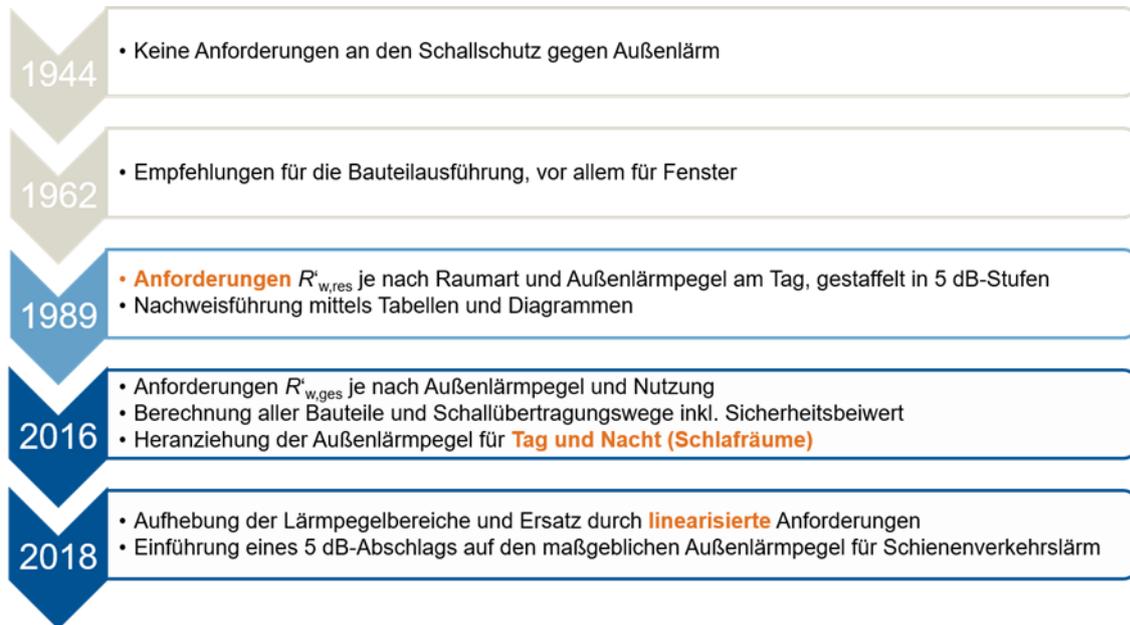


Abbildung 2: Neuerungen der verabschiedeten Fassungen der DIN 4109 zum Schallschutz gegen Außenlärm

Im Zuge der Einbeziehung des Nachtzeitraums wurde die grobe 5 dB Stufung der Anforderung überprüft. In der Vergangenheit führte die Erhöhung der Außenlärmpegel um 1 dB teilweise zur Erhöhung der Anforderung um 5 dB, da der nächste Lärmpegelbereich erreicht wurde. Die Heranziehung von Lärmpegelbereichen ist noch möglich, jedoch bietet sich dem Planer die Möglichkeit zur dB-genauen Auslegung der Außenbauteile, um Überdimensionierung zu vermeiden.

In der Praxis besteht regelmäßig die Frage, wann der Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109 detailliert betrachtet werden muss. Als erster Indikator können hier Lärmaktionspläne der Kommunen dienen. Zeigen diese im Fall von Wohngebäuden für das betreffende Grundstück z.B. einen Wert von Nachts  $L_N > 50$  dB(A) an, dann ist eine detaillierte Berechnung der Beurteilungspegel angeraten. Prinzipiell sind die Lärmaktionspläne jedoch nur als Indikator geeignet, da in Bezug auf die 16. BImSchV inkompatible Pegelgrößen und lediglich grobe Raster verwendet werden.

Es können für einfache Verkehrswege (z.B. «lange gerade Straße») auch Nomogramme verwendet werden, mit denen aus der jeweils vorhandenen Verkehrsstärke Beurteilungspegel ablesbar sind. Solche Nomogramme finden sich in Anhang A der DIN 18005-1.

Mittlerweile ist es für größere Bauvorhaben oder Planungsumgriffe üblich, dass eine Gebäudelärmkarte auf Grundlage eines digitalen 3D-Modells erstellt wird. Hieraus lassen sich fassaden- und geschossweise Beurteilungspegel angeben und maßgebliche Außenlärmpegel  $L_a$  ableiten, mit denen in Abhängigkeit der Gebäudeart, z.B. Wohn- oder Bürogebäude, die Anforderung an die Schalldämm-Maße  $R'_{w, \text{ges}}$  der Außenbauteile berechnet werden können, vgl. Gleichung 1.

$$R'_{w, \text{ges}} = L_a - K_{\text{Raumart}}$$

mit  $K_{\text{Raumart}} =$

- 25 dB für Krankenhäuser und Sanatorien
- 30 dB für Wohngebäude, Übernachtungsräume in Hotel, Schulräumen
- 35 dB für Bürogebäude

Gleichung 1: Berechnung der Anforderung an das Gesamt-Schalldämm-Maß der Außenbauteile  $R'_{w, \text{ges}}$  in Abhängigkeit des maßgeblichen Außenlärmpegels  $L_a$  und der Raumart.

## 2.4. Schienenbonus? – Kein Schienenbonus, aber Untersuchungsbedarf!

Mit Einführung der Anforderung für den Nachtzeitraum ergab sich für die neue DIN 4109 ein besonderes Dilemma: In der alten DIN 4109 wurde keine Unterscheidung für Schienen- und Straßenverkehrslärm vorgenommen. Im Fall von Schienenverkehr war seinerzeit jedoch bekannt, dass aufgrund hochfrequenter Schallanteile des Schienenverkehrs physikalisch bedingt eine bessere Dämmwirkung der Außenbauteile vorhanden ist [9]. Für Straßenverkehr mit Verbrennungsmotoren traten hingegen verstärkt tieffrequente Anteile auf, die durch übliche Bauteile weniger gut gedämmt werden.

Um weiterhin mit Einzahlangaben (A-Bewerteter Schalldruckpegel, bewertetes Schalldämm-Maß) zu arbeiten, wendete man Korrektursummanden an, um aus der gewünschten A-Schallpegeldifferenz von maßgeblichen Außenlärm und Innenpegel die Anforderung an das bewertete Bau-Schalldämm-Maß  $R'_{w,ges}$  des Außenbauteils abzuleiten [8].

Entsprechende Unterscheidungen bzw. Differenzierungen für einzelne Lärmarten wurden z.B. mit Herausgabe der VDI 2719 [6] im Jahr 1987 eingeführt und sind auch in der vom Gesetzgeber erlassenen 24.BImSchV [7] etabliert. Da in der alten Norm DIN 4109 im Jahr 1989 jedoch nur die Tagbelastung herangezogen wurde, hatte man sich Ende der 80er Jahren offensichtlich entschieden, keine Unterscheidung zwischen den Lärmarten vorzunehmen. Man nahm offensichtlich bei Schienenverkehr eine Überdimensionierung der Bauteile auf Basis des Tagwertes in Kauf, um aufgrund der geringen Nachtreduzierung des Schienenverkehrslärms auch nachts den Schallschutz sicherzustellen.

Leider sind die genauen Hintergründe in den verfügbaren Unterlagen nicht dokumentiert. Lediglich aus einem handschriftlichen Dokument ist nachzuvollziehen, dass als historischer «Spektrumsanpassungswert» in den Anforderungen an die Schalldämm-Maße einheitlich ein Zuschlag von 5 dB angewendet wurde, um einen mittleren Innenpegel von 35 dB(A) am Tag sicherzustellen. Da dieser Wert jedoch mit vom Verbrennungsmotor geprägtem Straßenverkehr korreliert wurde und bei Schienenverkehr nicht anzuwenden war, ist in der neuen DIN 4109 mit Einführung der separaten Tag-/Nachtbetrachtung vom Beurteilungspegel von Schienenverkehr ein Abschlag von 5 dB anzuwenden, um den in den Anforderungen enthaltenen Zuschlag zu neutralisieren. Eine Bonus/Malus-Regelung für unterschiedliche Lärmträger ist in DIN 4109 nicht beabsichtigt und auch sicherlich fehl am Platz. Es geht um den Schallschutz von Nutzern im Hochbau und für diese ist in erster Linie unabhängig vom Lärmträger sicherzustellen, dass entsprechend der Zielsetzung der Norm eine ausreichende Schalldämmung der Gebäudehülle für entsprechende Innenpegel vorgesehen wird.

Aus den Erläuterungen ist ersichtlich, dass die zugrundeliegenden Erkenntnisse vor mehr als 30 Jahre ermittelt wurden. Ungeklärt ist, ob die Unterscheidung Straße/Schiene im Hinblick auf den Schallschutz gegen Außenlärm uneingeschränkt gültig ist. Die im Laufe der Zeit verschärften Anforderungen an Vorbeifahrtgeräusche von Kraftfahrzeugen als auch die Verschärfungen der Anforderungen an Schienenfahrzeuge lassen vermuten, dass die spektrale Verteilung des Außenlärms Veränderungen unterworfen ist.

## 2.5. Überarbeitetes Berechnungsverfahren und erweiterter Bauteilkatalog

Wesentliche Änderungen der neuen Norm betreffen das Nachweisverfahren sowie den deutlich erweiterten Bauteilkatalog. Das tabellarische Nachweisverfahren wurde ersetzt durch ein Rechenverfahren. Dieses Verfahren berücksichtigt alle relevanten Schallübertragungswege zwischen Räumen nach den abgestimmten europäisch vereinheitlichten Methoden [4] [5].

Das Verfahren ist anwendbar für alle gängigen Bauarten, ausreichend validiert und praxiserprobt. Es ist festzustellen, dass mit großer Sorgfalt seit 20 Jahren im Zusammenwirken aller relevanten Baustoffhersteller und Interessensgruppen, die in DIN 4109 [1] angewendeten Rechenmethoden in transparenter Weise von allen Seiten beleuchtet und überprüft wurden. Das Verfahren wird bereits seit 2010 im Bereich von Baustoffzulassungen angewendet. Die Praxis zeigt, dass für die Anwendung von der Industrie bereitgestellte Softwareprodukte bereits verfügbar und erprobt sind.

In angrenzenden Ingenieurdisziplinen wie z.B. der Tragwerksplanung ist die bewusste Steuerung der gewünschten Sicherheit zwischenzeitlich obligatorisch. Auch in DIN 4109 wurde ein Sicherheitskonzept implementiert und dieses klar gekennzeichnet. Diese neue Klarheit schneidet bewusst die alten Zöpfe ab, nach denen im alten Verfahren die Sicherheiten teils versteckt und immer pauschal integriert waren. Hier besteht zukünftig Potenzial, um bewusst mit den anzuwendenden Sicherheiten umzugehen.

Die Bauteilangaben in Form eines Bauteilkatalogs wurden stark erweitert. Die angegebenen Kennwerte sind durch schalltechnische Messungen abgesichert. Durch den neuen Bauteilkatalog ist die Wahrscheinlichkeit gestiegen, dass der Anwender schalltechnische Angaben zur benötigten Konstruktion findet.

Aktuell werden neueste Erkenntnisse aus der anwendungsbezogenen Forschung zu Vorhangfassaden und WDV-System eingearbeitet. Verbänden, die z.B. einzelne Bauweisen oder Produktgruppen vertreten, steht es offen, abgesicherte schalltechnische Auslegungen in die Berechnungsverfahren zu implementieren, um den Planer herstellerneutral bei der Auslegung und Bewertung zu unterstützen. Durch die klare Gliederung soll eine ggf. dynamische Ergänzung der Normenteile unterstützt werden.

Das neue Berechnungsverfahren in Verbindung mit dem neuen Bauteilkatalog erlaubt eine detaillierte Auslegung. Durch die Vermeidung von Überdimensionierungen sind Baukosteneinsparungen möglich.

Die Anwendung der überarbeiteten Berechnungsverfahren schärft den Blick auf die Mechanismen der Schallübertragung und führt zu vorteilhaften Produktentwicklungen. Beispiele finden sich auch im Holzbau, z.B. durch schalltechnisch optimierte Stoßstellen.

### 3. Vergleichsrechnungen

In der Diskussion zu den Folgen der Überarbeitung des Schallschutzes gegen Außenlärm tritt die Frage auf, inwieweit sich das bislang bekannte Anforderungsniveau geändert hat. Hierzu sind nachfolgend Vergleichsberechnungen dargestellt.

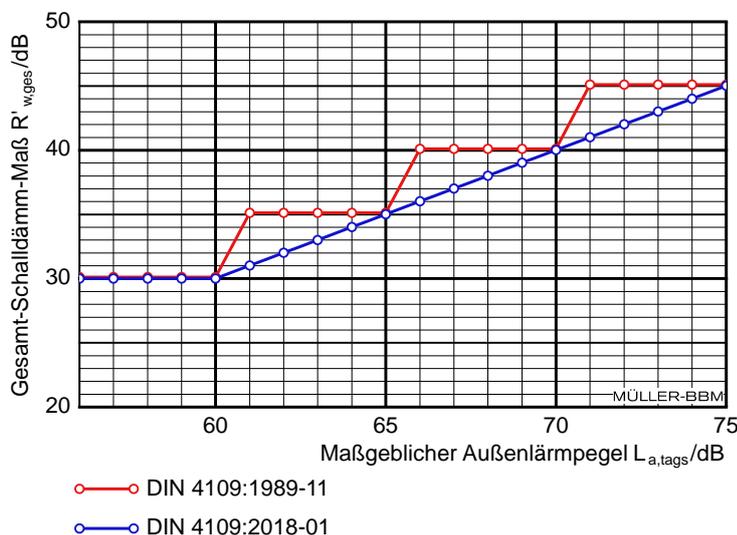


Abbildung 3: Straßenverkehrslärm an einer innerstädtischen Straße,  $\Delta L_{Tag/Nacht} = 10$  dB (Verkehrsbelastung in der Nacht 10% vom Tagwert)

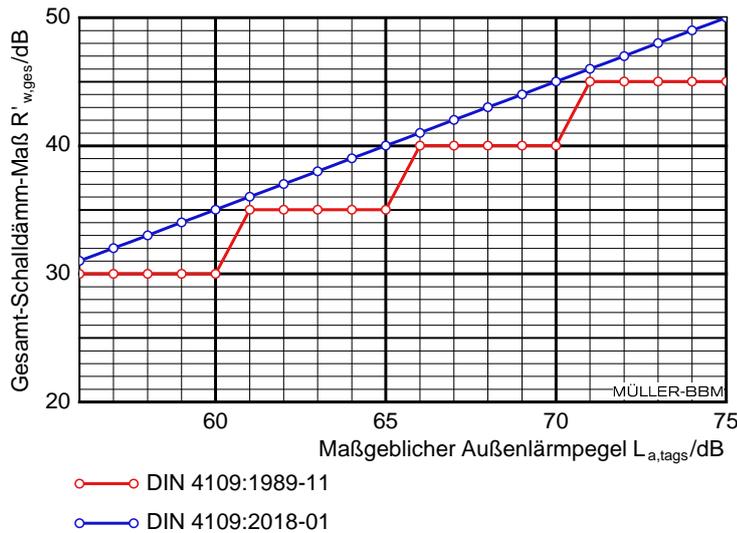


Abbildung 4: Straßenverkehrslärm an einer Autobahn,  $\Delta L_{Tag/Nacht} = 5$  dB (Verkehrbelastung in der Nacht 32% vom Tagwert)

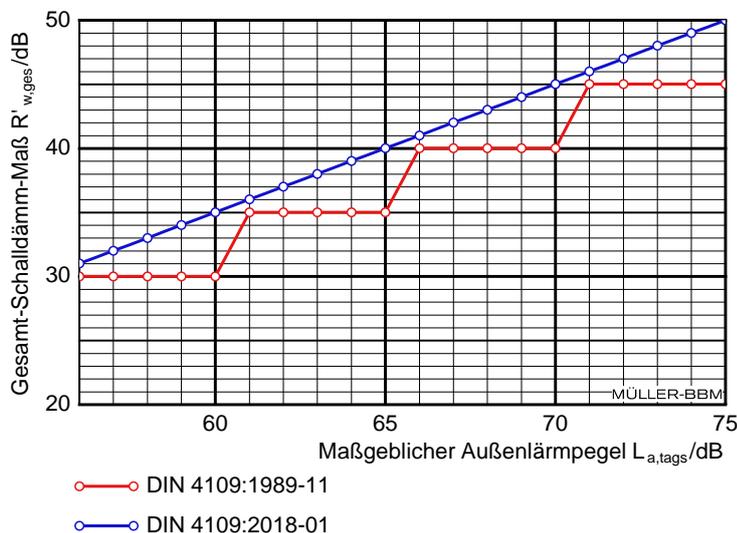


Abbildung 5: Schienenverkehrslärm,  $\Delta L_{Tag/Nacht} = 0$  dB, d.h. gleicher Pegel am Tag und in der Nacht

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass durch die neue DIN 4109 im Bereich von Straßen, die nachts deutlich weniger befahren sind als am Tag, eine berechtigte Reduzierung der Anforderungen an die Außenbauteile von bis zu 4 dB auftritt (vgl. Abb. 2). Für Straßen und Schienen, die Nachts nur einen leichten bis keinen Rückgang der Lärmbelastung aufweisen, tritt hingegen eine Verschärfung um bis zu 5 dB auf (siehe Abb. 3 und 4).

Die Änderungen der Anforderungen berücksichtigen jeweils einzuhaltende Innenpegel, die unter anderem mit dem Umweltbundesamt abgestimmt wurden. Insofern kann erwartet werden, dass die in den jeweiligen länderspezifischen Bauordnungen definierten Schutzziele (siehe z.B. §3 der Musterbauordnung MBO) eingehalten werden.

## 4. Holzbauteile zum Schallschutz gegen Außenlärm

Das Gesamt-Schalldämm-Maß  $R'_{w,ges}$  einer Fassade setzt sich in Abhängigkeit der jeweiligen Fläche aus dem Schalldämm-Maßen der einzelnen Bauteile und Elemente in der Fassade, bezogen auf die Fassadenfläche, zusammen. Das bedeutet, das Gesamt-Schalldämm-Maß wird vor allem durch schwache Bauteile oder Elemente beeinflusst.

In der Regel sind die Fenster die schalltechnisch schwächsten Außenbauteile. Die neue DIN 4109 [1] führt in den Bauteilkatalogen herstellerunabhängig Fensterkonstruktionen auf, die als Einfach-, Verbund- oder Kastenfensterkonstruktionen ein bewertetes Schalldämm-

Maß von  $R_w = 25$  dB bis 45 dB abdecken. Produktspezifisch sind schalltechnisch höchstwertige Sonderkonstruktionen bis zu  $R_w = 55$  dB bekannt. Die Praxiserfahrung zeigt, dass unter Berücksichtigung aktueller Anforderungen an den Wärmeschutz Einfachfenster von  $R_w = 35$  dB bis 45 dB gebräuchlich sind.

Die Außenwand oder die Dachkonstruktion als opake Außenbauteile sollten gegenüber den Fenstern ein deutlich höheres Schalldämm-Maß aufweisen. Folgende Angaben können im Sinne einer ersten Orientierung genannt werden: Ein Wert von ca.  $R_w = 40$  dB bis 45 dB stellt auch ohne Außenlärmbelastung die unterste Grenze dar, die nicht unterschritten werden sollte, da das Gebäude ansonsten von den Nutzern als hellhörig gegenüber Außenlärm beschrieben wird. Bei moderater Außenlärmbelastung ist sicherlich ein Wert von  $R_w = 45$  dB bis 50 dB einzuhalten. Bei höherer Außenlärmbelastung sind opake Außenbauteile mit bewerteten Schalldämm-Maßen von  $R_w \geq 50$  dB erforderlich.

Um Konstruktionen in Holzbauweise schalltechnisch zu beurteilen eignet sich der Bauteilkatalog in DIN 4109-33 [1].

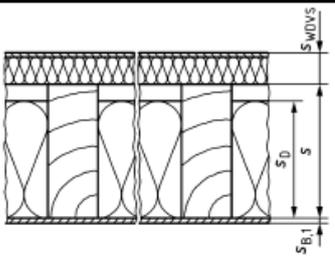
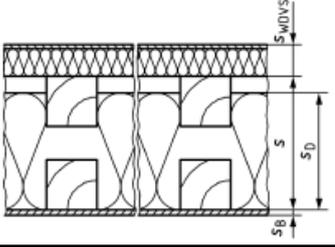
Zeile	Schnitt, horizontal	Konstruktionsdetails				$R_w$ ( $C$ ; $C_{tr}$ )  dB
		Mindestdämmschichtdicke <sup>a</sup>	Holzständer <sup>b</sup>	Mindestschalenabstand	Bekleidung <sup>c</sup>	
		$s_D$ mm	$b/h$ mm	$s$ mm	$s_{B,n}$ mm	
7		140	60/160	160	$s_{WDVS}$ Putz <sup>e</sup> + WF 60 $s_{B,1}$ HW 15	46 (-1; -6)
8		140	Stiel 2 x 60/60  Rähm 60/160 durch- gehend	160	$s_{WDVS}$ Putz <sup>e</sup> + WF 60 $s_B$ HW 15	49 (-1; -4)

Abbildung 6: Auszug aus dem Bauteilkatalog zu Außenwänden in Holzbauweise in DIN 4109-33 [1]

Spalte	1	2	3
Zeile	Schnitt, vertikal	Konstruktionsdetails	$R_w$ ( $C; C_{tr}$ ) dB
		mm   Bauteilbeschreibung	
1		Dachdeckung	50 <sup>b</sup> (-3; -9)
		Lattung, Konterlattung,	
		120 bis 180 Zwischensparrendämmung <sup>a</sup>	
		Lattung	
2		Dachdeckung,	52 (-3; -10)
		Lattung, Konterlattung,	
		≥ 180 Zwischensparrendämmung <sup>c</sup>	
		Lattung	
3		Dachdeckung,	52 (-4; -11)
		Lattung, Konterlattung,	
		≥ 200 Zwischensparrendämmung <sup>d</sup>	
		Lattung	
		10 Gipsfaserplatten GF	

Abbildung 7: Auszug aus dem Bauteilkatalog zu Dächern in Holzbauweise in DIN 4109-33 [1]

Alternativ können auch bauphysikalische Datenbanken zu Holzbauteilen mit qualitätsgesicherten Angaben zu den Schalldämmungen herangezogen werden. Exemplarisch sei die Datenbank Dataholz.eu genannt [10]. In den beiden folgenden Abbildungen sind vergleichende Auswertungen dargestellt.

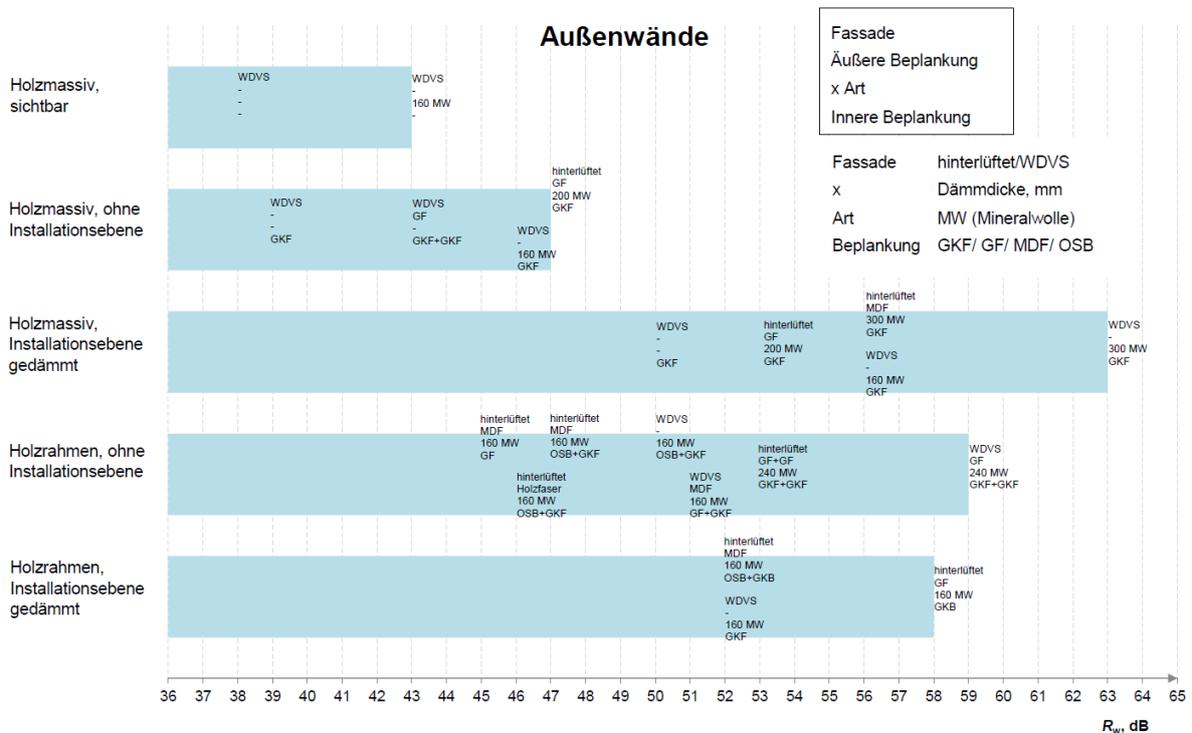


Abbildung 8: Zusammenstellung von Außenwänden aus der Datenbank Dataholz.eu [10]

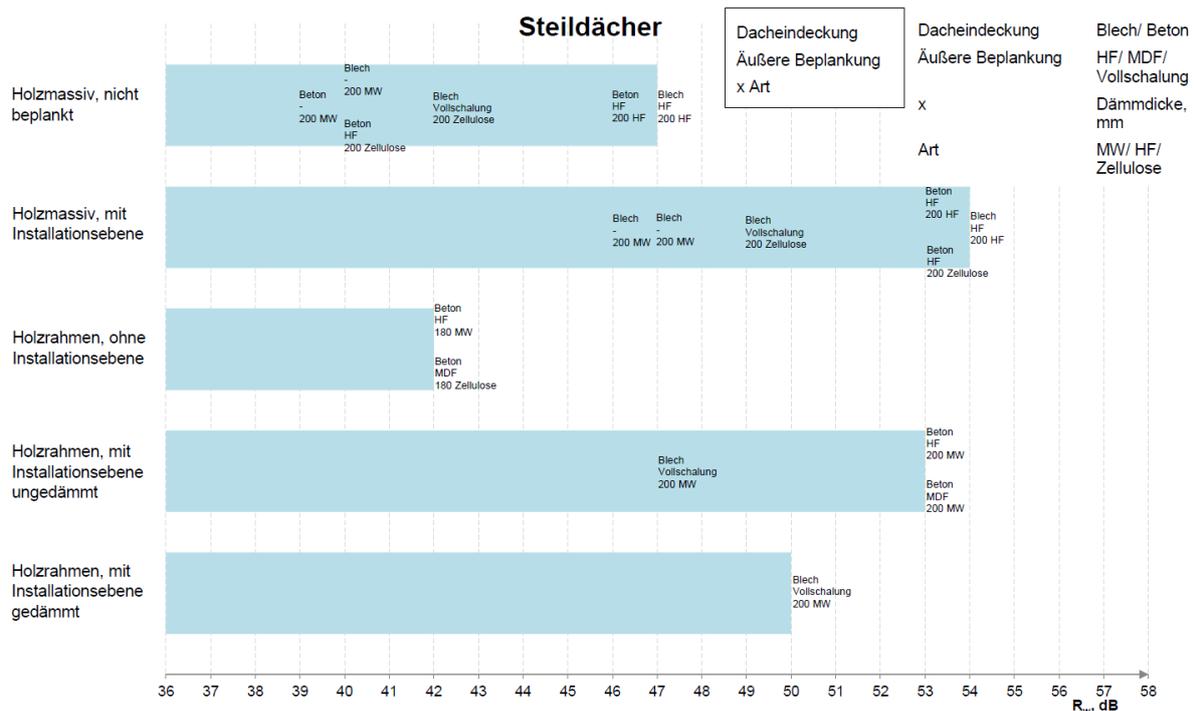


Abbildung 9: Zusammenstellung von Steildächern aus der Datenbank Dataholz.eu [10]

Für die Praxis können auf Grundlage solcher Zusammenstellungen vereinfachte und exemplarische Zusammenhänge angegeben werden:

- Bei Außenlärmbelastung sind Außenbauteile sowohl in Holzrahmen- als auch Holzmassivbauweise prinzipiell geeignet.
- Eine raumseitige Installationsebene ist bei Außenlärmbelastung sinnvoll, um ausreichend hohe Schalldämm-Maße sicherzustellen.
- Außenwände in Holzrahmenbauweise und einem WDV-System z.B. mit Holzfaserdämmstoffen erreichen vergleichsweise hohe Schalldämm-Maße.
- Durch eine Erhöhung der Konstruktionstiefe von Außenbauteilen können höhere Schalldämm-Maße erreicht werden. Der Schallschutz erfordert Platz.
- Dachkonstruktionen mit Sichtsparren oder sichtbaren Holzmassivbauteilen sind bei Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm nur bedingt geeignet.
- Für Dachkonstruktionen ist neben der Zwischensparrendämmung aus Faserdämmstoff eine Aufsparrendämmung ebenfalls aus Faserdämmstoff günstig.

## 5. Blick in die Zukunft – Forschungsvorhaben zum Schallschutz gegen Außenlärm

Die dargestellten Regelungen zum Außenlärm führen insbesondere aufgrund der Regelungen zum Schienenverkehrslärm und der Kritik am angewendeten pauschalen Abschlag von 5 dB bei der Ermittlung des Maßgeblichen Außenlärmpegels (siehe Abschnitt 2.4) zu zwei Schlichtungsverfahren und einem Schiedsverfahren beim Deutschen Institut für Normung.

Zur Bewertung der derzeitigen Nachweisführung wurden daher im Rahmen einer Forschungsarbeit im Auftrag des DIBt - Deutschen Institut für Bautechnik Außenlärmspektren aus Regelwerken für die Berechnung von Verkehrslärm und exemplarischen Messungen zusammengetragen, um einen Überblick über zu erwartende Außenlärmspektren zu erhalten. Diese wurden systematisch mit exemplarischen Schalldämmspektren zu Ermittlung der Korrektursummanden ausgewertet und daraus Ansatzpunkte für eine zukünftige Überarbeitung der DIN 4109 abgeleitet.

Aktuelle wird ein im Abschlussbericht des Forschungsberichtes [11] angegebener Normungsvorschlag diskutiert, bei dem sämtliche pauschalen Korrektursummanden gestrichen werden und statt dessen zukünftig bei der Nachweisführung die Anforderungen für die Außenbauteile an das jeweilige bewerteten Schalldämm-Maße zuzüglich Spektrums-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  verwendet wird. Durch die diskutierten Änderungen sind in Abhängigkeit der Außenlärmart gegenüber dem derzeitigen Stand sowohl Verringerungen als auch Erhöhungen der Anforderungen zu erwarten.

## 6. Literatur

- [1] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Ausgabe 2018-01 bzw. 2016-07  
 Teil 1: Mindestanforderungen  
 Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen  
 Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes  
 Teil 31: Rahmendokument  
 Teil 32: Massivbau  
 Teil 33: Holz-, Leicht- und Trockenbau w  
 Teil 34: Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen  
 Teil 35: Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden  
 Teil 36: Gebäudetechnische Anlagen  
 Teil 4: Bauakustische Prüfungen
- [2] VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen  
 Ausgabe 1987-08
- [3] Gerhard Hilz: Die neue DIN 4109 im Ländervergleich.  
 Forum-Holzbau 8. HolzBauSpezial – Bauphysik, März 2017
- [4] Heinz-Martin Fischer: Neufassung der DIN 4109 auf Basis europäischer Regelwerke des baulichen Schallschutzes. In: Bauphysik-Kalender 2014, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn
- [5] Oliver Kornadt, Maximilian Redeker: Normative Neuerungen zum Schallschutz im Hochbau. In: Deutsches Ingenieurblatt 10-2018.
- [6] VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen.  
 Ausgabe 1987-08
- [7] 24. BImSchV «Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung» zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 1997-02
- [8] Wolfgang Moll, Renate Szabunia: Beurteilung des Schallschutzes durch Außenbauteile; Messtechnische Untersuchung der Relation zwischen bewertetem Bau-Schalldämm-Maß und A-Schallpegeldifferenz. Forschungsbericht 105 04 511 im Auftrag des Umweltbundesamtes, November 1985
- [9] S. Jovicic, R. Wettchureck: Bewertetes Schalldämm-Maß und A-Schallpegel-Differenz bei Fenstern – Statistische Auswertung der an fertigen Bauten gemessenen Schalldämmkurven, Bericht Nr. 7217-35/1, Oktober 1983
- [10] Datenbank für Gebäudebauteile in Holzbauweise: [www.Dataholz.eu](http://www.Dataholz.eu),  
 Holzforschung Austria
- [11] Forschungsvorhaben Schallschutz gegen Außenlärm, Anforderungen zum baulichen Schallschutz gegen Außenlärm nach DIN 4109 unter Berücksichtigung des derzeitigen Stands der Technik als Grundlage für bauaufsichtliche Regelungen. Bauforschung, Band T 3383, Andreas Meier, Müller-BBM GmbH, Planegg, 2021, 136 S., zahlr. Abb. u. Tab., Fraunhofer IRB Verlag, ISBN 978-3-7388-0623-6, <https://www.baufachinformation.de/forschungsvorhaben-schallschutz-gegen-aussenlaerm/fb/254211>

# Flachdächer und Dachterrassen im Holzbau

Andreas Rabold  
Technische Hochschule Rosenheim  
und ift Rosenheim  
Rosenheim, Deutschland



Camille Châteauevieux-Hellwig  
Technische Hochschule Rosenheim  
und ift Rosenheim  
Rosenheim, Deutschland



Stefan Bacher  
ift Rosenheim  
Rosenheim, Deutschland



# Flachdächer und Dachterrassen im Holzbau

## 1. Einleitung

Bei der Planung von modernen Büro- und Wohngebäuden ist vor allem im Bereich der mehrgeschossigen Bauweise i.d.R. ein Flachdach oder ein flachgeneigtes Dach mit ausgebautem Dachgeschoß vorgesehen. Um den Ansprüchen aus Wärmeschutz, Statik, Brandschutz und Schallschutz gerecht zu werden, müssen diese Dachkonstruktionen einer ganzen Reihe von Kriterien entsprechen. Auch im Bereich des Schallschutzes variieren die Ansprüche je nach Ausführung und Nutzung des Dachelementes als reines Dachelement oder als begehbare Dachterrasse.

Planungsdaten, insbesondere für Konstruktionen in Holzbauweise, die den bauakustischen Ansprüchen entsprechen, sind nur sehr bedingt verfügbar. So wurden auch in der neuen DIN 4109 [1] nur drei Aufbauten für leichte Flachdächer berücksichtigt. Geeignete Aufbauten für Dachterrassen und Loggien, sowie Konstruktionen mit Massivholzelementen fehlen ganz.

Neben den statischen und bauphysikalischen Anforderungen werden im Bereich von Dachterrassen (wie auch für Loggien) häufig zusätzliche Vorgaben, wie Lattenroste oder Betonplatten als Gehbelag gemacht, die nur eine geringe Entkopplung ermöglichen. Auch die Zielsetzung einer möglichst niedrigen Stufe zwischen Wohnbereich und Dachterrasse im Zuge einer barrierefreien Ausführung stellt eine zusätzliche Herausforderung dar.

In einem aktuellen Projekt [2] wurden deshalb Untersuchungen an praxisnahen Dachaufbauten durchgeführt, um die Einflussgrößen auf die Schalldämmung von Flachdächern und leicht geneigten Dächern beschreiben und Planungsunterlagen gut geeigneter Konstruktionen zur Verfügung stellen zu können.

## 2. Konstruktive Einflüsse

Zur Untersuchung der konstruktiven Einflüsse wurden zunächst die gängigsten Dachkonstruktionen mit Ihren Varianten in den Bauteilkomponenten erfasst. Darauf aufbauend wurde in enger Abstimmung mit den Projektpartnern eine Prüfmatrix erstellt, die folgende Bauteilvarianten berücksichtigt:

- Dachtypen: Flachdächer, Dachterrassen, leicht geneigte Dächer
- Elementtypen: Balken/Sparrenelemente, Massivholz Flächen-, Rippen- oder Kastenelemente
- Dämmweise: Aufsparrendämmung, Zwischensparrendämmung
- Dämmungstyp: EPS, PUR, Holzfaser, Vakuumpaneele
- Eindeckung / Belag: Blechdach, Gründach, Kiesdach, Betonplatten, Lattenrost

Durch vergleichende Messungen konnten für die verschiedenen Aufbauten die Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch die einzelnen Maßnahmen ermittelt werden. Nachfolgend werden diese für die Grundkonstruktion, zusätzliche Unterdecken, und unterschiedliche Dachaufbauten gezeigt.

## 2.1. Dachkonstruktionen

Sichtbare Tragkonstruktionen können mit Sichtsparrendächern, Dachelementen aus Massivholzelementen (Brettsperrholz-, Brettschichtholz-, Brettstapelelemente) oder Rippen- und Kastenelementen realisiert werden. Diese einschaligen Bauweisen der Grundkonstruktionen erfordern für schalltechnisch hochwertige Ausführungen Zusatzmassen in Form einer Beschwerung in oder auf dem Element. Alternativ kann durch eine (entkoppelte) Unterdecke die Luft- und Trittschalldämmung verbessert werden. Konstruktions- und Ausführungsvarianten sind in Abbildung 1 dargestellt.

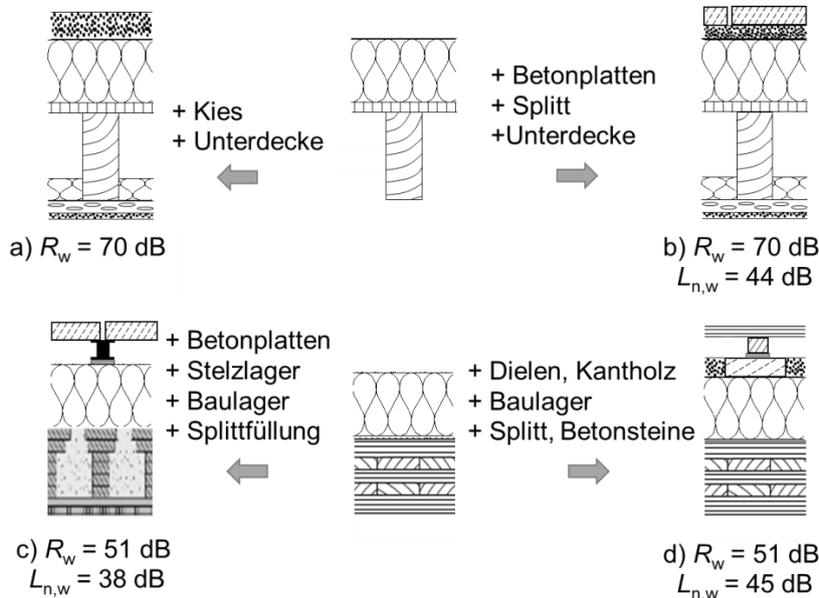


Abbildung 1: Flachdächer aus Sparren- oder Massivholzelementen mit unterschiedlichen Aufbauten:

- a) 50 mm Kies, Unterdecke mit Federschien, 12,5 mm GKF und 40 mm Faserdämmstoff
- b) 40 mm Betonplatten, 30 mm Splitt, Unterdecke mit Federschien, 12,5 mm GKF und 40 mm Faserdämmstoff
- c) 40 mm Betonplatten, > 40 mm Stelzlager, 12 mm Baulager, Splittfüllung im Element
- d) 26 mm Dielen, 44 mm Kantholz, 12 mm Baulager, 40 mm Splitt und Betonplatte (unter Baulager)

Massivholzelemente werden auch als Akustikelemente eingesetzt. Um zu überprüfen in wie weit die Akustiklochung einen Einfluss auf die Schalldämmung des Dachelementes hat, wurde ein direkter Vergleich bei sonst gleichem Aufbau durchgeführt (siehe Abbildung 2). Die Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung.

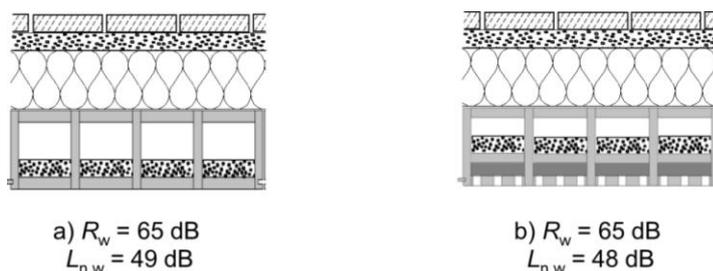


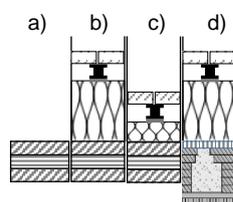
Abbildung 2: Flachdächer aus Massivholz-Kastenelementen, EPS Aufdachdämmung, Dachabdichtung und Betonplatten im Kiesbett:

- a) Kastenelement mit 50 kg/m<sup>2</sup> Splittfüllung
- b) Akustikelement mit 50 kg/m<sup>2</sup> Splittfüllung

## 2.2. Dämmung

Nicht druckbelastete Dämmstoffe zwischen den Sparren und in der Unterdecke wirken schallabsorbierend, indem Schallenergie durch Reibung an und zwischen den Dämmstofffasern in Wärmeenergie umgewandelt wird. Hierzu ist eine offenzellige Struktur des Dämmstoffes erforderlich, die der Schallwechseldruckwelle einerseits ein Eindringen ermöglicht und andererseits einen genügend großen Widerstand entgegensetzt. Eine gute schallabsorbierende Wirkung wird mit Dämmstoffen erreicht, deren längenbezogener Strömungswiderstand  $r$  zwischen  $5 \text{ kPa s/m}^2$  und  $50 \text{ kPa s/m}^2$  liegt [1]. Dies kann sowohl mit Faserdämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen als auch mit konventionellen Dämmstoffen erreicht werden. Geschlossenzellige Dämmstoffplatten (z.B. Hartschaumplatten) sind nicht geeignet.

Druckbelastete Aufdachdämmungen haben neben der absorbierenden Wirkung auch die Aufgabe der Entkopplung. Bei Steildächern werden hierzu bei Dachkonstruktionen mit Schallschutzanforderungen häufig Faserdämmplatten eingesetzt. Dies ist auch bei flach geneigten Dächern mit Blecheindeckung möglich. Bei Flachdächern werden auf Grund der höheren Belastung meist Hartschaumdämmplatten verwendet. Diese verhalten sich auf Grund ihrer hohen Steifigkeit, der geringen Rohdichte und der fehlenden Absorption zunächst ungünstig. Wie Abbildung 3 zeigt, unterscheidet sich das bewertete Schalldämmmaß  $R_w$  des Aufbaus b) mit 200 mm EPS-Aufdachdämmung ( $R_w = 38 \text{ dB}$ ) kaum vom Grundelement (Aufbau a) mit  $R_w = 37 \text{ dB}$ . Die EPS-Aufdachdämmung hat also keine verbessernde Wirkung auf den Einzahlwert. Auch frequenzabhängig erkennt man erst ab 500 Hz eine Verbesserung gegenüber dem Grundelement. Dies kommt hier besonders deutlich zum Vorschein, da auch die Betonplatten auf Stelzlager durch die Verlege-Fuge keinen Beitrag zur Luftschalldämmung leisten. Gleiches gilt für die Ausführung mit Vakuum-Paneelen, die gerne für barrierefreie Übergänge zur Dachterrasse eingesetzt werden. Eine deutliche Verbesserung wird erst durch eine Beschwerung des Dachelementes erreicht, wie dies in Aufbau d) durch eine Splittfüllung des Massivholz-Rippenelementes erfolgte. Durch die Beschwerung wird das Element bedämpft und die Resonanz der Dämmplatten zu tieferen Frequenzen verschoben (von 250 Hz auf 125 Hz).



- a) 140 mm Brettsperrholzelement,  
 $m' = 68 \text{ kg/m}^2$
- b) Betonplatten auf Stelzlager  
**200 mm EPS Aufdachdämmung**  
140 mm Brettsperrholzelement
- c) Betonplatten auf Stelzlager  
**58 mm Vakuum-Dämmplatte**  
140 mm Brettsperrholzelement
- d) Betonplatten auf Stelzlager  
**200 mm EPS Aufdachdämmung**  
196 mm Rippenelement mit Splitt,  
 $m' = 145 \text{ kg/m}^2$

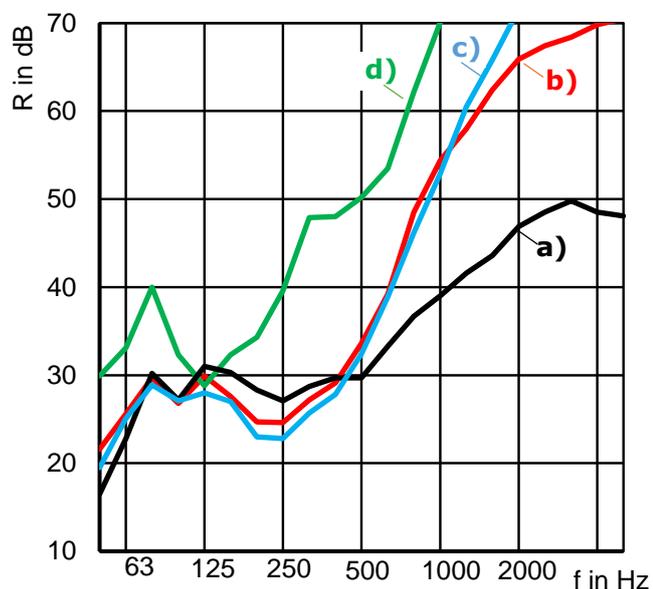


Abbildung 3: Einfluss der Aufdachdämmung auf das Schalldämm-Maß von Flachdachaufbauten. Der Aufbau oberhalb der Dämmplatte (hier: 40 mm Betonplatten, Stelzlager, Baulager, Dachabdichtung) ist für die Luftschallübertragung auf Grund der Fugen zwischen den Betonplatten nicht maßgebend.

- a) Dachelement ohne Aufbau,  $R_w = 37 \text{ dB}$
- b) Dachelement mit 200 mm EPS und Betonplatten auf Stelzlager,  $R_w = 38 \text{ dB}$
- c) Dachelement mit 58 mm Vakuum Paneel und Betonplatten auf Stelzlager,  $R_w = 37 \text{ dB}$
- d) Dachelement mit Splitt-Beschwerung im Element, 200 mm EPS und Betonplatten auf Stelzlager,  $R_w = 51 \text{ dB}$

Ein Dämmstoffvergleich zwischen EPS – und PUR-Aufdachdämmplatten wird in Abbildung 4 für die Trittschallübertragung dargestellt. Auch hier ist der Einfluss der Hartschaumdämmplatte gering. Die etwas weichere EPS-Platte ergibt geringfügig bessere Werte.

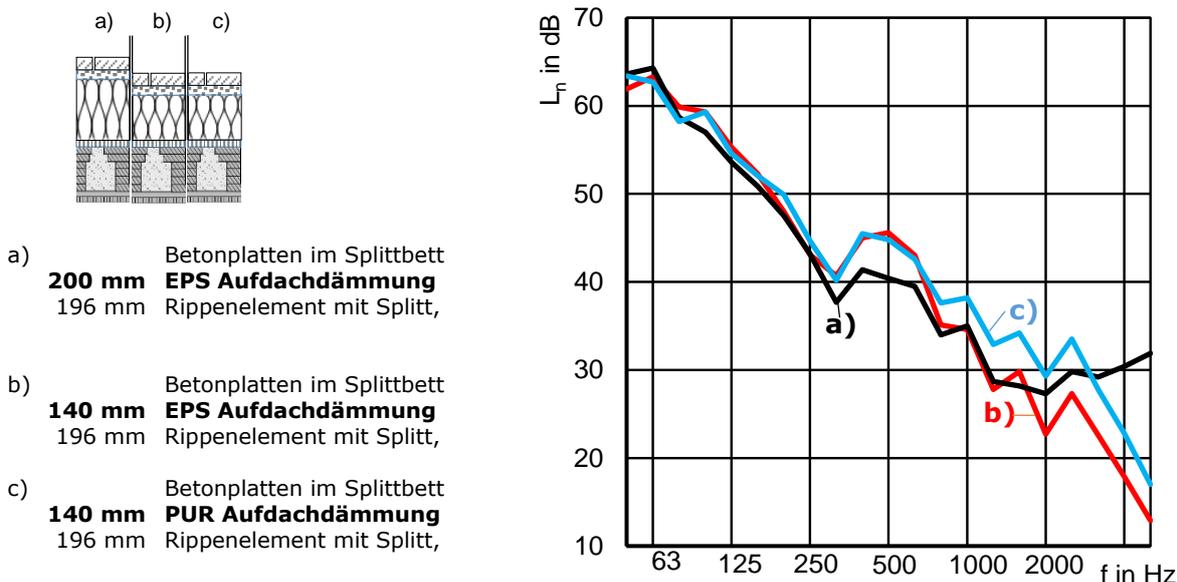


Abbildung 4: Einfluss der Aufdachdämmung auf das Schalldämm-Maß von Flachdachaufbauten

- a) Dachelement mit 200 mm EPS, Dachabdichtung, Betonplatten im Splittbett,  $L_{n,w} = 44$  dB
- b) Dachelement mit 140 mm EPS, Dachabdichtung, Betonplatten im Splittbett,  $L_{n,w} = 45$  dB
- c) Dachelement mit 140 mm PUR, Dachabdichtung, Betonplatten im Splittbett,  $L_{n,w} = 46$  dB

### 2.3. Abdichtung, Dachdeckung und Gehbelag

Der Aufbau oberhalb der Dämmstoffebene wird nutzungsabhängig variiert.

Für nicht begehbare Flachdächer werden Kiesschüttungen, extensive Begrünungen oder Dachabdichtungsbahnen verwendet. Die Ausführung mit Dachabdichtungsbahnen ohne weitere Zusatzmassen ergibt erwartungsgemäß geringere Schalldämm-Maße (siehe Abbildung 5c). Bisherige Vergleichsmessungen ergaben jedoch auch für Dachaufbauten mit extensiver Dachbegrünungen deutlich geringere Schalldämm-Maße als für Dachaufbauten mit Kiesauflagen gleicher flächenbezogener Masse (siehe Abbildung 5a). Als Ursache kann hier der Einfluss der Dränschicht in Kombination mit einer Speichermatte genannt werden, die im Frequenzbereich von 125 Hz bis 2000 Hz eine Reduzierung der Schalldämmung bewirkt. Abbildung 6 zeigt hierzu einen direkten Vergleich für einen Dachterrassenaufbau mit und ohne Speichermatte (hier als Schutzvlies eingesetzt). Während im Trittschalldurchgang die zusätzliche Entkopplung eine Verbesserung ( $\Delta L = L_{n,\text{ohne Vlies}} - L_{n,\text{mit Vlies}}$ ) bewirkt, zeichnet sich für die Luftschalldämmung die gleiche Verschlechterung ( $\Delta R = R_{\text{mit Vlies}} - R_{\text{ohne Vlies}}$ ) ab. Hier besteht in Bezug auf die bauakustische Auswirkung üblicher Drän-, Speicher- und Schutzschichten noch Untersuchungsbedarf.

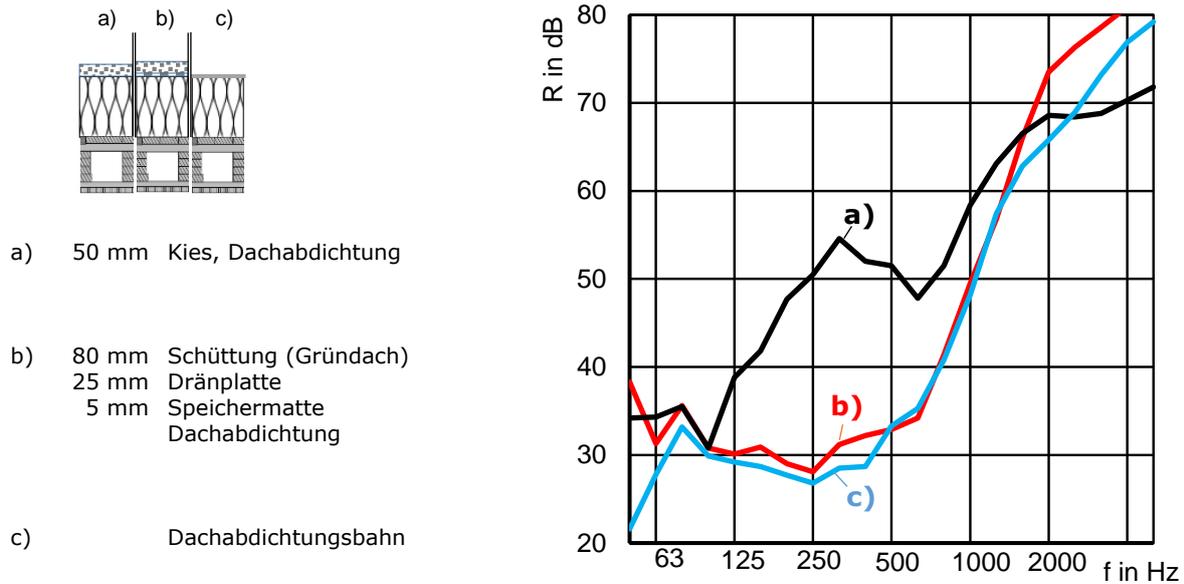


Abbildung 5: Vergleich der Aufbauten: Kiesdach, Gründach und einfache Dachabdichtungsbahn auf einem Brettsperrholz – Kastenelement mit 200 mm EPS Aufdachdämmung

- a) Kiesdach,  $R_w = 55$  dB
- b) Gründach,  $R_w = 39$  dB
- c) Dachabdichtung,  $R_w = 38$  dB

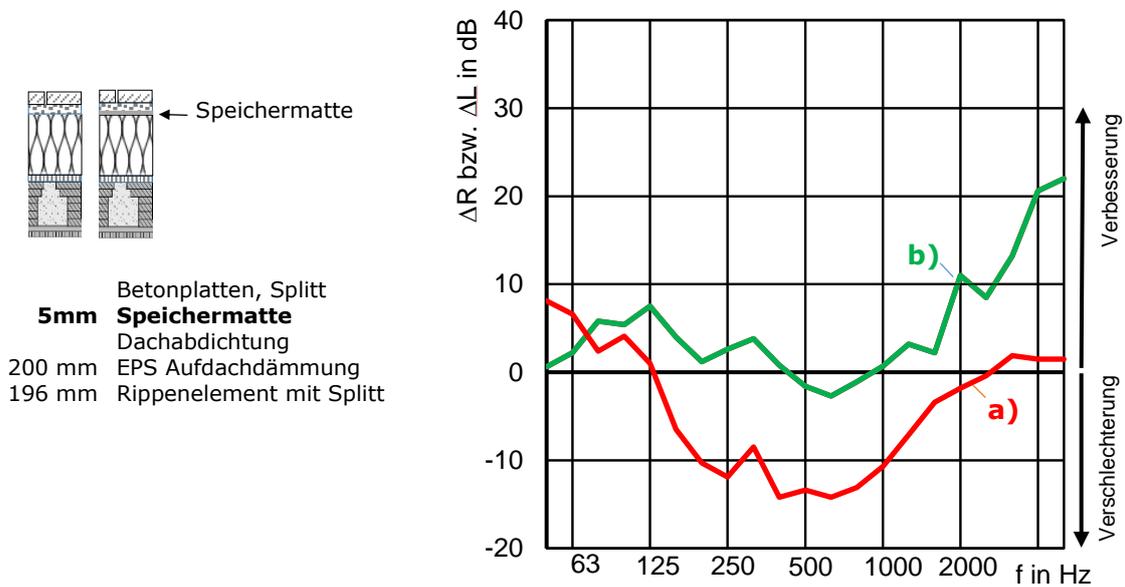
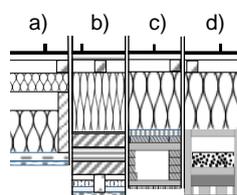


Abbildung 6: Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch Speichermatte aus der direkten Vergleichsmessung mit und ohne Speichermatte

- a) Differenz Luftschalldämmung  $\Delta R$  mit und ohne Speicherschutzmatte
- b) Trittschalldämmung  $\Delta L$  durch die Speicherschutzmatte

Für leicht geneigte Dächer kommen Metalldachdeckungen zum Einsatz. Leichte Dachabdichtungen und Metalldachdeckungen verhalten sich insgesamt ungünstiger als schwere, mehrlagig aufgebrachte Abdichtungsbahnen. Bei Metalleindeckungen können jedoch Holzfaserdämmplatten eingesetzt werden, die eine deutliche Verbesserung gegenüber Hartschaumdämmplatten ergeben. Zusätzlich wurde zur Bedämpfung der Metalleindeckung eine Bitumen-Unterdachbahn eingebaut, um die Geräuschentwicklung bei Starkregen zu reduzieren. Abbildung 7 zeigt Schalldämm-Maße für die verschiedenen Dachtypen mit Metalleindeckung.



Dacheindeckung:

- 0,5 mm Metalleindeckung
- 3 mm Bitumen Unterdachbahn
- 24 mm Schalung
- 80 mm Lattung,  $e = 625$  mm
- 60-200 mm Holzfaserdämmplatte

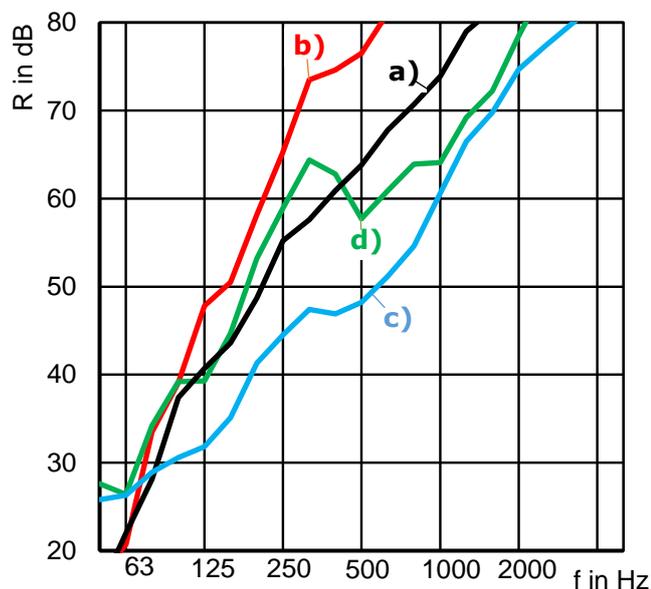
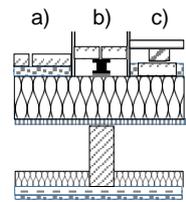


Abbildung 7: Schalldämmung flachgeneigter Dächer mit Metalleindeckung

- a) Sparrendach, Unterdecke mit Federschiene,  $R_w = 63$  dB
- b) Brettsperrholzelement mit abgehängter Unterdecke,  $R_w = 71$  dB
- c) Brettsperrholz-Rippenelement ohne Zusatzmaßnahmen,  $R_w = 53$  dB
- d) Kastenelement als Akustikelement mit  $50 \text{ kg/m}^2$  Splittfüllung,  $R_w = 63$  dB

Begehbare Dächer die als Dachterrassen genutzt werden, können mit Betonplatten im Splittbett, Platten auf Stelzlagern oder einem Holzrost (Holzdielen auf Lagerhölzern) ausgeführt werden. Während die Betonplatten im Splittbett durch ihre flächenbezogene Masse wirksam sind, kann bei Stelzlagern und Holzrosten eine zusätzliche Reduzierung der Übertragung durch Entkopplungsmaßnahmen (elastische Lagerung auf Baulagern) erreicht werden. Hierzu wird das Entkopplungsmaterial vom Hersteller auf eine geeignete Eigenfrequenz des Aufbaus ausgelegt. Eine gute Entkopplung ist für Eigenfrequenzen  $f_0 = 20$  bis 30 Hz zu erwarten. Um eine möglichst geringe Einfederung zu erreichen, wurde bei dem geprüften Aufbau die Eigenfrequenz auf  $f_0 < 60$  Hz ausgelegt.



- a) 40 mm Betonplatten  
30 mm Splitt
- b) 40 mm Betonplatten  
40 mm Stelzlager  
12,5 mm Baulager
- c) 26 mm Dielen  
44 mm Lattenrost  
12,5 mm Baulager  
40 mm Splitt und Betonplatten  
(unter dem Baulager)

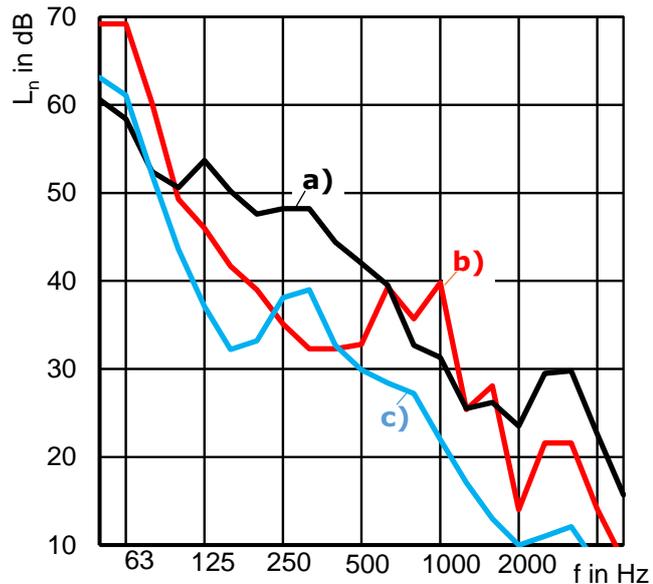


Abbildung 8: Norm-Trittschallpegel unterschiedlicher Aufbauten auf einem Sparren-/Balkenelement mit abgehängter Unterdecke und 140 mm EPS-Aufdachdämmplatten

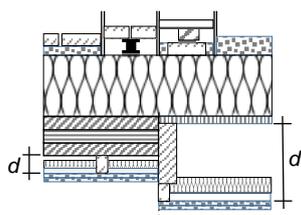
- a) Betonplatten im Splittbett,  $L_{n,w} = 44$  dB  
b) Betonplatten auf Stelzlager, Entkopplung durch Baulager,  $L_{n,w} = 38$  dB  
c) Dielen auf Lattenrost, Entkopplung durch Baulager, Zusatzmasse durch Splitt,  $L_{n,w} = 31$  dB

## 2.4. Unterdecke und raumseitige Bekleidung

Die Bekleidung der Unterdecke erfolgt in der Regel mit Plattenmaterialien. Vorteilhaft ist eine große flächenbezogene Masse bei geringer Biegesteifigkeit der Plattenmaterialien. Anstelle einer dicken sollten deshalb besser mehrere dünne Lagen aufgebracht werden. Mit geschlossenen Gipsbauplatten lassen sich gegenüber Nut-und-Feder-Schalungen auf Grund des geringeren Fugenanteils und der höheren flächenbezogenen Masse deutlich bessere Schalldämm-Maße erreichen.

Unterdecken wirken nach dem «Masse-Feder-Masse-System», das erst oberhalb seiner Eigenfrequenz  $f_0$  eine deutliche Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung aufweist. Um eine möglichst große Verbesserung zu erzielen ist es deshalb sinnvoll  $f_0$  zu tiefen Frequenzen hin zu verschieben. Dies kann durch die o.g. hohe flächenbezogene Masse der Plattenmaterialien sowie einer entkoppelten Montage der Unterdecke durch geeignete Abhänger erfolgen. Um eine gute Entkopplung zu gewährleisten, sollte nicht mehr als die konstruktiv erforderliche Anzahl an Abhängepunkten ausgeführt werden.

Parallel zum Abhänger wirkt auch das durch die schwingende Unterdecke eingeschlossene und komprimierte Luftvolumen als Feder. Die Steifigkeit dieser Luftschicht hängt vom Volumen bzw. der Luftschichtdicke  $d$  ab. Je größer  $d$  gewählt wird, umso weicher ist die Feder. Eine abgehängte Unterdecke wirkt deshalb unter einem Sparrendach deutlich besser als unter einem flächigen Massivholzelement (siehe Abbildung 9). Während die Unterdecke am Massivholzelement mit einer Masse-Feder-Masse Resonanz  $f_0 \approx 50$  Hz zwar eine deutliche Verbesserung im bewerteten Schalldämm-Maß und im bewerteten Norm-Trittschallpegel ergibt, wird die Übertragung im Frequenzbereich von 50 Hz – 80 Hz durch die Resonanz verstärkt. Eine zum Vergleich eingezeichnete Unterdecke gleicher Bauart unterhalb einer Holzbalkendecke ergibt durch die günstigere Resonanzfrequenz  $f_0 \approx 25$  Hz schon ab 50 Hz deutlich bessere Werte. Die Eigenfrequenz des Unterdeckenabhängers betrug in beiden Fällen  $f_0 < 30$  Hz.



Unterdeckenaufbau:

65 - 90 mm Direktschwingabhänger  
2 x 12,5 mm GKF,  $m' = 2 \times 10 \text{ kg/m}^2$

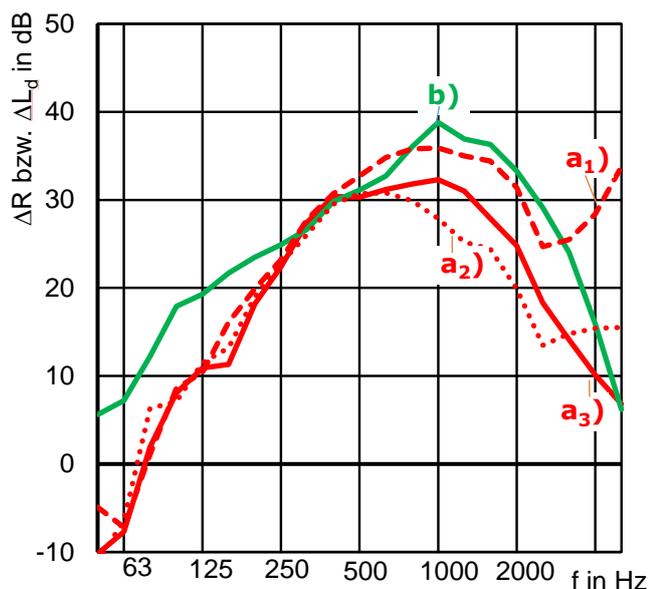


Abbildung 9: Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung durch Unterdecken mit unterschiedlich großen schalltechnisch wirksamen Luftschichtdicken  $d$  zwischen 90mm und 285 mm. Die Eigenfrequenz des Unterdeckenabhängers betrug in beiden Fällen  $f_0 < 30 \text{ Hz}$

- a) Unterdecke unter Massivholzelement,  $d = 90 \text{ mm}$ , Masse-Feder-Masse-Resonanz  $f_0 \approx 50 \text{ Hz}$   
 a<sub>1</sub>: Verbesserung der Luftschalldämmung  $\Delta R$ , gemessen am Grundelement  
 a<sub>2</sub>: Verbesserung der Luftschalldämmung  $\Delta R$ , gemessen am vollständigen Dachaufbau  
 a<sub>3</sub>: Trittschallminderung  $\Delta L_d$ , gemessen am vollständigen Dachaufbau  
 b) Unterdecke unter Balkenelement,  $d = 285 \text{ mm}$ , Masse-Feder-Masse-Resonanz  $f_0 \approx 25 \text{ Hz}$  aus [3]

### 3. Planungsdaten für den Schallschutznachweis

Flachdächer und flachgeneigte Dächer werden in Bezug auf die Luftschallanforderungen wie Außenbauteile behandelt. An Dachterrassen und Loggien werden zusätzlich Trittschallanforderungen gestellt, sofern Sie ein Trennbauteil zu fremden Wohn- und Arbeitsräumen bilden.

Der Nachweis der erforderlichen Luftschalldämmung am Bau erf.  $R'_{w,ges}$  kann nach dem in DIN 4109-2 beschriebenen Verfahren für Außenbauteile erfolgen. Für die Anwendung im Holzbau siehe z.B. [6]. Für den Nachweis des zulässigen Norm-Trittschallpegels am Bau zul.  $L'_{n,w}$  wurde bislang kein Verfahren zur Berücksichtigung der Flankenübertragung festgelegt. Da die Ausführung der tragenden Dachelemente und deren Wandaufleger gut mit der Ausführung von Deckenelementen vergleichbar ist, bietet sich die Anwendung des Verfahrens für Holzdecken nach DIN 4109-2 an. Die Ausführung der hier gezeigten Dachterrassenaufbauten sowie erste Vergleiche mit Bauergebnissen lassen vermuten, dass der Übertragungsweg Dff hierbei unberücksichtigt bleiben kann. Somit ergibt sich für die Prognose:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 \quad (1)$$

Bis zur Berücksichtigung einer Vorgehensweise in der Norm kann der Nachweis im Sinne der DIN 4109 nur durch eine Baumessung erfolgen.

Planungsdaten für Flachdächer und flachgeneigte Dächer werden im Anhang, Tabelle 1 und Tabelle 2 als Übersicht angegeben. Eine vollständige Beschreibung der Konstruktionen für die bauakustische Planung und Vorbemessung ist in [4], [5] enthalten. Korrektursummand  $K_1$  für Übertragungsweg Df siehe [1].

## 4. Zusammenfassung

Die vorgestellten bauakustischen Untersuchungen an Flachdächern und flachgeneigten Dächern ergaben Planungsdaten für die verschiedenen Element- und Aufbaukombinationen, die für die Prognose und Nachweisführung verwendet werden können. Die Ergebnisse ermöglichen auch sehr hochwertige Ausführungen und schließen damit Planungslücken, die vor allem in der bauakustischen Planung von Dachterrassen und Loggien auftraten.

Weiterer Untersuchungsbedarf besteht noch in der bauakustischen Auswirkung unterschiedlicher Drän-, Speicher- und Schutzschichten im Dachaufbau, sowie in der Berücksichtigung der Flankenübertragung beim Trittschallnachweis.

## 5. Danksagung

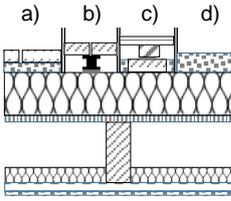
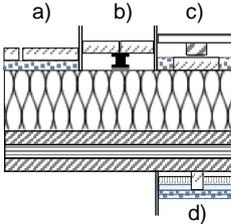
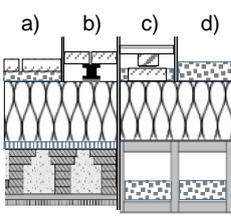
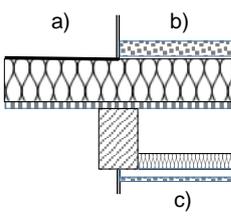
Die Autoren bedanken sich für die sehr hilfreichen Diskussionen und die planerische Unterstützung durch die Arbeitsgruppe: Kirchmayr, H. (Prefa), Hanf, H. (Prefa), Kumer, N. (Stora Enso), Löcherbach, J. (Alwitra), Müller, M. (BDF), Rupprecht, M. (Lignotrend), Schläpfer, R. (Lignatur AG), Schmidt-Hieber, F. (Holzbau Deutschland), Sebald, S. (Regnauer), Wiederin, S. (Getzner), sowie für die finanzielle Unterstützung durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

## 6. Literatur

- [1] DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau  
Teil 1: Mindestanforderungen  
Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen  
DIN 4109-33:2016-07 Schallschutz im Hochbau  
Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau
- [2] Châteauevieux-Hellwig C., Bacher, S., Rabold, A., Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und Dachterrassen, Forschungsprojekt ift Rosenheim, in Bearbeitung
- [3] Rabold, A., Mecking, S., Huber, A., Kohrmann, M., Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, Teilbereich Bauakustik, Forschungsprojekt Technische Hochschule Rosenheim, in Bearbeitung
- [4] Ecker, T., Erarbeitung eines Bauteilkatalogs für den Schallschutz von Flachdächern zur Verwendung in der Fachliteratur u. Normung mit wirtschaftlichem Vergleich in Form einer Nutzwert-Kosten-Analyse, Bachelorarbeit TH Rosenheim, 2019
- [5] Blödt, A., Rabold, A., Halstenberg, M., Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung, holzbau handbuch, Reihe 3, Teil 3, Folge 1, Holzbau Deutschland 2019
- [6] Rabold, A., Hessinger, J., Schallschutz von Außenbauteilen, Vorgehensweise nach der neuen DIN 4109, Tagungsband Holz[Bau]Physik-Kongress, Leipzig 2018

## 7. Anhang

Tabelle 1: Schalldämm-Maße  $R_w$  und Norm-Trittschallpegel  $L_{n,w}$  von Flachdächern in Holzbauweise [2]

Zeile	Bauteil	Dicke d in mm	Grundbauteil	Dicke d in mm	Aufbau	Schalldämm-Maß Norm-Trittschall- pegel
1		Schutzlage und Dachdichtbahn $\geq 140$ Aufdachdämmung Typ DAA (EPS) Luft- und Bauzeitabdichtung $\geq 22$ Holzwerkstoffplatte $\geq 200$ Sparren, $e \geq 625$ mm mit $\geq 50$ mm Faserdämmstoff, $r \geq 5$ kPa s/m <sup>2</sup> 27 Federschiene, $e \geq 500$ mm 12,5 GKF, $m' \geq 10$ kg/m <sup>2</sup>	a)	40 Betonplatten 30 Splitt, $m' \geq 40$ kg/m <sup>2</sup>	$R_w = 70$ dB $L_{n,w} = 44$ dB	
			b)	40 Betonplatten $\geq 40$ Stelzlager 12 Baulager <sup>1)</sup> , $f_0 \leq 70$ Hz	$R_w = 52$ dB $L_{n,w} = 38$ dB	
			c)	26 Dielen 44 Kantholz, $e \geq 520$ mm 12 Baulager <sup>1)</sup> , $f_0 \leq 60$ Hz 40 Betonplatten u. Kies	$R_w = 64$ dB $L_{n,w} = 31$ dB	
			d)	50 Kies, $m' \geq 80$ kg/m <sup>2</sup>	$R_w = 70$ dB	
2		Schutzlage und Dachdichtbahn $\geq 200$ Aufdachdämmung Typ DAA (EPS) Luft- und Bauzeitabdichtung $\geq 140$ Massivholzelement (Brettsper Holz, Brettschichtholz, Brettstapel), $m' \geq 63$ kg/m <sup>2</sup>  <i>Zusätzliche Unterdecke:</i> 90 Abhänger <sup>2)</sup> + CD-Profil, $e \geq 500$ mm mit $\geq 50$ mm Faserdämmstoff, $r \geq 5$ kPa s/m <sup>2</sup> 2 x 12,5 GKF, $m' \geq 2 \times 10$ kg/m <sup>2</sup>	a)	40 Betonplatten 30 Splitt, $m' \geq 40$ kg/m <sup>2</sup>	$R_w = 53$ dB $L_{n,w} = 58$ dB	
			b)	40 Betonplatten $\geq 40$ Stelzlager 12 Baulager <sup>1)</sup> , $f_0 \leq 70$ Hz	$R_w = 38$ dB $L_{n,w} = 52$ dB	
			c)	26 Dielen 44 Kantholz, $e \geq 520$ mm 12 Baulager <sup>1)</sup> , $f_0 \leq 60$ Hz 40 Betonplatten u. Kies	$R_w = 51$ dB $L_{n,w} = 45$ dB	
			d)	wie Aufbau c) +Unterdecke	$R_w = 72$ dB $L_{n,w} = 31$ dB	
3		Schutzlage und Dachdichtbahn $\geq 200$ Aufdachdämmung Typ DAA (EPS) Luft- und Bauzeitabdichtung $\geq 22$ Holzwerkstoffplatte $\geq 196$ Brettsper Holz-Rippenelement gefüllt mit Splitt $m'_{ges} \geq 145$ kg/m <sup>2</sup> (Lignotrend Rippe Q3)  Schutzlage und Dachdichtbahn $\geq 200$ Aufdachdämmung Typ DAA (EPS) Luft- und Bauzeitabdichtung $\geq 240$ Kastelement gefüllt mit 40 mm Splitt $m'_{ges} \geq 92$ kg/m <sup>2</sup> (Lignatur Flächenelement)	a)	40 Betonplatten 30 Splitt, $m' \geq 40$ kg/m <sup>2</sup>	$R_w = 66$ dB $L_{n,w} = 44$ dB	
			b)	40 Betonplatten $\geq 40$ Stelzlager 12 Baulager <sup>1)</sup> , $f_0 \leq 70$ Hz	$R_w = 51$ dB $L_{n,w} = 38$ dB	
			c)	26 Dielen 44 Kantholz, $e \geq 520$ mm 12 Baulager <sup>1)</sup> , $f_0 \leq 60$ Hz 40 Betonplatten u. Kies	$R_w = 60$ dB $L_{n,w} = 37$ dB	
			d)	50 Kies, $m' \geq 80$ kg/m <sup>2</sup>	$R_w = 64$ dB	
4		Bitumenbahn, $m'_{ges} \geq 5$ kg/m <sup>2</sup> $\geq 24$ Holzwerkstoffplatte oder Nut- und Federschälung $\geq 200$ Sparren, $e \geq 625$ mm  <i>Zusätzliche Unterdecke:</i> 24 Lattung, $e \geq 400$ mm mit $\geq 50$ mm Faserdämmstoff, $r \geq 5$ kPa s/m <sup>2</sup> 12,5 GKF, $m' \geq 10$ kg/m <sup>2</sup>	a)	Dachabdichtung $\geq 180$ Aufdachdämmung Typ DAA (MW, WF)	$R_w = 45$ dB <sup>3)</sup>	
			b)	50 Kies, $m' \geq 80$ kg/m <sup>2</sup> Schutzlage und Dachdichtbahn $\geq 140$ Aufdachdämmung Typ DAA (EPS)	$R_w \geq 40$ dB <sup>3)</sup>	
			c)	wie Aufbau b) +Unterdecke	$R_w \geq 57$ dB <sup>3)</sup>	

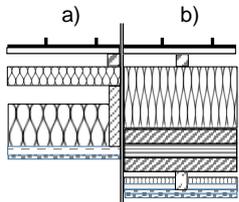
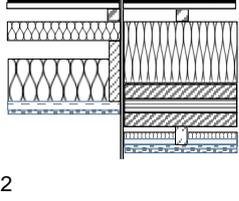
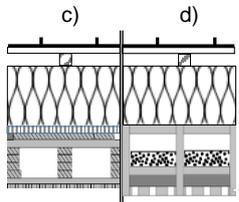
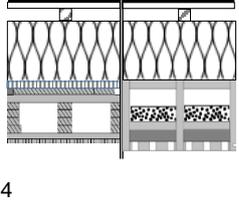
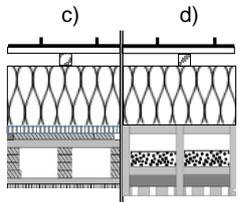
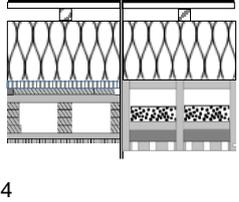
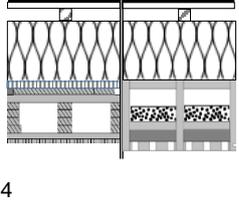
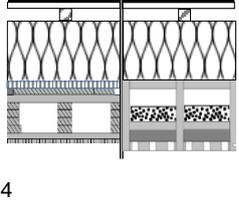
<sup>1)</sup> Baulager als elastische Lagerung (Getzner Sylomer), vom Hersteller ausgelegt auf die angegebene Eigenfrequenz  $f_0$

## 12 | Flachdächer und Dachterrassen im Holzbau | A. Rabold, C. Châteauevieux-Hellwig, S. Bacher

<sup>2)</sup> Abhänger, schallentkoppelt, Raster 750 mm x 500 mm, Eigenfrequenz  $f_0 \leq 30$  Hz

<sup>3)</sup> Nach DIN 4109-33 (Aufbau a) bzw. aus Messdaten berechnet (Aufbau b und c)

Tabelle 2: Schalldämm-Maße  $R_w$  von flach geneigten Dächern in Holzbauweise [2]

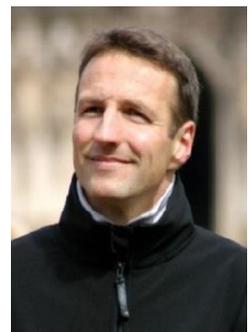
Zeile	Bauteil	Dicke Grundbauteil d (mm)	Aufbau	Dicke Aufbau d (mm)	Schalldämm-Maß
1		60 Aufdachdämmung Typ DAA (WF)	a)	Metalleindeckung <sup>1)</sup> ,	$R_w = 63$ dB
		$\geq 200$ Sparren, $e \geq 625$ mm mit $\geq 140$ mm Faserdämmstoff, $r \geq 5$ kPa s/m <sup>2</sup>	3 Bitumen Unterdachbahn	24 Schalung	
2		27 Federschiene, $e \geq 500$ mm			
		$2 \times 12,5$ GKF, $m' \geq 2 \times 10$ kg/m <sup>2</sup>	b)	Metalleindeckung <sup>1)</sup> ,	$R_w = 71$ dB
3		Luft- und Bauzeitabdichtung		3 Bitumen Unterdachbahn	$R_w = 53$ dB
		$\geq 140$ Massivholzelement; $m' \geq 63$ kg/m <sup>2</sup>		24 Schalung	
4		90 Abhänger <sup>2)</sup> + CD-Profil, $e \geq 500$ mm mit $\geq 50$ mm Faserdämmstoff, $r \geq 5$ kPa s/m <sup>2</sup>		200 Aufdachdämmung Typ DAA (WF)	$R_w = 63$ dB
		$2 \times 12,5$ GKF, $m' \geq 2 \times 10$ kg/m <sup>2</sup>	c)	Metalleindeckung <sup>1)</sup> ,	
3		Luft- und Bauzeitabdichtung		3 Bitumen Unterdachbahn	$R_w = 53$ dB
		$\geq 22$ Holzwerkstoffplatte		24 Schalung	
4		$\geq 196$ Brettsperrholz-Kastenelement $m'_{ges} \geq 63$ kg/m <sup>2</sup> (Lignotrend Block Q3 Akustik)		200 Aufdachdämmung Typ DAA (WF)	$R_w = 63$ dB
		Luft- und Bauzeitabdichtung	d)	Metalleindeckung <sup>1)</sup> ,	
4		$\geq 240$ Kastenelement gefüllt mit 40 mm Splitt $m'_{ges} \geq 92$ kg/m <sup>2</sup> (Lignatur Flächenelement LFE Akustik)		3 Bitumen Unterdachbahn	$R_w = 63$ dB
				24 Schalung	
4				200 Aufdachdämmung Typ DAA (WF)	$R_w = 63$ dB

<sup>1)</sup> Metalleindeckung, Doppelstehfalzblech,  $m' \geq 2$  kg/m<sup>2</sup>

<sup>2)</sup> Abhänger, schallentkoppelt, Raster 750 mm x 500 mm, Eigenfrequenz  $f_0 \leq 30$  Hz

# Luftschalldämmung von Brettsperrholzwänden mit Wärmedämmverbundsystem

Dr. Franz Dolezal  
IBO – Österreichisches Institut  
für Bauen und Ökologie GmbH  
Wien, Österreich



# Luftschalldämmung von Brettsperrholzwänden mit Wärmedämmverbundsystem

Nachdem Massivholzkonstruktionen, bestehend aus Brettsperrholz (BSP/CLT), vermehrt in mehrgeschoßigen Gebäuden mit Wohn- und Büronutzung, aber vor allem auch für Sonderbauten wie etwa Schulen Verwendung finden, steigt auch der Bedarf nach einem umfassenden, akustischen Verständnis für diese Bauweise.

Besondere Bedeutung kommt dabei den Außenwänden zu, welche die Menschen vor den akustischen Belastungen des steigenden Verkehrsaufkommens schützen sollen, nachdem Verkehrslärm in vielen Studien als die primäre Lärmquelle identifiziert wurde.

Eine weitere wesentliche Funktion der Außenwände besteht im Wärmeschutz zur Vermeidung bzw. Reduktion von Energieverlusten. Dieser wird in Österreich in den meisten Fällen mit einem sogenannten Wärmedämmverbundsystem (WDVS) erfüllt. Dies sind Dämmplatten die auf die Unterkonstruktion geklebt (ev. gedübelt) werden und zugleich als Putzträger dienen. Das daraus resultierende Schwingensystem (CLT-WDVS-Putz) akustisch zu beschreiben und eine vereinfachte, praxisnahe Berechnungsmethode zur Verfügung zu stellen, wird im vorliegenden Beitrag versucht.

## 1. Einleitung

Wärmedämmung ist eine essentielle Komponente der typischen zentraleuropäischen Außenwandkonstruktionen, da das Klima durch kalte Winter und heiße Sommer geprägt ist.

Eine Möglichkeit hierfür stellt das Wärmedämmverbundsystem (WDVS) dar, welches die in Österreich, u.a. aus finanziellen Gründen, am häufigsten ausgeführte Dämm-Methode darstellt. Allerdings hat ein Wärmedämmverbundsystem auch Auswirkungen auf den Schallschutz der gesamten Wand, und kann diesen sogar verschlechtern, wie beispielsweise Urban et al. in (2018a) eindrucksvoll errechnen.

Generell wird WDVS in erster Linie bei mineralischen Grundkonstruktionen ausgeführt, die Anwendung ist jedoch nicht auf massive Bauweise beschränkt, sondern mittlerweile auch im Holzrahmenbau als Zusatzdämmung und Putzträger üblich. Die Kombination WDVS mit CLT ist relativ neu, aufgrund der finanziell vorteilhaften Komponente nimmt jedoch die Häufigkeit der Ausführung zu.

Nachdem CLT eine signifikant geringere Masse als die üblichen mineralischen Wandkonstruktionen aufweist, können die üblichen Vorhersagemodelle (Weber et al. 2018, etc.) für die Kombination mit WDVS nicht angewendet werden. Darüber hinaus wird aktuell die schalltechnische Prognosenorm ÖNORM B 8115-4 überarbeitet und eine präzisere Prognosemethode für Holzbauteile mit WDVS und Vorsatzschalen gesucht.

## 2. Akustisches Verhalten der Komponenten

### 2.1. Akustische Performance von Brettsperrholz

CLT kann weder zu den schweren, noch zu den leichten Bauweisen gezählt werden. Während akustische Anforderungen von schweren Bauweisen durch deren Masse und jene von Pfosten-Riegel Konstruktionen durch die sehr niedrige Biegesteifigkeit der Beplankung erfüllt werden, zählt CLT zu keiner der beiden Kategorien. Üblicherweise reduziert sich die Schalldämmung um die Koinzidenzgrenzfrequenz, wobei schwere Elemente diese im sehr tiefen, Leichtbauteile im sehr hohen Frequenzbereich aufweisen.

In beiden Fällen findet sich diese außerhalb des bauakustischen Frequenzbereichs. In Brettsperrholzkonstruktionen ist die Koinzidenzgrenzfrequenz zwischen 100 und 500 Hz zu finden, also genau im bauakustisch relevanten Bereich (Dolezal 2010). Diese Tatsache muss berücksichtigt werden, wenn es darum geht einen Bauteil zu konfigurieren, mit dem ein zufriedenstellendes Schallschutzniveau und ein ausreichender Lärmschutz gewährleistet werden können.

## 2.2. Akustische Performance von Wärmedämmverbundsystemen

Die Anwendung von Wärmedämmverbundsystemen verändert das akustische Verhalten von Außenwänden signifikant. Nach dem Feder-Masse Prinzip, bestehend aus Brettsperrholzplatte – Wärmedämmung – Außenputz, führt der systemimmanente Resonanzeffekt zu einer reduzierten Schalldämmung rund um die Resonanzfrequenz, und einer erhöhten Schalldämmung im oberen Frequenzbereich. Nach (Urban et al. 2018a) sind Differenzen in der Einzahlangabe aufgrund des kombinierten Einflusses von Wärmedämmverbundsystemen bei hohen Frequenzen und der Resonanzfrequenz von -8 bis +19 dB gegenüber der Grundwand möglich. Genannte Ergebnisse resultieren aus Untersuchungen von Grundwänden aus massiven, mineralischen Baustoffen. Dabei stellen die dynamische Steifigkeit der Dämmung sowie die Masse des Außenputzes die wesentlichen Parameter dar.

## 2.3. Materialien für das Wärmedämmverbundsystem

Ein WDVS besteht üblicher Weise aus einem mineralischen Kleber mit dem die Dämmplatte mit dem Untergrund verbunden wird. Die Dämmplatte selbst muss eine gewisse (höhere) Mindestfestigkeit aufweisen da das komplette Putzsystem von ihr getragen wird, muss Windkräften standhalten und hohe Auszugsfestigkeiten aufweisen. Verfügbare Materialien sind expandiertes Polystyrol (EPS-F), Mineralwolle, Kork, Holzweichfaser, Hanf und Mineralschaum. In Kombination mit CLT finden vor allem Polystyrol, Mineralwolle, Holzweichfaser und Hanf Anwendung. In der vom IBO und Stora Enso Wood Products durchgeführten Studie wurden für die einzelnen WDVS-Dämmstoffe die (akustisch relevanten) Kennwerte gemäß Tabelle 1 für die dynamische Steifigkeit ermittelt. Diese Werte stellen nur einen Ausschnitt der möglichen Größenordnung der einzelnen Materialien dar und können natürlich bei anderen Herstellern des gleichen Materials abweichen. Darüber hinaus ist  $s'$  der Quotient aus dem dynamischen Elastizitätsmoduls  $E_{dyn}$  und der Dicke  $d$ , und somit von der Dämmstoffstärke abhängig.

Tabelle 1: Dynamische Steifigkeiten  $s'$  (gerundet) von WDVS-Dämmstoffen (lt. Messungen in der Studie)

	Polystyrol EPS-F	Mineralwolle	Holzweichfaser	Hanf
$s'$ in MN/m <sup>3</sup>	6, 16, 26, 22	5	23	5, 3, 2

Weiters erfordert ein WDVS einen Unterputz in den das Bewehrungsgitter aus Glasfasergewebe eingebettet wird. Darüber wird nach einer Vorbehandlung des Untergrundes der Oberputz gespachtelt, welcher zumeist entsprechend eingefärbt ist. Abhängig vom Dämmstoff sind Mindeststärken des Unterputzes von 3, 5 oder 8 mm zulässig. Oberputze weisen für gewöhnlich Stärken von 1 bis 2 mm auf. Die mittlere Rohdichte von Kleber und Putzschichten liegt bei 1400 kg/m<sup>3</sup>.

## 2.4. Bestimmung des dynamischen Verhaltens des Dämmstoffes

Die wichtigste Eigenschaft von WDVS Dämmstoffen hinsichtlich der Akustik ist die dynamische Steifigkeit  $s'$  (MN/m<sup>3</sup>) mit signifikantem Einfluss auf die Luftschalldämmungseigenschaften von Außenwänden. Das Spektrum des Schalldämm-Maßes von Außenwänden mit WDVS zeigt einen Einbruch bei der Masse-Feder-Masse Resonanz entsprechend der Masse des CLT und dem Außenputz sowie der als Feder agierenden Dämmplatte.

Untersuchungen hinsichtlich der dynamischen Steifigkeit von WDVS Platten aus expandiertem Polystyrol (EPS-F - das mit Abstand am häufigsten verwendete Material) wurden in (Kernöcker et al. 2017) vorgenommen. Die Autoren stellten an einem EPS-Block mit den Abmessungen 1,27 x 1,02 x 4,02 m (Produktionsergebnis bevor die Platten daraus zugeschnitten werden) fest, dass die Dichte und die dynamische Steifigkeit der daraus resultierenden Dämmplatten variieren. Dabei war zu erkennen, dass Proben aus dem oberen Bereich des Blockes ein höheres  $s'$  aufweisen, wobei ebenfalls eine gewisse, jedoch recht schwache Korrelation zwischen der dynamischen Steifigkeit und der Dichte der Probe nachweisbar war. Daraus wurde abgeleitet, dass bei diesem spezifischen Material, allein innerhalb einer Produktionscharge (ein Block),  $s'$  eine Streuung um den Faktor 1,5 aufweist ( $s'$  von 40,4 bis 61,4 MN/m<sup>3</sup>).

Bestimmt wird  $s'$  gemäß EN 29052-1, wobei ein 2016 durchgeführter Ringversuch Ergebnisdifferenzen bis zu 55 % ergab wenn die Standardmethode angewendet wurde und bis zu 300% wenn Spachtelung und Kitt nicht mit gleich hoher Präzision verarbeitet wurden

(Urban et al. 2018b). Berücksichtigt man diese Größenordnungen, so ist abzusehen, dass selbst Messergebnisse nicht absolut zuverlässig sind, was auch Einfluss auf die Zuverlässigkeit etwaiger Prognosemodelle haben muss.

### 3. Methode für ein vereinfachtes Prognosemodell

Ausgehend von dem Ziel, den Zusammenhang zwischen Schalldämmeigenschaften und der Masse des Elements zu finden, quasi ein Bergersches Massegesetz für CLT wie es gemäß EN 12354-1 seit Jahren im mineralischen Massivbau erfolgreich angewendet wird, wurde damit begonnen Messergebnisse von Brettsperrholzplatten die von Stora Enso Wood Products, zur Verfügung gestellt wurden, auszuwerten.

Der nächste Schritt ist der Aufbau einer umfassenden Datenbank für das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  von Außenwänden aus CLT mit Wärmedämm-Verbundsystem. Basierend auf dieser Datenbank und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass verschiedene Parameter dieses Schwingensystems variiert werden können, wird die Resonanzfrequenz  $f_R$  gemäß Gleichung 1 als Basis für die Berechnung herangezogen. Dabei sind  $s'$  die dynamische Steifigkeit des Dämmstoffs,  $m'_{CLT}$  die Masse des Brettsperrholzes und  $m'_{plaster}$  die Masse des Putzes.

$$f_R = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{s' * \left( \frac{1}{m'_{CLT}} + \frac{1}{m'_{plaster}} \right)} \text{ in Hz} \quad (1)$$

Die verschiedenen existierenden Prognosemodelle zur Vorhersage der Schalldämmung von BSP mit WDVS wurden angewandt und mit den Messergebnissen verglichen. Nachdem die dynamische Steifigkeit den Parameter mit der größten Auswirkung und der Größenvariation darstellt, wurden Messergebnisse ohne zuverlässiger Spezifikation von  $s'$  aus dem Modell ausgeklammert. Zuletzt wird die Standardabweichung des neuen Einzahlmodells für CLT mit WDVS berechnet und Anwendungsgrenzen definiert.

### 4. Existierende Einzahl-Vorhersagemodelle

Verschiedene Modelle zur Vorhersage des bewerteten Schalldämm-Maßes von CLT aus dessen Masse wurden bereits publiziert (Rabold 2018, Di Bella et al. 2018). Dabei gelten die Ergebnisse bei (Rabold 2018) auch für beplankte CLT-Wände, gleichwohl limitiert auf 160 mm Stärke, und jene von Di Bella für Plattenstärken von 78 bis 245 mm, also auch für Decken.

Modelle für die Einzahlberechnung des Schalldämm-Maßes von Wänden mit Wärmedämmverbundsystem gibt es seit langem für den mineralischen Massivbau (Weber 2018, etc.) und haben es auch in die Normung (EN 12354-1) geschafft. Diese Modelle sind jedoch auf den mineralischen Massivbau beschränkt und deren Anwendung auf CLT nicht möglich, da die Massendifferenz der Grundkonstruktion und des Putzes gegenüber mineralischen Baustoffen viel geringer ist.

In Holtz et al. 2006 wird erstmals ein Prognosemodell für Massivholz mit WDVS präsentiert, welches sich mit den uns zur Verfügung stehenden Messergebnissen aus verschiedenen Prüfständen nicht gut deckt.

### 5. Vereinfachtes Prognosemodell

Das neue, vereinfachte Prognosemodell wurde exklusiv für die Anwendung von CLT bzw. CLT mit WDVS zur thermischen und akustischen Verbesserung entwickelt. Daher konnte die Komplexität im Vergleich zu herkömmlichen akustischen Modellen reduziert werden, da nur eine Art von Grundwand mit den am häufigsten ausgeführten Befestigungsmethoden zu betrachten war.

#### 5.1. Prognosemodell für die Schalldämmung von Brettsperrholz

In Abbildung 1 sind Mittelwerte (und Messwertbereich bei mehreren Messungen) diverser Ergebnisse von Messungen der Luftschalldämmungen von Brettsperrholz unterschiedlicher Stärke dargestellt.

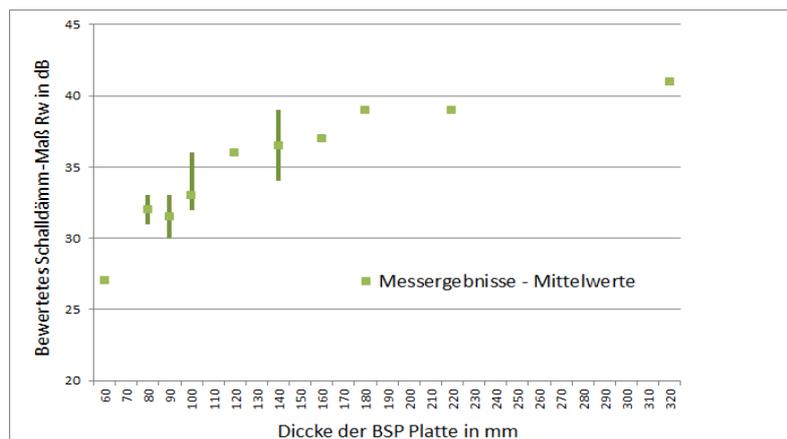


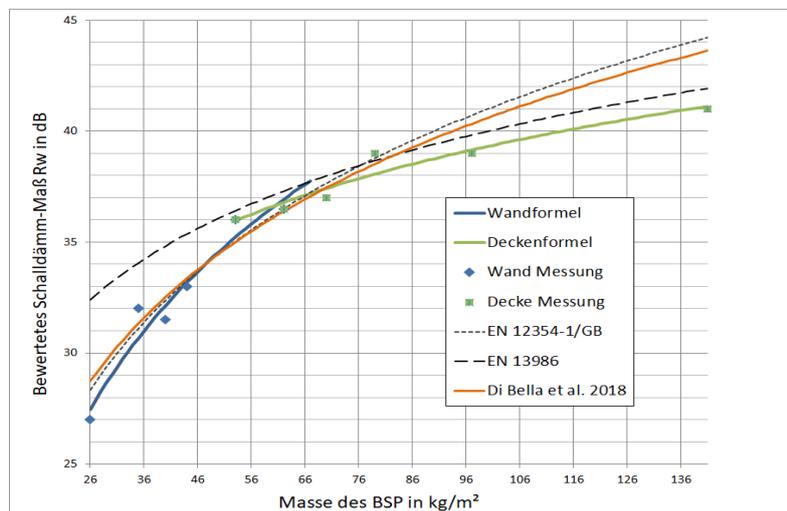
Abbildung 1: Messergebnisse (Mittelwerte und Bereiche) der Luftschalldämmung von BSP

Die Masse der Platten wurde aus einer durchschnittlichen Rohdichte von  $440 \text{ kg/m}^3$  errechnet. Das stellt die Basis für die Gleichung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$  dar. Darüber hinaus wurde berücksichtigt, dass der Einbauwinkel einen wesentlichen Einfluss auf die Schalldämmung hat (Thorsson 2016), weshalb 2 Gleichungen (eine für Wände und eine für Decken), unter Berücksichtigung der üblichen Stärken bei der jeweiligen Anwendung, entwickelt wurden. Das „Massegesetz für CLT“ wurde aus den Mittelwerten der verfügbaren Messergebnisse abgeleitet, wobei besondere Ausreißer (Ursache den Autoren bekannt) ausgeklammert wurden. Gleichungen 2 und 3 stellen die jeweilige Masseformel für Wände und Decken dar.

$$R_{w,CLT,wall} = 25 \lg m'_{CLT} - 8 \text{ in dB (anwendbar für CLT Wände von 60 bis 150 mm)} \quad (2)$$

$$R_{w,CLT,floor} = 12,2 \lg m'_{CLT} + 15 \text{ in dB (anwendbar für CLT Decken von 120 bis 320 mm)} \quad (3)$$

Das Ergebnis aus der Anwendung der beiden Gleichungen 2 und 3 ist in Abbildung 2 dargestellt. Darüber hinaus wurden auch weitere Berechnungsmethoden des bewerteten Schalldämm-Maßes wie etwa in EN 12354-1, EN 13986 und (Di Bella 2018) darin skizziert.

Abbildung 2: Messergebnisse (Punkte) und Ergebnisse verschiedener Prognosemodelle (Linien) für  $R_w$ 

## 5.2. Prognosemodell für die Schalldämmung von CLT mit WDVS

Für gegenständliches Prognosemodell wurden nur Messergebnisse herangezogen, bei denen  $s'$  des tatsächlich verwendeten Dämmstoffs zuverlässig gemessen wurde. Generell wurde besonderes Augenmerk auf die Materialeigenschaften der einzelnen Schichten gelegt, wobei sämtliche Messungen von Stora Enso Wood Products zur Verfügung gestellt wurden. Zuerst muss die Resonanzfrequenz  $f_R$  des Schwingensystems gemäß Gleichung 1

unter Berücksichtigung der Massen des CLT und des Putzes sowie der dynamischen Steifigkeit der Dämmung ermittelt werden. Im Anschluss erfolgt die Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_w$  des Außenbauteils, bestehend aus CLT und WDVS gemäß der vereinfachten Gleichung 4.

$$R_w = -30 \lg f_R + 110 \text{ in dB} \quad (4)$$

Abbildung 3 zeigt die Messergebnisse der Luftschalldämmung von Außenbauteilen aus CLT mit WDVS und das Berechnungsergebnis aus dem vereinfachten Berechnungsmodell in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz  $f_R$ .

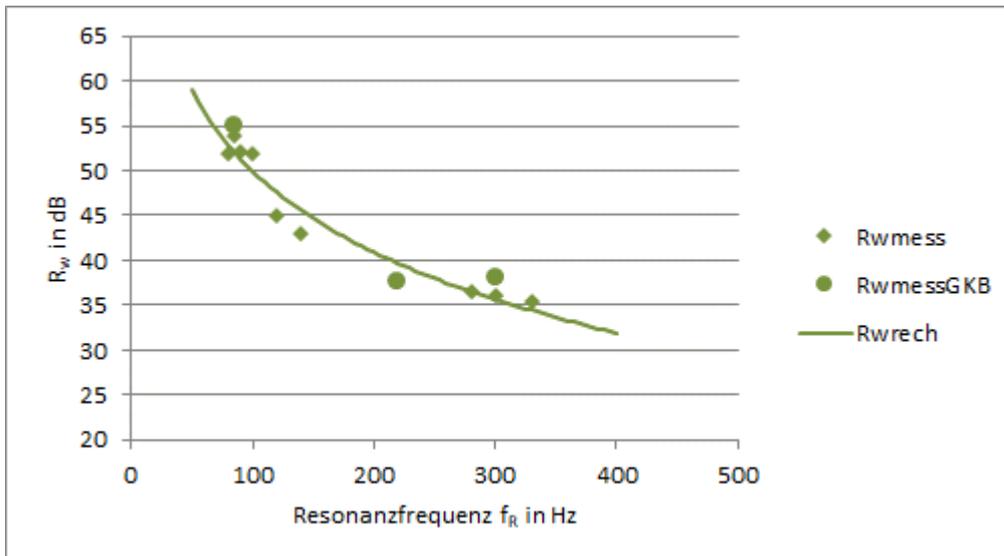


Abbildung 3: Messung (Punkte) und Berechnung (Linie) von  $R_w$  von CLT mit WDVS

### 5.3. Berücksichtigung des Frequenzspektrums des Straßenverkehrs ( $C_{tr}$ )

Nachdem Verkehrsrgeräusche die Hauptlärmquellen vor denen Außenwände schützen sollen darstellen, sind auch die Spektrum-Anpassungswerte für Verkehrslärm –  $C_{tr}$  und  $C_{tr,50-5000}$  – zu beachten. Während diese für die Brettsperrholzplatte nur geringe Bedeutung haben (-2 bzw. -4 dB) so können die Ergebnisse von  $C_{tr,50-5000}$ , in Abhängigkeit vom Dämmstoff, durchaus Größenordnungen von bis zu -23 dB erreichen. Näheres hierzu kann (Dolezal 2018) entnommen werden.

Die Anwendung von WDVS führt einerseits immer zu einer Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes von CLT Platten. Andererseits verschlechtert sich üblicher Weise das Spektrum des Schalldämm-Maßes im tiefen Frequenzbereich. Das führt zu schlechteren Resultaten von  $R_w + C_{tr}$  (der niedrigste gemessene Wert für  $C_{tr}$  lag bei -9 dB) und ganz besonders von  $R_w + C_{tr,50-5000}$  (der niedrigste gemessene Wert für  $C_{tr,50-5000}$  lag bei -23 dB).

Für das bewertete Schalldämm-Maß unter Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswertes für Verkehrslärm ( $R_w + C_{tr}$ ) wurde nach dem gleichen Verfahren wie für  $R_w$  eine vereinfachte Berechnungsformel entwickelt (Gleichung 5).

$$R_w + C_{tr} = 26 \lg f_R + 94 \text{ in dB} \quad (5)$$

Abbildung 4 zeigt die Messergebnisse von  $R_w$  und  $R_w + C_{tr}$  von Außenbauteilen aus CLT mit WDVS sowie die Berechnungsergebnisse aus den vereinfachten Berechnungsmodellen nach den Gleichungen 4 und 5 in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz  $f_R$ .

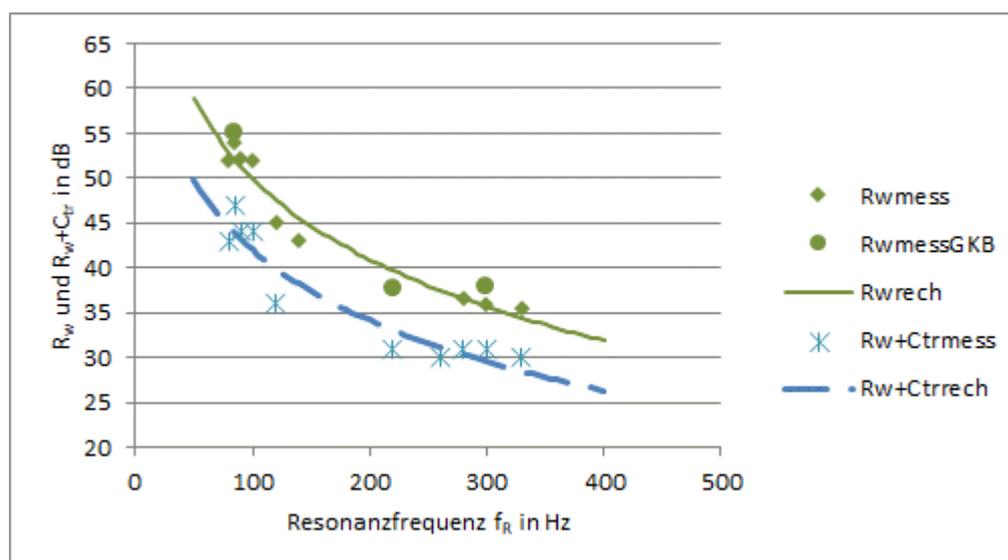


Abbildung 4: Messung (Punkte) und Berechnung (Linie) von  $R_w$  (grün, solid) und  $R_w+C_{tr}$  (blau, dashed) von CLT mit WDVS in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz

## 5.4. Genauigkeit des Prognosemodells

Das beschriebene Prognosemodell für  $R_w$  basiert auf einem semiempirischen Zugang mit strikter Einschränkung auf Messgrundlagen mit zuverlässig ermittelter dynamischer Steifigkeit des Dämmstoffes, was zu einer reduzierten Anzahl zugrunde liegender Messungen führt. Die Gleichungen 4 und 5 des Modells können als offenes System betrachtet werden, welches sich durch Hinzufügen weiterer Messungen verfeinern lässt. Bereits jetzt ist die Genauigkeit des Modells mit einer Standardabweichung  $\sigma = 1,6$  und maximale Abweichungen von  $+ 2$  dB bzw.  $-2,6$  dB (Abbildung 5) als ausreichend für bauakustische Anwendungen zu betrachten. Dies vor allem auch in Hinblick darauf, dass alleine bei der Messung der gleichen CLT-Platten in Prüfständen, Ergebnisdifferenzen von bis zu 4 dB, abhängig von den Randbedingungen, auftreten können (Dolezal 2018).

Wird eine genauere Bestimmung angestrebt, so können Außenwände mit WDVS auch frequenzabhängig mit dem Akustikmodul der Bemessungssoftware Calculatis von Stora Enso berechnet werden. Vergleichende Berechnungen haben gezeigt, dass sich dadurch die Standardabweichung des Einzahlwertes auf 0,8 und die maximale Abweichung auf  $+2$  und  $- 0,5$  verringern lässt.

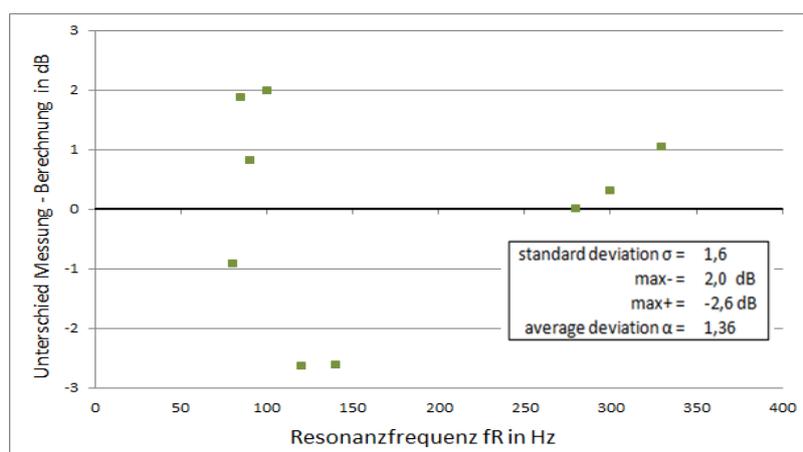


Abbildung 5: Unterschied zw. Messung und Berechnung im vereinfachten Modell von  $R_w$

## 5.5. Zusätzliche Aspekte

Die Schalldämmung ändert sich mit der Befestigungsmethode des Wärmedämmverbundsystems. Für gegenständliches Modell wurde eine vollflächige (100%) Verklebung zugrunde gelegt, was gemäß der Auskunft einer Reihe von Verarbeitern und Herstellern die aktuell übliche Methode darstellt. Dabei wird der Klebstoff mit einer Zahnspachtel aufgebracht.

Untersuchungen haben ergeben, dass eine Verdübelung mit Abdeckung durch Dämmstoffrondellen kaum Auswirkungen auf das bewerteten Schalldämm-Maß hat, ebenso wenig wie die Anzahl der Dübel (in den üblicherweise verwendeten Mengen). Ohne Dübelabdeckung empfehlen die Autoren einen Abschlag vom errechneten  $R_w$  von 1 dB.

Es wurden auch Messungen mit Gipsplattenbeplankungen analysiert. Dabei konnte gezeigt werden, dass eine zusätzliche innenseitige Gipsplattenlage von 12,5 mm (Standardtype) erwartungsgemäß zu einer Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes führt. In der Berechnung wird die Masse der Gipskartonplatte einfach zur Masse des CLT hinzuaddiert, was zu einer berechneten Verbesserung des Schalldämm-Maßes der Gesamtkonstruktion in der gleichen Größenordnung führt, wie jene, die in den Messungen festgestellt wurde.

## 5.6. Ausblick

Aktuell werden in Österreich im Rahmen der Überarbeitung der schalltechnischen Prognosenorm, ÖNORM B 8115-4, Anstrengungen zur ganzheitlichen, vereinfachten Beschreibung von Außenwänden mit WDVS unternommen. Das Ziel ist eine einheitliche Methode sowohl für Außenwände aus mineralischen, also auch aus Holzbaustoffen.

## 6. Literatur

- [1] Urbán D. et al. (a): *Influence of the Dynamic Stiffness of External Thermal Insulation on the Sound Insulation of Walls*, DAGA, München, 2018.
- [2] Weber L., Müller S., Kaltbeizel B.: *Einfluss von Wärmedämm-Verbundsystemen auf die Schalldämmung von Außenwänden*, Bauphysik 40 Heft 1, 2018.
- [3] ÖNORM B 8115-4: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen*, ASI, Wien, 2003.
- [4] Dolezal F. et al.: *Flanking Transmission of Impact Noise at Solid Wood Structures*, WCTE, Riva, 2010.
- [5] Kernöcker R. et al.: *Systematische Untersuchung der dynamischen Steifigkeit von EPS-Fassadendämmplatten (EPS-F)*, HTL 1 Bau und Design, Linz, 2017.
- [6] EN 29052-1: *Determination of dynamic stiffness -- Part 1: Materials used under floating floors in dwellings*, 1992.
- [7] et al. (b): *On the Uncertainty of Dynamic Stiffness Measurements*, DAGA, München, 2018.
- [8] EN ISO 12354-1: *Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 1 - Airborne sound insulation*, 2017.
- [9] Rabold A. et al.: *Mehrgeschosser in Massivholzbauweise. Teil 2: Schalltechnische Planung von Trennwänden*, Holzbau Quadriga, 2018.
- [10] Di Bella A. et al.: *Analysis of airborne sound reduction index of bare CLT walls*, WCTE, Seoul, 2018.
- [11] Holtz F. et al.: *Erarbeitung eines Prognoseverfahrens zur Bestimmung der Schalldämmung von Holzständerwänden auf der Grundlage der Konstruktion und der verwendeten Werkstoffe*, LSW, Abschlussbericht, Rosenheim, 2006
- [12] Thorsson P., Hagberg K., Golger A.: *Measurement Series to Verify the Accuracy of Stora Enso Acoustic Prediction Tool – SEAP*, ICA, Buenos Aires, 2016.
- [13] EN 13986: *Wood-based panels for use in construction. Characteristics, evaluation of conformity and marking*, 2004.
- [14] EN ISO 717-1: *Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Airborne sound insulation*, 2013.
- [15] Kumer N.: *Semiempirical model for prediction of weighted sound reduction index of cross laminated timber walls with external thermal insulation composite systems*. Proceedings AAAA, Zagreb, 2018.

## **Block B2**

**Wie planen wir den qualitativen HOLZBAU  
in der Zukunft GEMEINSAM**

# Analoges Entwerfen im strukturell gebundenen Raum

Eckehard Wienstroer  
WIENSTROER ARCHITEKTEN STADTPLANER  
Neuss, Deutschland



# Analoges Entwerfen im strukturell gebundenen Raum

## 1. Grundlagen: Bedingungen einer (Wohn) Architektur

**Gebrauchstüchtigkeit:** Dies ist grundlegende Anforderung an Architektur. Die Nutzung muss dauerhaft auch bei wechselnden Anforderungen gegeben sein. Die Anpassungsfähigkeit bei späteren Veränderungen ist Teil der Gebrauchstüchtigkeit.

**Ästhetische Qualität:** Hier steht das dauerhafte Abbild der Gebäude in der Stadt zur Diskussion, welches jeden Tag von hunderten und tausenden Menschen ertragen oder genossen wird. Es geht um Qualitätsfragen und Grundregeln der Architektur und nicht um geschmäcklerisch geführte Diskurse.

**Gesellschaftliche Bedeutung:** Welche Aufwendungen muss die Gesellschaft zur Erfüllung unserer immer hohen Anforderungen aufbringen, an welcher Stelle ist der Mitteleinsatz gerechtfertigt? Durch welche Investition profitiert unsere Gesellschaft? In welche Städte gehen wir gerne?

**Soziale Qualität:** Die maßstäbliche städtebauliche Struktur der Bebauung und der gute Grundriß der Wohnung befördert das positive und soziale Zusammenleben.

**Angemessenheit:** Müssen wir immer das maximal Erreichbare konstruieren oder genügt eine zweckangemessene Ausführung? Ist die neue Balkenschallschutznorm heilsbringend? Schallschutz, Barrierefreiheit, energetische Levels und Ausstattungsanforderungen der Bewohner und Eigentümer drehen die Anforderungsspirale weiter nach oben.

**Befriedigung der Wohnbedürfnisse:** Das Thema Wohnen ist eine wenig genau definierte Tätigkeit ohne Form und Regeln. Eine der letzten Fragen ist: Küche offen oder geschlossen? Wie möchten wohl junge Menschen in Zukunft Wohnen, ist Arbeit vom Wohnen getrennt? Das Thema 3 Zimmer Küche Diele Bad muss immer neu definiert werden.

**Anpassungsfähigkeit:** Für die noch nicht bekannten Lebensbedürfnisse benötigen wir anpassungsfähige Systeme und Strukturen. Das bedeutet: Reduziere die festen Elemente. Setze die festen Elemente hochgradig präzise und ausbalanciert, dann folgen sie jeder Veränderung.

**Nutzerverantwortung:** Die Umgebung muss höchste Qualität erreichen, so dass die Verantwortung der Bewohner automatisch angesprochen wird. Nur was wir Menschen Wert erachten wird auch pfleglich behandelt werden.

**Einhaltung von Gewohnheiten:** Der 3 Meter Schrank ist gut aber tatsächlich ersetzbar. Architektur muss nicht umerziehen, kann aber neue Anreize und Möglichkeiten bieten.

**Technische Maßstäbe:** Die Erforderniss, alles technisch Mögliche umzusetzen übertrumpft meist, das sinnvoll Notwendige zu realisieren. Unsere Standards sind mitunter überzogen und verbrauchen die Ressourcen statt diese zu schützen.

**Einpassung in den städtischen Raum:** Das Objekt übernimmt auch Verantwortung für die ganze Stadt. Individualität muss gezeichnet sein von Qualität, Einpassung und verantwortlicher Bezogenheit auf die Umgebung.

**Nachhaltigkeit von Material, Konstruktion und Nutzung:** Eine nachhaltige Investition, so wie es ESG (Environmental, Social and Governance (ESG) Resources) definiert, stellt Nutzungsanforderungen, inhaltliche Belange, Umweltqualität und Wiederverwendbarkeit in den Focus unserer Betrachtung. Dies funktioniert nur, wenn alle Elemente sinnvoll verknüpft sind. Eines der wichtigsten Merkmale einer nachhaltigen Architektur ist also eine gute Planung!

## 2. Architekturqualität im Wettbewerb, am Beispiel «Lacombletstraße Düsseldorf»

Alle sprechen von LEAN-Systemen. Verluste werden durch genau Prozessplanung eingegrenzt und weitestgehend vermieden. Fehler werden durch geplante und regelmäßige Kontrollabläufe reduziert.

Geht das so einfach? Wenn Lieferketten gestört werden wird es schnell kritisch.

Architekturqualität ist nur mit durchgehenden Absprachen zu erreichen. Dies betrifft alle Beteiligten, Bauherrn, Planer, Fachingenieure, Sonderfachleute. Und es benötigt hinreichend Zeit.

Schon im Wettbewerb für die Entwicklung der Lacombletstraße in Düsseldorf haben wir mit dem Tool der 3-dimensionalen Planung gearbeitet. Sämtliche Elemente wurden so aufbereitet, dass wir schon Dimensionen detailliert in Vorannahmen integrieren konnten. Der klar definierte Rahmen des vorhandenen Bebauungsplans musste eingehalten werden, eine spätere Anpassung im Sinne eines «größer-werdens» ist unmöglich. Der Wettbewerb wurde in Zusammenarbeit mit dem Investor DWG Düsseldorf und allen notwendigen Fachdisziplinen entwickelt. Der Investor verpflichtete sich, zu einem bestimmten Angebotspreis eine Wohnanlage mit 140 Wohnungen, einer Kita und einer Tiefgarage mit 100 Stellplätzen zu errichten. Die Notwendigkeit, nachprüf-



Abbildung 1: Lageplan Lacombletstraße, WAS / Kraftraum

bare Ergebnisse herzustellen, die nach einem glücklichen Gewinn auch einhaltbar sind, überträgt Verpflichtung und Verantwortung auch an alle beteiligten Planer. Aus diesem Grunde müssen also schon in der Phase Null nachhaltige Abstimmungen getroffen werden, die mit ihrer konzeptuellen Grundlage langfristig Bestand haben können. Klarheit und Eindeutigkeit ist gefragt.

## 3. Prozessabläufe heute

Ein Vorteil der Wettbewerbsarbeit entsteht aus der gedrängten Zeitsituation und der notwendigerweise sehr schnellen und kontinuierlichen Planung. Normale Planungsprozesse, die idealtypisch im Wettbewerb gelebt werden können, finden in der täglichen Planungspraxis nicht mehr statt. Hier sind wir ständig mit Diskontinuitäten beschäftigt. Es gilt also, daraus ein positives Moment zu entwickeln. Der Prozessablauf muss in neue und nicht dem Standardablauf der aus der HOAI geschuldeten Planungsschritte überführt werden.



Abbildung 2: Blick von der Lacomeltstraße WAS

Wir müssen uns in die Lage versetzen, die konzeptuell durchdachten Vorskizzen bei allen Planungsbeteiligten einzusammeln und mehr auf dieser Ebene Entscheidungen zu treffen. Es erfordert ein stärkeres Hin und Her der Teilergebnisse und weniger das Abwarten auf die Übergabe eines schon vollendeten Planergebnisses der anderen Beteiligten. Sicherlich kommt es zur Wiederholung, Anpassung und Veränderung von Teilergebnissen. Dies ist normal, wird aber auf die konzeptuelle Ebene beschränkt.

Es müssen auch beispielhafte Hauptdetails entwickelt werden. Themen, die meist erst in der späten Leistungsphase geprüft werden! Die Fachplaner werden Teil des Entwurfsprozesses, sie müssen partnerschaftlich und gleichwertig in die Entwurfsplanung miteinbezogen werden. Die Zeiten, in denen der Haustechniker seinen Entwurf auf Basis der fertigen Architekturplanung ausarbeiten muss, sind nun endgültig vorbei. Das ist so und kann anders nicht funktionieren.

Die Entwurfsplanung ist die Abstimmung aller relevanten Planungselemente, eine sogenannte Abwartephase gibt es nicht mehr. Die Werkplanung wird zergliedert, heutige Ansprüche an richtige Planung verträgt kein klassische Abschnittsbildung, wenn Fehler und Planungswiederholungen vermieden werden sollen. Der Werkplan ist nicht die Reparaturabteilung für schlechte Vorarbeit. Natürlich muss die Zeitplanung angepasst werden.

Wir machen uns keine Gedanken über die Leistungsphasen sondern über die planerischen Notwendigkeiten. Insgesamt folgt aus dem Zeitplan ein **diskontinuierlicher Arbeitsablauf**, geschuldet der Abstimmung mit den Beteiligten und geschuldet der Idee, nichts doppelt zu planen.

Qualitäten werden definiert, Grundrisse geprüft, das Tragwerkskonzept mit Haustechnikkonzept und Planungsidee in Einklang gebracht.

Erst danach wird die erste realistische 1:1 Geometrie mit allen passenden Wandaufbauten und Deckenstärken dreidimensional aufgebaut und der zweite Prüfdurchgang der Fachplanung kann beginnen. Die aktuelle Leistungsphase nach HOAI liegt irgendwo zwischen 2 und 5.

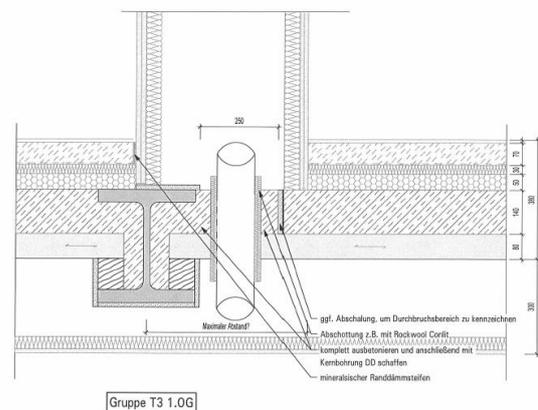


Abbildung 3: Deckendurchführung Pirmin Jung / WAS

## 4. Grundlagen der Planung

Um erfolgreich zu sein, muss die Aufgabenstellung durch den Auftraggeber konzentriert und detailliert erdacht werden. Eine zögerliche und alles offenlassende Entscheidungsfindung ist nicht zielführend. Vertrauen in die langjährig gemachten Erfahrungen und die daraus abgeleiteten Entscheidungen führen zu eindeutigen Ergebnissen. Eine entschiedene Haltung bedeutet nicht, keine Experimente zu wagen. Eher das Gegenteil ist der Fall. Die Entscheidung, einen wirtschaftlich sinnvollen Holzbau zu planen, bedarf einer grundsätzlich eher konsequenten Haltung und der Fähigkeit, Entscheidungen auch dieser Haltung folgend umzusetzen.

Der Wohnungsbau hat kein Raster. Das kleinste denkbare Raster ist 1 mm. Die Anforderungen an einen barrierefreien Bau, welcher den besonderen Ansprüchen der Wohnbauförderung folgt, und Nutzansprüchen und Architekturqualität erfüllt, führen nicht automatisch zu einer strukturell eindeutigen und regelmäßigen Struktur.

Diese ist aber zu suchen und auch zu finden! Hier wird deutlich, dass nur die Einbeziehung aller Anspruchskomponenten erfolgreich wird. Die **analoge Betrachtung der Planung** kann erst das gewünschte Ergebnis realisieren. Das einsame Arbeiten führt eher zu Szenarien, die dann im Ergebnis an einen Umbau erinnern werden.

Der Tragwerksplaner, der eine Lösung «herbeibetonieren» muss, damit die kryptischen Grundrissplanungen noch passen und der vergessene Schacht später noch möglich wird, erfindet am Ende eine Lösung, die mit einem geordneten System, welches wir für den Holzbau und überhaupt für jedes andere Bausystem benötigen, nichts mehr gemein hat. Eine Sache muss klar gesagt werden: jeder gute Grundriss hat immer auch eine eindeutige und klare Struktur und ist typologisch erkennbar.

Wir müssen uns also als Planer in die Lage versetzen, konzeptionell eindeutige und strukturell klare Grundlagen von Anfang an zu schaffen, um hier nachhaltige Lösungen anzubieten. Die höchsten Anforderungen in dieser Abfolge werden an den Auftraggeber gestellt. Denn dieser legt den Grund in seiner Aufgabenstellung. Oft kennen wir Festlegungen, die am Ende «gar nicht so» gemeint waren.



Abbildung 5: BIM Modell Lacombletstraße WAS

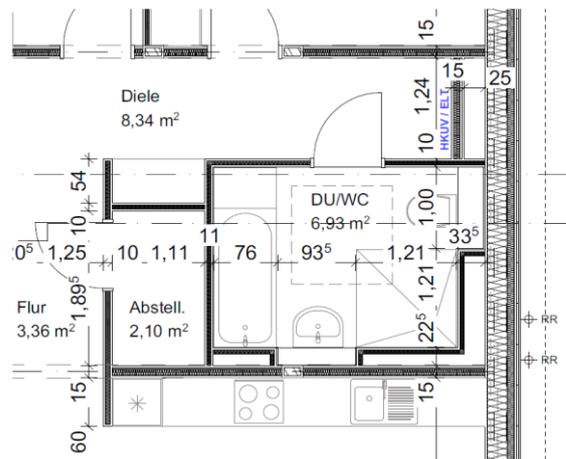


Abbildung 4: WC-Kern WAS

Und wenn es nicht eindeutig ist, entsteht an dieser Stelle ein hoher Bedarf an Beratung. Wir Planer müssen fähig sein, die Bedürfnisse des AG schon früh zu erkennen und zu verstehen. Nur im offenen Diskurs kann ein Entwurf entstehen, der auch die Anforderungen **der strukturell gebundenen Räume** erfüllen kann. Keine Angst vor Widerspruch, sonst kann es teuer werden. Tatsächlich trägt z.B. der Architekt auch dann Verantwortung, wenn er einfach nur mitmacht und alle Wünsche widerspruchslos umsetzt. Das Ergebnis ist dann leider meist fehlerhaft und erfüllt kaum den Anspruch an verantwortungsvolle und nachhaltige Architektur.

Die Konzeptphase mit dem Auftraggeber hat in unserem Projekt Lacombletstraße eine wesentliche Rolle für die Programmierung des Projektes gespielt. Hier wurde die ganzheitliche Betrachtung ermöglicht.

## 5. Lacombletstraße Projektvorstellung

### 5.1. Mischung und Nutzung

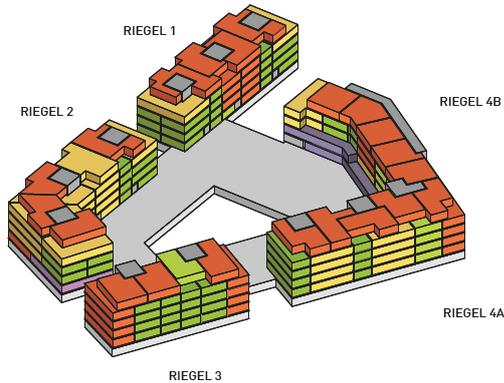


Abbildung 6: Wohnungsmix Lacombletstraße WAS

Das Projekt ist ein Beispiel für genossenschaftliches Wohnen und Leben im besten gemeinschaftlichen Sinne. Fast alle Wohnungen werden preisgedämpft oder öffentlich gefördert realisiert. Nur wenige Wohnungen werden bindungsfrei vermietet. Die Gebäude bieten für eine große Bandbreite von Bewohnern in einer sozial ausgewogenen Mischung für alle Nutzungsideen unterschiedliche Möglichkeiten und Entfaltungsspielräume. Das Wohnungsangebot ist sehr vielfältig und bietet großen, mittleren und kleinen Familien unterschiedliche Angebote. Zusätzlich werden Wohnungen angeboten, die dem immer stärker gefragten Arbeitsplatz in der privaten Wohnung anbieten. Homeoffice wird damit zum integrierten Baustein in einem modernen Familienleben. Eine Anzahl von Wohnungen werden für Rollstuhlfahrer nach «R»-Regel geplant und im Quartier verteilt angeordnet. Die zentrale Aufenthaltsfläche bietet sowohl ruhige Sitzbereiche als auch Aktivitätszonen und Spielmöglichkeiten. Die Tiefgarage ist in der Mitte des Quartiers ausgespart, so dass in diesem Bereich auch tiefwurzelnde Bäume angeordnet werden können. Der Außenbereich der Kita ist gestalterisch in die Gesamtplanung integriert und wird mit einem schützenden Zaun von der halböffentlichen Fläche getrennt.

### 5.2. Nachhaltigkeit der Konstruktion

Die Gebäude werden als Holzbauten im KfW 40 Standard errichtet. Die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen minimiert den CO<sub>2</sub> Verbrauch und reduziert den ökologischen Fußabdruck. Sämtliche Tragstrukturen werden aus Brettspertholz für Decken und als Holztafelbau für die Wände erstellt. Die Decken erhalten zusätzlich einen Aufbeton zur Sicherstellung von Brandschutz und Schallschutz. Die Treppenhaukerne werden als tragende und aussteifende Betonkonstruktionen realisiert. Die zentrale Lage des Aufzuges verringert stark den Schalleintrag der Aufzüge und stellt eine einfache Bauweise sicher. Die Spannweiten sind auf ökonomische Längen begrenzt und erfordern keine ergänzenden statischen Maßnahmen. Alle möglichen Tragachsen sind übereinander gelagert, so dass wenige Stahlstützen und Unterzüge die Hauptlasten abtragen.

Die Balkone werden als vorgestellte Konstruktion aus Betonplatten und -Stützen geplant.

Die gesamte Konstruktion wird einen sehr hohen Grad an Vorfertigung erreichen und ermöglicht dadurch den Einsatz von kontrollierten, zertifizierten und im Montageverfahren gefügten Materialien. Damit wird der ressourcenschonende Materialkreislauf sichergestellt.



Abbildung 7: BIM Modell Vorgestellte Balkone WAS    Abbildung 8: BIM Modell Zentrale Kerne WAS

Der hohe Grad der Vorfertigung beschränkt nicht die Vielfältigkeit der Wohnungstypen, sondern ermöglicht innerhalb der Planung mit seinen strukturell durchdachten Konstruktionsystemen eine sehr hohe Flexibilität. So erlaubt die Bauweise z.B. die Verkoppelung von Zweizimmerwohnungen zu 4-5 Zimmerwohnungen. Die typologische Vielfalt erzeugt höchste Nutzungsflexibilität und damit größte Dauerhaftigkeit der gesamten Konstruktion.

### 5.3. Fassaden und Adressbildung

Fassaden repräsentieren das Gebäude.

Fassaden repräsentieren die Stadt.

Fassaden repräsentieren den Charakter des neuen Quartiers.



Abbildung 9: Fassadenabwicklung Lacombletstraße WAS

Die konstruktive Durchbildung der Wände auf Basis eines flexiblen Grundrasters erlaubt eine hohe Bandbreite von gestalterischen Anpassungen ohne die Grundstruktur zu verletzen. Damit wird es möglich, einzelne Haustypen auszubilden, die sich sowohl in der Farbigkeit unterscheiden als auch in ihrer Materialität und typologischen Ordnung. Ablesbare Haustypen mit variierenden Fassadenbildern prägen das Quartier und gliedern die Baumasse in begreifbare Abschnitte mit unterschiedlichen Charakteren.

## 6. Fazit

Wir bauen immer in einer Stadt, einer Umgebung, für deren räumliche, soziale und bauliche Qualität wir Verantwortung tragen.

Es ist gut, wenn es Mindestregeln gibt. Es ist schlecht, wenn Alternativen nicht zugelassen werden und die Innovationskraft am Regeldetail scheitert. Try more!

Junge Menschen mit ihren Ideen und Ansprüchen müssen die Bedingungen für die Zukunft prägen und nicht Auslaufmodelle die Zukunft verschließen.

Konstruktion ist nie Selbstzweck sondern dient immer dem Inhalt. Sie muss Architektur zum Blühen bringen.

Höchste technische Ausführungsanforderungen und überhöhte Standards verbrauchen die Mittel, die für sinnvolle inhaltliche und ästhetische Qualität zu oft fehlen.

Strukturelle Gebundenheit erfordert größere Anpassungsbereitschaft der sonstigen Regelsysteme.

Leistungsphasen der HOAI beschreiben Inhalte aber nicht immer deren zeitliche Abfolgen. Wir müssen diese den Planerfordernissen anpassen können!

Diskontinuität ist kein Desaster sondern ein Prinzip.

Richtig planen und mit mehr Zeit von Anfang an.

# Tragwerksplanung im Kontext der beteiligten (Fach-)Planer

Tobias Götz  
PIRMIN JUNG Deutschland GmbH  
Remagen, Deutschland



# Tragwerksplanung im Kontext der beteiligten (Fach-)Planer

## 1. Einleitung

### 1.1. Herausforderungen

Der moderne mehrgeschossige Holzbau befindet sich seit gut einem Jahrzehnt in Deutschland im Aufwind. Zunehmend werden Architekten, Bauingenieure, TGA- und Elektroplaner sowie gleichermaßen Projektsteuerer mit der Planung moderner Holzgebäude beauftragt. Aufgrund der sehr jungen Bauweise fehlt vielen Beteiligten allerdings die nötige Erfahrung, um «holzbaugerecht» die Planung im Sinne einer reibungslosen Ausführung erstellen zu können.

Die heutige HOAI stimmt die Planungsleistungen auf die konstruktive Planung eines Massivgebäudes ab. Dies bedeutet, dass vor allem in der Tragwerksplanung ein Großteil der Planung – 70% – in den Leistungsphasen 4 und 5 zu bewerkstelligen sind. Die Leistungsphasen 1 bis 3 von der Grundlagenermittlung bis zur Entwurfsplanung spielen im HOAI-Gedanken eher eine untergeordnete Rolle und nehmen nur 28% der geforderten Leistung in Anspruch. Diese Denkweise hat sich über Jahrzehnte nicht nur bei Tragwerksplanern, sondern auch bei TGA- und Elektroplanern manifestiert. In den späten Planungsphasen steckt das meiste Honorar, genau an diesen Stellen wird dann auch erst «richtig» in die Planung eingestiegen. Als dezenter Hinweis und Spiegelung dieser Einstellung, die sicher jeder Bau-/Planungsbeteiligte schon mal irgendwo gehört hat, sei der nachfolgende Satz in irgendeiner Art und Weise genannt: «Das klären wir dann in der Ausführungsplanung oder auf der Baustelle».

Die Klärung wichtiger konstruktiver Details des Holzbaus muss vor der Ausführungsplanung erfolgen, eine Klärung sämtlicher Details auf irgendeine Art und Weise auf der Baustelle bedeutet bei einem maximal vorgefertigten Holzbau meistens große Eingriffe in die Bauteile und damit einhergehende immense Qualitätsverluste.

Der Baustoff Holz «lebt» wie kein anderer Baustoff von frühzeitiger Planung und steht damit diametral zu den Anforderungen der HOAI und den Planungskulturen der am Bau beteiligten Fachplaner. Die besondere Herausforderung des versierten Holzbau-Tragwerksplaners – in Fachkreisen auch als Holzbauingenieur bezeichnet – liegt in der Darstellung, der Erklärung und dem Moderieren dieser neuartigen Bauweise und der sich damit verändernden Planungsgewohnheiten. Als Vergleich sei an dieser Stelle die Planung eines Elektroautos im Vergleich zu einem herkömmlichen Verbrennungsmotor genannt. Bei der neuartigen Elektrotechnologie werden sicher andere Planungsansätze und andere fachliche Qualitäten verlangt als beim konventionellen Benzin- oder Dieselmotor. Das Erscheinungsbild des Elektroautos allerdings unterscheidet sich nahezu gar nicht von dem des konventionell betriebenen Fahrzeugs!



Abbildung 1/2: Volkswagen GmbH mit ID.3 und Golf VIII (Quelle: Volkswagen AG)

## 2. Lösungsansätze

### 2.1. Tabellarischer Projektablauf

Der Ingenieur denkt gerne in Spalten und Zeilen, um v.a. Zahlen besser und übersichtlicher darstellen zu können. Gleiches hat sich im Hinblick auf die Darstellung des holzbaurechten Projektablaufs bewährt. In der nachfolgenden Grafik wird auszugsweise dargestellt, welche Aufgaben von welchen Planungsbeteiligten in welchen Leistungsphasen mit welchen Ergebnissen und welchen Verantwortlichkeiten zu liefern sind.

PIRMIN JUNG										
Projektablauf mehrgeschossiger Holzbauten										
Projekt-Merkblatt										
Diese Merkblatt soll dazu beitragen, dass die Planung von mehrgeschossigen Holzbauten möglichst reibungslos und koordiniert abgewickelt werden kann. Im Folgenden ist der Idealbalauf dargestellt. Je nach Projekt kann es sinnvoll sein, davon abzuweichen.										
Bauherr	Architekt	Bauleiter/Projektsteuerer	BS-Ingenieur	Holzbauingenieur	Massivbauingenieur	Elektro-Planer	TGA-Planer	Prüfingenieur	Bauphysiker	Holzbauer
Legende:										
■ Verantwortlich										
○ Beratung/Unterstützung/Information										
Dokument										
<b>LPH 1: Grundlagenermittlung</b>										
■										
										Projektstudie (Grundrisse / Ansichten / Schnitt)
										Kontaktaufnahme mit Holzbauingenieur
	○			■					■	Grundsatzabklärungen: - Holzbau sinnvoll/ nicht sinnvoll - <b>Ja/Nein</b> - Kriterien: Normen, Vorschriften, Kosten, Nutzung, ... - Schallschutz - Lärmschutz - Erdbebenzone
■					○	○				Bodengutachten (liegt vor oder ist beauftragt)
									○	Gutachten zum Außenlärm (liegt vor oder ist beauftragt)
										Besichtigen Referenzobjekte / Kommunikation der Möglichkeiten
■										Entscheid: Objekt in Holz bauen - <b>Ja/Nein</b>
	○	■	○	○	○	○	○	○		Ausschreibung und Vergabe Fachplaner - Holzbaukompetenz ist vorteilhaft!
■	○									<b>Grob-Terminplan (Definition eines Verantwortlichen)</b>
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Dokumentation der Leistungsphase 1
<b>LPH 2: Vorplanung</b>										
■										Vor-Entwurfspläne Architekt
■	○	○	○	○	○	○	○	○		Schnittstellenregelung - Klare Definition
■	○									<b>Terminplan</b> - Meetingzyklus, Datenaustausch, Termine,...
○				■	■					Erstes statisches Konzept
○	○	○		○	○				■	Festlegen Wärmeschutzanforderungen
○	○	○		○	○				■	Festlegen Bauakustik/Raumakustik/Lärmschutz
○		■		○	○					Festlegen Brandschutzanforderungen
○	○	■		○	○					Konstruktions-/Bauteilaufbauten + Varianten
○	○	■		○	○					Information der Fachplaner zum Holzsystembau
○	○	■		○	○					Toleranzen im Massivbau gem DIN 18202:2013-04
○						■	■		○	Vorab-Definition der TGA & Raumvorgabe Leitungsführung
○						○	○	■	■	Grobkonzept der Schlitz- und Durchbruchplanung
■	○	○		○	○	○	○	○		Kostenschätzung nach DIN 276
■	○	○		○	○	○	○	○		Projektziele prüfen
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Dokumentation der Leistungsphase 2

Abbildung 3: Planungsablauf mehrgeschossiger Holzbau

Es mag insbesondere auffallen, dass in der Leistungsphase 2 sehr viele und doch schon konkrete Aussagen zur Tragwerksplanung, zum Wärmeschutz, zur Bauakustik und zum Brandschutz erfolgen müssen. Gleichermäßen ist es vielen TGA- und Elektroplanern völlig ungewohnt, dass in dieser frühen Phase bereits so dezidiert nach Leitungsquerschnitten, Leitungsführung uvm. gefragt wird. Erledigt sich in der Massivbauplanung sehr vieles dieser Themen durch eine entsprechende Beton- oder Mauerwerksdicke relativ einfach, so zeichnet sich der Holzbau durch sehr unterschiedliche Bausysteme mit sehr weit gestreuten Qualitäten aus.

## 2.2. Schulung Fachplaner

Aus der Vergangenheit muss festgestellt werden, dass nahezu alle Fachplaner v.a. im Hinblick auf Holzbaukonstruktionen und Tragwerksausbildung massive Defizite haben. Den beteiligten Fachplanern sollte zunächst ein Grundverständnis für statische Holzbausysteme im Sinne von Primärtragwerk (z.B. Unterzug) und Sekundärtragwerk (z.B. Decke) gegeben werden. Im Vergleich zum Massivbau setzt der Holzbau äußerst selten zweiachsig gespannte Flachdecken ein. Diese Tatsache muss den Fachplanern dargestellt und erläutert werden, da dies natürlich einen erheblichen Einfluss auf Architektur, Leitungsführung, Bauakustik usw. haben kann.



Abbildung 4: Gewerbeschule Paul Müller – Baar/CH; Darstellung des Primärtragwerks (Stützen/Unterzüge) in blauer Farbe, Darstellung des Sekundärtragwerks (Decke) in roter Farbe

Darüber hinaus ist schon mehrfach erwähnt worden, dass die Leitungsführung im Holzbau von erheblicher Bedeutung ist. Es bietet sich an, in dieser frühen Phase die beteiligten Fachplaner auf die Notwendigkeit einer intensiven Planungsabstimmung hinzuweisen. Im Gegensatz zum Massivbau verzeiht der Holzbau im Hinblick auf Durchbruchöffnungen und Leitungsquerungen nur sehr wenig. Kleinste Leckagen in der Außenwand können zu Kondensat führen, Querschnittschwächungen zur Leitungsdurchführung von Kabeln oder Rohrleitungen können schnell zu einem Versagen des Tragwerks führen. Aufgrund der häufig schlanken und sensiblen Holz-Bauteile muss gleichermaßen eine Sensibilisierung der Fachplaner vorgenommen werden.

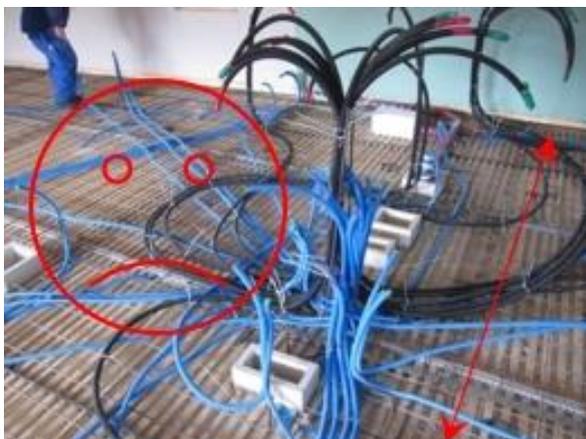


Abbildung 5: «Leitungsführung» auf Decke



Abbildung 6: Nachträglicher Stützendurchbruch

### 2.3. Kommunikation & Dokumentation der Ergebnisse

Aufgrund der neuartigen Bauweise und der damit verbundenen, ausführlichen Kommunikation empfiehlt es sich, dass in allen Leistungsphasen entsprechende Leistungsstände gegenseitig ausgetauscht und abgefragt werden. Die Umsetzung und Einhaltung eines verbindlichen Terminplans als Grundlage der Planung sollte grundsätzlich sehr stringent eingefordert werden.

Insbesondere im Hinblick auf das Ende der Leistungsphasen empfiehlt sich einerseits eine sehr ausführliche Dokumentation und Darstellung der jeweiligen Fachplanerleistungen in der gesamten Planungsrunde. Parallel dazu muss von allen Beteiligten eine Offenheit und Ehrlichkeit an den Tag gelegt werden, die klar und deutlich anzeigt, wenn es nicht erbrachte Planungsleistungen gibt. Eine Verschiebung solch fehlender Leistungen in eine spätere Planungsphase («Abdriften in die Massivbau-Planungsschiene») werden unweigerlich zu ungewollten Mehraufwendungen, möglichen Planungsfehlern oder sogar Ausführungsfehlern wie in den Abb. 5/6 führen.

### 2.4. Aufwand Holzbauplanung vs. Massivbauplanung

Es stellt sich abschließend die Frage, wie groß der Aufwand seitens eines versierten Holzbauingenieurs in solch einem Prozess ist. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Holzbau im Hinblick auf die HOAI im Normalfall niemals unter der Honorarzone III ins Rennen gehen sollte. Vom Planungsaufwand her benötigt der Tragwerksplaner im Normalfall auch nicht unbedingt mehr als die 100%, die in der HOAI veranschlagt werden. Allerdings sieht die Verteilung der Prozentpunkte deutlich anders aus als in der HOAI beschrieben.

Wie eingangs schon erwähnt, werden in der Honorarordnung dem Massivbau in den Leistungsphasen 4 und 5 jeweils 30% bzw. 40% der Leistung zugesprochen. Die statische Detailbemessung im Holzbau ist sicher auch aufwändig, sie ist allerdings bei entsprechend frühzeitiger Detailplanung in den Leistungsphasen 2 und 3 beherrschbar.

Ausgehend von den Erfahrungen der letzten Jahre zeigt sich, dass der Aufwand in der Tragwerksplanung in der Leistungsphase 2 mit ca. 12-16% anzusiedeln ist und in der Leistungsphase 3 mit ca. 18-22%. Damit liegt die Holzbauplanung in diesen beiden Phasen anstatt bei nur 25% bei ca. 30-38%. Die Verschiebung um diese 5-13% gleicht sich allerdings in der Genehmigungs- und Ausführungsplanung wieder aus.

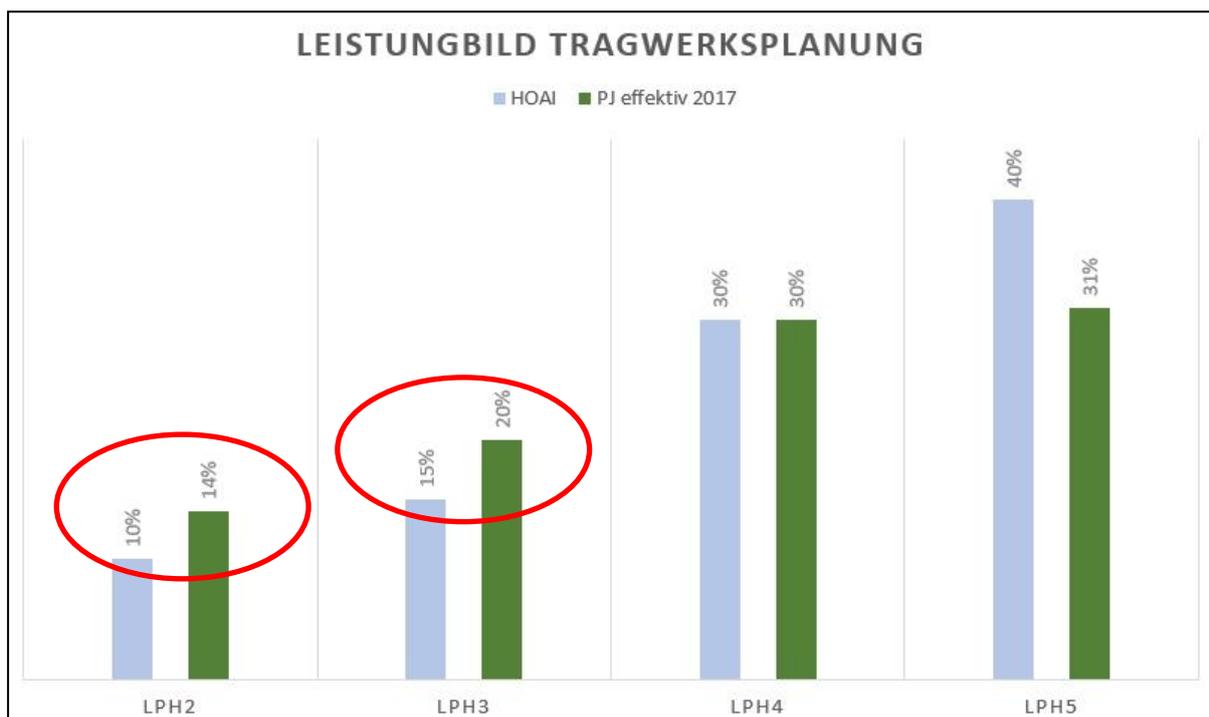


Abbildung 7: Effektive Leistungsaufwände im Vergleich zur HOAI

Auch termintechnisch bleibt die gesamte Planungsdauer im Vergleich zum Massivbau in etwa gleich. Es dauert allerdings etwas länger, bis alle Unterlagen für die Genehmigungsphase erstellt werden können. Dies bereitet v.a. manchen Architekten immer mal wieder Bauchschmerzen, da in vielen Köpfen immer noch die Denkweise der «schnellen» Bauantragseinreichung vorhanden ist. Einerseits ist ein frühzeitiges Einreichen der Genehmigungsunterlagen im Hinblick auf die Bearbeitungsfristen an deutschen Bauämtern nachvollziehbar – andererseits schiebt auch gerne der ein oder andere Architekt die intensive, detaillierte Planung gerne von sich weg.

### **3. Zusammenfassung**

#### **3.1. Holzbau ist ein Stück Zukunft**

Die Gesellschaft wird um den Baustoff Holz in Zukunft nicht herumkommen. Die zunehmende Anzahl an Projekten und die vor allem zunehmenden Projektgrößen lassen erahnen, welches Potenzial im Holzbau steckt. War es vor zehn Jahren schon ein Erfolg, wenn mit einem Architekturbüro oder einem Holzbaubetrieb ein mehrgeschossiges Gebäude in Holzbauweise geplant werden durfte, so sprechen wir heute bereits teilweise von ganzen Quartieren oder Siedlungen, die in mehrgeschossiger Holzbauweise ausgeführt werden.

Die Planungsbeteiligten werden sich an veränderte Planungsabläufe gewöhnen (müssen). Die Hochschulen müssen gleichermaßen in der Ausbildung der jungen Architekten und Ingenieure einen viel größeren Fokus auf diese veränderte Planung im Sinne integraler Planungsgedanken legen und hierfür entsprechende Unterrichtsstunden auflegen.

Architektonische und ingenieurstechnische Lösungen für den Holzbau gibt es massenhaft, es liegt ausschließlich an uns Menschen und am Umgang miteinander, was wir aus unseren Möglichkeiten machen!

# Fundierte Ausführungsplanung als Garant für gelungenen Holzbau

Roland Springmeyer  
SAINT-GOBAIN Brüggemann Holzbau GmbH  
Neuenkirchen, Deutschland



# Fundierte Ausführungsplanung als Garant für gelungenen Holzbau

## 1. Der gelungene Holzbau

Wie lässt sich eigentlich ein gelungenes Holzbauprojekt definieren?

Mit dieser Bezeichnung verbindet sich schließlich nicht nur ein auf welche Art auch immer fertiggestelltes Holzgebäude.

Vielmehr lässt sich das «Gelingen», also der Erfolg eines Holzbauprojektes, schlussendlich und vollends doch nur über den Erfolg des gesamten Entstehungsprozesses eines Holzgebäudes beurteilen.

Natürlich verbinden sich mit einem gelungenen Holzbau die üblichen Erwartungshaltungen, die aus der Branche als die prägnanten Vorteile des Holzbaus zurecht in die Gesellschaft getragen werden: trockene und schnelle Bauweise, ökologische Aspekte wie CO<sub>2</sub>-Neutralität, Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit, etc. pp. sollen hier nur als wenige Beispiele dienen.

Der Bauherr bzw. Auftraggeber eines Gebäudes verbindet damit in jedem Falle und ganz besonders aber auch die berechtigte Erwartung des wirtschaftlichen Erfolgs seiner Baumaßnahme.

Dieser bemisst sich bekanntlich nicht nur an den Herstellkosten des Projekts, sondern besteht aus einer Kombination aus Termintreue, Qualität und Herstellkosten.

Bezieht man nun den Entstehungsprozess des Projekts in die Bewertung des Gelingens ein, so lässt sich der Erfolg einer Holzbauplanung am besten am Umfang des werkseitigen Vorfertigungsgrades der Holzbauteile ablesen.

Denn eine im Vergleich zu früheren Bauweisen gesteigerte Ausführungsqualität lässt sich nahezu ausschließlich unter den kontrollierten Bedingungen der werkseitigen Vorfertigung eines Holzbaubetriebes gewährleisten.

Daher führt der Weg zu einem gelungenen Holzbauprojekt ausnahmslos über eine konsequente, größtmögliche und projektspezifisch sinnvolle, werkseitige Vorfertigung von Holzbauteilen.

Mit Bezug auf die Hülle eines Gebäudes beinhaltet diese Forderung nicht mehr nur die werkseitige Vorfertigung der hölzernen Tragstruktur einschließlich der im Holzrahmenbau innerhalb der Gefache untergebrachten Dämmebene, sondern ganz besonders auch die werkseitige Montage der Fenster (samt Verschattungen) und Türen sowie der Fassadenbekleidung.

Im modularen Holzbau geht diese Anforderung noch weiter und umfasst auch die Vormontage von Installations- und Ausbaugewerken innerhalb dreidimensionaler Raummodule.

Um diesen ambitionierten, aber keineswegs unrealistischen Weg zu einem gelungenen Holzbauprojekt beschreiten zu können, sind neben einer qualifizierten Objektplanung aber auch weitere Voraussetzungen unabdingbar.

Denn zugunsten einer konsequenten und hochwertigen Vorfertigung muss auf die übliche Trennung der Vergabe von Einzelgewerken bzw. Losen verzichtet werden.

Durch eine logische Zusammenfassung mehrere Gewerke [Holzbau, Fenster, Fassade, ...] im Zuge der Ausschreibung von Bauleistungen stellt der Auftraggeber selbst also bereits frühzeitig die Weichen für das Gelingen seines Projekts.

## 2. Eine fundierte Ausführungsplanung

Was zeichnet in diesem Kontext also eine fundierte Ausführungsplanung aus?

Um ein Holzbauprojekt gelingen zu lassen, muss die Objektplanung den Weg für eine konsequente Vorfertigung der Holzbauteile ebnen.

Dieser Erfolg kann im Planungsprozess maßgeblich durch drei Faktoren erreicht werden:

- Erhöhte Planungstiefe in einer frühen Phase
- Einbindung von Holzbaukompetenz
- 3D-Planung und BIM-Methodik [*Building Information Modelling*]

Optimalerweise finden alle drei Faktoren innerhalb der Objektplanungen Anwendung. Es wirkt sich aber auch jeder einzelne Faktor allein schon positiv auf den Erfolg des Holzbauprojektes aus.

Kernforderung an eine **erhöhte Planungstiefe in einer frühen Phase** ist es, die für den Holzbau maßgeblichen Entscheidungen im Allgemeinen deutlich früher zu treffen.

Eine klassische Objektplanung auf konventionelle Weise, wonach in der Entwurfsplanung [LPH3] viel offengelassen wird, um in der Ausführungsplanung [LPH5] zu konkretisieren, funktioniert im vorgefertigten Holzbau nicht.

Konventionelle, mineralische Bauweisen sind diesbezüglich deutlich toleranter – ein erfolgreiches Holzbauprojekt ist aber darauf angewiesen, dass Planungsleistungen, die üblicherweise der LPH5 zugeordnet werden, in frühere Phasen vorgezogen werden.

Es ist ein integraler und iterativer Planungsprozess erforderlich, in dem sich die beteiligten Fachdisziplinen kooperativ und proaktiv untereinander austauschen müssen.

In deutlichem Gegensatz zu diesem Leitbild steht die mancherorts noch immer praktizierte Übertragung einzelner Planungsleistungen auf bauausführende Unternehmen im Rahmen der Vergabe von Bauaufträgen. Derartige Vorgehensweisen kommen einer baubegleitenden Planung gleich, führen zu Informationsverlusten in frühen Phasen und verringern die Erfolgchancen eines Holzbauprojektes.

Eines der treffendsten Beispiele für diese Anforderung ist die frühzeitige Festlegung von Bauteilaufbauten – insbesondere jener Bauteile, die einem hohen Vorfertigungsgrad unterliegen.

Allein schon dieser Umstand macht eine frühzeitige Einbindung und Koordination der Fachplanungen [Statik, Brandschutz, Schallschutz, etc. ...] in die Objektplanung erforderlich.

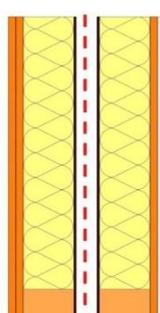
Bauakustik	Raumakustik	Brandschutz	Nr.	Dicke [mm]	Bezeichnung	
erf. R'w ≥ 52 dB	-	REI 30	1	15	OSB	
vorh. R'w = 52,0 dB	-		2	15	OSB	
			3a	100	Mineralwolle WLS 035 (ISOVER ULTIMATE Klemmfilz)	
			3b		KVH 6/10 cm	
			4	-	Diffusionsoffene Folie	
			5	40	Trennschicht Mineralwolle	
			6	-	Diffusionsoffene Folie	
			7a	100	Mineralwolle WLS 035 (ISOVER ULTIMATE Klemmfilz)	
			7b		KVH 6/10 cm	
			8	15	OSB	
			9	12,5	GKB	
			Σ	297,5		
	<b>Verwendbarkeitsnachweis:</b>					
	- Brandschutz: DIN 4102-4 Tabelle 10.6, Zeile 1					
	- Schallschutz: DIN 4109:1989 Beiblatt 1, Tabelle 24, Zeile 5 (vorh. R'w = 60 dB)					

Abbildung 1: Bauteilaufbau einer Trennwand mit integrierter Dokumentation der maßgeblichen Fachplanungen Bauakustik und Brandschutz (Quelle: Archplan GmbH, Münster)

Für die weitere Planung ist im Übrigen tatsächlich nur die frühe Entscheidung bzw. qualitativ gesicherte Festlegung der Bauteilaufbauten maßgebend. Einer zeichnerischen Darstellung der einzelnen Bauteilschichten kommt im Rahmen der Ausführungsplanung dabei – solange die Gesamtbauteilstärke passt – nur untergeordnete Bedeutung zu.

Gleichermaßen erforderlich ist auch eine frühe Einbindung der Planer der Technischen Gebäudeausrüstung. In logischer Konsequenz zu einer in Teilen vorgezogenen Objektplanung müssen natürlich auch das energetische Konzept und die Verteilung der Medien innerhalb des Gebäudes [bspw. durch Schächte] frühzeitig diskutiert und definiert werden. Platzbedarfe für die Installationen sind festzulegen und mit den Fachdisziplinen der Objektplanung abzustimmen.

Als Grundlage für diese frühzeitigen Planungsleistungen ist allerdings von Seiten der Bauherrschaft und seines beratenden Architekten eine ebenso frühzeitige Entscheidung erforderlich, in welchem Maße und Umfang eine werkseitige Vorfertigung der Holzbauteile gewünscht und gefordert wird.

Diese Entscheidung bestimmt maßgeblich die Planungstiefe in früheren Phasen.

Die **Einbindung von Holzbaukompetenz** in den Planungsprozess begründet sich in der Erfordernis eines Verständnisses für die Anforderungen und Abhängigkeiten des hoch vorgefertigten Holzbaus.

Schließlich müssen die damit verbundenen, teils eingeschränkten Vorfertigungsmöglichkeiten und komplexen Bauprozesse eine frühzeitige Berücksichtigung in der Planung finden.

Auch logistische Abhängigkeiten wie maximale Transportgrößen beeinflussen die Teilung von Bauteilen / Elementen in erheblichem Maße und wirken sich daher schlimmstenfalls bis in den Entwurf des Gebäudes aus.

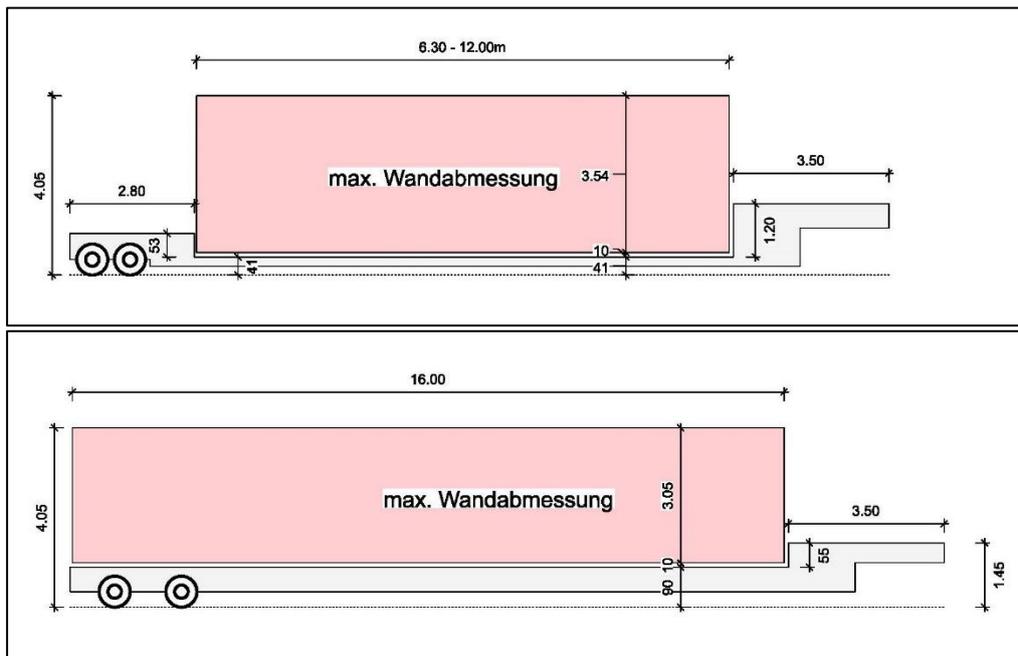


Abbildung 2: Darstellung maximal möglicher Transportgrößen ohne Sondergenehmigungen

Ob der Architekt selbst über die nötige Holzbauerfahrung verfügt, ein externer Holzbauspezialist hinzugezogen wird oder die Holzbauunternehmen selbst mit Ihrem Wissensvorsprung aushelfen – auf welchem Wege die Holzbaukompetenz eingebracht wird, spielt zunächst keine Rolle.

Eine Abkoppelung der Planung von der Ausführung, wie es in der konventionellen Planungskultur üblich ist, löst in der Praxis des Holzbaus jedoch Konflikte aus.

Änderungen sind die Konsequenz, die – je später der Zeitpunkt – zumeist tiefe Eingriffe in bereits als abgeschlossen geglaubte Planungen bedeuten und damit verheerende Auswirkungen auf die maßgeblichen Erfolgsfaktoren eines Holzbauprojektes haben.

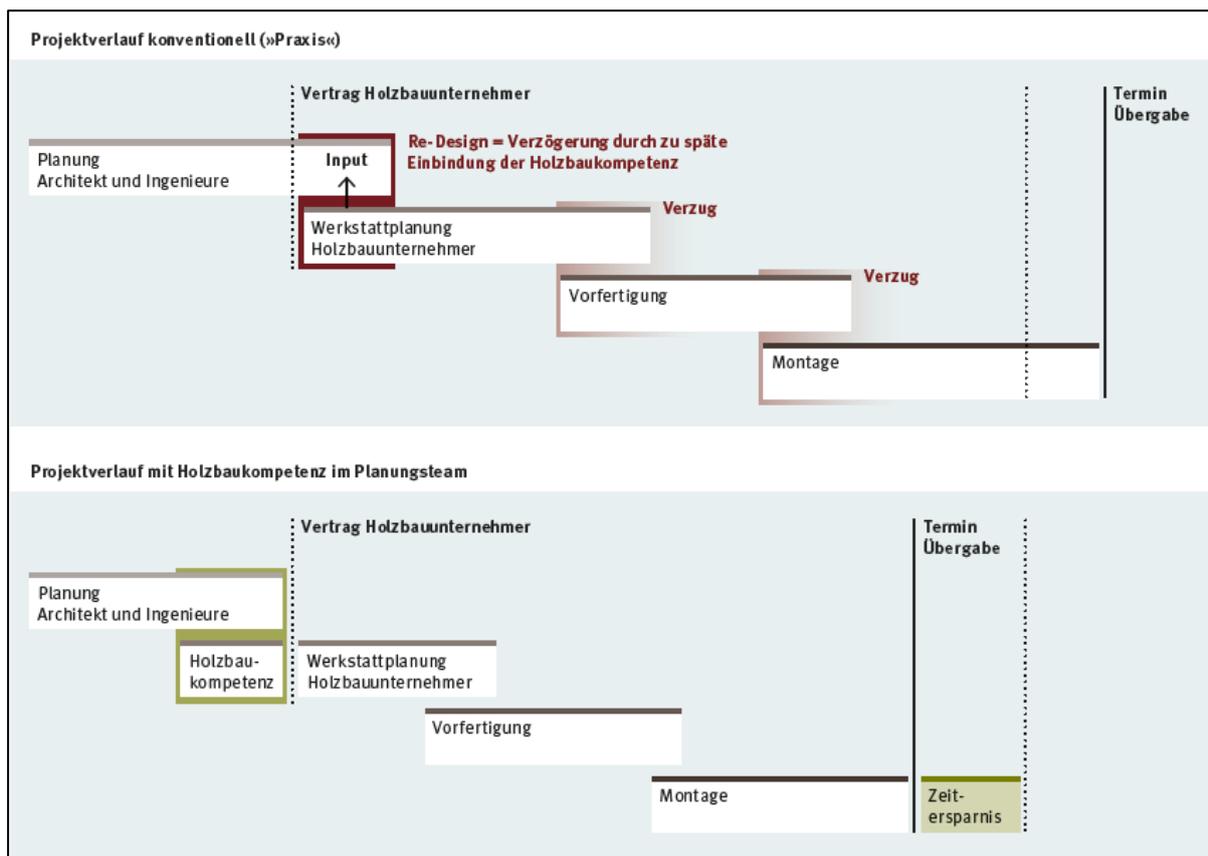


Abbildung 3: Gegenüberstellung eines konventionellen Planungsprozesses und einer Planung mit Holzbaukompetenz im Planungsteam (Quelle: TUM Professur Entwerfen und Holzbau, leanWOOD)

Der Architekt, dem die zentrale Aufgabe zufällt, den Überblick über die Komplexität eines Projektes zu behalten, findet in der **3D-Planung und BIM-Methodik [Building Information Modelling]** ein geeignetes Hilfsmittel für die Koordination und Integration der Fachplanungen und zur Steuerung des Planungsprozesses.

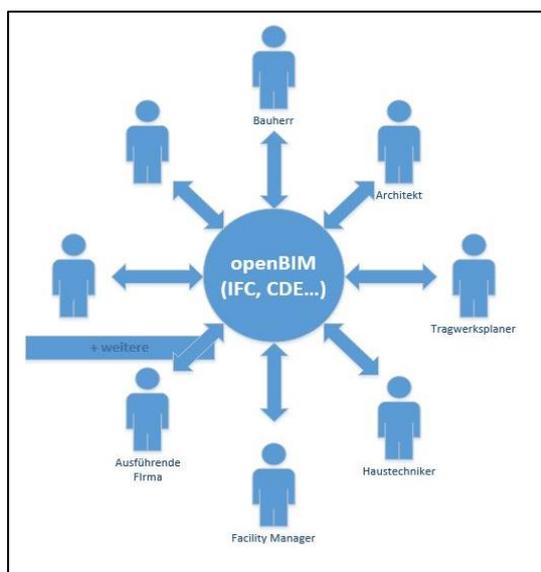


Abbildung 4: Informationsaustausch im BIM-Planungsprozess

Eine konventionelle Digitalkette, bestehend aus aneinandergereihten, zweidimensionalen Einzelplanungen vermag einen komplexen Planungsprozess nur in Teilen und mit Einschränkungen – also insgesamt mangelhaft abzubilden.

Die eindeutige Festlegung von Planungsverantwortlichkeiten innerhalb des Planungsteams bildet eine wichtige Grundlage und ist im BIM-Kontext durch einen BIM-Abwicklungsplan [BAP] festzulegen. Dieser BAP beschreibt in Form eines Pflichtenheftes, wer zu welchem Zeitpunkt welche Informationen [Modelle und Daten] liefern muss.

Das Vorziehen einzelner Planungen aus späteren in frühere Leistungsphasen ist in diesem Zusammenhang ebenfalls für alle Fachplanungsbereiche zu definieren.

Die BIM-Methode beschreibt dabei eine kooperative, modellbasierte Arbeitsweise.

Wenngleich diese Methode auf den Lebenszyklus von Gebäuden noch kaum Anwendung findet, so verbindet Sie die synchronen Planungen aus Architektur, Statik, Bauphysik und TGA zu einem abgestimmten Planungsprozess in der 3D-Planung und greift die für einen gelungenen Holzbau ohnehin erforderlichen, frühen Entscheidungen von selbst auf. Störungen werden im Prozess früh erkannt und erforderliche Planungsänderungen überschaubar.

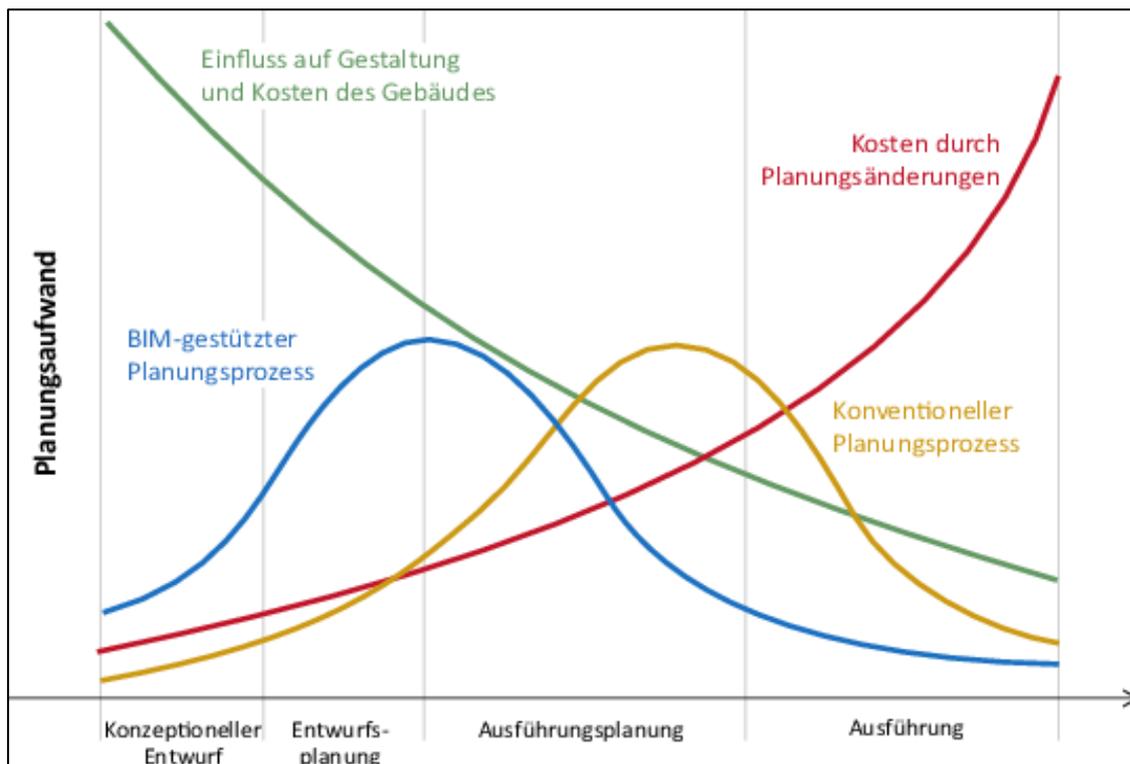


Abbildung 5: Verschiebung des Planungsaufwands durch BIM und Entwicklung des Einflusses auf Kosten und Gestaltung

### 3. Das Fundament

Wie lässt sich ein gelungener Holzbau nun also frühzeitig initiieren?

Es zeigt sich im Ergebnis doch, dass für den Weg zum Erfolg im Holzbau zunächst einige Grundlagen geschaffen werden müssen, die Ihren Ursprung bereits in der Ausschreibung und Vergabe von Planungs- und Ausführungsleistungen haben.

Für den Auftraggeber eines Holzbauprojekts bietet sich daher eine schrittweise Vorgehensweise an:

#### **Materialfestlegung:**

Noch vor der Vergabe von Bau- oder Planungsleistungen muss der Bauherr eine konkrete Materialfestlegung zugunsten der Holzbauweise treffen.

#### **Festlegung der Vergabevariante:**

Grundsätzlich eignen sich zwei Varianten der Ausschreibung und Vergabe für erfolgreiche Holzbauprojekte:

- Konventionelle Trennung von Planung und Ausführung sowie Ausschreibung der Bauleistungen mit Leistungsverzeichnis und getrennter Vergabe von Gewerken / Losen
- Funktionale Ausschreibung mit meist schlüsselfertigem Leistungsprogramm und Verlagerung der maßgeblichen Planungsleistungen auf das Holzbauunternehmen

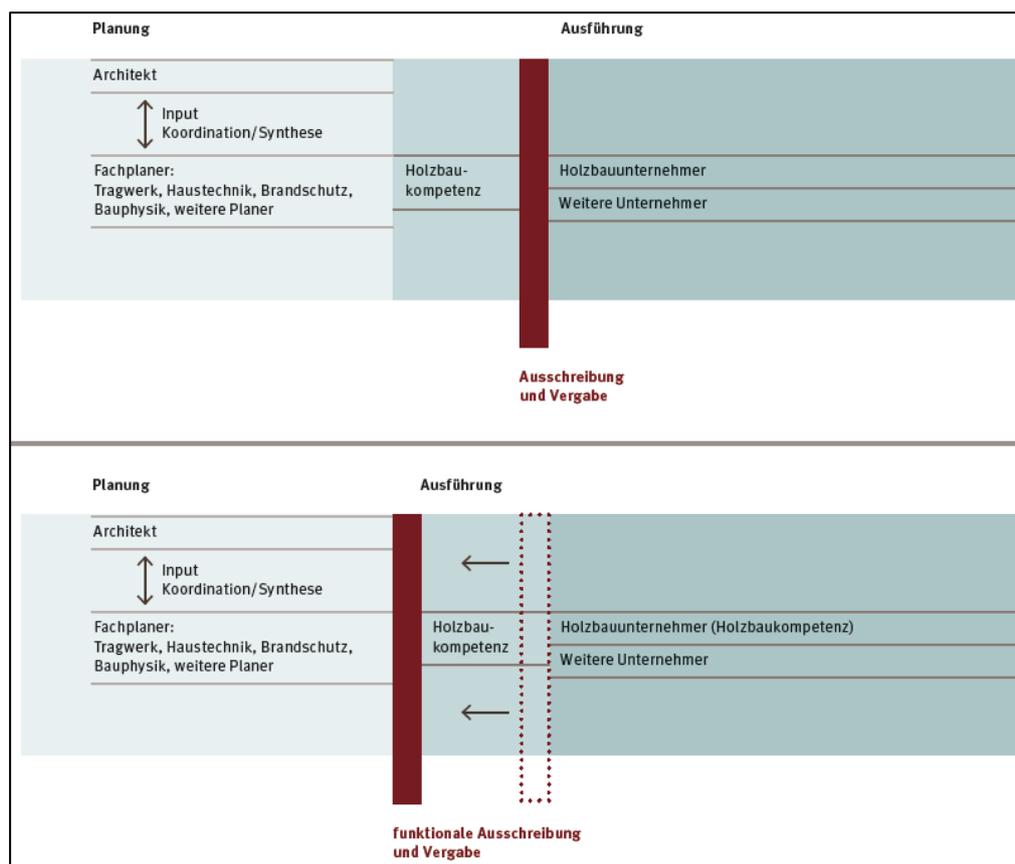


Abbildung 6: Strategien zur Kompensation der Trennung von Planung und Ausführung (Quelle: TUM Professur Entwerfen und Holzbau, leanWOOD)

Je nach Auswahl sind dabei allerdings einige Hinweise zu beachten.

Im Falle der Absicht einer **Ausschreibung der Bauleistungen mit Leistungsverzeichnis und getrennter Vergabe von Gewerken / Losen** ist bereits bei der Vergabe der Planungsleistungen an das Planungsteam darauf zu achten und vertraglich zu vereinbaren, dass Leistungen, die üblicherweise der LPH5 zugeordnet werden, bereits im Zuge der Entwurfsplanung [LPH3] zu erbringen sind. Im Zuge des Forschungsprojektes leanWOOD entwickelte die Professur Entwerfen und Holzbau der TU München eine hilfreiche Matrix, die eine Definition der individuellen Aufgaben erleichtert. Um diese Definition jedoch überhaupt sinnvoll vornehmen zu können, ist zunächst eine Festlegung des geforderten Vorfertigungsgrades der Holzbauteile zu treffen.

Ergänzend zum üblichen Planungsteam ist bei dieser Vergabevariante eine ergänzende Holzbaufachkompetenz hinzuzuziehen, um etwaige Wissensdefizite über die Anforderungen des vorelementierten Holzbaus im Planungsteams auszugleichen.

Nach der Planungsphase ist bei der Vergabe der Bauleistungen im Sinne einer konsequenten und effektiven Vorfertigung dann auf eine holzbaugerechte Zusammenfassung von Gewerken / Losen und die Vergabe an einen geeigneten Holzbauunternehmer zu achten.

Bei **Funktionaler Ausschreibung mit meist schlüsselfertigem Leistungsprogramm und Verlagerung der maßgeblichen Planungsleistungen auf das Holzbauunternehmen** werden die Kompetenzen «Planung und Holzbau» bereits im Unternehmer gebündelt. Hiermit verbunden ist eine selbstverständliche Berücksichtigung produktionspezifischer Belange und eine selbstgetriebene Optimierung der Vorfertigung.

Da sich die in diesem Zusammenhang an den Holzbauunternehmer übertragenen Planungsleistungen üblicherweise auf die LPH5 beschränken, ist für die vorgelagerten Planungsleistungen – sofern diese durch den Bauherrn beigebracht werden – dennoch ein größeres Augenmerk auf eine holzbaugerechte Planung zu legen.

## 4. Fazit

Eine fundierte Ausführungsplanung fängt bereits in der Entwurfsplanung [LPH3] und auch schon früher an und ist als maßgebliches Bindeglied zur vorelementierten Holzbauausführung insbesondere auf frühzeitige Bauherrenentscheidungen angewiesen.

Sie ist das Ergebnis disziplinierter und koordinierter Planungen in einem Planungsteam, dessen Basis gemeinsame, parallele Planungsprozesse sind.

Die Missachtung dieser Zusammenhänge und das Scheitern des Zusammenspiels früher Entscheidungen mit koordiniert synchroner Planung führen zu einer Enttäuschung der eingangs genannten Erwartungen an den Holzbau, wirken kontraproduktiv und tragen somit zu einem Negativimage des Holzbaus im Allgemeinen bei.

Diesen Effekt gilt es durch die Anpassung unserer Planungskultur zu verhindern!

# **Revitalisierung bestehender Strukturen**

# Duisburg: Wasser raus, Mieter rein – Aus Schwimmbad wird Büroraum

Burkhard Walter  
Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH  
Aachen, Deutschland



# Duisburg: Wasser raus, Mieter rein – Aus Schwimmbad wird Büroraum

## 1. Allgemeines

Der ökologisch wertvolle, nachwachsende Baustoff Holz erfreut sich wachsender Beliebtheit. Viele Kindergärten, Schulen, Büro- und Wohnungsbauten werden in der zumeist vorelementierten Holzbauweise neu errichtet. Auch im Industriebau hat der Baustoff Holz einen gewissen Anteil erreicht.

Es werden im Holzbau immer wieder Leuchtturmprojekte errichtet, die weit über die Hochhausgrenze hinausreichen. Dies sind jedoch einzelne Unikate, die unter bestimmten Auflagen errichtet worden sind und noch errichtet werden.

Ein weiteres großes Potenzial für den Einsatz des Baustoffes Holz im Bauwesen, ist der Bestand. Hier sind zuallererst die Aufstockungen zu nennen. Bei gleicher Grundstücksgröße kann hier mehr Wohnraum geschaffen werden. Durch die leichte und vorelementierte Bauweise können die Gebäude in kürzester Zeit aufgestockt werden. In vielen Fällen einer Aufstockung gibt es aufgrund des leichten Gewichtes keine Alternative zu dem Baustoff Holz. In der Regel muss die Konstruktion bis zu den Fundamenten nicht verstärkt werden.

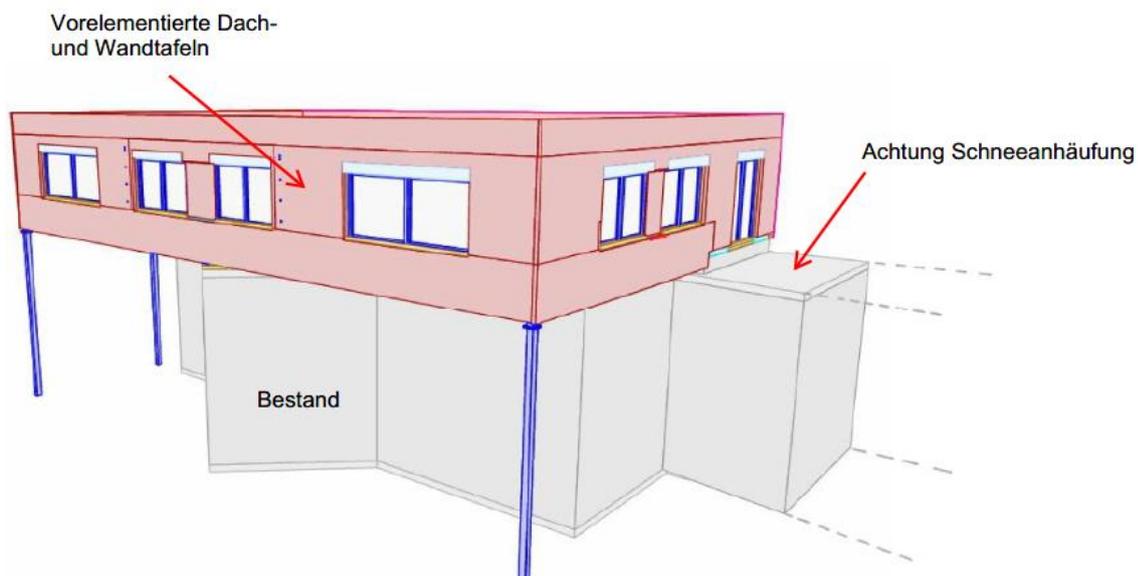


Abbildung 1: Aufstockung Holztafelbauweise und Detail

Durch die Aufstockung entsteht unter Umständen ein größerer Höhensprung zu der Nachbarbebauung. Hier sind die anzusetzenden höheren Schneelasten zu berücksichtigen.

Bei den Aufstockungen ist insbesondere der Brandschutz zu beachten. Beispielsweise bei der Aufstockung eines 3-geschossigen Gebäudes, wechselt das Gebäude nach LBO von der GK 3 in die Gebäudeklasse 4. Dies gilt für das gesamte Gebäude. D.h. für das vorhandene Gebäude, das nach alter Bauordnung für eine Branddauer von 30 Minuten ausgelegt werden musste (F 30), gilt nach der Aufstockung eine Forderung von 60 Minuten (R 60). Dies ist bei der Bestandskonstruktion zu untersuchen.

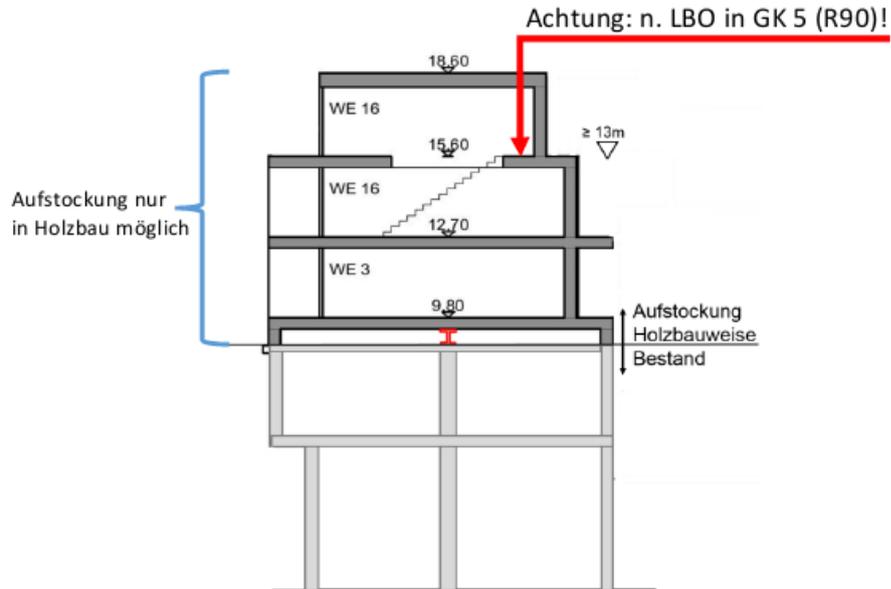


Abbildung 2: Schnitt Aufstockung [hks Architekten]

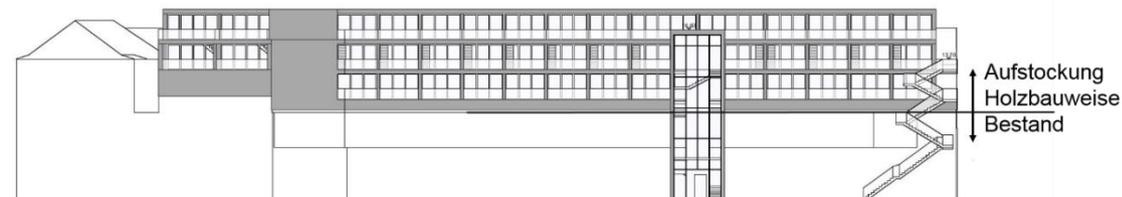


Abbildung 3: Ansicht Aufstockung [hks Architekten]

Ein weiterer größerer Einsatz von dem Baustoff Holz im Bauwesen, sind größere Bestandsimmobilien wie Industriehallen, entweihete Kirchen oder viele weitere Gebäude. Für diese Gebäude sind in vielen Fällen sogenannte Haus-in-Haus Konstruktionen in Holz sinnvoll.

### 1.1. Bestandsimmobilie Schwimmbad

Bei dem Gebäude handelt es sich, vom Grundriss ausgesehen, um ein 3-flügeliges Gebäude. Das Gebäude wurde Anfang der 1920er Jahre errichtet. Statische Unterlagen waren nicht vorhanden.

In den beiden äußeren Flügeln sind die Schwimmbäder vorhanden, damals getrennt nach Männern und Frauen. Im mittleren Bereich war die Verwaltung etc. untergebracht.

Abbildung 4a: Draufsicht Bestand  
[Bauherr und Investor: Greyfield Management GmbH]

Abbildung 4b: Ansicht Bestand

Die Konstruktion des Gebäudes besteht aus gebranntem Vollziegel. Die frei tragenden Decken wurden seinerzeit schon in Stahlbeton errichtet. Über den Schwimmbädern befindet sich ein gebogener Satteldachbinder aus Stahlbeton als tragende Dachkonstruktion.

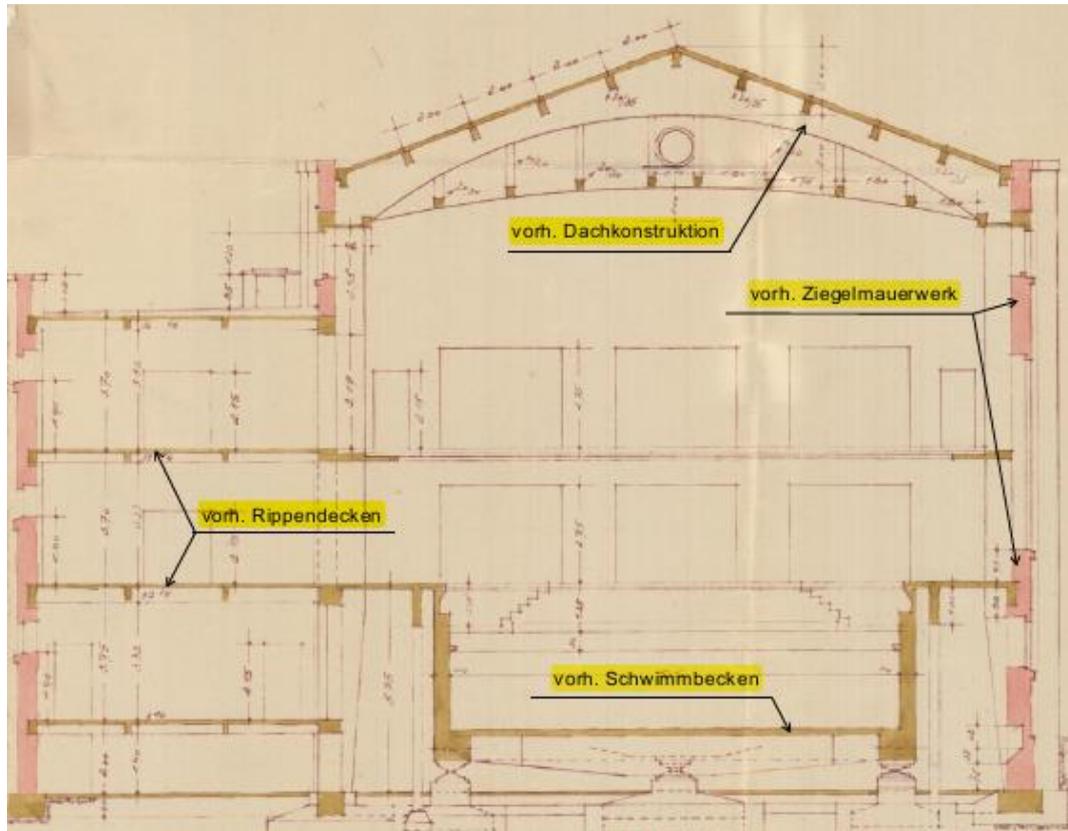


Abbildung 5: Schnitt Bestand [Traide Architekten]

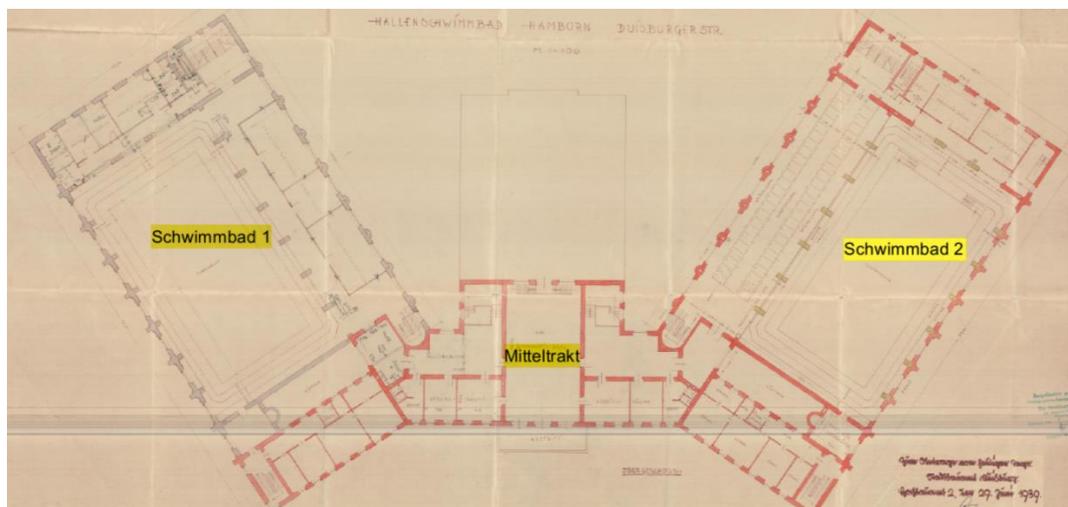


Abbildung 6: Grundriss Bestand [Traide Architekten]

Die Binder bleiben erhalten, jedoch wird die Dacheindeckung größtenteils entfernt, so dass das gesamte vorhandene Gebäude in diesen Bereich nach oben offen ist.

Bei den an die Schwimmbäder angrenzenden Gebäudeteilen handelt es sich einschließlich des Untergeschosses um einen 4-geschossigen Bereich. Bei der statischen Konstruktion der freitragenden Decke handelt es sich um eine Rippendecke mit einem minimalen Deckenspiegel von ca. 6 cm.

## Querschnitt Rippendecke

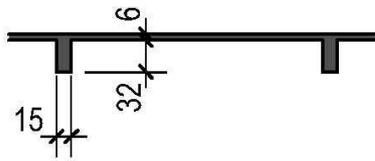


Abbildung 7a: Querschnitt Rippendecke Detail [Walter Reif Ing. GmbH]



Abbildung 7b: Rippendecke [Walter Reif Ing. GmbH]

## 1.2. Vorgesehene Planung am Gebäude

In dem Gebäude sollen Büroräume für das Jobcenter der Stadt Duisburg untergebracht werden. Zum Teil werden die Bestandsräume zu Büroräumen umgebaut. Innerhalb der Schwimmhalle werden in einem sogenannten Haus-in-Haus System neue Büroflächen erstellt. Bei dem Baustoff für diese Büroräume hat man sich sehr schnell für den Baustoff Holz entschieden. Ein wesentlicher Grund war die Montage des neuen Gebäudes. Sämtliche Lasten müssen über das Dach in das Innere des Bestandsgebäudes hineingehoben werden. Hier war der leichte Baustoff mit seinen vorelementierten Teilen eine unschlagbare Alternative.

Ein weiteres starkes Argument war die Statik. Nur durch den Baustoff Holz konnten die Lasten, ohne wesentliche Verstärkungen der Bestandskonstruktion, auf dem Schwimmbadboden aufgelagert werden. Die Einzellasten aus dem neuen Bürogebäude wurden über Verteilungsbalken, die auf der Bodenplatte des Schwimmbades montiert wurden, verteilt.

Zudem war für den Bauherrn entscheidend, den ökologisch wertvollen Baustoff bei diesem Bauvorhaben einzusetzen.

Weitere Büroflächen werden auf dem ehemaligen Flachdach neben der Schwimmhalle geplant. Bei der Konstruktion dieser Aufstockung handelt es sich um vorelementierte Holztafelwände, das Dach besteht aus einer 16 cm dicken Brettstapeldecke, bei einer Spannweite von ca. 4,60 m.

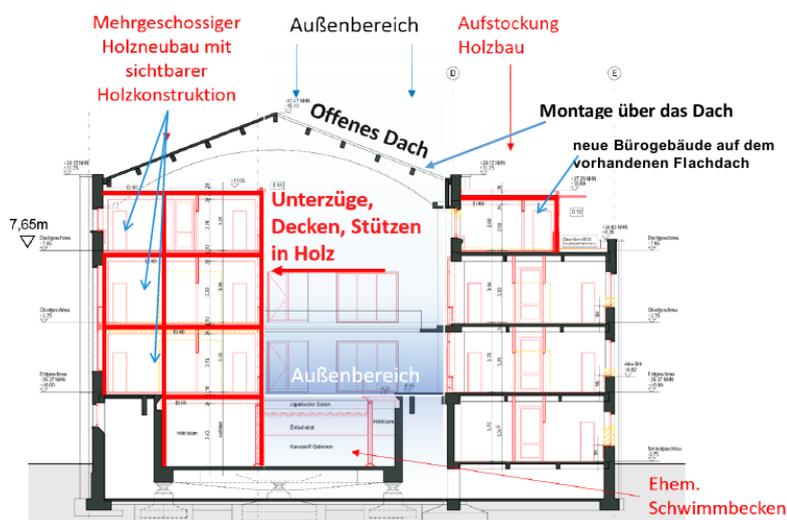


Abbildung 8: Schnitt Umbau [Triade Architekten]

Aus architektonischen Gründen und aus Gründen des Sonnenschutzes erhält dieser Bürotrakt eine ca. 1,50 m lange Auskragung. Aus Gründen der Bauphysik wurde eine auf die Brettstapeldecke aufgeschraubte Kerto Q-Platte gewählt. Neben den bauphysikalischen Vorteilen, ist hier eine architektonisch elegante schmale Kante zu sehen. Die Kerto-Platte bleibt an der Unterseite sichtbar.

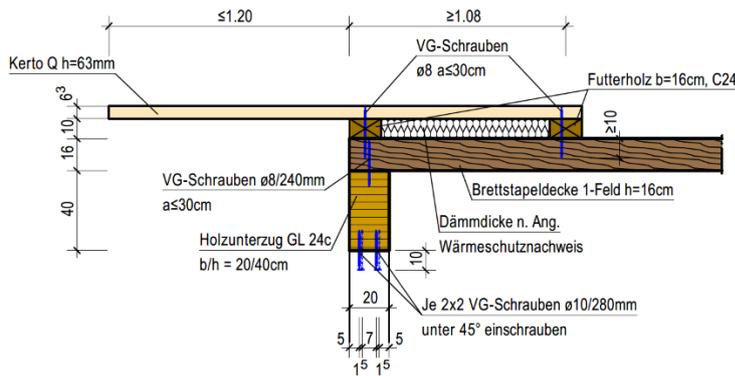


Abbildung 9: Detail Kerto Q-Platte [Walter Reif Ing. GmbH]

In dem mittleren Teil des Gebäudes wird die vorhandene Stahlbetondecke in Teilbereichen zurückgebaut. Die Decke wird tiefer gelegt, um einen höhengleichen Zugang herstellen zu können.

Auch in diesem Bereich ist ein Bürotrakt vorgesehen. Mit Ausnahme der Randversteifungen, in Angrenzung an die verbleibende Stahlbetonkonstruktion, wird die gesamte Tragkonstruktion in Holzbauweise erstellt.

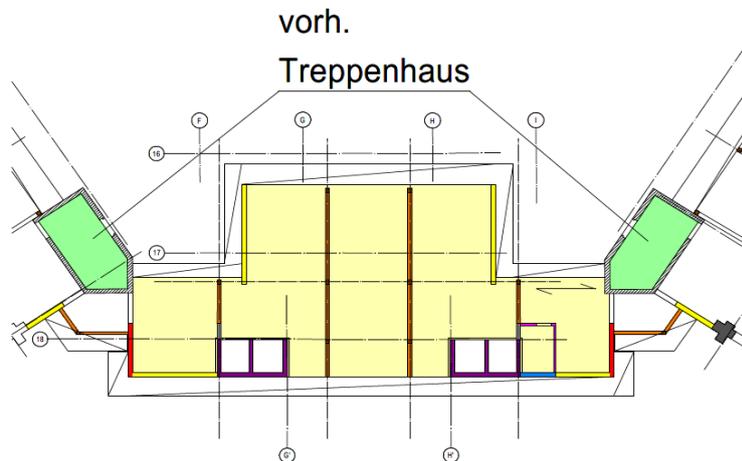


Abbildung 10: Grundriss Mitteltrakt Dachgeschoss [Walter Reif Ing. GmbH]

### 1.3. Statische Überprüfung der Bestandskonstruktion

Wie beschrieben, waren keine statischen Unterlagen vorhanden. Daher war es erforderlich, an mehreren Stellen Bauteilöffnungen vorzunehmen. Die vorhandenen Decken konnten für die heute anzusetzenden Verkehrslasten nach den heute gültigen Eurocodes statisch nachgewiesen werden.

Schwieriger war der Nachweis des geforderten Brandschutzes von 60 Minuten für die Bestandskonstruktion. Hier musste zum Teil in die Trickkiste gegriffen werden. Beispielsweise wurde bei der Heißbemessung der Unterzüge eine gewisse Einspannung in das Außenmauerwerk für den Lastfall Brand angesetzt.

Im Bereich der Schwimmhallen lagert der geplante 3-geschossige Bürotrakt auf der Bodenplatte des Schwimmbades auf. D.h. die Lasten aus dem Bürogebäude werden statisch von der Konstruktion des Schwimmbades aufgenommen. Eine wesentliche Verstärkung der Konstruktion ist nicht erforderlich.

In den Bestandsplänen sind Pläne der Konstruktion des Schwimmbades vorhanden. Das gesamte Schwimmbad ist auf 3 Punkten gelagert. Es wird vermutet, dass dies mit der Bergbautätigkeit in diesen Gebieten in Zusammenhang steht. Eine 3-Punkt gelagerte Platte ist zwängungsfrei gelagert, die Lager können allenfalls schief untereinander sein, jedoch kann die Konstruktion nicht wackeln und es können keine Zwängungskräfte durch Bodenabsenkung in der Konstruktion auftreten.

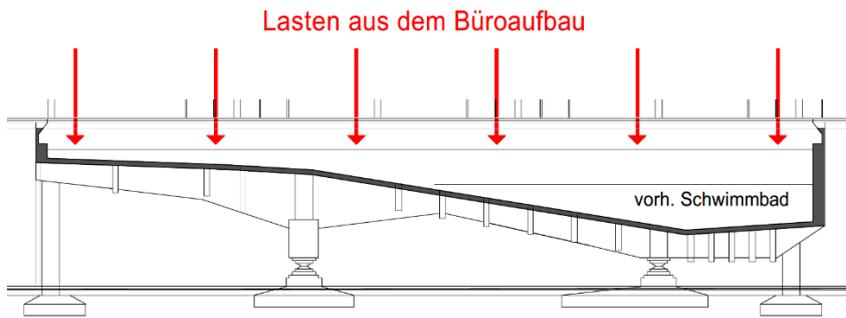


Abbildung 11: Längsschnitt Becken [Walter Reif Ing. GmbH]



Abbildung 12: Querschnitt Becken [Walter Reif Ing. GmbH]

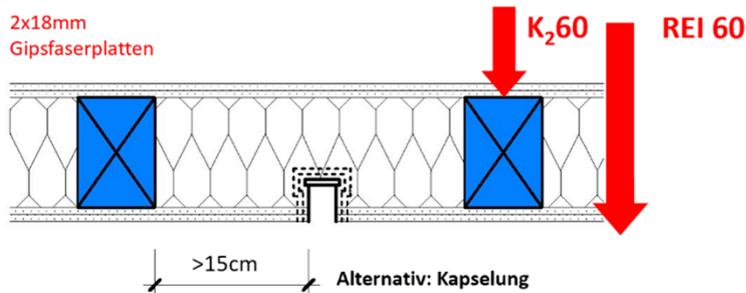
### 1.4. Brandschutz

GK 1a	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
freistehende Gebäude $OKF \leq 7\text{ m}$ $\leq 2$ Nutzungseinh. $\Sigma NE \leq 400\text{ m}^2$ 	nicht freistehende Gebäude $OKF \leq 7\text{ m}$ $\leq 2$ Nutzungseinh. $\Sigma NE \leq 400\text{ m}^2$ 	sonstige Gebäude mit einer $OKF \leq 7\text{ m}$ 	$OKF \leq 13\text{ m}$ Nutzungseinh. mit jeweils $\leq 400\text{ m}^2$ 	sonstige Gebäude 
<b>GK 1b</b>				
freistehende Gebäude land- und forstwirtschaftl. genutzt 				
Feuerwehreinsatz mit Steckleitern möglich			Feuerwehreinsatz mit Drehleitern nötig	

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

Die Höhe des obersten Fußbodens beträgt **mehr als 7 m**. Nach der LBO NRW wird das Gebäude in die Gebäudeklasse **GK 4** eingestuft. Eine weitere Forderung ist, die Nutzungseinheiten zu beschränken. Die jeweiligen Nutzungseinheiten der neuen Büroflächen betragen **weniger als 400 m<sup>2</sup>**.

D.h. an die tragenden und aussteifenden Bauteile wird die Brandschutzklassifikation R 60 EI gestellt. Die Bauteile müssen zurzeit nach LBO in der Klasse K<sub>2</sub>60 gekapselt werden. **Zur Erinnerung:** Eine Kapselung K<sub>2</sub>60 bedeutet, dass die Temperatur bei einem Vollbrand auch an den Stielen und Riegeln nach 60 Minuten unterhalb der Entzündungstemperatur von Holz, d.h. weniger als 270 ° C beträgt. Für die Ausführung bedeutet eine K<sub>2</sub>60-Kapselung eine Ausführung der Holztafelwände mit einer 2-lagigen Gipsfaserbeplankung von jeweils 18 mm.

Abbildung 13: Kapselung R 60 K<sub>2</sub>60 [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

Für die notwendigen Fluchtwege musste im Bestand ein neues, massives Treppenhaus über alle Geschosse errichtet werden. Auf der gegenüberliegenden Seite des Treppenhauses wurde eine neue Türe in einer Bestandswand hergestellt, über die ein weiterer Fluchtweg möglich ist.

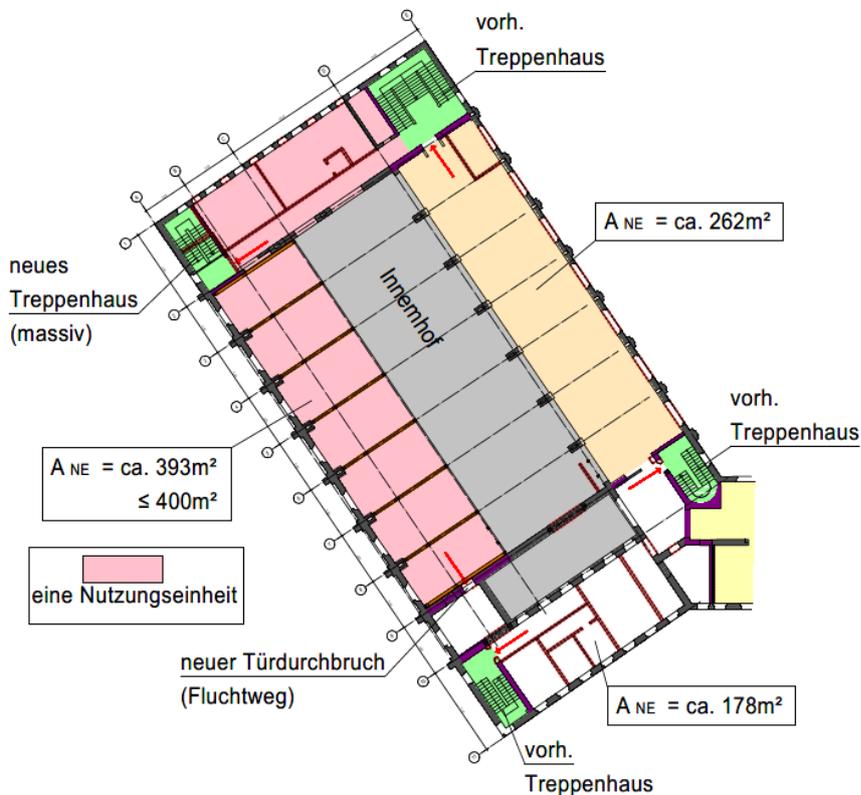


Abbildung 14: Bestandsplan mit Treppe, Wanddurchbrüchen und Nutzungspfeilen [Walter Reif Ing. GmbH]

**Nach der neuen Musterholzbaurichtlinie**, können alternativ zu der Kapselung sichtbare Holzbauteile in der massiven Holzbauweise, wie Brettstapeldecken oder auch Brettsperrholzdecken ausgeführt werden.

Die Branddauer von 60 Minuten muss nach dem EC 5 Teil 2 rechnerisch nachgewiesen werden. Insbesondere ist hierbei die Weiterleitung des Rauchs und der Temperatur bei raumabschließenden Wänden und Decken zu beachten.

Nachfolgend sind einige Details zur Ausführung bei sichtbaren Dickholzkonstruktionen nach der Musterholzbaurichtlinie aufgeführt.

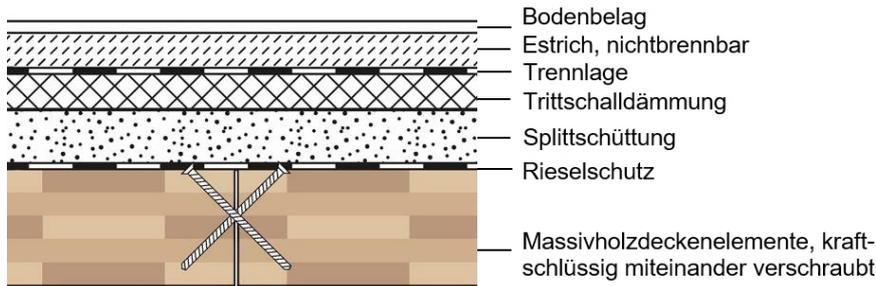


Abbildung 15: unbelagte Massivholzdecke mit verschraubter Elementfuge und mehrschichtigem Fußbodenaufbau (Vertikalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

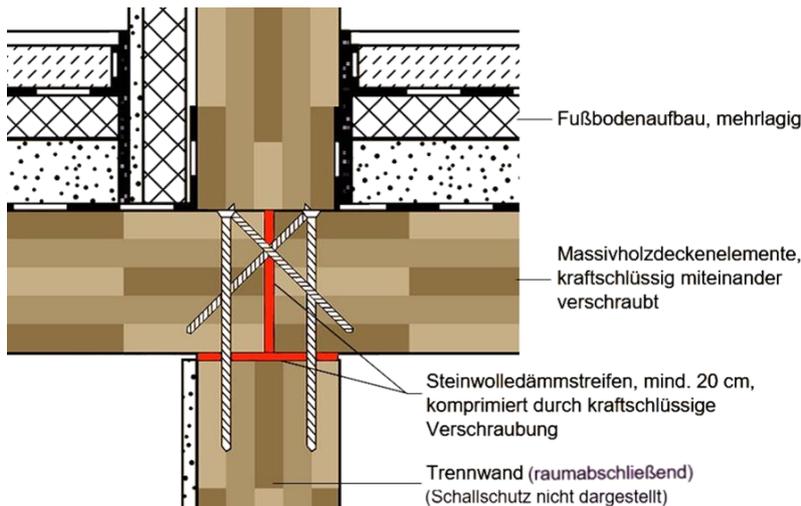


Abbildung 16: Bauteilanschluss raumabschließende Wand / Decke (Vertikalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

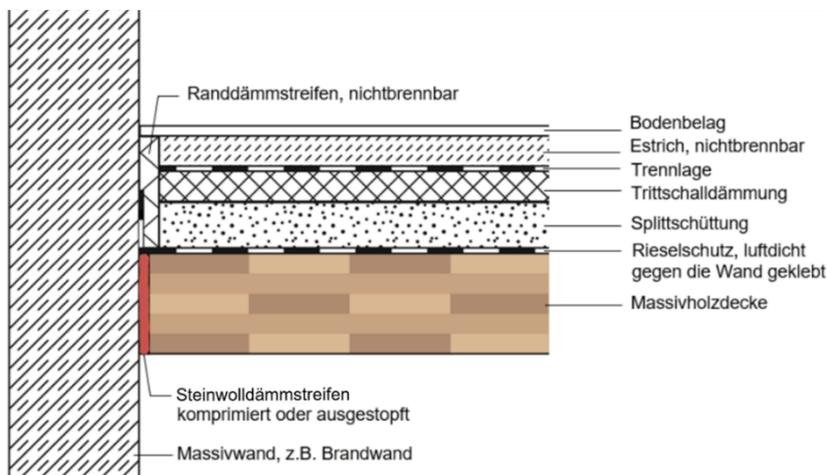


Abbildung 17: Bauteilanschluss unbelagte Massivholzdecke an Massivwand (Vertikalschnitt) [Muster-Richtlinie 23.05.19]

Die Musterholzbaurichtlinie ist zurzeit noch nicht bauaufsichtlich eingeführt, nach Meinung des Verfassers spiegelt sie jedoch den derzeitigen Stand der Technik wieder. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat eine amtliche Mitteilung dazu veröffentlicht, dessen Zulassung in den Ländern nun bevorsteht.

Bei dem Gebäude müssen insbesondere die Anschlüsse an den Bestand detailliert werden. Dies erfolgt über eine nichtbrennbare Dämmung und ggf. über Brandschutzdichtungsbänder.

Nach der Musterholzbaurichtlinie müssen die Fugen bei Vorhandensein einer Schüttung, die aus Schallschutzgründen ohnehin erforderlich ist, nicht weiter bezüglich eines Rauchdurchtritts behandelt werden.

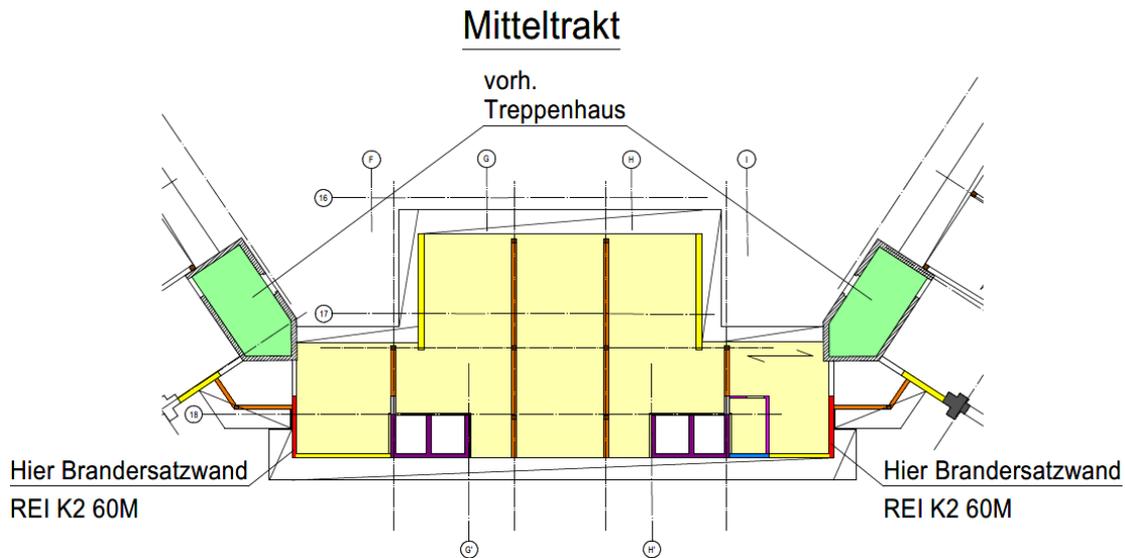


Abbildung 18: Teilgrundriss Mitteltrakt [Walter Reif Ingenieuresellschaft mbH]

Die beiden äußeren Flügel, in denen die Schwimmbäder vorhanden sind, sind lt. Brandschutzkonzept von dem mittleren Teil zu trennen. Wenn nicht in diesem Bereich die Bestandsmauerwerkswände vorhanden sind, ist bei den neu zu errichtenden raumabschließenden Wänden eine Klassifizierung **REI K260M** erforderlich. D.h., diese hochfeuerhemmenden Wände müssen nach der geforderten Branddauer von 60 Minuten den nach Norm erforderlichen Pendelschlag erfüllen.

### Holztafelwände Typ 1 (REI K2 60M) M. 1:10

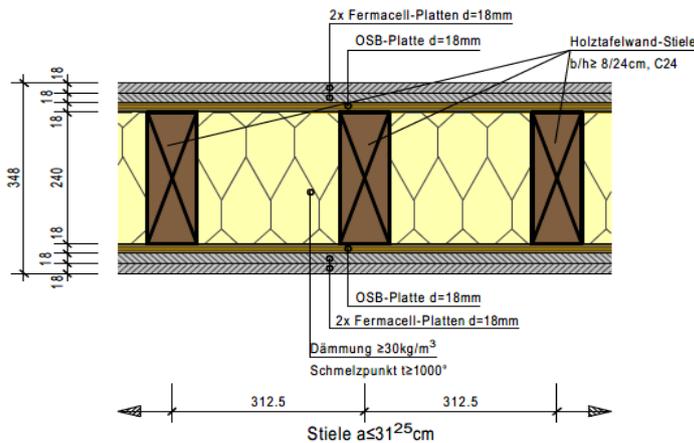


Abbildung 19: Detail Holztafelwand [Walter Reif Ingenieuresellschaft mbH]

Zusätzlich zu der 2 x 18 mm dicken Gipsfaserplatte muss innenseitig, beidseitig jeweils eine 18 mm OSB-Platte angeordnet werden. Eine weitere Bedingung ist, den Stielabstand auf 31,5 cm zu begrenzen.

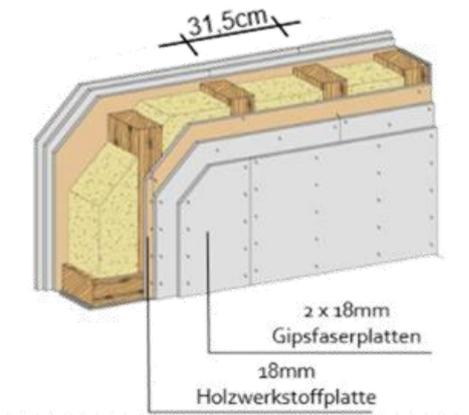


Abbildung 20: Wandaufbau für mechanisch-beanspruchte Wand mit Holzwerkstoffplatte 18mm [Fermacell]

Als weitere Kompensationsmaßnahme wird eine auf die Feuerwehr **aufgeschaltete Brandmeldeanlage** vorgesehen. Hierdurch erfolgt eine zeitnahe Alarmierung der Feuerwehr.

## 1.5. Bauphysik

Der Nachweis der ENEC erfolgt nach dem Bauteilverfahren. Aus Gründen des Denkmalschutzes ist eine außen angebrachte Dämmung nicht zugelassen. Bei einzelnen kritischen Bereichen erfolgt eine Temperaturberechnung, um eine mögliche Kondensatbildung auszuschließen.

Temperaturfeld

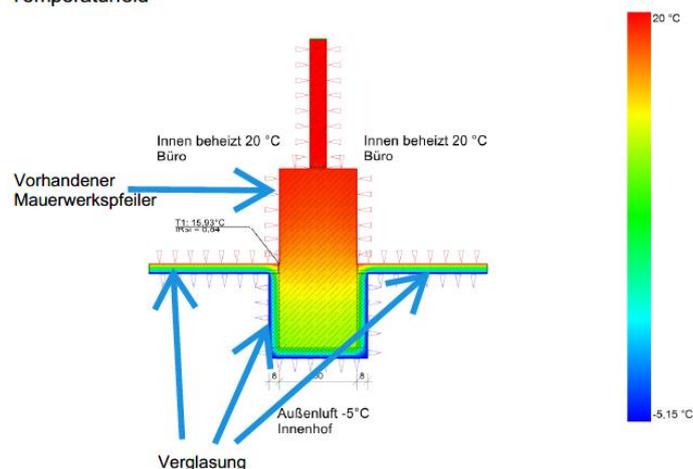


Abbildung 21: Horizontalschnitt Bestandsstütze (Dämm. 8 cm) – Anschluss neues Fenster [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

Bei den Wärmebrückenberechnungen handelt es sich um eine Überprüfung der erforderlichen Oberflächentemperatur  $> 12,6^{\circ}\text{C}$  auf der Innenseite im Bereich Fensteranschluss/ Bestandsstütze um nachzuweisen, dass das Schimmelpilzkriterium eingehalten wird.

Der außenliegende Schallschutz ist wegen der dicken vorhandenen Ziegelwände kein Problem. Bei den jeweiligen Geschossen handelt es sich um eine Nutzungseinheit, so dass hier keine Anforderungen bezüglich des Schallschutzes bestehen.

Die Geschosdecken werden nach der DIN 4109 für einen etwas erhöhten Schallschutz ausgelegt. D.h. der geplante Luftschall beträgt mehr als 56 dB und der geplante Trittschall weniger als 48 dB. Dies wird erreicht durch eine 6 cm Wabenschüttung und eine 4cm dicke Trittschalldämmung mit einer dynamischen Steifigkeit von  $s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$ .

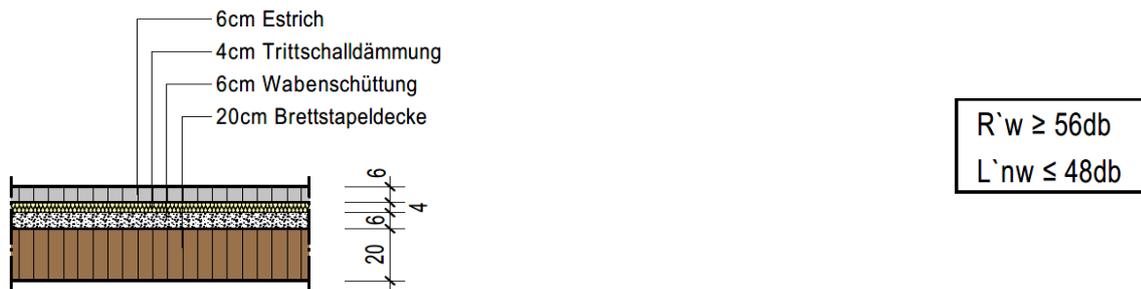


Abbildung 22: Deckenaufbau [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

## 2. Tragwerksplanung

### 2.1. Mehrgeschossiger Bürotrakt

Die einzelnen Büroebenen sollen von der Nutzung hergesehen, flexibel bleiben. Daher werden keinen statisch tragenden Wandscheiben eingesetzt. Bei der Wahl der Tragkonstruktion war immer die begrenzte Montagemöglichkeit über die Dachebene zu berücksichtigen.

Die Decken, bis auf die Dachdecke, bestehen aus 20 cm dicken Brettstapeldecken, die als Einfeldträger über ca. 4,8 m Länge spannen. Aufgelagert werden diese Decken auf einem 24/52 cm großen BSH-Träger der Festigkeitsklasse GL 24c.

Der BSH-Unterzug wird als 2-Feldträger ausgebildet. Wegen der relativ großen Höhe des Holzunterzuges und damit einhergehend geringen Kopfhöhe im Bereich der Holzunterzüge, werden die Brettstapeldecken oberseitig höhengleich angeschlossen. Zur besseren Montage werden die Unterzüge beidseitig 2 cm eingeschnitten. Die Vertikallasten werden über schräg eingeführte Vollgewindeschrauben übertragen.

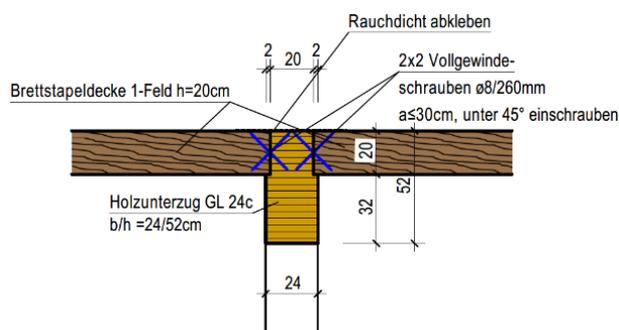


Abbildung 23: Eingeschnittener Unterzug [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

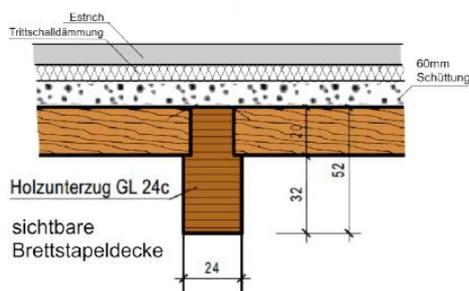


Abbildung 24: Geschossdecke [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

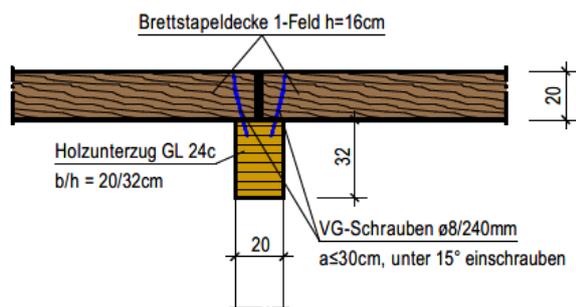


Abbildung 25: Dachdecke [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

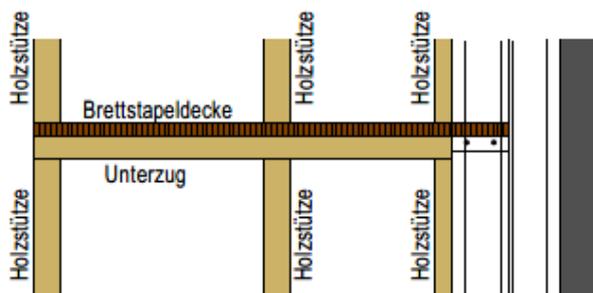


Abbildung 25.1: Querschnitt Geschosdecke [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

Wegen der Durchlaufwirkung der Unterzüge, erfolgt die Weiterleitung der Vertikallasten in die Stützen über die senkrechte Pressung zur Faser. Die Lasten im Erdgeschoss können über die Pressung der Hölzer nicht aufgenommen werden. Auch eine Verstärkung über Vollgewindeschrauben war an dieser Stelle nicht zielführend.

Es wurde ein Stahlbaudetail entwickelt, bei dem die Lasten über eine Stahlplatte in Höhe der Oberkante der Holzunterzüge in Stahlstäbe, die an einer Stahlplatte, die unterseitig des Balkens angeordnet wird, eingeleitet und von dort direkt in das Hirnholz der unteren Stütze geleitet wird.

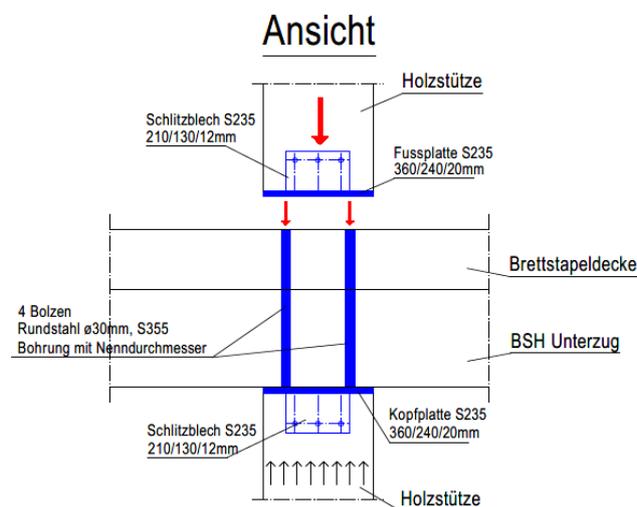


Abbildung 26: Weiterleitung der Vertikallasten über Stahlteile [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

Die Horizontalanbindung erfolgt an die massiven Pfeiler der Bestandskonstruktion.

## 2.2. Eingeschossiger Bürotrakt auf der vorhandenen Dachdecke

Das Sekundärtragsystem besteht auch bei dieser Konstruktion aus 1-achsig gespannten, 18 cm dicken Brettstapeldecken. Die Decken liegen auf einem ca. 4,60 m weit gespannten BSH-Träger, GL 24 c auf. Der Träger hat Abmessungen von 20/32 cm.

Wegen der höheren Lasten aus der Aufstockung, die als Einzellast auf die Bestandskonstruktion wirken und den neben dem Anbau anzusetzenden höheren Schneelasten, musste die Bestandskonstruktion über Stahlträger verstärkt werden. Sämtliche Stahlteile müssen eine R 60 Bekleidung erhalten.

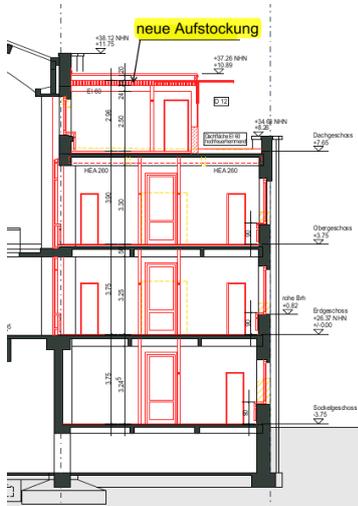


Abbildung 27a: Aufstockung Dachgeschoss [Triade Architekten]

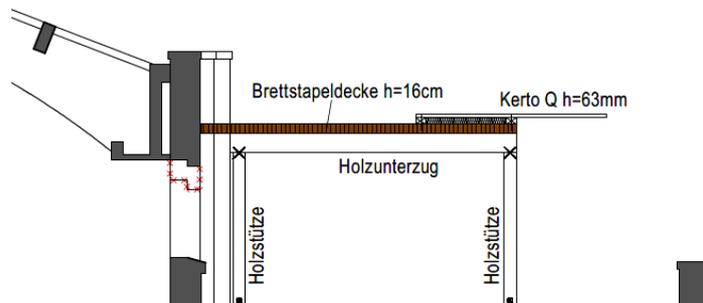


Abbildung 27b: Detail Aufstockung Dachgeschoss [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

### 2.3. Oberer Abschluss neues Treppenhaus

Auch der obere Abschluss des neu zu errichtenden Treppenhauses wird in der Holzbauweise errichtet. Die Wände werden als vorelementierte Holztafelwände erstellt.

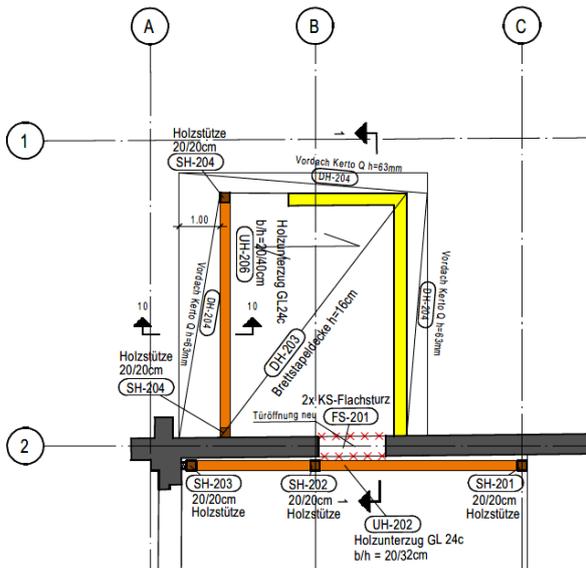


Abbildung 28: Grundriss Detail [Walter Reif Ing. GmbH]

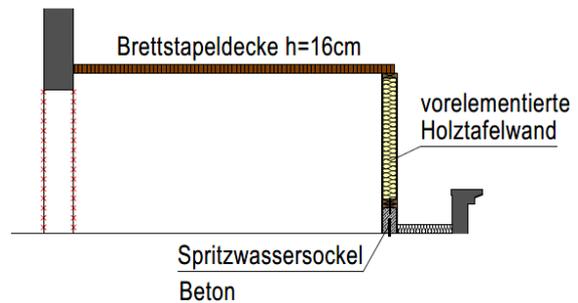


Abbildung 29: Schnitt Detail [Walter Reif Ing. GmbH]

### 2.4. Aufstockung Mitteltrakt im Dachgeschoss

Im mittleren Bereich wird in Teilbereichen die vorhandene Stahlbetondeckenkonstruktion zurückgebaut. Dies ist erforderlich, um die angrenzenden Bereiche höhengleich zu erreichen. Bis auf die Randträger im Anschluss an die massive Bestandskonstruktion, wird die komplette Erweiterung in der Holzbauweise errichtet.

Die ca. 9,50 m breite neue Deckenöffnung wird durch 24/80 cm hohe BSH-Träger überbrückt, die in einem Abstand von ca. 3,20 m angeordnet sind.

Bemessungsmaßgebend für die BSH-Träger waren die dynamischen Nachweise.

Auf den BSH-Trägern befindet sich eine durchlaufende Brettsperrholzdecke in einer Stärke von 20 cm.

Die Dachkonstruktion dieses Bereiches ist analog der Konstruktion des mehrgeschossigen Bürotraktes geplant. Die Decken werden in Brettstapelbauweise errichtet, die Holzunterzüge werden höhengleich in einer Stärke von 24/52 cm, d.h. 32 cm unter Unterkante der Brettstapeldecke.

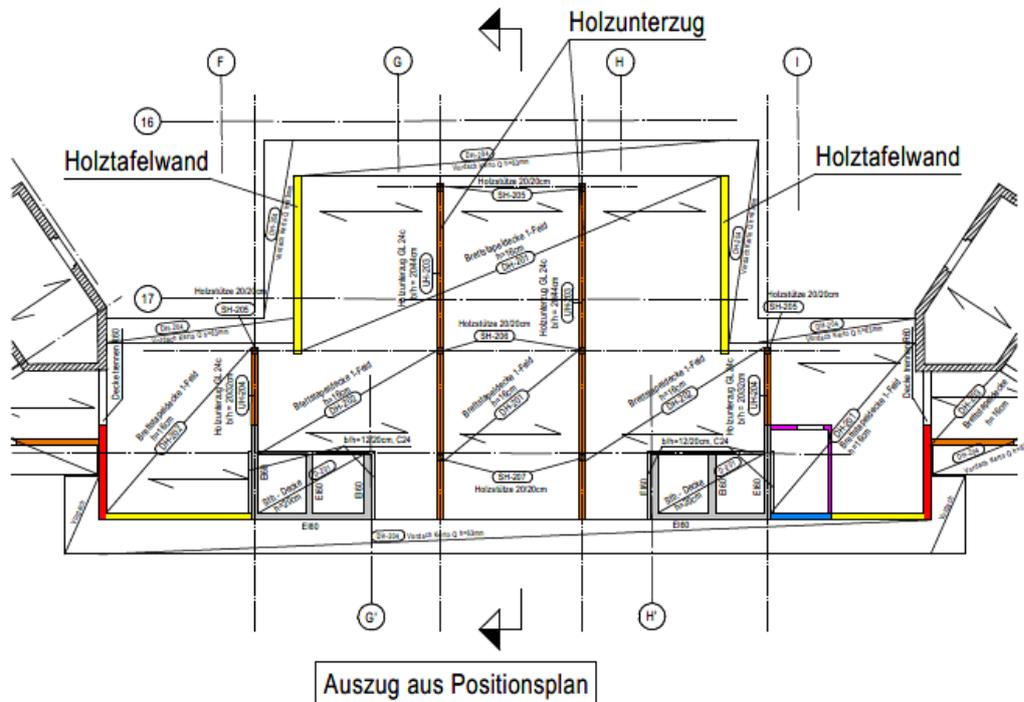


Abbildung 30: Grundriss Mitteltrakt [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

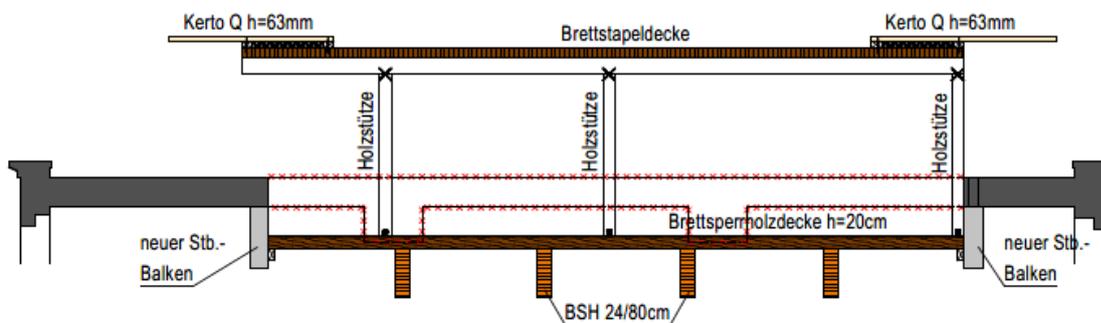


Abbildung 31: Schnitt Dachgeschoss [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

## 2.5. Brückenkonstruktion

Im Obergeschoss ist eine Brückenkonstruktion für die Verbindung der Bürotrakte vorgesehen. Die Konstruktion besteht aus einem Trogträger, der aus BSH-Hölzern und einem untergeschraubten Brettsperrholz besteht. Die BSH-Träger werden auf Stahlträgern, die quer zu den Holzbindern in dem vorhandenen Mauerwerk eingespannt sind, aufgelagert. Auf den Holzträgern wird als Witterungsschutz eine leichte verglaste Stahlkonstruktion aufgebracht.

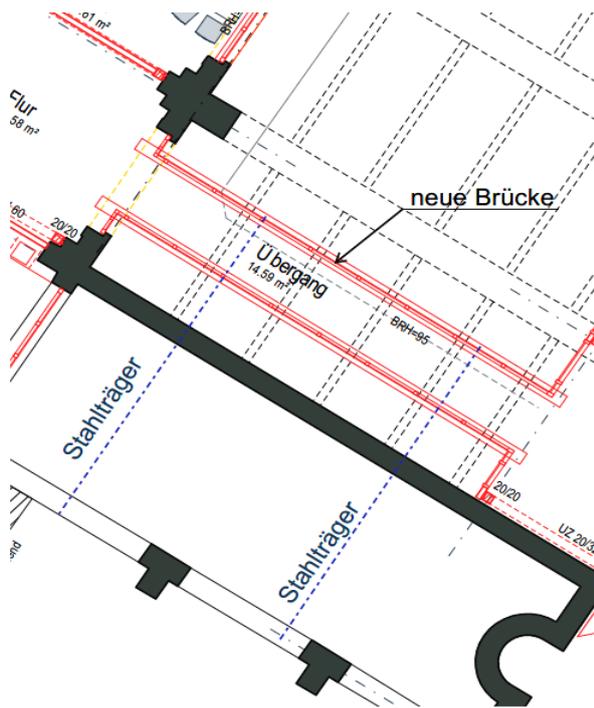


Abbildung 32: Grundriss Brücke [Triade Architekten]

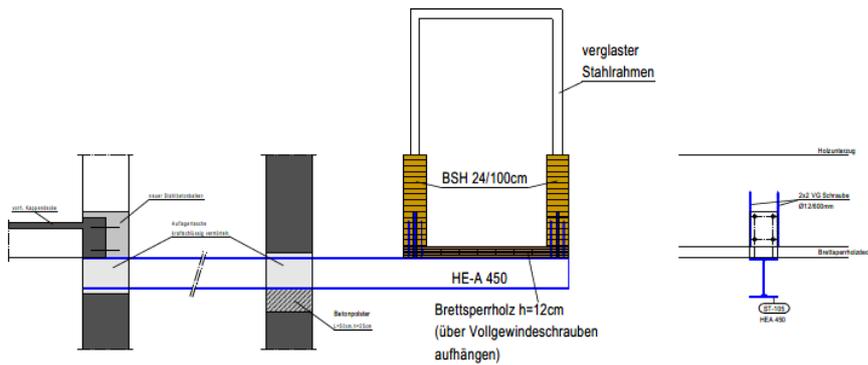


Abbildung 33: Schnitt Brücke [Walter Reif Ingenieurgesellschaft mbH]

## 2.6. Fassade

Die Fassaden werden als vorelementierte Holzwände hergestellt. Jeweils in Deckenhöhe wird ein entsprechendes Pasmstück angeordnet.

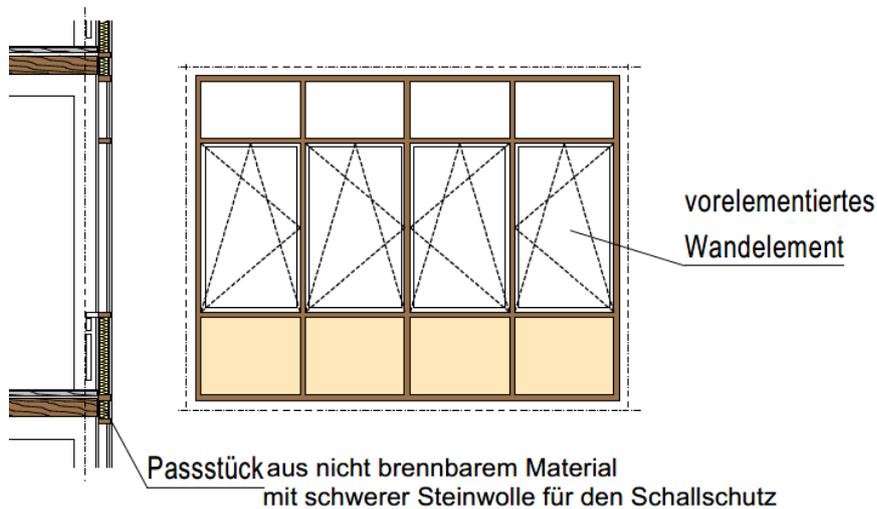


Abbildung 34: Detailzeichnung Fassade [Triade Architekten]

# Bernapark – aus stillgelegter Fabrik wird visionäres Quartier

Armin Schawalder  
Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG  
Stv. Leiter Büro Bern  
Bern, Schweiz



# Bernapark – aus stillgelegter Fabrik wird visionäres Quartier

## 1. Geschichte

In der altherwürdigen Karton- und Papierfabrik im Berner Vorort Stettlen produzierten einst über 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Karton für die ganze Schweiz. Bis zu 500 Tonnen Pappe verliessen täglich das Industrieareal, ehe die Verantwortlichen im Jahr 2010 die Maschinen abstellten.

Die Bernapark AG wandelte die ehemaligen Kartonfabrik um in ein Quartier mit unterschiedlicher Nutzung. Dabei setzten sie auf eine differenzierte Kombination aus Zwischen-nutzung, Umbau alter Fabrikhallen und grosszügigen Aufstockungen.

Die hundert Meter lange Fabrikfront entlang der Geleise der RBS Bahn und das zurückver-setzte Gebäude B mussten stehen bleiben. Die zwei Baukörper wurden sorgfältig saniert, in Loftwohnungen, Kreativflächen und Kleinindustrieflächen umgewandelt – und mit einer zweigeschossigen Aufstockung erweitert. Um die darunter liegenden Geschosse möglichst wenig zu belasten, entstand die Konstruktion in Holzrahmenbauweise. Timbatec war für die Statik der Aufstockungen, die heute 133 Etagen- und Maisonette-Wohnungen beherbergen, verantwortlich.



Abbildung 1: Bernapark Gebäude A und Holländer in Deisswil

## 2. Beteiligte

Projekt: Bernapark, 3066 Stettlen, [www.Bernapark.ch](http://www.Bernapark.ch)

Bauherr: Privater Investor, Bernapark AG

Architektur: GHZ Architekten AG, Belp

Tragwerksplanung: Timbatec Holzbauingenieure Schweiz AG, 3012 Bern

Brandschutzplanung: Amstein + Walthert, 3001 Bern

Totalunternehmer: Implenia Schweiz AG, 5001 Aarau

Baumeisterarbeiten: Ramseier Bauunternehmung AG, 3020 Bern

Holzbau: Stuberholz, 3054 Schüpfen

### 3. Statikkonzept

Das Fabrikgebäude, ein Massivbau aus Stahlbeton und Mauerwerk, besteht aus einem 140 Meter langen Riegel und einem 70 x 40 Meter grossen Gebäude. Beide Bauten sind 18 Meter hoch und werden um zwei Etagen oder rund sechs Meter aufgestockt. Die Aufstockung muss daher entsprechend hohen horizontalen Einwirkungen aus Wind und Erdbeben standhalten.

Üblicherweise definieren Tragwerksplaner die Punkte, wo Kräfte aus Bauwerken in die Fundamente abgeleitet werden. Nicht so beim Bernapark: Hier gibt der Bestandesbau vor, wo die Kräfte aus der Aufstockung abgeleitet werden dürfen. Daraus resultiert ein Statikkonzept mit vielen Wechsell, unterschiedlichen Tragrichtungen und teils grossen Spannweiten. Aufgrund des unterschiedlichen Schwingungsverhaltens von Massiv- und Holzbauten respektive des steifen Unterbaus wurden im Hinblick auf die Erdbebensicherheit zudem höhere Belastungen für den Holzbau angesetzt.

Die zwei zusätzlichen Stockwerke sind in Schottenbauweise errichtet, wobei der Grossteil der Schottwände tragend und zur Gebäudeaussteifung beidseitig beplankt und als Scheiben ausgeführt sind. Die Decken und das Dach sind als Hohlkastenelemente meist quer dazu gespannt.



Abbildung 2: Statikkonzept, Timbatec

### 4. Brandschutz und Bauphysik

Für die Erschliessung der Aufstockung wurden zwei neue Treppenhäuser in Holzbauweise eingezogen. Diese mussten wegen der Brandschutzanforderungen gekapselt ausgeführt werden und REI 60-RF1 erfüllen. Bestehende Treppenhäuser sind in Massivbauweise. Auch beim Dach galt es, 30 Minuten Feuerwiderstand zu gewährleisten, weil die Lüftungstechnik darauf untergebracht ist, die Leitungen mehrere Brandabschnitte queren und die nötigen Brandschutzklappen 30 Minuten funktionieren müssen.

### 5. Konstruktion

#### 5.1. Wandaufbau

Die Holzbauweise ist teilweise auch an der Fassade sichtbar: Im Bereich der Terrassen zielt eine 20 Millimeter dicke Schalung aus Fichte/Tanne die Fassade. Andere Teile der Fassade wurden verputzt, sie sollen den bestehenden Industriecharakter aufnehmen. So wird die Aufstockung harmonisch in den Bestand integriert.

Als Putzträger für die 8 mm Putzschicht dienen 60 mm Steinwollämmplatten. Dahinter befindet sich die eigentliche Holzrahmenkonstruktion in Form von 200 mm Ständern und ausgedämmten Gefachen. Aussen ist die Konstruktion mit Gipsfaserplatten bekleidet, rauminnenseitig mit 18 mm OSB-Platten und 12,5 mm Gipsfaserplatten.



Abbildung 3: Laubengang Gebäude A



Abbildung 4: Innenhof Gebäude B

## 5.2. Deckenaufbau

Hohlkasten mit 280 mm hohen Rippen aus Brettschichtholz bilden die Decken. Je nach Spannweite variiert die Breite der Rippen zwischen 60 und 180 mm. Zur Optimierung des Schallschutzes und des Schwingungsverhaltens wurden die Hohlkasten mit 100 mm Kalksplitt befüllt und mit einem klassischen Bodenaufbau überdeckt. Unterseitig sind die Decken mit einer 18 mm dicken Gipsfaserplatte beplankt. Die Decken liegen meist auf den tragenden Schottwänden oder auf innenliegenden Stützen und Unterzügen auf. Die Fichten Stützen sind weiss gestrichen und bleiben in den Wohnungen sichtbar.

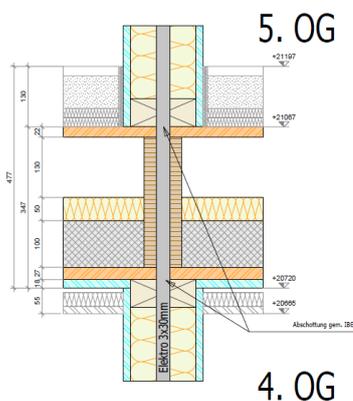


Abbildung 5: Deckenaufbau

## 5.3. Übergang Wohnung Balkon

Das Dach besteht aus einer ausgedämmten Rippendecke bei der die unterseitigen Platte als statisch wirksame Fläche angesetzt ist. Die Elemente der Balkone und Loggien und diejenigen in den Wohnungen wurden mit einem ausgedämmten Elementstoss über den Fenstern miteinander verbunden.

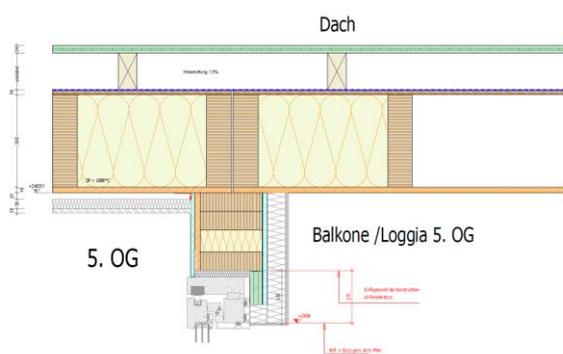


Abbildung 6: Übergang Wohnung Balkon

# **Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas**

Heinz Thurik  
ZÜBLIN Timber GmbH  
Aichach, Deutschland



# Gare Maritime – Moderner Holzbau belebt ehemals größten Güterbahnhof Europas

## 1. Status Quo – Eine Brache im Zentrum Europas

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

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

Selbstredend in Zeiten der Urbanisierung, dass eine belgische Immobiliengesellschaft (Extensa Group) Chancen in der Entwicklung dieses 45.000 m<sup>2</sup> umfassenden Ensembles erkannte.



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

## 2. Vision – Flanieren und Arbeiten in Wohlfühlatmosphäre

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

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

Konsequent wurde dieser Ansatz der Wohlfühlatmosphäre auch in bautechnischer Hinsicht verfolgt und umgesetzt. Dass der Baustoff Holz ins Spiel kam, liegt, aufgrund seiner bekannten optischen und haptischen Eigenschaften, auf der Hand. Dass er jedoch auch konsequent umgesetzt werden konnte, ist – hauptsächlich – der Leidenschaft und der Hartnäckigkeit des Oberen Managements der Extensa Group zu verdanken. Neben dem Imagegewinn für den Bauherrn, der sich aus dem Einsatz des nachhaltigen und CO<sub>2</sub>-speichernden Baustoffs Holz ergibt, trugen die trockene Bauweise und vor allem die kurze Bauzeit zur Rentabilität bei, indem die ersten Flächen bereits 6 Monate nach Beginn der Holzbaumontage vermietet werden konnten. Selbst unbehandelte sichtbare Holzoberflächen wurden in weiten Bereichen realisiert, um die Haptik des Werkstoffs ungefiltert erlebbar zu machen.



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

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

### 3. Aufgabenstellung – Erst Planen, dann Bauen

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

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

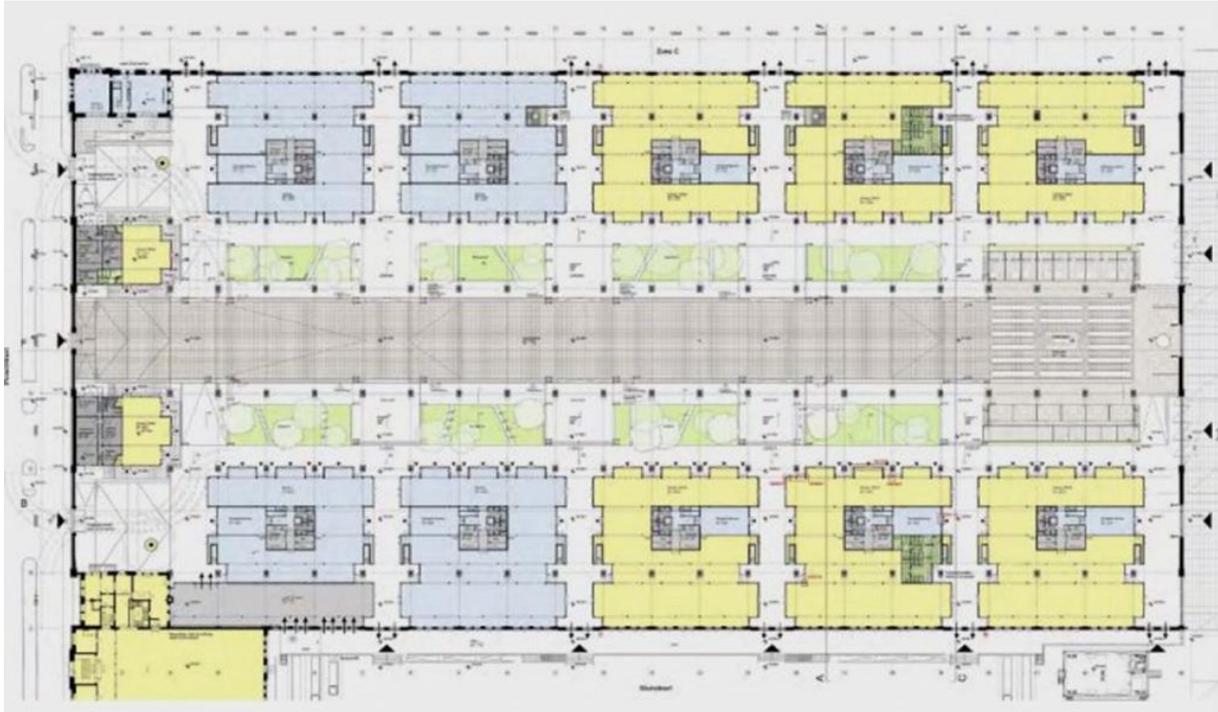


Abbildung 3: 10 Blöcke und 2 Kopfbauten im Grundriss (Quelle: Extensa)

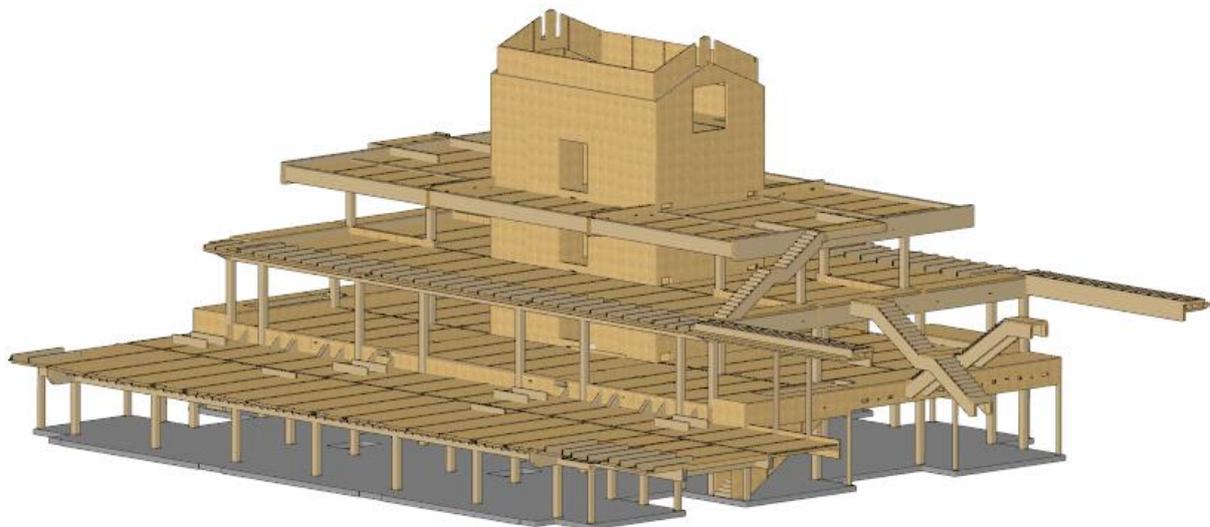


Abbildung 4: BIM-Modell eines Blocks mit zentralem BSP-Kern (Quelle: ZÜBLIN Timber)

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

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

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

## 4. TEAMS WORK – Gemeinsame Optimierungsphase

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

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

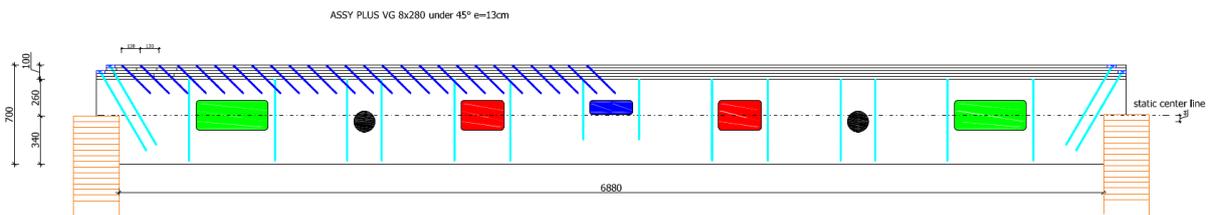


Abbildung 5: Deckenschnitt, Rippe mit TGA-Öffnungen (Quelle: ZÜBLIN Timber)

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

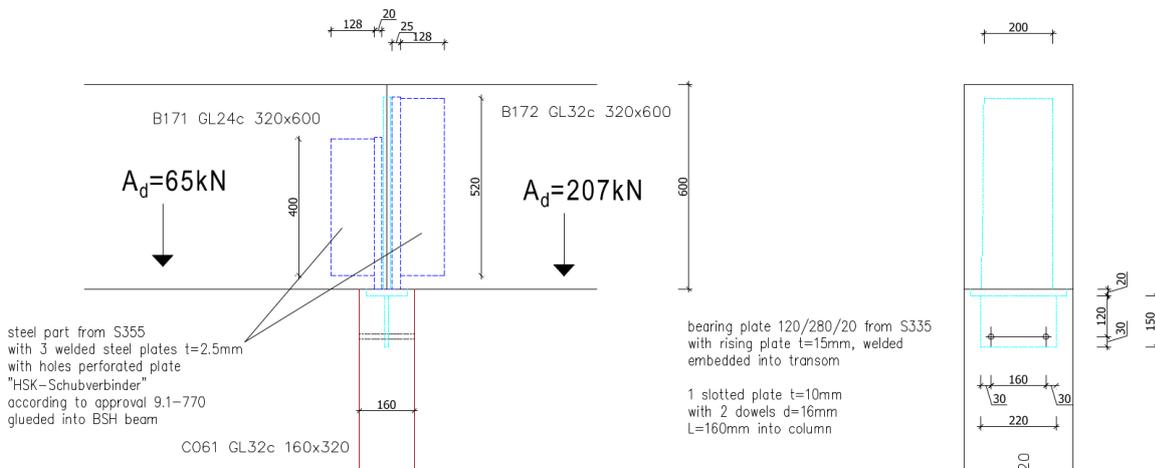


Abbildung 6: Knoten Stütze-Unterzug mit eingeklebtem Stahlteil (Quelle: ZÜBLIN Timber)

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

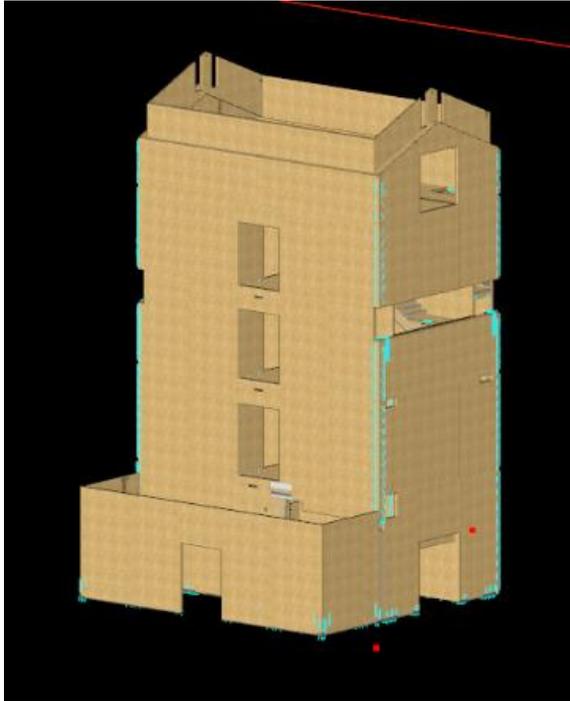


Abbildung 7: BSP-Kern eines Blocks  
(Quelle: ZÜBLIN Timber)

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

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

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

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

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

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

## 5. 9.260 m<sup>3</sup> Holz – 230 LKWs in 230 Tagen

Das montierte Holzvolumen summiert sich auf gesamt 9.260 m<sup>3</sup>: 3.030 m<sup>3</sup> BSH, 6.020 m<sup>3</sup> BSP, 135 m<sup>3</sup> KERTO-Furnierschichtholz und 70 m<sup>3</sup> Baubuche. Dieses Volumen zzgl. aller Stahlteile und Verbindungsmittel wurde auf 230 LKWs verteilt nach Brüssel transportiert. Als im November 2018 die Montage begann, stellte vor allem die Baustellenlogistik eine doch etwas unterschätzte Herausforderung dar. Schnell wurde jedoch reagiert und auf Basis einer exakten Logistikplanung der Baustelle waren die Montageteams vor Ort in der Lage, ihre benötigten Bauteile inmitten der enormen Holzmengen, die angeliefert wurden, aufzufinden.

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



Abbildung 8: viergeschossiger BSP-Kern  
(Quelle: ZÜBLIN Timber)



Abbildung 9: Montage BSH-Rippen  
(Quelle: ZÜBLIN Timber)

Durchschnittlich vier Montageteams arbeiteten an jeweils einem Block. Gesamt wurden 30 – in Hochzeiten bis zu 40 – Monteure parallel auf der Baustelle eingesetzt, um den vom Auftraggeber äußerst eng gesteckten Zeitrahmen einhalten zu können. Immerhin wollte dieser ja schnellstmöglich in die Vermietung gehen.

Neben den Monteuren waren im Baustellenteam noch ein Projektleiter, zwei Bauleiter und ein Praktikant mit von der Partie, die es alle gemeinsam schlussendlich ermöglichten, dass die Holzbaumontage termingerecht im September 2019 abgeschlossen werden konnte.

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

## 6. Fazit und Lessons Learned

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

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

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

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

**Donnerstag, 21. Oktober 2021**

**Block C1**

**Holz-Beton-Verbund:**  
Entwicklungen | Konzepte | Umsetzungen

# Aus der Forschung in die Praxis: Erstes Pilotprojekt mit geklebter HBV-Decke

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



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



# Aus der Forschung in die Praxis: Erstes Pilotprojekt mit geklebter HBV-Decke

## 1. Geklebte HBV-Decken

Decken in Holz-Beton-Verbund Bauweise sind heute Stand der Technik. Insbesondere im mehrgeschossigen Wohnungsbau und bei größeren Spannweiten hilft ihre größere Masse und Steifigkeit die bemessungsrelevanten Verformungs-, Schwingungs- und Schallschutznachweise einzuhalten. Trotzdem haben HBV-Decken noch Verbesserungspotential in Herstellung, Technologie und Kosten mit dem sich Holzbauer und Forscher oft gemeinsam auseinandersetzen. Nach Ansicht der Verfasser liefert die Klebetechnik interessante Verbesserungspotentiale, da die Verklebung von Holz und Beton eine quasi starre und damit hocheffiziente Verbindung ergibt, die vergleichsweise schnell und preiswert herstellbar ist. Im Folgenden werden neuere Entwicklungen im Bereich des geklebten Verbunds zwischen Beton und Holz vorgestellt sowie ein realisiertes Pilotprojekt, das an der TU-Berlin zusammen mit der Firma Lignotrend erforscht und umgesetzt wurde.

## 2. Aus der Praxis in die Forschung – der Weg zum geklebten Holz-Beton Verbund

### 2.1. Vom LifeCycle Tower zur geklebten Holz-Leichtbeton-Decke

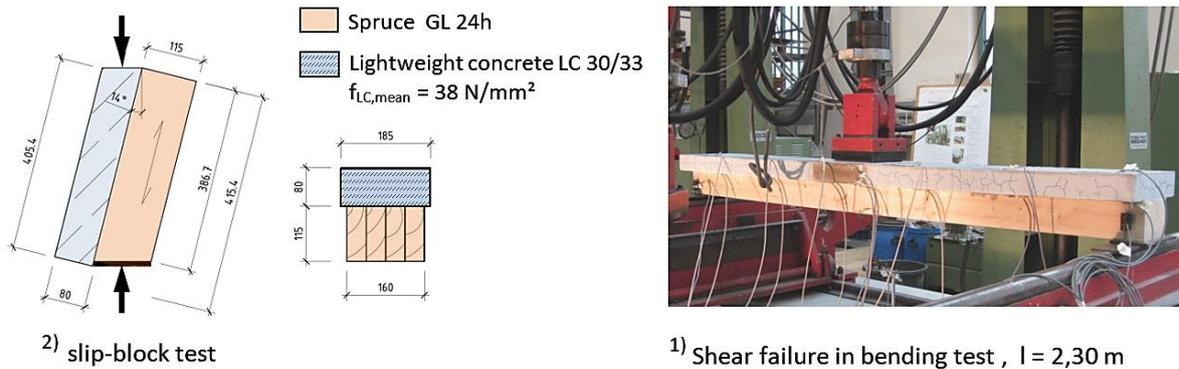
In dem von Rhomberg Bau initiierten, multidisziplinären Forschungsprojekt LifeCycle Tower wurde schon 2009 von Hermann Kaufmann Architekten und Arup Berlin das HBV-Fertigteil-Deckensystem entwickelt, das 2011 im LCT1 in Dornbirn umgesetzt und heute von CREE weitervertrieben wird. In diesem Zusammenhang entstand an der TU-Berlin die Überlegung, das Transportgewicht der ca. 8m spannenden und ca. 2,1m breiten HBV-Fertigteile durch den Einsatz von Leichtbeton zu reduzieren. Somit könnten drei, statt nur zwei FT-Elemente pro LKW transportiert werden. Schnell stellte sich heraus, dass für die Verbindung der Leichtbetonplatte mit den Holzträgern die üblichen Schrauben oder Kerfen wenig effizient sind. Insbesondere Schrauben werden frühzeitig aus dem Leichtbeton herausgezogen, da die porösen Leichtbetonzuschläge unter der Beanspruchung unterhalb der Schraubenköpfe zerbröseln. Die Schubkraftübertragung zwischen Holz und Beton muss deshalb für Leichtbeton möglichst gleichmäßig und ohne Beanspruchungsspitzen erfolgen.

Einen Lösungsansatz lieferte in diesem Zusammenhang der Hinweis eines Forschungspartners, der ABP Polymertechnologie, zu einem der Einsatzgebiete ihres 2K-Epoxid-Klebstoffes. Dieser wird u.a. eingesetzt, um Industrieestriche kraftschlüssig, im Nass-in-Nass Verfahren, mit der darunterliegenden Ort betonplatte zu verkleben. Dazu wird das 2K-Epoxidharz auf die Betonrohdecke aufgebracht und direkt anschließend auf das frische, noch nicht reagierte Epoxidharz der Estrichbeton gegossen.

#### Nass-in-nass verklebte Holz-Leichtbeton Verbunddecken der TU-Berlin

Die HBV-Decken des LCT-Projekts wurde zwar in der Folge erfolgreich mit Normalbetonen und Kerfen ausgeführt, doch an der TU-Berlin initiierten diese Überlegungen ein Forschungsprojekt zur Nass-in-Nass Verklebung von Holz-Leichtbeton Verbundträgern (HLBV). Ein geeigneter Leichtbeton LC 30/33 mit der Wichte  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  wurde entwickelt. Entscheidend war dabei, dass die Betonmischung eine möglichst hohe Zugfestigkeit erreicht, da die Schubtragfähigkeit von unbewehrtem Beton direkt von seiner Zugfestigkeit abhängt und nur indirekt von seiner Druckfestigkeit. Zusätzliche Längs- und/oder Querdruckbeanspruchungen erhöhen die Schubtragfähigkeit des Betons schnell auf das Doppelte oder Dreifache, während sie durch Längs- oder Querkzug deutlich reduziert wird.

Die Tragfähigkeiten des nass-in-nass verklebten HLBV wurden zunächst im kleinen Maßstab mit Slip-Block Tests und anschließend mit 2,3 m kurzen Biegebalken untersucht, um ein Schubversagen in der Verbundfuge zu provozieren (Abbildung 1). Anschließend wurden große HBV-Träger mit praxisgerechten Dimensionen getestet. Wie erwartet versagten diese 5,7 m langen Träger ausschließlich auf Biegezug im Holz, lange bevor die Schubtragfähigkeit in der Fuge erreicht wurde. Im Kleinversuch trat der Bruch fugennah im Beton auf. Die erreichte Schubtragfähigkeit der 2K-Epoxid-Verklebung überstieg deutlich die Werte üblicher Verbindungsmittel. Sie ist in Abbildung 1 genähert als über die Schubfläche verschmierte, äquivalente mittlere Schubspannung  $\tau_{\text{mean}}$  in  $\text{N}/\text{mm}^2$  berechnet.



Bonded Connection	Notches	Screws
2 mm Epoxi light-weight concrete LC 30/33	normal-weight concrete	4 pairs of screws normal-weight concrete
$\tau_{\text{mean}} = 2,6^{1)} - 5,4^{2)} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	$\tau_{\text{mean}} = 1,3 - 1,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	$\tau_{\text{mean}} = 0,7 - 1,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
		

Abbildung 1: Schubtragfähigkeiten aus Versuchen an nass-in-nass verklebtem Holz-Leichtbeton Verbund im Vergleich mit Ergebnissen für Holz-Normalbeton Versuche mit Kerben und Schrauben. Tragfähigkeiten ausgedrückt als äquivalente Schubspannungen [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ] im Fugenbereich

Zu beachten ist, dass die im Holzbau üblichen Schub- oder Scherversuche je nach Versuchsaufbau prinzipiell unterschiedlich hohe Schubtragfähigkeiten liefern, mit den höchsten Werten für kleinformatige Scherversuche an kleinen Würfeln. Die hier durchgeführten Schubversuche ergaben für die Slip-Block-Tests höhere Schubtragfähigkeiten als für die kurzen Balkenversuche. Grund ist der Querdruck in der Fuge der Slip-Block-Tests, der dort zusätzlich zur Schubbeanspruchung und dem Längsdruck auftritt. Zudem war im Versagensablauf des kurzen Biegebalkens nicht auszumachen, ob der Schubbruch vor dem Biegezugversagen an der Balkenunterkante auftrat oder umgekehrt. Damit würde die Schubtragfähigkeit tatsächlich etwas höher liegen als im Versuch bestimmt.

## 2.2. Bisherige Forschungsaktivitäten zu geklebten HBV-Decken

Gleich zu Beginn unserer Beschäftigung mit geklebten HBV-Decken wurde klar, dass zu diesem Thema zwar nicht viel, aber schon seit langem erfolgreich geforscht wird. Im Prinzip sind dabei zwei Klebverfahren zu unterscheiden.

Erstens die oben beschriebene Nass-in-Nass Klebetechnologie, die nach Wissen des Verfassers bisher nur zusammen mit zweikomponentigen Epoxid-Klebern eingesetzt wurde. Übliche 1K oder 2K-PU-Kleber könnten u.U. infolge der unvermeidbar hohen Betonfeuchte aufschäumen. Veröffentlicht wurde dazu schon in den 70er Jahren von Pincus in den USA [1], Negrao in Portugal 2004 [2] und vor allem von Brunner in der Schweiz bis 2007 [3] und ab 2014 aus Berlin von Schmid mit Zauft [4][5] und Sutter [6].

Die zweite Möglichkeit besteht in der nachträglichen Verklebung von Betonfertigteilen mit Holzträgern. Dazu sind prinzipiell verschiedene Klebstoffe vorstellbar. Üblich sind Epoxi- oder PU-basierte Klebstoffe, mit einem Vorteil für die 2K-Klebstoffe, da diese in der Regel für die notwendigen größeren Fugendicken höhere Festigkeiten erreichen. Diesbezüglich sind die Forschungen von Seim in Kassel mit aufgeklebten Fertigteilplatten aus ultrahochfestem Beton zu erwähnen [6][7], auch zusammen mit Fraunhofer Institut für Holzforschung in Braunschweig [8]. Hackspiel von der Holzforschung Austria berichtet in [9] von HBV-Decken, die zusätzlich mit einer elastischen Zwischenschicht verklebt werden. Die Zwischenschicht soll die im Hochbau entwurfsrelevanten Schallschutzeigenschaften der Decken verbessern.

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

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

### 3.1. Neues Konzept zum Klebeverbund zwischen Holz und Beton

Auf Basis der vielversprechenden Ergebnisse mit verklebten Holz-Leichtbeton Verbundträgern werden an der TU-Berlin aktuell weitere Forschungsprojekte zum Klebeverbund durchgeführt. Dabei werden verschiedene Klebevarianten in Kombination mit Normalbeton untersucht. Betone der Güte C20/25 bis C50/60 zur Verklebung mit Brettschichtholzbalken oder Brettsperrholzplatten erscheinen den Verfassern für die Praxis sinnvoll. Diese Betone sind überall erhältlich und preiswert. Zusätzliche Anforderungen an Decken bezüglich Brandschutz, Schallschutz und die Schwingungsbegrenzung erfordern i.d.R. Betonplattenstärken von ca. 10-12 cm und eine große Masse, die solche Normalbetonplatten umsonst liefern.

Eine neue Variante des geklebten Holz-Beton Verbunds wurde von der TU-Berlin zusammen mit der Firma Lignotrend entwickelt und in einem von der AiF geförderten ZIM-Forschungsprojekt erforscht (Abb. 2 und 7). Bei dieser sogenannten Granulatsplittverklebung wird zunächst grober Splitt auf die Lignotrend-Deckenfertigteile geklebt und bis zur vollständigen Aushärtung gewartet. Auf die so vorbereiteten Holzelemente wird in einem zweiten Schritt der Frischbeton aufgebracht. Der Frischbeton verzahnt sich dabei mit dem aus der Klebeschicht herausstehenden Splitt und garantiert einen schubstarren, sehr tragfähigen Verbund. Der prinzipielle Aufbau der Verbundfuge ist in Abbildung 2 dargestellt.

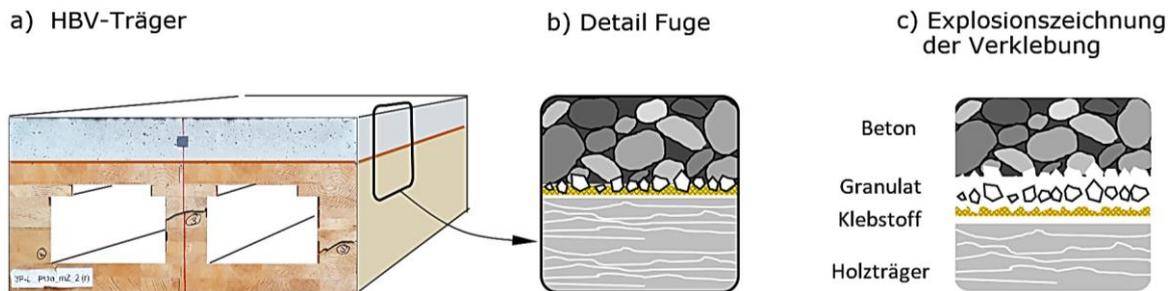


Abbildung 2: Prinzipskizze der Granulatsplittverklebung

Das Tragverhalten im Fugenbereich zeigt Abbildung 3a. Die Kraftübertragung zwischen Beton und Granulatsplitt erfolgt durch Formschluss, zwischen Granulatsplitt und Klebstoff durch Formschluss in Kombination mit Adhäsion (Kraftschluss) und zwischen Klebstoff und Holz durch Adhäsion und Formschluss.

Wird ein Klebstoff mit hoher Tragfähigkeit und ein geeigneter Splitt gewählt, tritt das Versagen oberhalb der Klebefuge im Beton ein, sofern ein niederfester Beton verwendet wird. Bei höherer Betonfestigkeit ab ca. C40/50 kann das Schubversagen im Holz erwartet werden. Ob ein Versagen der Klebefuge auftritt und wenn ja, bei welcher Schubspannung, hängt vor allem von der Tragfähigkeit des verwendeten Klebstoffs ab. Abhängig von der Ausführung der Verklebung und der Beton- und Holzqualität ist auch ein kombiniertes Versagen im Holz, Beton und der Fuge zu beobachten.

a) Prinzip der Kraftübertragung zwischen den unterschiedlichen Schichten im Fugenbereich

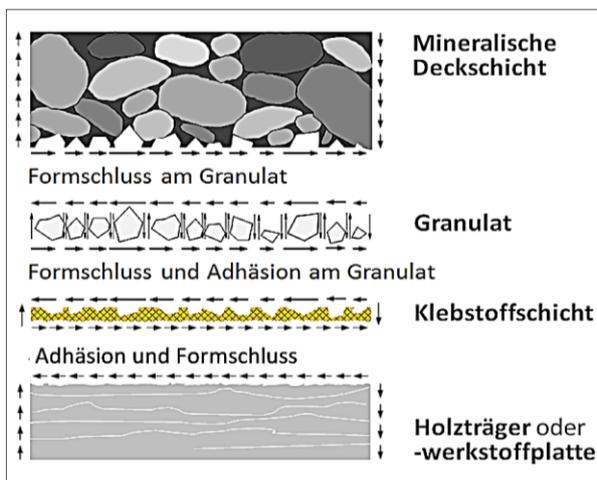
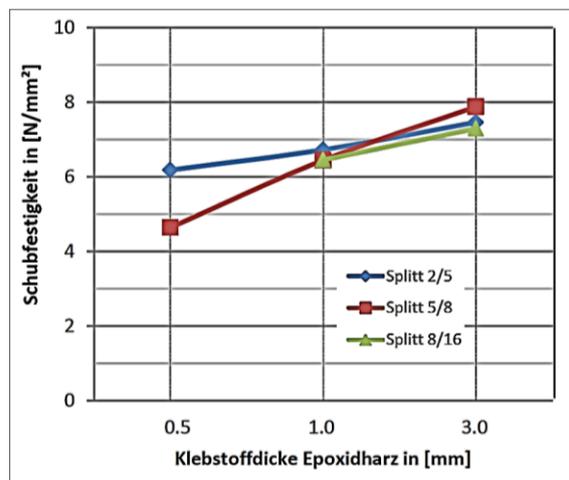


Abbildung 3: a) Tragprinzip Granulatsplittverklebung

b) Versuchsergebnisse für unterschiedliche Klebstoffdicken und Granulatgrößen



b) mittlere Schubtragfähigkeiten im Slip-Block Versuch mit Epoxidharz

Der besondere Vorteil der Granulatsplittverklebung besteht für den Holzbauer darin, dass er die Verklebung des Splitts witterungsgeschützt und unter sauberen Bedingungen im eigenen Betrieb durchführen kann (Abb. 7). Dann hat er die Wahl, ebenfalls im Werk die Betonplatte aufzugießen und damit ein vorkonfektioniertes HBV-Fertigteil auf die Baustelle zu liefern, das dort schnell und vergleichsweise witterungsunabhängig eingebaut werden kann. Andererseits hat er die Möglichkeit, nur das leichte, besplittete Holzelement preiswert auf die Baustelle zu liefern und dann vor Ort zu betonieren. Das besplittete Decken-Halbfertigteil ist im Gegensatz zu üblichen Holzträgern oder Brettsperrholzplatten durch die dichte Kleberschicht vor Wasser geschützt und damit sehr robust.

### 3.2. Erste Forschungsergebnisse zur Granulatsplittverklebung

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

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

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

Abbildung 4 zeigt am Beispiel der Versuchsserie mit unterschiedlichen Betongüten und einer Verklebung mit 2K-Epoxidharz, dass bei 2K-Epoxi-Verklebungen nicht die Klebefuge selbst, sondern die Verbundpartner Holz und Beton die Schubtragfähigkeit limitieren. Bis zu einer Festigkeit von C35/45 kam es ausschließlich zum Versagen im Beton. Bei den höheren Betonfestigkeiten dominierte das Schubversagen im Holz.

Die mit 1K-Polyurethan erstellten Probekörper versagten hingegen i.d.R. innerhalb der Klebstoffschicht und verhielten sich dabei duktil. Je nach Klebstofftyp und -auftragsmenge wurden Bruchspannungen  $\tau_{\text{mean}}$  zwischen  $0,8$  und  $5,6 \text{ N/mm}^2$  ermittelt.

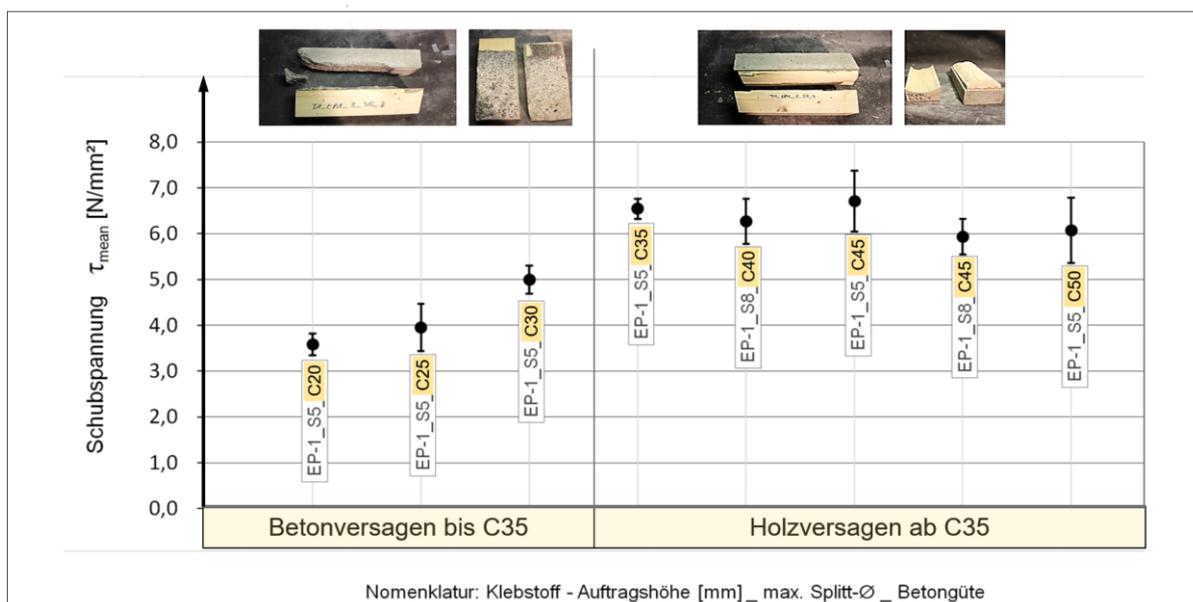


Abbildung 4: Beispiel Schubfestigkeit bei Slip-Block-Versuchen: 1 mm 2K-Epoxidharz, maximaler Granulatsplitt Durchmesser 5 und 8 mm, Betongüten zwischen C20/25 und C50/60

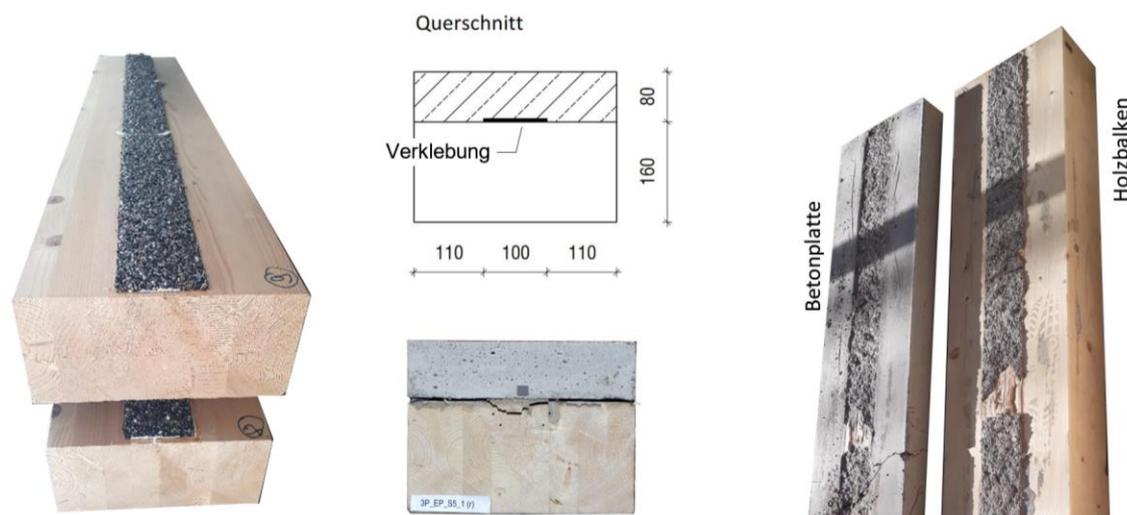


Abbildung 5: Kurze Biegeträger mit schmaler Fuge: Links: Vor dem Betonieren. Rechts: Nach den Versuchen mit Beton- und Holzversagen. Das Bild zeigt vorwiegend Betonversagen

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

Alle Serien erreichten Schubfestigkeiten in der Fuge von ca.  $5,3 \text{ N/mm}^2$ . Damit liegen diese ca. 20% unter den Ergebnissen der Slip-Block-Versuche mit Epoxidharz, was sich durch den nicht vorhandenen Querdruck erklären lässt. Während bei den Epoxidharz Systemen der Bruch außerhalb der Fuge im Beton oder Holz stattfand, versagten die PU Balken - wie im Slip-Block-Test - vor allem in der Klebefuge und erreichten die gleiche Schubtragfähigkeit wie im Slip-Block-Test. Die Kohäsionsfestigkeit innerhalb des PU-Klebstoffs scheint hier offensichtlich weitestgehend unabhängig vom Querdruck zu sein.

Zur Untersuchung der Schubfestigkeit der neuen Granulatsplittverklebung in Verbindung mit den vorgefertigten Hohlkastenelementen der Fa. Lignotrend wurden zusätzlich Dreipunkt-Biegeversuche an kurzen Balken mit den Abmessungen  $L \times B \times H = 190 \times 62,5 \times 31,3 \text{ cm}$  mit einer Betonplattendicke von 8 cm durchgeführt (Abbildung 6). Die Balken versagten alle ausschließlich auf Schub im Bereich der schmalen Holzstege bei rechnerischen Schubspannungen um  $3,2 \text{ N/mm}^2$ . Die sehr viel breitere Verbundfuge blieb bei allen Versuchen unversehrt. Offensichtlich ist in dem vorliegenden HBV-System die Verbundfuge selbst nicht bemessungsrelevant.



Abbildung 6: Kurze, gedrungene Lignotrend-HBV-Träger nach den Drei-Punkt Biegeversuchen zum Test der Schubtragfähigkeit: Immer Schubversagen im Holz der Stege

## 4. Aus der Forschung in die Praxis: Erstes Pilotprojekt mit Granulatsplitt verklebten HBV-Decken

### 4.1. Planung des Pilotprojekts

In der Schweizer Gemeinde Sissach, im Umland von Basel gelegen, wurde ein zweistöckiger Neubau eines kommunalen Doppelkindergartens in Holzbauweise geplant und realisiert (s. Abbildung 8). Verantwortlicher Totalunternehmer war die Beer Holzhaus AG im Team mit Kast Kaeppli Architekten und dem Ingenieurbüro Pirmin Jung. Der Holzbau wurde von der Beer Holzbau AG aus Ostermundigen umgesetzt.

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

Für diese erstmalige praktische Anwendung des neuartigen Klebeverbundsystems wurde der folgende, sehr konservative Bemessungsansatz gewählt: Das Lignotrend Hohlkastenelement wurde so dimensioniert, dass es allein alle Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt. Damit wird die Standsicherheit auch ohne den Klebeverbund gewährleistet und der Beton in dieser Betrachtung lediglich als Last aufgefasst.

Für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise, also die Anfangs- und Endverformungen sowie das Schwingungsverhalten, wurde die 10 cm starke Betonschicht als starr mit dem Holz verbunden betrachtet und damit der Verbundquerschnitt angesetzt. Das Holzelement alleine hätte diese Nachweise nicht erfüllt. So ergaben sich mit dem etwas überdimensionierten Querschnitt rechnerisch Durchbiegungen von  $l/1000$  im Anfangszustand und  $l/550$  unter Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden. Der Schwingungsnachweis wurde mit einer rechnerischen Eigenfrequenz von 7,2 Hz in Zusammenhang mit der Erfüllung des Steifigkeits- und Beschleunigungskriteriums nachgewiesen. Nachträgliche Messungen am Bauwerk bestätigten die errechneten Verformungen. Die vor Ort gemessene Eigenfrequenz lieferte hingegen mit 10,9 Hz deutliche bessere Werte, obwohl dem, in der Berechnung nicht berücksichtigten, Akustikpanel i.d.R. nur 1-2 Hz Verbesserung zuzuschreiben sind. Somit wäre sogar das strenge 8 Hz Kriterium erfüllt.

Die volle Leistungsfähigkeit des Systems kann ausgeschöpft werden, wenn auch für die Standsicherheit ein starrer Klebeverbund angesetzt wird. Dann genügt eine Gesamthöhe des Verbundquerschnitts von 32,2 cm (inkl. 8 cm Beton und 3,2 cm Akustikpanel). Dieser reduzierte Querschnitt wurde für zusätzliche Tests gefertigt und im Versuchsstand der TU Berlin erfolgreich getestet. Die Versuche bestätigten, dass die Querschnittshöhe gegenüber der konservativen Ausführung im Pilotprojekt um 6 cm reduziert werden könnte.



Abbildung 7: Fertigung: Lignotrend-Element vor und nach dem Auftrag der Splittverklebung © Lignotrend

## 4.2. Ausführung

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

Für die Montage konnten die ursprünglichen Vorgaben der Tragwerksplaner von Pirmin Jung, wie die Zwischenstützung, die Überhöhung und die Bewehrung der Betonplatte, ohne Änderungen übernommen werden. Auch an dem, in der Betonschicht geplanten, Leitungsverzug der Haustechnik konnte ebenfalls ohne Änderung festgehalten werden.

Bei der Montage der Deckenelemente wurde eine temporäre Zwischenstützung an den Drittelpunkten eingerichtet. Diese diente zur Herstellung einer Überhöhung von 10 mm zur Vorwegnahme der Verformung durch Eigengewicht und nahm die Lasten aus dem Frischbeton bis zum Aushärten des Betons auf.

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

Nach Fertigstellung war der Ausführende vom schnellen und problemlosen Bauablauf des Pilotprojekts so überzeugt, dass er das System gleich für weitere Bauvorhaben anfragte.



Abbildung 8: oben: Doppelkindergarten Sissach, I.: Ansicht r.: Holzlage der HBV-Decke © Beer Holzbau AG  
unten: Bewehrte Granulatsplitt-Rohdecke vor und während der Betonage © Lignotrend

## 5. Zusammenfassung

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

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

## 6. Literatur

- [1] Pincus, G.: Behaviour of Wood-Concrete Composite Beams. Journal of the Structural Division, Proceedings American Society of Civil Engineers, (1970), S. 2009–2019
- [2] Negrao, J. H., Oliveira, F. M., Oliveira, C. L.: Investigation on Timber-Concrete Glued Composites. 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, (2006)
- [3] Brunner, M., Romer, M., Schnüriger, M.: Timber-concrete-composite with an adhesive connector (wet on wet process). Materials and Structures 40 (2007), S 119-126
- [4] Zauft, D.: Untersuchungen an geklebten Verbundkonstruktionen aus Holz und Leichtbeton. Dissertation. Heftreihe des Instituts für Bauingenieurwesen TU-Berlin, Shaker Verlag (2014),
- [5] Zauft, D.; Schmid, V.; Polak, M. A.; Bonded Timber-concrete composite floors with lightweight concrete; World Conference on Timber Engineering; TU Wien, (2016)
- [6] Schäfers, M.; Seim, W.: Geklebte Verbundbauteile aus Holz und hoch- bzw. ultrahochfesten Betonen. Bautechnik 88 (2011), Heft 3, S. 165 - 176
- [7] Frohmüller, J.; Seim, W.: Geklebter Holz-Beton-Verbund. Stand des Wissens und der Forschung. Bauen mit Holz, Jg.123, Nr. 3, 2021, S.30-35
- [8] Mérono, M. et al.: Innovative Heißklebung von tragenden Holz-Beton-Verbundelementen. Adhäsion Kleben & Dichten (2019), Volume 63, S. 30–34
- [9] Hackspiel, C.: Verklebung als Verbund für Holz-Beton-Deckensysteme. 1. Holzbau Kongress Berlin (DHK) 2020, Forum Holzbau (2020), S. 31 - 39

# **Individuell und doch modular «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen**

Andreas Schimmelpfennig  
CREE Deutschland GmbH  
Bremen, Deutschland



# Individuell und doch modular «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen

## 1. CREE Building System

Jedes Gebäude ist individuell. Was aber, wenn sich die Ansprüche, die Sichtweisen, die Bedürfnisse ändern? Nichts in unserer Welt steht still – für CREE ein guter Grund, Architektur völlig neu zu denken und mit einem wichtigen Begriff zu bereichern: dynamische Individualität.

In Zeiten, in denen innerhalb kürzester Zeit dringend Raum benötigt wird, sind schnelle und vor allem wirtschaftliche Lösungen gefragt. Es geht um Gebäude, die schnell zur Verfügung gestellt und in späterer Folge unkompliziert umgebaut bzw. angepasst werden können, ohne dabei in die statische Struktur eingreifen zu müssen.

Wir haben uns in den vergangenen Jahren sehr intensiv mit dem Bauen der Zukunft auseinandergesetzt und unter Verwendung des – einzig nachwachsenden – Rohstoffes Holz ein systematisiertes Bausystem entwickelt.

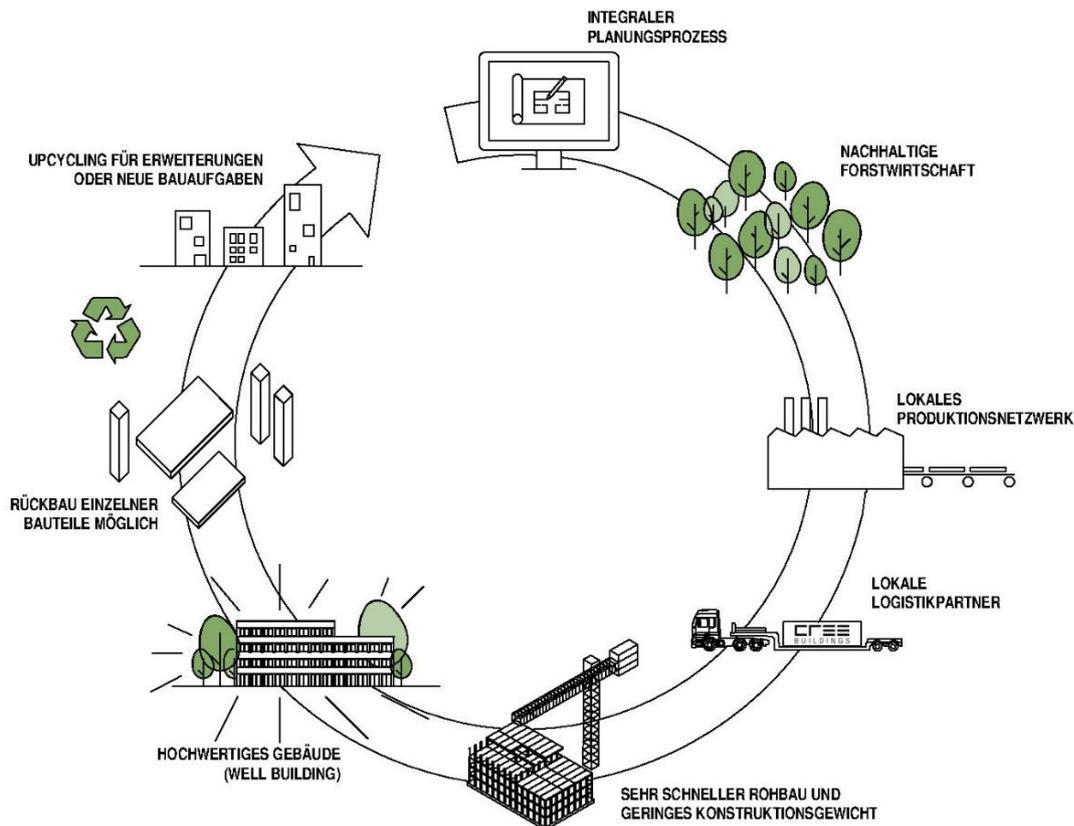


Abbildung 1: CREE Cycle | © CREE Deutschland GmbH

### Besser bauen – mit nachwachsenden Rohstoffen.

Durch die Einbeziehung von jeweils lokalen Lieferanten wird die regionale Wertschöpfung mit kurzen Transportwegen gewährleistet. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit in der Planung, Fertigung und Montage sowie der Möglichkeit der späteren Adaptierung stehen alle Optionen offen, das Gebäude an die jeweiligen (veränderten) Gegebenheiten anzupassen.

## 2. Vorteile unserer CREE Holz-Hybrid Bauweise

- hohes Maß an industrieller Vorfertigung
- hohe Qualität und Kostensicherheit durch in Werken vorproduzierte Bauelemente
- geringe Konstruktionshöhen; integrierte Technikkomponenten
- flexible Fassadengestaltung
- minimierter Ressourcenverbrauch aufgrund der Holz-Hybrid-Technologie
- kurze Bauzeit
- flexible Umnutzungsmöglichkeiten
- bauteilweiser Rückbau möglich
- Heizen, Kühlen, Lüften, Arbeitsplatzbeleuchtung und erforderliche Schallabsorption über Deckenelemente zwischen der primären Tragkonstruktion der CREE-Hybriddecken
- Smart Home Komponenten

**Wir bauen nicht für heute und morgen, sondern für Generationen.**

## 3. «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen

Das «Bürogebäude Handwerkerhaus» liegt im zentralen Bereich der Überseestadt in Bremen, in besonderer Lage zwischen Consul-Smidt-Straße und der Hafenstraße, gegenüber dem denkmalgeschützten «Schuppen 1».

Das viergeschossige Bürogebäude wurde in unserer CREE Holz-Hybrid-Bauweise in gestalterischer Anlehnung an die vorhandene Speicher-Architektur in der Nachbarschaft errichtet. Die oberirdische CREE Holz-Hybrid-Konstruktion (Rohbau, inkl. geschlossener Fassade) wurde in 10 Tagen errichtet.

Das wesentliche Element der Fassadengestaltung ist die anthrazitgraue – vorgehängte hinterlüftete – Aluminiumfassade mit seiner Tiefenwirkung. Die regelmäßige Fassadengliederung schafft einheitliche Proportionen der Fensteröffnungen.



Abbildung 2: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Außenansicht | © CREE Deutschland GmbH

Die innere Grundrißstruktur ist klar ablesbar. Tageslicht orientierte Arbeitsräume gruppieren sich um eine Mittelzone, die sowohl Nebenräume beherbergt und als vertikaler TGA-Versorgungsstrang die Geschosse untereinander verbindet.

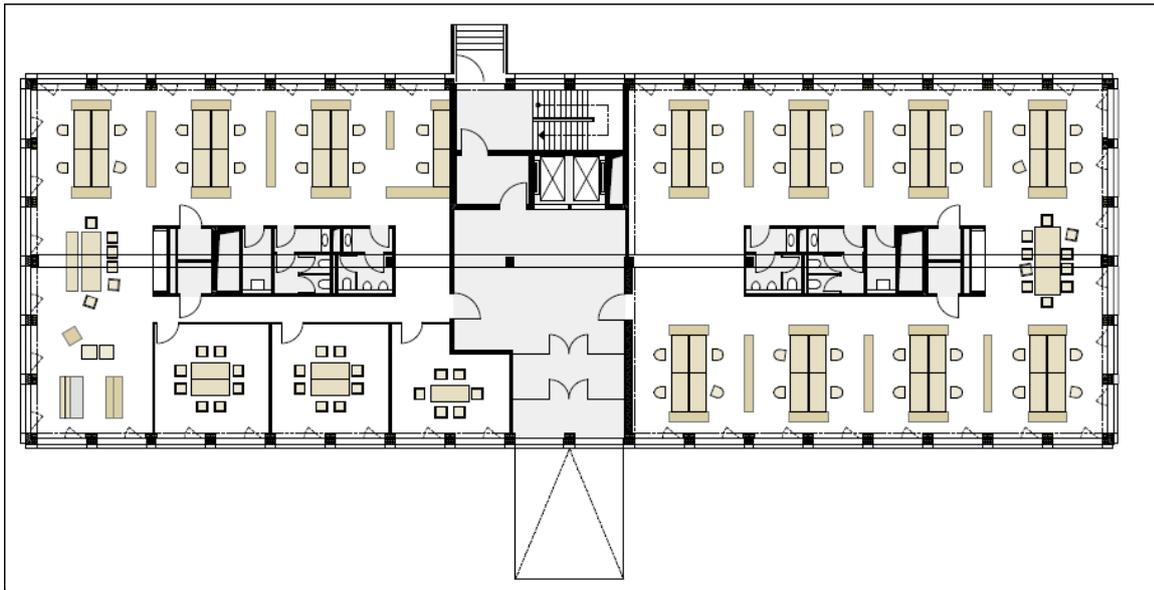


Abbildung 3: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Grundriss Erdgeschoss | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 4: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Innenansicht | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 5: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Innenansicht | © CREE Deutschland GmbH

Unterhalb des Gebäudes befindet sich eine eingeschossige Tiefgarage mit 76 PKW-Einstellplätzen, E-Tankstellen und weiteren Fahrradstellplätzen.

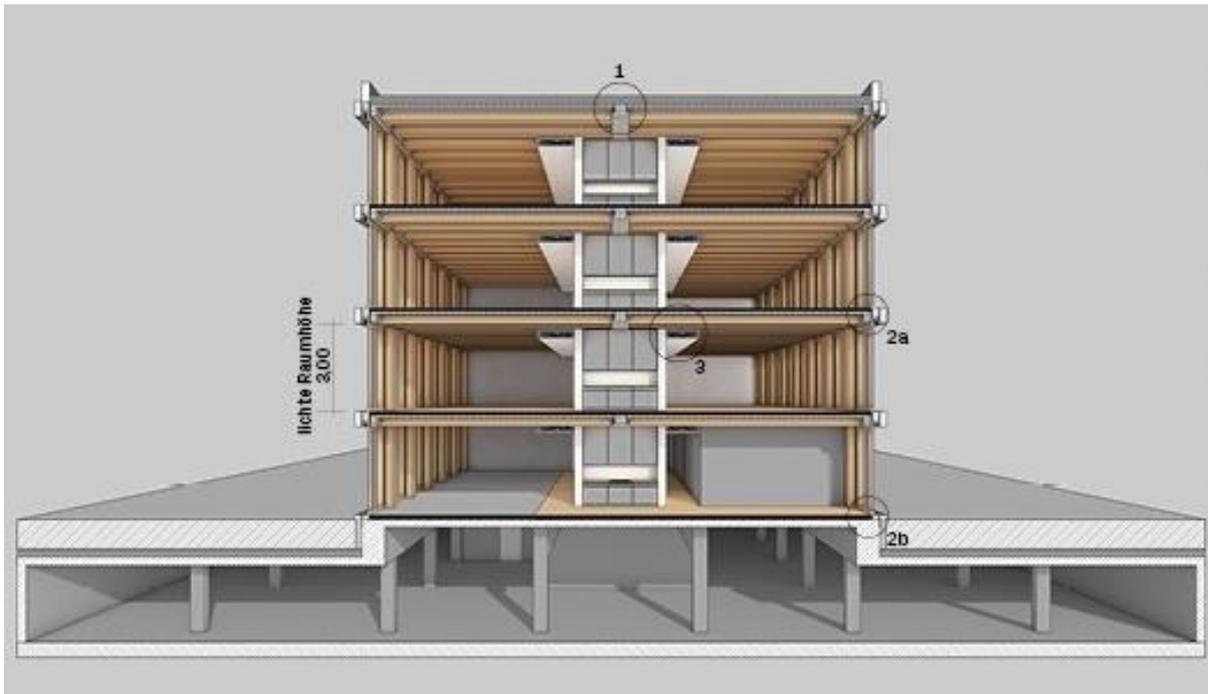


Abbildung 6: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Systemschnitt | © CREE Deutschland GmbH

### 3.1. CREE PREFAB (HRB-Wandelemente)

Vorfertigung der statisch nichttragenden CREE-Wandelemente (1 Element = ca. 39 m<sup>2</sup>), inkl. Montage der tragenden Brettschichtholzstützen und Montage der (Holz-Aluminium) Fensterelemente.



Abbildung 7: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Vorfertigung Außenwand | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 8: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Vorfertigung Außenwand | © CREE Deutschland GmbH

### 3.2. CREE PREFAB (Holz-Hybriddecken)

Vorfertigung der CREE-Deckenelemente (1 Element = ca. 22 m<sup>2</sup>) mit bereits integriertem Randbalken (Ringanker) bei unserem Schwesterunternehmen der BWE Bau Fertigteilwerk GmbH.



Abbildung 9: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Vorfertigung Decken | © CREE Deutschland GmbH

### 3.3. CREE LOGISTIK

#### Transportmanagement der Wand- und Deckenelemente



Abbildung 10: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Logistik Außenwand | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 11: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Logistik Deckenelement | © CREE Deutschland GmbH

### 3.4. CREE CONSTRUCTION

#### Montage der Wand- und Deckenelemente



Abbildung 12: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Montage Außenwand | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 13: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Montage Deckenelement | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 14: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Montage Deckenelement | © CREE Deutschland GmbH



Abbildung 15: «Bürogebäude Handwerkerhaus» Bremen | Montage Deckenelement | © CREE Deutschland GmbH

Die Deckenelemente werden untereinander kraftschlüssig – zur Ausbildung der Deckenscheibe – vergossen. Die Ringankerkräfte werden durch Spannschlösser übertragen.

**CREE, eine Idee die wächst und wächst!**

# Verbundtechnologien im Einsatz: Engineering, Design und Nachhaltigkeit

Frank Steffens  
Brüninghoff Gruppe  
Heiden, Deutschland



# Verbundtechnologien im Einsatz: Engineering, Design und Nachhaltigkeit

Ressourcenknappheit erfordert einen bewussten Umgang mit Baumaterialien – und die ganzheitliche Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes. Letzteres sollte im Idealfall leicht rückbaubar sein, damit die eingesetzten Rohstoffe wieder dem Kreislauf zugeführt werden können. Insbesondere bei Materialkombinationen stellt das Auflösen des Verbunds jedoch häufig eine Herausforderung dar. Der Hybridbau-Spezialist Brüninghoff setzt bei der Herstellung seiner Holz-Beton-Verbunddecke daher vermehrt auf Verbindungen, die eine Rückbaufähigkeit ermöglichen. Zugleich zeichnet sich das Deckenelement durch einen hohen Vorfertigungsgrad aus – und die Möglichkeit der flexiblen Anpassung an bestehende Grundrisse.

Nachhaltiges Bauen ist mehr als nur ein Megatrend: Gefragt sind intelligente und energieeffiziente Gebäudekonzepte sowie der Mut zum Einsatz moderner Werkstoffe. Zugleich ist eine architektonisch ansprechende Umsetzung gefordert. Der Fokus liegt dabei nicht ausschließlich auf der Materialauswahl. Denn auch Systeme und Montagemethoden gilt es zu berücksichtigen. Ein nachhaltiges Gebäude sollte problemlos rückbaubar sein. Für eine einfache Trennbarkeit sorgt in diesem Zusammenhang die Verbindung einzelner Elemente mit lösbaren Verbindungsmitteln, wie zum Beispiel Schrauben, Bolzen und Beschlägen. So setzt auch Brüninghoff bei seiner Holz-Beton-Verbunddecke (HBV-Decke) unter anderem auf Schraubverbindungen.

Die HBV-Decke setzt sich aus Holzbalken im Verbund mit einer Stahlbetonplatte zusammen. Dank dieser Kombination punktet das hybride Bauteil sowohl mit technischen als auch mit wirtschaftlichen Vorteilen: So ist es beispielsweise deutlich leichter als herkömmliche Decken aus Beton – und erzielt zugleich gute Werte im Bereich Tritt- und Luftschall. Zudem weist das HBV-Element eine deutlich höhere Steifigkeit und Tragfähigkeit auf als reine Holzdecken. Da es sich außerdem problemlos an die Feuerwiderstandsklasse F90 anpassen lässt, eignet es sich auch für den Einbau in mehrgeschossigen Gebäuden.

Neben den genannten Vorzügen weist die HBV-Decke einen geringeren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck als herkömmliche Stahlbetondecken auf – denn Holz substituiert in der hybriden Konstruktion mineralische Baustoffe und Stahl. Zusätzlich wird im Holz – im Gegensatz zu anorganischen Baustoffen – innerhalb der Nutzungsphase Kohlenstoff gespeichert, der während des Wachstums der Bäume durch Umwandlung von Kohlenstoffdioxid im Holz eingelagert wurde. Die Substitution mineralischer Baustoffe und die Speicherung von Kohlenstoff bewirken somit einen positiven Beitrag zum Klimaschutz. Brüninghoff verfolgt mit dem hybriden Deckenelement eine nachhaltigkeitsorientierte Gesamtstrategie: So lassen sich die Baustoffe beim Rückbau aufgrund der Schraubverbindungen relativ einfach sortenrein trennen. Dies ermöglicht das Recyceln und Wiederverwenden des Materials auf höchstmöglichem Wertniveau. Ein Kreislaufdenken wurde hier also bereits im Vorfeld einbezogen. Diese Planung ermöglicht es, die Inanspruchnahme von Ressourcen sowie Umweltbelastungen zu reduzieren und gleichzeitig den Komfort und die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Das hybride Deckensystem fertigt Brüninghoff individuell und projektspezifisch gemäß den jeweiligen bauphysikalischen und statischen Anforderungen an – eine flexible Anpassung an bestehende Grundrisse ist dabei möglich. Die im Werk entstehenden Holzabfälle aus der Produktion werden zur umweltfreundlichen Energieerzeugung genutzt. Zugleich beeinflusst die Vorfertigung der Bauteile zu hybriden Fertigteilen auch die Transport- und Baustellenabläufe. So verlaufen diese beispielsweise wasser-, staub- und emissionsreduziert. Auf diese Weise tragen die HBV-Decken von Brüninghoff über ihren gesamten Lebenszyklus zu einem nachhaltigen und umweltschonenden Bauen bei.

**14. Europäischer Kongress (EBH)**  
**Effizientes Bauen mit Holz im urbanen Raum**  
 21.10.2021, Gürzenich, Köln

**BRÜNINGHOFF**



**Verbundtechnologien im Einsatz:  
 Engineering, Design und Nachhaltigkeit**

INTELLIGENT BAUEN. SEIT 1974.

**BRÜNINGHOFF**

**Produktentwicklung  
 HBV/ Systeme**

XXX

11 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

INTELLIGENT BAUEN. SEIT 1974.

**HBV  
 Grundsätzliches**

Bei HBV-Decken werden die Materialien Holz, Stahl und Beton bzw. Holz und Stahlbeton so miteinander kombiniert, dass eine tragfähige Deckenscheibe entsteht.

Die Wirkung dieses Tragwerkes entfaltet sich, indem das Holz die Zugkräfte und der Stahlbeton die Druckkräfte im Querschnitt aufnimmt. Die Kräfte in der Scherfuge werden entweder mittels Verbindungsmitteln wie z.B. Schrauben oder eingeklebten Lochblechen übertragen oder mittels Kerven im Holz, die beim Betonieren ausgegossen werden.

Grundsätzlich wird zwischen zwei Arten von HBV-Decken unterschieden. Es gibt einerseits die HBV-Balkendecke bzw. Rippendecke und andererseits die HBV-Plattendecke bzw. -Flachdecke

12 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Besonderheiten Engineering

- Prinzipiell können mit HBV Decken alle bauphysikalischen Eigenschaften heutzutage erreicht werden.
- Durch das geringere Gewicht (im Vergleich zu Stb-Decken) braucht es eine gesamtheitliche Betrachtung der Decke inkl. dem Fußbodenaufbau, um Schwingungen und Schall optimal berechnen zu können.
- Durchbiegungen müssen auf Grund unterschiedlichen Verhaltens von Holz und Stahlbeton aufwändig berechnet werden. Eine Dimensionierung erfolgt häufig auf Grundlage der Gebrauchstauglichkeit.
- Zur Aussteifung der Decke und für die höhere Anzahl an Bauteilanschlüssen braucht es mehr Zeit in der technischen Bearbeitung.

13 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Besonderheiten Montage

- Der prinzipielle Montageablauf ist bei HBV-Decken und Stahlbetonfertigteildecken identisch.
- Das Aufbringen des Witterungsschutzes erhöht jedoch die Anzahl der Arbeitsschritte.
- Ebenso wird die Baustellenorganisation umfangreicher durch die zusätzliche Koordinierung, Kontrolle und Dokumentation der Abdichtungsmaßnahmen.

14 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Produktentwicklung als wesentlicher Bestandteil des Innovationsmanagementprozesses



15 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Projekterfahrungen

Werkberichte von den HBV-Projekten der letzten 6 Jahre

18 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

INTELLIGENT BAUEN. SEIT 1974.

### Neubau Betriebsstandort Public Address

- Bürogebäude und Logistikhalle
- Hessen
- Baujahr 2015
- Bauzeit Büro: 4 Monate
- BGF: 767 m<sup>2</sup>



19 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

### Neubau Bürogebäude H7

- Bürogebäude
- NRW
- Baujahr 2015
- Bauzeit: 16 Monate
- BGF: 4.500 m<sup>2</sup>



23 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau Wohnkomplex P1

- Wohngebäude
- Berlin
- Baujahr 2019
- 5 fünfgeschossige Wohnhäuser  
5 viergeschossige Wohnhäuser
- BGF: 7.200 m<sup>2</sup>



27 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau Bürogebäude Shopware

- Bürogebäude
- NRW
- Generalübernehmer
- Baujahr 2018
- Bauzeit: 8 Monate
- BGF: 2.500 m<sup>2</sup>

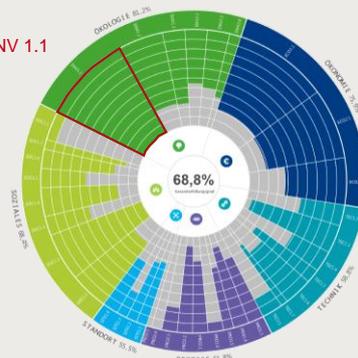


31 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Okobilanz

- Bestbewertung mit 10 Punkten
- Optimierung in der Planung
- Wärmeversorgung über Luft-Wasser-Wärmepumpe
- Mechanische Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung
- Umplanung von Stahlbetonbauweise in Holz-Hybrid-Bauweise in LP 5 durch den Generalunternehmer Brüninghoff

ENV 1.1



35 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Zertifizierte Produkte

- 77% aller Hölzer und Holzprodukte mit 100% FSC oder PEFC Anteil
- 17,5 % aller Hölzer und Holzprodukte mit FSC-Mix



37 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau Wohnhochhaus Haut

- Wohngebäude
- Niederlande
- Engineering & Rohbau
- Baujahr 2021
- Gebäudehöhe: 73 Meter
- 52 Wohneinheiten auf 21 Stockwerken



38 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau Forschungsgebäude Sartorius

- Forschungsgebäude
- Niedersachsen
- Generalunternehmer
- Baujahr 2021
- BGF: 10.200 m<sup>2</sup>



42 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

**BRÜNINGHOFF**

# Fazit

45 29. September 2021 Frank Steffens / HBV INTELLIGENT BAUEN. SEIT 1974.

## Deckenarten

### Qualitäten, Vorfertigungsgrade

Deckenart	Projekt	Vorfertigungsgrad
HBV-Rippendecke	Public Address – Hochheim am Main	100% Fertigteil
HBV-Flachdecke	Haut Amsterdam	100% Fertigteil
HBV-Rippendecke	H7 Münster	100% Fertigteil
HBV-Flachdecke	Sartorius Göttingen	50% Halbfertigteil

46 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Deckenarten

### Qualitäten, Vorfertigungsgrade

Deckenart	Projekt	Vorfertigungsgrad
HBV-Flachdecke	Pi Berlin	50% Halbfertigteil
HBV-Flachdecke (Cree)	Timber Office (AVW) Hamburg	100% Fertigteil
HBV-Rippendecke	Shopware Schöppingen	2x 50% Halbfertigteil
HBV-Rippendecke (Cree)	Brüninghoff Campus	100% Fertigteil

47 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Vielfalt führt zur Ineffizienz

- Wachsender Druck bei Projekten, den Zeit- und Kostenrahmen einzuhalten, ohne dass die Qualität leidet
- Zunehmende Komplexität durch anspruchsvolle Regularien und vertragliche Anforderungen
- Berücksichtigung einer Vielzahl an Beteiligten aufgrund zunehmender Spezialisierung (viele Übergabepunkte)
- Ineffektive Kommunikation und fehlender Zugang zu aktuellen Informationen (lange Wartezeiten)
- Umgang mit enormen Datenmengen, die während des Projektes generiert werden

48 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau Bürogebäude Timber Office

- Bürogebäude
- Hamburg
- Generalunternehmer
- Baujahr 2022
- BGF: 3.500 m<sup>2</sup>



3D Visualisierung: dreidesign.com

49 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau Bürogebäude Timber Office

- HBV Flachdecke (CREE)
- Befestigung Holz-Beton: Schrauben, Kerfen
- Feuerwiderstandsklasse F 90-B
- Erhöhte Schallschutzanforderungen nach DIN 4109 (Bbl.2) erfüllt



3D Visualisierung: dreidesign.com



50 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau OBR

- Bürogebäude
- NRW
- Generalübernehmer
- Baujahr 2022
- BGF: 12.500 m<sup>2</sup>



51 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Neubau OBR

- HBV Rippendecke (CREE)
- Befestigung Holz-Beton: Kerben
- Feuerwiderstandsklasse F 90-B
- Erhöhte Schallschutzanforderungen nach DIN 4109 (Bbl.2) erfüllt



Querschnitt



Längsschnitt



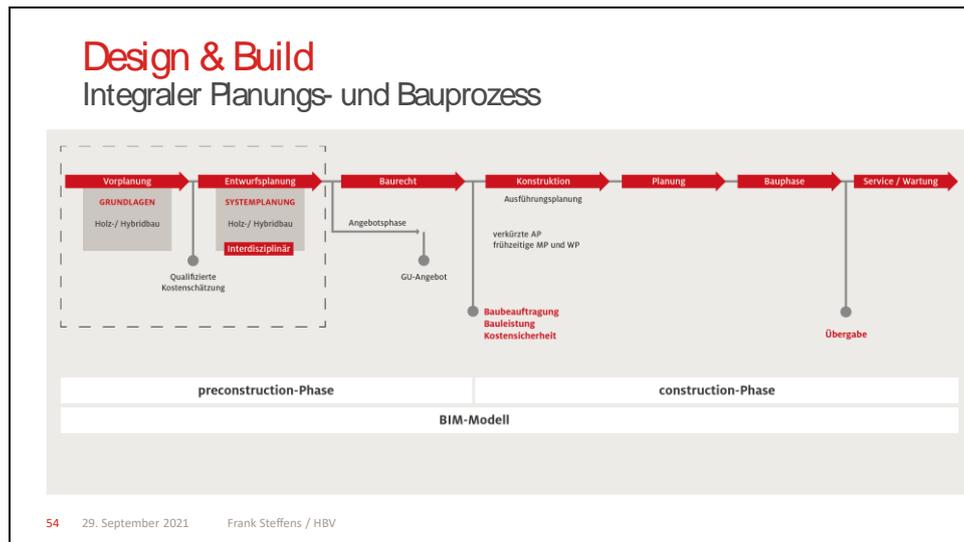
Fertigteil

52 29. September 2021 Frank Steffens / HBV

## Operatives Ziel: Effizienzsteigerung BIM liefert Daten für Lean Construction

- Deutliche Erhöhung der Effizienz im Projekt: Sie halten Termin-, Kosten- und Qualitätsziele ein
- Gesteigerte Effizienz über die gesamte Wertschöpfungskette - bei verbesserter Qualität
- Glättung der z. T. hohen (+/-) Auslastungsschwankungen
- Verbesserung von Kommunikation und Prozessen
- Beschleunigung um bis zu 30 %
- Höhere Stabilität ("es läuft so wie geplant")
- Vermeidung von Behinderungen und Störungen
- Rechtzeitige Identifizierung und Vermeidung von Risiken
- Reduzierung von Kosten

53 29. September 2021 Frank Steffens / HBV



### Über Brüninghoff:

Die Brüninghoff Gruppe gehört seit über 45 Jahren zu den führenden Projektbau-Spezialisten in Deutschland. Der Hauptsitz des Unternehmens ist im münsterländischen Heiden. Weitere Niederlassungen sind an den Standorten Hamburg, Niemberg, Villingen-Schwenningen und Münster beheimatet. Über 600 Mitarbeiter realisieren europaweit bis zu 160 Bauprojekte im Jahr. Das Kerngeschäft des Familienunternehmens ist die Produktion von vorgefertigten Bauelementen aus Beton, Stahl, Holz, Aluminium sowie die ganzheitliche Konzeption, Planung und schlüsselfertige Ausführung von Bauprojekten.

### Rückfragen beantwortet gern:

Brüninghoff Gruppe  
Frank Steffens  
Fon: 02867/9739-114  
Mail: Steffens@brueninghoff.de

# **Vergleich unterschiedlicher Systeme – Ansätze an drei ausgeführten Projekten. Eine integrale Planungsaufgabe.**

Dennis Morkötter  
Planungsgesellschaft Dittrich mbH  
München, Deutschland



# Vergleich unterschiedlicher Systeme – Ansätze an drei ausgeführten Projekten. Eine integrale Planungsaufgabe.

## 1. Einführung

Welche Holz-Beton-Verbund (HBV) Decke ist die Richtige? Eine Decke muss heute nicht nur die Eigen- und Verkehrslasten sicher abtragen. Die Beschaffenheit des Bauteils wird von weiteren Faktoren wie der Geometrie, der Statik, des Schallschutzes mit Akustik, des Brandschutzes und der Haustechnik beeinflusst. Zusätzlich müssen ökologische und ökonomische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. In einem integralen Lösungsansatz müssen daher sämtliche Einflussfaktoren in die Systemfindung einfließen. Diese Methodik wird im vorliegenden Beitrag anhand von drei aktuellen Planungsbeispielen erläutert.

## 2. BSH-Balken mit Betonfertigteile, Verbund mit Schrauben

### 2.1. Projektvorstellung: Neubau Grünes Zentrum in Kaufbeuren

Das Grüne Zentrum in Kaufbeuren besteht aus zwei Gebäuden und einem Verbindungsbau in Holzbauweise. In den Gebäuden ist das Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie die Landwirtschafts- und Technikerschule untergebracht.



Abbildung 1: Neubau Grünes Zentrum in Kaufbeuren

Das Gebäude ist in die Gebäudeklasse 3 eingeordnet und hat dementsprechend eine Feuerwiderstandsdauer von F30-B. Es wurde zudem im Passivhausstandard gebaut und weist einen hohen Installationsgrad auf.

Bei der Baukonstruktion handelt es sich um eine Holz-Hybrid-Skelettbauweise. Die holzbautypischen Raster von 62,5cm, 1,25m und 2,50m wurden dabei im Grundriss berücksichtigt. Die Decke ist als HBV-Balkendecke mit einem Betonfertigteile ausgeführt worden. Die Balkenlage hat ein Achsmaß von 62,5cm.

#### *Deckenaufbau*

Bei der hier gewählten HBV-Decke handelt es sich um eine Rippendecke, bei der Balken mit einem Querschnitt von 16/32 im Abstand von 62,5cm zum Einsatz kamen. Das Betonfertigteile hat eine Stärke von 12cm. Durch eine nachträgliche Verschraubung wurde der Verbund mittels Vollgewindeschrauben hergestellt. Dazu wurden FT-Verbinder von Würth in die Fertigteile einbetoniert.

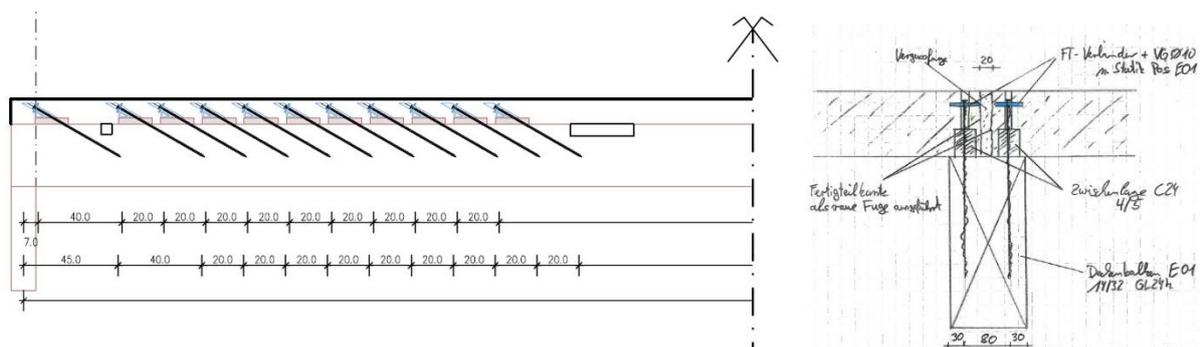


Abbildung 2: Konstruktionsplan Decke und Schubdetail Deckenstoß

Aufgrund der Breite der Betonfertigteile von 2,50m lag der Stoß der Elemente direkt auf einem Balken. Die Kanten des Fertigteils wurden mit einer rauen Fuge hergestellt und nachträglich vergossen.



Abbildung 3: Montage Betonfertigteile auf Balkenlage

## 2.2. Einflusskriterien zur Systemfindung

### Geometrie

Anhand des Entwurfs der Architekten konnte das ideale Holzbauraster von 62,5cm, 1,25m und 2,50m (Balken, Stütze Flur, Stütze Fassade) umgesetzt werden. Somit fiel die Wahl der Deckenart auf eine Rippendecke.

Die Spannweite variiert zwischen 5,80m bis 7,90m. Zur Optimierung des Systems wurde auf die unterschiedlichen Spannweiten mit einer veränderten Anzahl an Verbundschrauben reagiert. Die statische Gesamtdeckenhöhe beträgt 44cm. Über die Stahlbetonscheibe gelingt die Aussteifung des Gebäudes. Die Scheibenwirkung wurde über eingelegte Zugbewehrung in den Fugen und über die nachträglich vergossenen Schubfugen erzeugt.

### Schallschutz

Die schalltechnischen Anforderungen an die Decke forderten zunächst eine 14cm dicke Betonplatte. Gemäß Zulassung und gutachterlicher Stellungnahme der FT-Verbinder durfte jedoch eine maximal 12cm dicke Betonschicht ausgeführt werden. Unter der Berücksichtigung der Gesamtsteifigkeit war es dem Bauphysiker jedoch möglich, den Schallschutz auch mit einer 12cm dicken Platte zu erreichen.

Die Raumakustik wird durch die Abhangendecke zwischen den Deckenbalken gewährleistet, da die Balkenzwischenbereiche über ausreichend Fläche für die Schallabsorption verfügen.

### Brandschutz

Die Anforderung an die Decke ist feuerhemmend. Über eine Abbrandbemessung wurde die Standsicherheit der Holzbalken von 30 Minuten im Brandfall nachgewiesen. Den Raumabschluss und somit die Rauchdichtigkeit hat die Stahlbetondecke gemäß DIN 4102 ohne weiteres erreicht. Normalerweise müssen gemäß Bayerischer Bauordnung nicht zugängliche Hohlräume brandschutztechnisch überwacht werden. Eine offene Schattenfuge zwischen Abhangdecke und Balken ermöglichte, auf die Hohlraumüberwachung zu verzichten.

### Haustechnik

Durch den Passivhausstandard ist ein hoher Installationsgrad für die Haustechnik erforderlich. Alle Räume müssen dementsprechend be- und entlüftet werden. Durch den hohen Energiestandard ist zudem eine Kühlung in den Sommermonaten erforderlich. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf eine Heiz-/ Kühldecke, die mit ihren Trägerplatten aus Blech gleichzeitig die Raumakustik gewährleisten kann. Diese Installationen waren maßgeblich bei der Deckenwahl. Die Verteilung der Lüftung und Elektrik erfolgt über den Flur. Wir konnten uns die kurze Spannweite der Flurachsen zu Nutze machen und auf die Holzbalken verzichten, wodurch Raumhöhe für die Leitungsführung geschaffen wurde.



Abbildung 4: Flur ohne Deckenbalken mit Raum zur Installation | Deckenansicht mit Heiz-/ Kühlelementen zwischen der Balkenlage

Durch die Stützenstruktur war es möglich, von der Hauptverteilung aus dem Flur ohne statische Zwänge in die Zwischenräume der Balken zu verfahren. Hier wurden Regelaussparungen oberhalb des Unterzuges vorgesehen.

In den Räumen wurden alle Lüftungs- und Heizleitungen hinter den Heiz- / Kühldecken verzogen. Zusätzlich zu der Verteilung im Flur gibt es eine weitere Verteilung für Elektroinstallationen innerhalb der Räume. Hierzu wurden Regelaussparungen an der Oberseite der Deckenbalken vorgesehen. Da der Druck an der Oberseite der Decke über die Betonplatte übertragen wird und der Zug an der Unterseite des Holzbalkens wirkt, konnten diese Aussparungen im Spannungsnullpunkt der Decke nachgewiesen werden.

### 3. Liegendes Brettschichtholz mit Beton als Vollfertigteil, Verbund mit Kerven

#### 3.1. Projektvorstellung: Neubau Grundschule mit KiTa Pater-Rupert-Mayer in Pullach

Die Pater-Rupert-Mayer-Schule mit angegliederter Kindertagesstätte setzt sich aus vier gleichgroßen Pavillons, die über einen erdgeschossigen Mensa-Bau miteinander verbunden sind, zusammen. Die Gebäude bestehen jeweils aus zwei Geschossen und sind der Gebäudeklasse 3 zugeordnet. Die Konstruktion musste dementsprechend feuerhemmend sein. Durch die Anordnung der Klassenräume und Flurbereiche um die Lichthöfe wurde das Lernhauskonzept berücksichtigt.

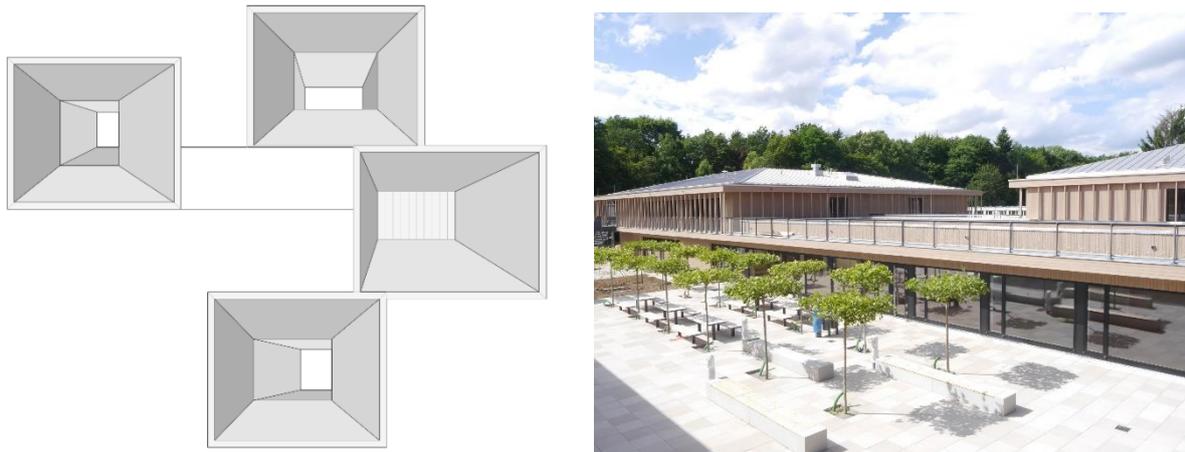


Abbildung 5: Dachaufsicht und Seitenansicht Neubau Grundschule mit KiTa Pater-Rupert-Mayer in Pullach

Das Gebäude wurde hauptsächlich aus Holzrahmenbauwänden erstellt. Vereinzelt kamen Brettspertholzwände zum Einsatz. Die Dachkonstruktion besteht aus Sparren, die mit einer einseitigen Krümmung gleichzeitig das Vordach ausbilden und den umlaufenden Fluchtbalkon tragen. Die Deckenkonstruktion wurde als Holz-Beton-Verbunddecke mit liegendem Brettschichtholz ausgeführt. Die Deckenelemente kamen als Vollfertigteil zur Baustelle und wurden nur in den Zwischenbereichen mit Mörtel vergossen.

#### Deckenaufbau

Die Vollholz-Beton-Verbunddecke setzt sich aus liegendem Brettschichtholz mit einer Stärke von 22cm und einer Aufbetonschicht von 10cm zusammen. Der Verbund der beiden Baustoffe wurde mittels eingefräster Kerven erzeugt. Die Zugkomponente aus dem inneren Fachwerksystem wird über Schrauben aufgenommen.

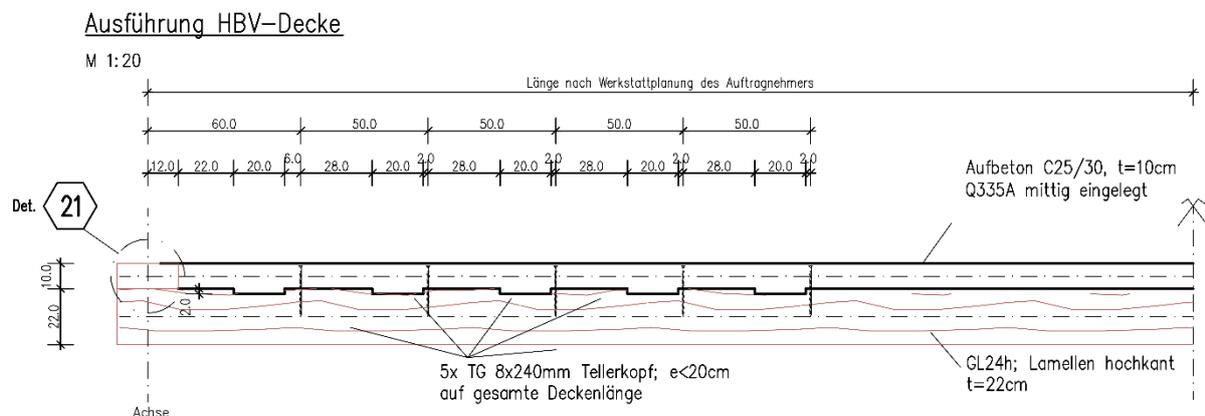


Abbildung 6: Konstruktionsplan HBV-Decke

Durch die Anlieferung als Vollfertigteil wurde der Eintrag von Feuchtigkeit in das Gebäude vermieden. Die Fugen und die Zugstöße zur Scheibenausbildung wurden dabei nachträglich mit Mörtel vergossen.



Abbildung 7: Montage der HBV-Decke als Vollfertigteil

### 3.2. Einflusskriterien zur Systemfindung

#### Geometrie

Durch die Größe der Klassenräume und einer Spannweite der Decke von 8,10m fiel die Wahl sehr schnell auf eine HBV-Decke. Dabei konnte eine Deckenhöhe von 32cm (22cm Holz, 10cm Beton) erreicht werden. Diese Schlankheit wäre weder mit einer reinen Vollholzdecke noch mit einer Betondecke erreicht worden.

Die Betonschicht der HBV-Decke wurde außerdem als aussteifende Scheibe ausgebildet. Durch die komplette Vorfertigung im Werk musste die Zugbewehrung bereits vorher eingelegt werden. Um das Übergreifen der Bewehrung zwischen den Elementen zu gewährleisten, sind in den Randbereichen Aussparungen vorgesehen, in die ein Stahlbügel eingelegt wird.

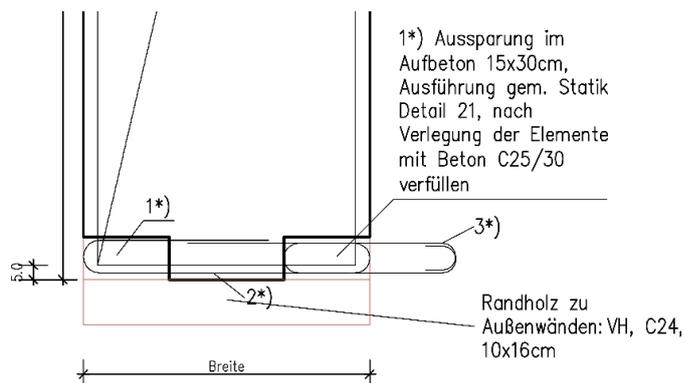


Abbildung 8: Detail Ausbildung Zugstöße zur Scheibenausbildung

#### Ökologie

Der Bauherr beauftragte für dieses Projekt einen Baubiologen, der die Materialökologie der einzelnen Baustoffe überprüfen und bewerten sollte. Gerade bei Grundschulen in Holzbauweise kommt immer wieder zur Sprache, dass auch Holz durch seinen hohen Leimanteil gesundheitsschädliche Stoffe, wie zum Beispiel Formaldehyd, beinhaltet. Außerdem kann Holz Stoffe an die Innenraumluft abgeben, die zu den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) gehören. Aus diesen Gründen wurde auf eine Verleimung des Brett-schichtholzes der HBV-Decke mit Melamin-Harz verzichtet und stattdessen ein PUR-Kleber eingesetzt. Auf die statische Berechnung hatte diese Änderung keine Auswirkungen.

#### Ökonomie

Durch die örtliche Nähe der ausführenden Firma zur Baustelle war die Anlieferung der Vollfertigteil wirtschaftlich. Wäre dies nicht der Fall gewesen, hätte man alternativ ein temporäres Vorfertigungszelt auf dem Baustellengelände aufbauen oder vor Ort mit Ortbeton betonieren können.

## 4. Brettstapeldecke mit Ortbeton, Verbund mit Kerfen

### 4.1. Projektvorstellung: Neubau Grundschule in Odelzhausen

In Odelzhausen wurde eine 4-geschossige Grundschule in Holz-Hybrid-Bauweise gebaut. Die architektonische Besonderheit des Gebäudes besteht in dem über alle Geschosse geöffneten Atrium im Kern des Gebäudes. Dafür sind brandschutztechnisch umlaufende Rettungsbalkone erforderlich, die wie die innenliegenden Gänge von den Dachbindern abgehängt sind. Durch das offene Atrium können in den einzelnen Geschossen Lerninseln gebaut werden, die der Umsetzung des Lernhauskonzeptes dienen. Das Gebäude ist durch seine Offenheit und Größe in die Gebäudeklasse 5 einzustufen. Das bedeutet, dass die Konstruktion zunächst feuerbeständig und in wesentlichen Bauteilen nichtbrennbar sein muss. Mit der Brandschutzexpertise unseres Büros war es möglich, eine Abweichung in F90-B umzusetzen.



Abbildung 9: Neubau Grundschule in Odelzhausen mit offenem Atrium

#### Deckenaufbau

Die HBV-Decke besteht aus einer Brettstapeldecke mit integrierter Akustik und einen Aufbeton aus Leichtbeton. Bei der gewählten Brettstapeldecke handelt es sich um das Produkt Quedo Plus von Kaufmann Bausysteme mit einer Stärke von 26cm. Der Leichtbeton mit einer Betongüte L25/28 verfügt über eine Rohdichte von  $1800 \text{ kg/m}^3$  und hat eine Stärke von 15cm. Die Leichtbetonschicht wurde nachträglich auf die Brettstapелеlemente aufgebracht.

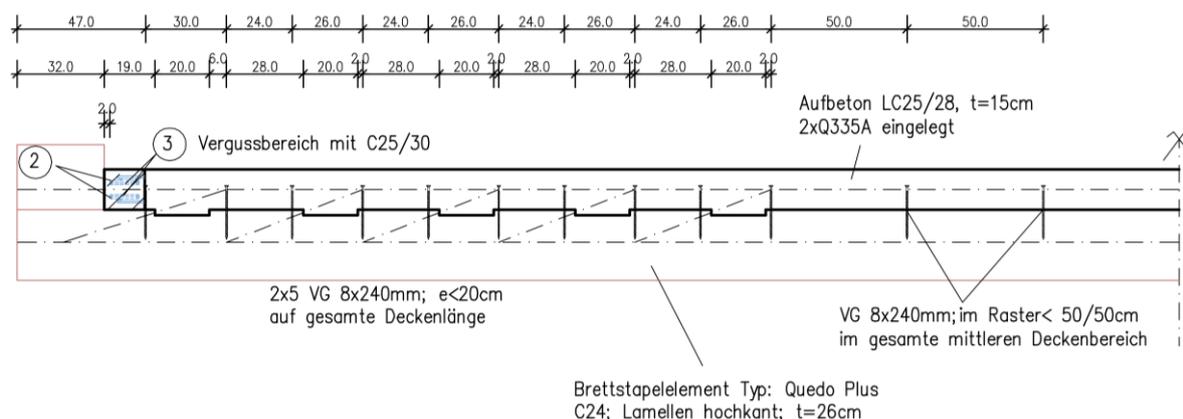


Abbildung 10: Konstruktionsplan HBV-Decke

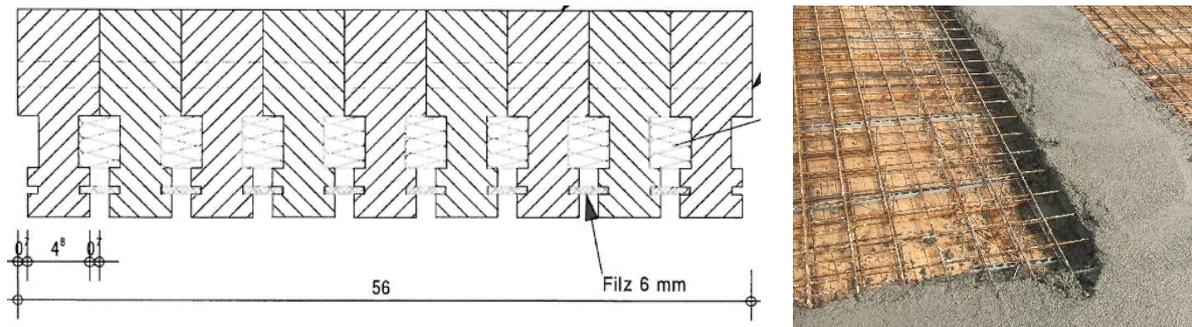


Abbildung 11: Querschnitt Brettstapelelement mit integrierter Akustik und Betonierung vor Ort mit Normalbeton unterhalb der Wände

Der Verbund der beiden Baustoffe wurde mittels eingefräster Kerben erzeugt, während die Zugkomponente aus dem inneren Fachwerksystem über Schrauben aufgenommen wird.

## 4.2. Einflusskriterien zur Systemfindung

### Geometrie

Der Entwurf der Architekten gab eine Klassenraumtiefe von fast 9,00m vor, somit lag die Spannweite der Decke bei 8,90m. Brettstapeldecken, die aus Vollhölzern hergestellt werden, haben rohstoffbedingt eine Maximalstärke. Durch die Produktauswahl war die Holzstärke auf 26cm beschränkt. Eine weitere Einschränkung ist die Akustik, da die eingefrästen Bereiche den statischen Querschnitt mindern und in der Bemessung berücksichtigt werden müssen. Im Endeffekt stand zur Bemessung dann ein ca. 22cm starker Ersatzquerschnitt zur Verfügung. Der Aufbeton diente dabei gleichzeitig als aussteifende Scheibe.

### Statik

Dem statischen System liegt ein Stabwerkssystem zugrunde. Die Kerben werden dabei als Druckstreben ausgebildet und die Zugkomponente mittels Schrauben simuliert.

Besonderes Augenmerk musste bei dieser Deckenvariante zum einen auf den Akustikquerschnitt und zum anderen auf den Leichtbeton gelegt werden. Für die Eingabe des Akustikquerschnitts wurde ein Ersatzquerschnitt generiert, der die gleichen Steifigkeits-eigen-schaften wie der verbaute Querschnitt besitzt.

Leichtbeton hat andere Eigenschaften als Normalbeton. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Befestigung von Dübeln, die in der Regel keine Zulassung für Leichtbeton haben. Um diesem Umstand entgegen zu wirken, wurden die Bereiche unter den Wänden mit Normalbeton und nur die Feldmitten – bei denen auch Last eingespart werden sollte – mit Leichtbeton vergossen. Das Prinzip ähnelt dahingehend einer Cobiax-Decke im Stahlbetonbau. Somit konnten alle Winkelbefestigungen zulassungskonform mit Dübel ausgeführt werden.

### Schallschutz

Bei der Planung von Schulen steht die Raumakustik im Fokus. Zudem lag in Odelzhausen die Anforderung der Inklusion vor. Diese Anforderung wird durch die umgesetzte Brettstapeldecke mit integrierter Akustik erfüllt. Das eingesetzte Bauteil Quedo-Plus hat dabei einen bewerteten Schallabsorptionsgrad von  $\alpha_w=0,75$  (M). Durch die gesamte Fläche der Decke wurde damit eine niedrige Nachhallzeit erreicht und alle Anforderungen an die Raumakustik erfüllt.

### Brandschutz

Mit der Anforderung F 90-B an alle tragenden Bauteile wurde die HBV-Decke auf Abbrand nachgewiesen. Besonderes Augenmerk erforderte dabei die Berücksichtigung der Akustikfräsungen. Die Zwischenräume wirkten sich negativ auf den Abbrand aus, weshalb ein Großteil der statischen Höhe bereits nach 20 min abgebrannt war. Im Endeffekt blieben für die Bemessung nur noch 12,4cm Restquerschnitt übrig, um den Nachweis der Feuerwiderstandsdauer zu erfüllen.

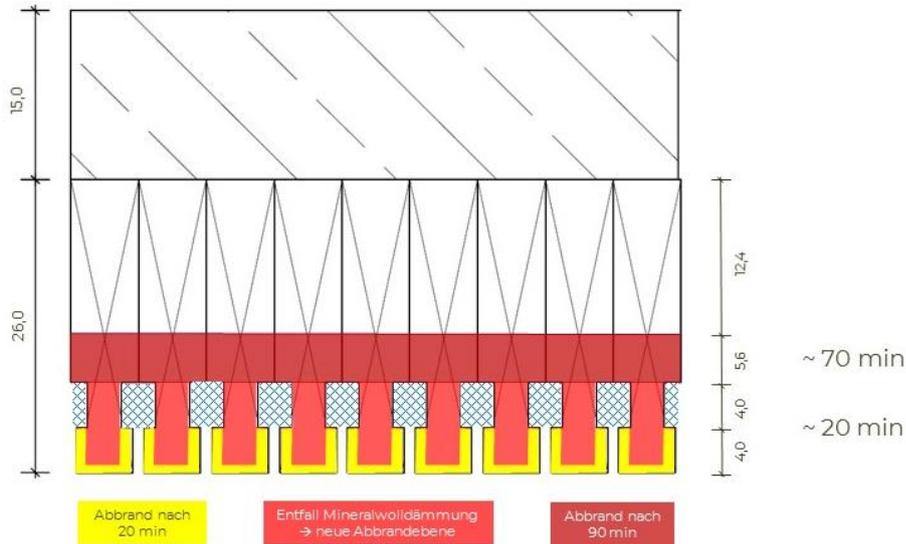


Abbildung 12: Darstellung Abbrand der Brettstapeldecke mit Akustik

### Ökologie

Eine Brettstapeldecke besteht aus 6cm breiten, nebeneinander gereihten Vollhölzern, die über Holzdübel miteinander verbunden sind. Demzufolge kommen weder Leim noch Stahl zum Einsatz und es entsteht ein Bauteil, das sich nur aus natürlichen und nachwachsenden Rohstoffen zusammensetzt und leicht zu recyceln ist.

## 5. Der Systemfindungsprozess einer integralen Planung: Auswahl und Bewertung der Einflussfaktoren anhand der Gebäudeanforderungen

Wie an drei Beispielen dargestellt, bedeutet eine integrale Planungsweise neben den Anforderungen der Tragwerkplanung auch zahlreiche weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Die richtige HBV-Decke gibt es per se somit nicht, sondern sie ist stets das Ergebnis eines ausführlichen, von vielen Faktoren und Akteuren geprägten Systemfindungsprozesses. Maßgeblich für die Auswahl und Gewichtung der Einflussfaktoren sind dabei die jeweiligen Gebäudeanforderungen, welche mitunter stark variieren und dementsprechend unterschiedliche Lösungen erfordern. Dies zeigt auch die nachstehende Tabelle, in der die bewerteten Einflussfaktoren der oben erörterten Planungsbeispiele in einer Übersicht zusammengeführt sind.

	BSH-Balken mit Betonfertigteile, Verbund mit Schrauben	BSH mit Beton als Vollfertigteile, Verbund mit Kerfen	Brettstapeldecke mit Ort beton, Verbund mit Kerfen
Spannweite	x Spannweite bis 7,5m	✓ Spannweite bis 10m	✓ Spannweite bis 9m
Steifigkeit	○	✓	✓
Anzahl VBM	○	○	○
Vorfertigung / Bauzeit	✓ Betonfertigteile	✓ Vollfertigteile	x Ortbeton
Kosten	○ Erhöhte Kosten für das Betonfertigteile	✓ Komponenten günstig	○ Erhöhte Kosten durch integrierte Akustik sowie Leichtbeton
Schallschutz	○ Wenig Masse	✓ Vollflächig gleicher Aufbau	✓ Vollflächig gleicher Aufbau
Akustik	x Zusätzlich	x Zusätzlich	✓ Integriert
Leitungsführung	✓ Platz in Decke vorhanden	x Gesondert	x Gesondert
Flexibilität	✓	✓	○ Durch Akustikprofilierung aufwendiger
Brandschutz	○ Beton = 12cm F90 Beton ≤ 10cm F60	✓ F90	✓ F90
Materialverbrauch	✓ Weniger m <sup>3</sup> Material	○ Effektiver Einsatz für erreichte Schlankheit	x Größte Aufbauhöhe
Montage	✓ Elementmontage	✓ Elementmontage	○ Montage einzelner Bauteile und Ort beton
Nachhaltigkeit	x Wenig nachwachsende Rohstoffe	✓ Viel CO <sub>2</sub> Speicher, mit Leim	✓ Viel CO <sub>2</sub> Speicher, ohne Leim
Rückbau / Recycling	✓ In einzelnen Komponenten	x Abbruch Beton und Leim vorhanden	○ Abbruch Beton, aber kein Leim
Transport	○ Betonfertigteile aus Werk	x Hohe Lasten der Elemente	✓ Kurze Transportwege durch Ort beton

✓ = positiv    ○ = neutral / durchschnittlich    x = negativ

Auch wenn sich für bestimmte Gebäudeanforderungen und -nutzungen inzwischen gewisse Standards abzeichnen, gibt es «die richtige» oder eine universell einsetzbare HBV-Decke nicht. Die jeweils beste HBV-Decken-Lösung erfordert immer noch eine konsequente Annäherung anhand bestimmter Parameter und unter Einbeziehung aller Planungsbeteiligten. Je breiter jedoch die Expertise eines Planungsbüros ist, umso kreativer aber auch zeitsparender kann ein integraler Planungsprozess letztlich umgesetzt werden.

Seit 1980 werden in unserem Büro die unterschiedlichsten HBV Deckensysteme entwickelt und erprobt. Dabei zeigt sich, dass der jeweilige Stand der Wissenschaft, der Normung, der zur Verfügung stehenden Materialien von Holzprodukten und Verbindungsmitteln das jeweilige Spektrum an Lösungsmöglichkeiten signifikant präg(t)en. Da die Entwicklung technischer Neuerungen kontinuierlich weiter voranschreitet, muss der Anspruch eines professionellen Planungsteams – neben der Optimierung von Deckensystemen - stets auch die Weiterentwicklung bereits bestehender Lösungsansätze sein. Nur so kann für den Bauherrn die richtige und wirtschaftliche Konstruktion geplant werden.

## **Block C2**

**Digitalisierung:** Im Holzbau schon längst Realität

# Einheitliche digitale Produktinformation für den Holzbau gemäß ISO 23386

Christoph Eichler  
buildingSMART Austria  
Wien, Österreich



# Einheitliche digitale Produktinformation für den Holzbau gemäß ISO 23386

## 1. Lagebericht Standardisierung

Die Standardisierung der Bau- und Immobilienbranche stellt ein komplexes Zusammenspiel internationaler, europäischer und nationaler Interessen dar. Diese dreistufige Hierarchie konsolidiert ihre Inhalte zueinander in einem streng geregelten, zeitaufwändigen Procedere.

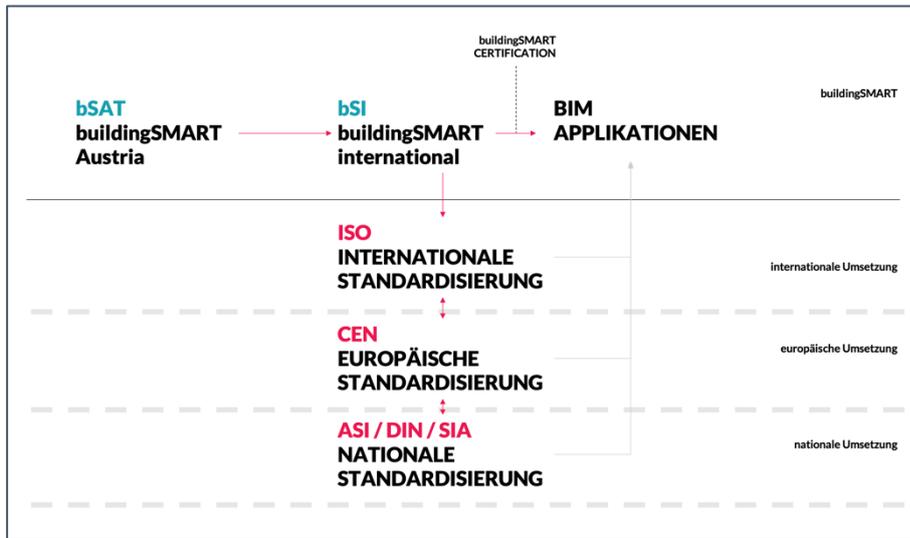


Abbildung 1: Zusammenspiel der Standardisierung (Quelle: Christoph Eichler)

Im Verlauf der letzten zehn Jahre wurden wesentliche Standards ratifiziert, welche für die Abwicklung von Digitalen Bauprojekten im Hochbau notwendig sind. Dazu zählt insbesondere die ISO16739 welche seit 2013 die Datenstruktur und ein offenes Datenformat für digitale Bauwerksmodelle definiert. Sie ist in der Branche bei allen relevanten Softwareherstellern etabliert und Teil aller nationalen BIM-Standards (bspw. USA, UK, AUT). Darüber hinaus wurde 2020 mit der ISO23386 ein internationaler Standard ratifiziert, welcher die Datenstruktur für digitale Produktinformationen definiert. Die dazugehörige ISO23387 definiert das dazugehörige Zusammenspiel digitaler Produktinformationen mit digitalen Bauwerksmodellen. Damit wurde eine wesentliche Grundlage für die Digitalisierung der Bau- und Immobilienbranche geschaffen.

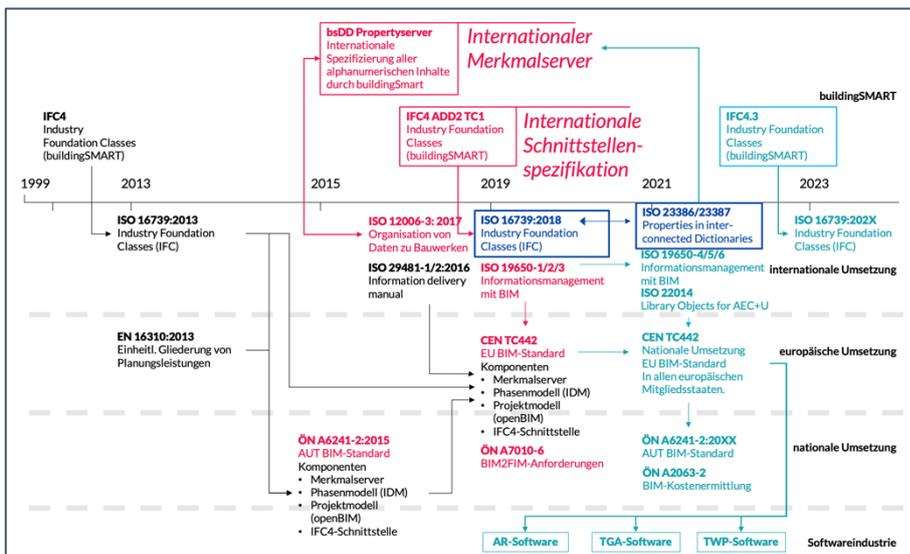


Abbildung 2: Zusammenspiel der Standards der Bau- und Immobilienbranche (Quelle: Christoph Eichler)

## 2. Was sind Digitale Produktinformationen

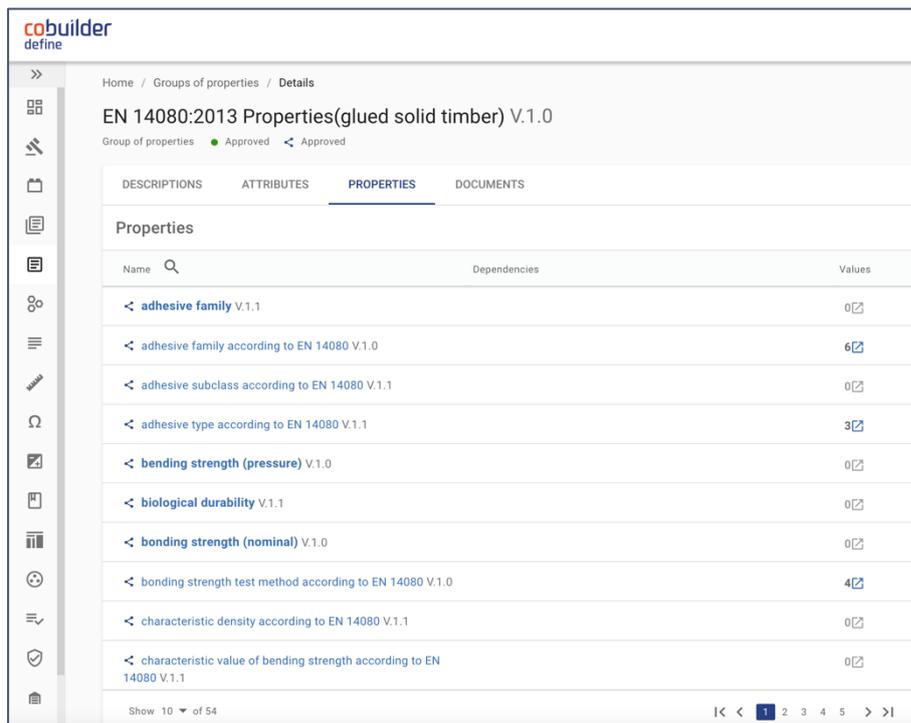


Abbildung 3: Digitales Bauprodukt auf der Plattform CoBuilder Define (Quelle: Christoph Eichler)

Eine Digitale Produktinformation ist eine maschinenlesbare Zusammenstellung aller zur Beschreibung eines Produktes notwendigen Informationen. Die Informationen eines Produktes werden aus einem Kontext bezogen, welcher zumindest die normativen Vorgaben umfasst. Dies sind im Wesentlichen die harmonisierten Produktstandards, welche essentielle Grundlage zur Zulassung von Bauprodukten darstellen, sowie die Umweltproduktdeklarationen (EPD) nach ISO22057, welche Grundlage für Lebenszyklusberechnungen darstellen. Generell wird zwischen generischen (produktneutralen) Produkten und spezifischen (produktbezogenen) Produkten unterschieden.

## 3. Welchen Nutzen bringen Digitale Produktinformationen

Für die Anwendung Digitaler Produktinformationen wurden folgende wesentliche Szenarien identifiziert.

### 3.1. Planer sucht Bauprodukt

In diesem Anwendungsfall findet, im Zuge der Planungsphase, ein Austausch von eindeutigen Produktvorgaben vom Planer an den/die Hersteller statt.

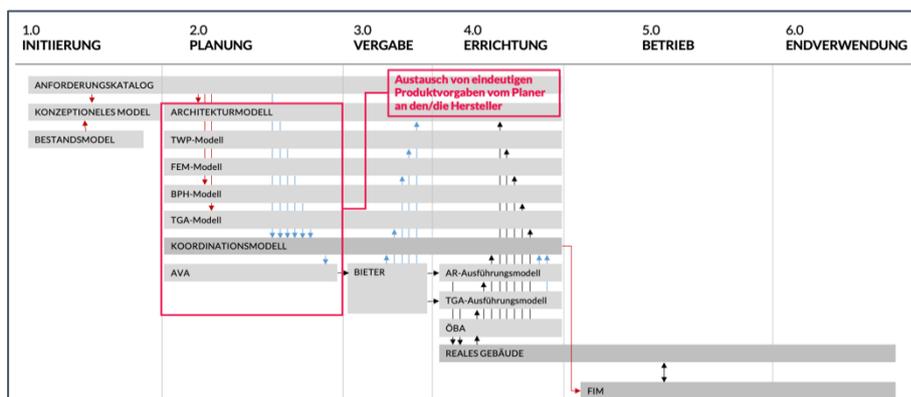


Abbildung 4: Planer sucht Bauprodukt (Quelle: Christoph Eichler)

Dabei werden die Produktinformationen digital ausgetauscht und können zur automationsgestützten Identifikation geeigneter generischer oder spezifischer Produkte eingesetzt werden. Dies ermöglicht die frühzeitige Verifizierung von digitalen Bauwerksmodellen auf ihre Baubarkeit, den Rahmen ihrer resultierenden Bau- als auch Betriebskosten sowie ihres Energie- und Betriebsverhaltens.

### 3.2. Planer übergibt Produktvorgaben an Bieter

In diesem Anwendungsfall findet, im Zuge der Ausschreibungsphase, ein Austausch von eindeutigen Produktvorgaben vom Planer an die Bieter statt.

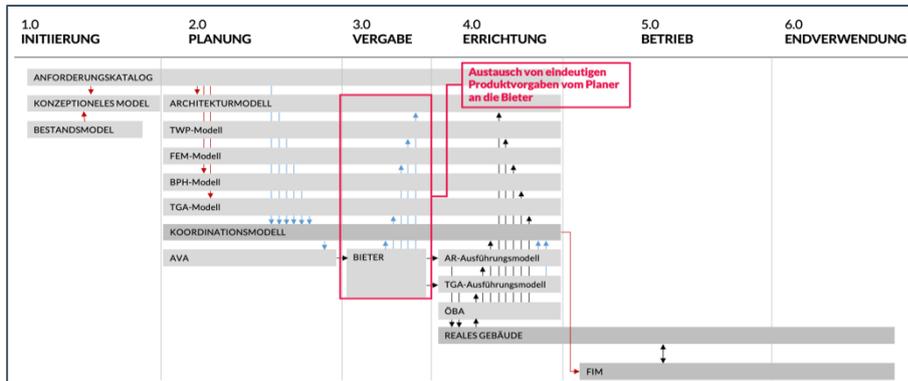


Abbildung 5: Planer übergibt Produktvorgaben an Bieter (Quelle: Christoph Eichler)

Dies ermöglicht die Präzisierung der Anforderungen an (Leit-)Produkte sowie die unmittelbare Weiternutzbarkeit ohne manuelle Aufbereitung auf Seiten der Bieter. Dadurch können Ausschreibungsprozesse erheblich beschleunigt, qualitativ verbessert und transparenter als auch nachvollziehbarer gestaltet werden.

### 3.3. Hersteller übergibt Produktangaben

In diesem Anwendungsfall findet, im Zuge der Planungs- oder Bauphase, ein Austausch von Produktangaben vom Hersteller an den Planer oder Ausführenden statt.

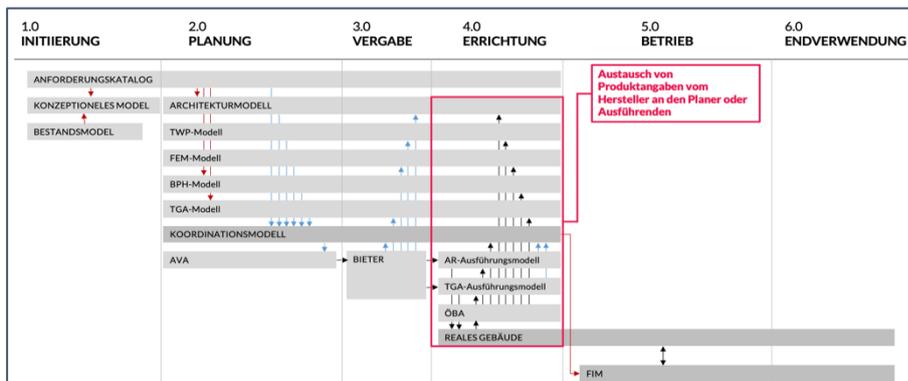


Abbildung 6: Hersteller übergibt Produktangaben an Planer oder Ausführenden

Dabei werden die Produktinformationen digital ausgetauscht und können unmittelbar in der Software des Planers oder Ausführenden eingebunden werden. Dadurch können zwei wesentliche Zielsetzungen bedient werden:

- Der Aufbau digitaler Lieferketten (Digital Supply Chain) zwischen Hersteller, Zulieferer und Ausführenden – dies umfasst die eindeutige Nachverfolgung eines jeden einzelnen Bauproduktes sowie exakte Dokumentation der Herstellung, Logistik sowie des Verbaus.
- Der Aufbau digitaler Baudokumentationen durch Planer oder Ausführenden – dies umfasst die eindeutige Dokumentation aller verbauten Produkte inkl. der automatisierten Einbindung aller für die Inbetriebnahme und Betriebsführung notwendigen Dokumente, als auch die automationsgestützte Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit.

## 4. Wie interagieren Digitale Produktinformationen mit Digitalen Bauwerksmodellen (BIM)

Die Interaktion zwischen Digitalen Produktinformationen und Digitalen Bauwerksmodellen ist eine Kernfunktionalität für die Durchführung der, im vorangegangenen Kapitel dargestellten, Anwendungsfälle. Die ISO23387 liefert hierfür eine normative Grundlage welche den Transport bzw. die Übergabe mittels dem offenen Datenformat IFC (ISO16739) definiert.

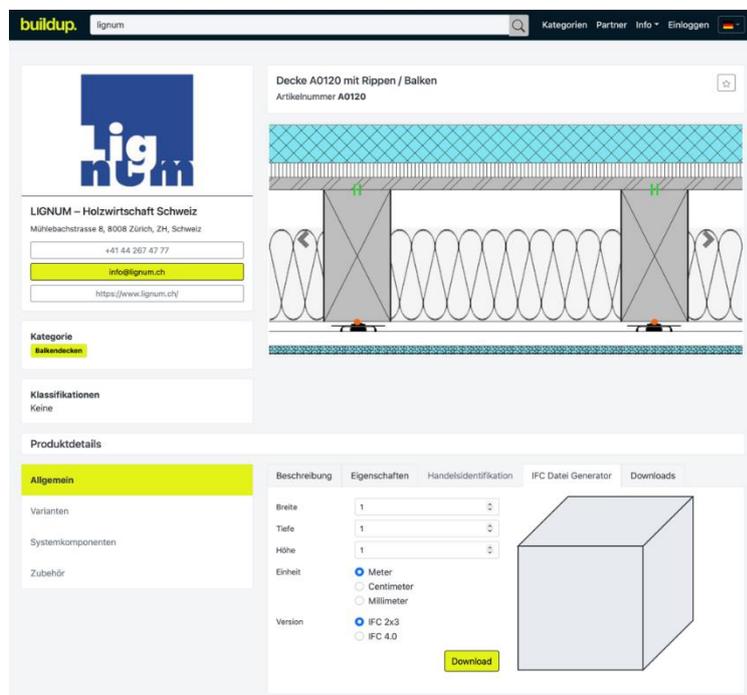


Abbildung 7: Plattform für digitale Produkte mit IFC-Generator für Übertragung von Produktinformationen (Quelle: Christoph Eichler)

Die IFC-Spezifikation (ISO16739) umfasst eine standardisierte Rumpf-Datenstruktur welche bedarfsweise individuell ergänzt werden kann. Für die Konsolidierung der individuellen Ergänzungen zueinander wurde das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) geschaffen. Dies ermöglicht die einheitliche und harmonisierte Verwendung von IFC-Dateien als Container für digitale Produktinformationen.

Auf dieser Grundlage kann eine universelle, nahtlose Informationsübertragung zwischen Bauprodukt-Plattformen und BIM-Applikationen aufgebaut werden. Die Übergabe/Übernahme der Produktinformationen erfolgt, dank der harmonisierten Datenstrukturen (IFC und bSDD), eindeutig. Das bSDD bietet darüber hinaus die Möglichkeit landesbezogene sprachliche Bezeichnungen/Definitionen zu tragen, welche den Einsatz in der Praxis erheblich erleichtern bzw. eindeutiger gestaltet.

## 5. Fazit

Digitale Produktinformationen sind ein wesentlicher Meilenstein in der Digitalisierung der Bau- und Immobilienbranche. Mit den bereits verfügbaren Standards wurden Grundlagen geschaffen die von der Industrie bereits in Werkzeugen und Anwendungsfällen umgesetzt werden. Die praktische Erprobung findet derzeit in Pilotprojekten statt. Einzelne Länder, wie bspw. Schweden, fordern bereits in Kürze verpflichtend den Einsatz von Digitalen Produktinformationen zur Lebenszyklusanalyse für Bauprodukte der Gebäudehülle. Aus diesem Druck heraus ist die Industrie in Skandinavien derzeit in einer Vorreiterrolle. Es zeigt sich bereits jetzt schon dass sie sich dadurch im europäischen Wettbewerb Vorteile verschafft. Daher ist es auch für die Branche im DACH-Raum sinnvoll auf diesen Weg einzuschwenken. buildingSMART Austria unterstützt derzeit intensiv derartige Aktivitäten durch Forschungs- und Pilotprojekte. Diese Kombination aus Wissenschaft und Praxis hilft der Industrie als auch der weiteren Entwicklung und Standardisierung.

# **Von der Planung bis zur Ausführung: Eine Gesamtbetrachtung von BIM im Holzbau**

Philipp Zumbrunnen  
EURBAN Limited  
London, UK



# Von der Planung bis zur Ausführung: Eine Gesamtbetrachtung von BIM im Holzbau

## 1. Was ist BIM?

BIM steht für «Building Information Modeling» oder zu Deutsch Gebäudedatenmodellierung und beschreibt eine Methode der optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden mit Hilfe von Software. Dabei werden alle relevanten Gebäudedaten digital erfasst, kombiniert und vernetzt. Das Gebäude ist als virtuelles Gebäudemodell auch geometrisch visualisiert. Building Information Modeling findet Anwendung sowohl im Bauwesen zur Bauplanung und Bauausführung als auch im Facilitymanagement.

BIM wird teilweise auch als «Building Information Management» oder BIMM «Building Information Management and Modeling» beschrieben. Da es sich bei BIM nicht einfach nur um ein Computermodell handelt, sondern vielmehr um einen Prozess.

Dies ist sehr wichtig da es nicht einfach nur um eine CAD-Anwendung geht, sondern um eine neue oder angepasste Arbeitsweise. Zeichnungen und Pläne werden in ihrer digitalen Form mit etlichen Zusatzinformationen versehen daher wird auch immer wieder der Begriff BuildingSMART verwendet.

Mit BIM werden die verschiedenen Projektbeteiligten verbunden, um Informationen leichter und verlässlicher auszutauschen. Die BIM-Plattform soll als gemeinsame Informations- und Arbeitsplattform verwendet werden.

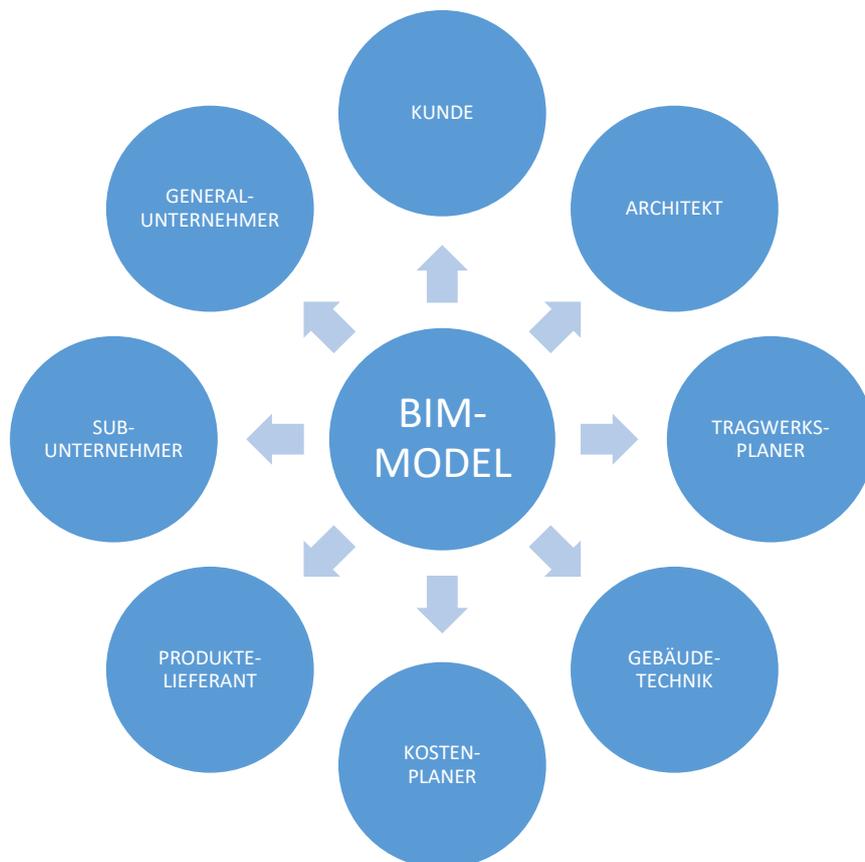


Abbildung 1: BIM als Plattform

## 1.1. Levels von BIM

Im Zusammenhang mit BIM wird immer wieder von verschiedenen Levels gesprochen, diese sind in der Abbildung 2 dargestellt und beschreiben hauptsächlich wie weit fortgeschritten die Kollaboration der verschiedenen Projektbeteiligten ist.

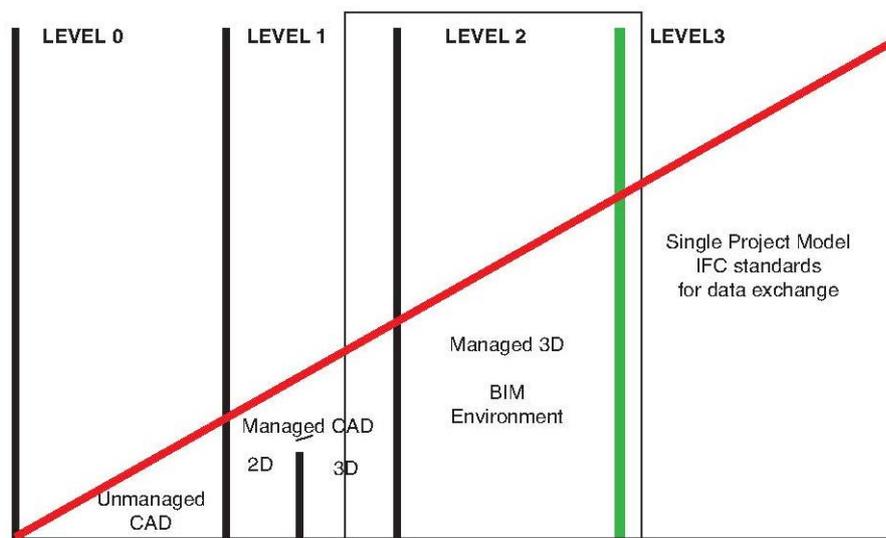


Abbildung 2: BIM-Levels

**Level 0** ist eigentlich nicht BIM, hier handelt es sich um einzelne 2D-CAD Zeichnungen und Pläne. Diese werden unabhängig voneinander in digitaler Form erstellt und es besteht keine Verlinkung oder Abhängigkeit zwischen den einzelnen Dateien. Diese Level wird hier nur aufgeführt, da die Digitalisierung die Basis für BIM darstellt.

**Level 1** ist der erste Schritt von BIM, Zeichnungen und Pläne werden im 3D-CAD erstellt. Auf dessen Basis werden, dann 2D Pläne erstellt. 2D und 3D können hier auch schon zu einem gewissen Masse miteinander verlinkt sein, müssen aber nicht. Eine komplette Verlinkung und Integration erfolgt erst bei Level 2. Jede am Projektbeteiligte Partei arbeitet hier in ihren eigenen Dateien und es erfolgt kein Austausch von 3D Dateien. Es werden immer noch traditionelle Planunterlagen erstellt und mit diesen kommuniziert. Daher wird es auch häufig als «Lonley BIM» bezeichnet.

**Level 2** ist das erste richtige BIM, welches auch schon von gewissen Bauherren gefordert wird. Hier werden die Dateien miteinander verlinkt und Daten von anderen Projektbeteiligten werden integriert. Darum wird es auch als «Managed 3D» bezeichnet. Daten werden innerhalb des Projektteams ausgetauscht aber jeder hat sein eigenes Modell daher wird dies «BIM Environment» genannt. Es findet eine enge Kooperation zwischen den Mitgliedern des Projektteams statt aber auf einer eigenen ständigen Basis. Je enger diese Zusammenarbeit ist desto näher rückt man an BIM Level 3 ran.

Beim Level 2 werden auch andere Softwares, wie zum Beispiel Statik Programme, in den Prozess mit eingebunden. Wichtig ist hier, dass ein verbindliches Protokoll zum Datenaustausch erstellt und befolgt wird.

**Level 3** und höher hier ist das Ziel, dass nur noch ein gemeinsames Live Modell besteht. Alle Beteiligten arbeiten zur gleichen Zeit in demselben Modell. Dies ist aber heute aus verschiedenen Gründen nicht oder nur sehr schwer möglich. Meist wird auf einem regelmässig aktualisierten Modell gearbeitet. Dies bedarf einem strengen Protokoll und einer guten Koordination zwischen den beteiligten. Dies erfordert einen BIM-Koordinator, welcher diese Rolle übernimmt.

Beim Level 3 gibt es auch noch haftungs- und vertragstechnische Hürden, welche geklärt werden müssen, bevor diese auch angewendet werden kann.

## 1.2. BIM-Arten

**3D BIM** ist die einfachste und meist verbreitet Form von BIM. Es ist die dreidimensionale Darstellung des Bauprojektes in digitalisierter Form. Alle Komponenten werden in 3D-CAD modelliert, wie es heute schon sehr üblich ist.

**4D BIM** hier wird der Bauablauf in das 3D-Modell integriert. Damit wird ersichtlich wann und wo welche Arbeit ausgeführt wird. Diese ermöglicht eine Optimierung und 3D-Darstellung des Bauablaufes. Dies wird heute vor allem für die Baustellenlogistik und zu Informationszwecken angewendet.

**5D BIM** die Kostenplanung wird in das 4D-Modell integriert um eine genauere Kostenplanung und Kostenkontrolle zu erhalten. Es soll auch die Auswirkungen von Änderungen oder Optimierungen auf die Kosten zeigen. Wird heute meist nur für einzelne Gewerke und nicht für das Gesamtprojekt angewendete.

**6D BIM** beinhaltet Information für die Wartung und den Betrieb des fertigen Gebäudes. Dies wird zur Unterstützung des Facility Managements gebraucht. Diese wird heute immer mehr von öffentlichen und professionellen Bauherren gefordert. Es ermöglicht den Betrieb und Unterhalten besser zu kontrollieren und optimieren.

## 1.3. Normen und Standards

Die Normierung und Standardisierung hinkt der Praxis leider noch hinterher. In Grossbritannien gibt es bis jetzt nur eine Norm (BS 1192-1) die sich mit dem Thema befasst. Diese ist aber sehr generell und regelt nur sehr oberflächlich das kollaborative Arbeiten.



Abbildung 3: BIM Normen / Standards

Weitere Dokumente, sogenannte «PAS Documents», sind bereits im Umlauf. Hierbei handelt es sich um eine Art «Vornorm». Diese gehen mehr in die Tiefe und sind spezifisch auf BIM ausgelegt.

Eines der Probleme bei der Normierung ist der Zeitfaktor und die Geschwindigkeit mit der die Industrie voranschreitet. Die Britische Regierung verlangt, dass ab April 2016 alle öffentlichen Bauprojekte nach den Standards von Level 2 BIM umgesetzt werden. Nur ist hier die Frage nach welchem Standard. Daher wird von mehreren Seiten mit Hochdruck an der Ausarbeitung dieses Standards gearbeitet. Sehr gut ist hier, dass sich die Industrie aktiv bei der Ausarbeitung von Normen und Standards beteiligt.

Die grösste Herausforderung wird mit Sicherheit die europäische Harmonisierung sein. Da die verschiedenen Länder auf sehr unterschiedlichem Niveau bei der Umsetzung von BIM sind. Zudem sollte die Harmonisierung nicht nur Europa sondern die ganze Welt umfassen.

## 1.4. Software und Schnittstellen

Die Software und die Schnittstellen sind ein entscheidender Punkt für die erfolgreiche Umsetzung von BIM in der Praxis und zugleich auch eines der grössten Hindernisse.

Leider hat sich bis heute noch keine durchgängig funktionierende Schnittstelle durchgesetzt, welche dringend notwendig ist. Die verschiedenen Projektbeteiligten verwenden die unterschiedlichsten Programme und daher kann die Kommunikation nur über Schnittstellen erfolgen.

Die meist verbreitete und bekanntest Software für BIM ist mit Sicherheit REVIT von der Firma Autodesk, diese wird meist von Architekten und Ingenieuren verwendet. Jedoch verwenden diese auch immer mehr Generalunternehmer und Kostenplaner. Im Architekturbereich wird auch ArchiCad und Vektorworks sehr häufig verwendet. Die Haustechniker verwenden meist spezialisierte Programme oder auch immer häufiger REVIT.

Im Holzbau gibt es verschiedene Programme die eigentlich der BIM-Idee entsprechen, wie zum Beispiel Cadwork, Dietrichs oder HSBCad. Diese Programme erfüllen die meisten Anforderung die an ein Programm für die Arbeitsweise mit BIM gestellt werden.

Es besteht heute teilweise ein sehr grosser Druck, dass alle mit der gleichen Software arbeiten sollen, dies ist aber nicht möglich und auch nicht das Ziel von BIM. Es ist daher unerlässlich, dass eine gemeinsame und funktionierende Schnittstelle gefunden wird. Dies bedarf einer Kollaboration aller Softwarehersteller, damit diese auch von allen anerkannt und gepflegt wird.

Die heute meist verbreitet und am besten funktionierende Schnittstelle ist das IFC, welches genau für diese Zwecke entwickelt wurde. Leider wird sie nicht von allen Herstellern gleich aktiv benutzt.

Es gibt auch verschieden Programme für die Zusammenführung und Kontrolle von IFC Dateien. Diese sind wichtig um die verschiedenen Dateien in ein Gesamtmodell zu bringen und eine sogenannte «Clash detection» durchzuführen. Weit verbreitet ist hier die Software Solibri oder Navisworks von Autodesk.

Für die richtige Umsetzung von BIM brauchte es aber neben der CAD-Software noch viele andere Komponenten, wie zum Beispiel im Bereich Ausschreibung, Terminplanung, Datenbanken und vielen anderen. Es ist wichtig sh immer wieder vor Augen zuführen BIM ist keine Art wie man Zeichnungen erstellt, sondern wie am ein Gebäude plant, baut und unterhält. Daher ist das Zusammenspiel und Kompatibilität der einzelnen Komponenten essenziell. Information ist nur Sinnvoll wen diese weitergeben und verwendet werden kann.

## 2. BIM im Holzbau

- Wie steht es mit BIM im Holzbau?
- Sind wir bereit dafür?
- Was sind unsere Chancen?
- Was für Risiken bringt BIM für den Holzbau?

Diese und andere Fragen werden immer wieder gestellt, wenn es um BIM geht. Wir müssen auch zugeben, dass viele gar nicht wissen was BIM ist. Und es geht auch eine gewisse Angst umher in Bezug auf BIM.

Doch eigentlich sind wir im Holzbau schon sehr weit, was das Thema BIM betrifft. Der Holzbau ist anderen Handwerkern im Hinblick auf BIM voraus. Es wird ja auch schon seit einiger Zeit in vielen Betrieben eingesetzt aber meist ohne es zu wissen.

Die Verwendung von CAD/CAM ist im Holzbau weitverbreitet und dies entspricht in gewissen Zügen eigentlich auch BIM. Es handelt sich hier meist um ein Level 1 oder auch «Lonley BIM» genannt. Auch werden schon immer häufiger 3D-Dateien mit anderen Gewerken ausgetauscht und koordiniert.

Daher kann man sagen wir können im Holzbau mit BIM arbeiten oder besser gesagt wir arbeiten schon damit.

## 2.1. Wo stehen wir heute?

Die Digitalisierung im Holzbau hat in den letzten Jahren extrem zugenommen und unsere Arbeitsabläufe haben sich geändert. Pläne werden nicht mehr von Hand im 2D Format auf Papier gebraucht. Wir verwenden vernetzte System und integrieren verschiedene Komponenten wie CAD/CAM, Terminplanung, ERP und andere.

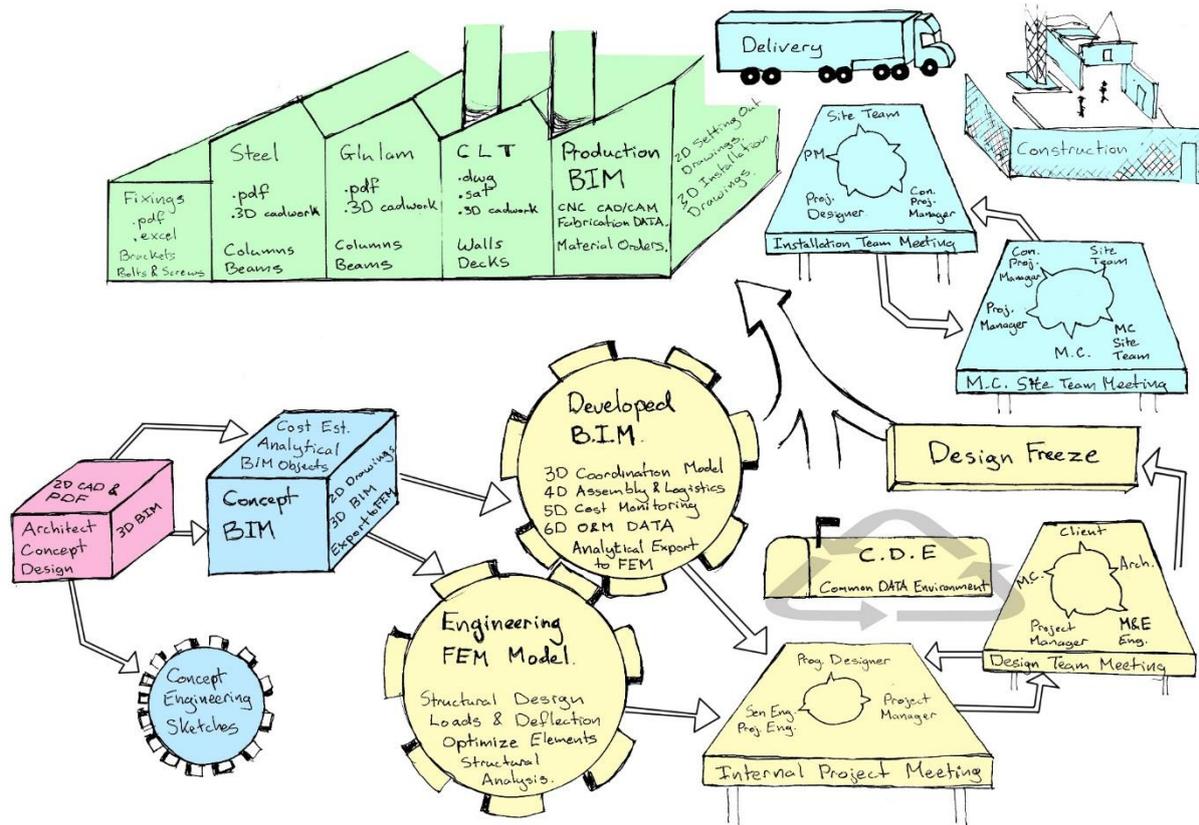


Abbildung 4: Arbeitsablauf von der Planung bis zur Montage

Unsere internen Prozesse entsprechen schon sehr dem BIM-Gedanken. Die Planung wird auf eine zentrale 3D-Datei abgestützt und möglichst alle Informationen werden darin eingebaut und auch wieder aus dieser rausgezogen. Wir benutzen diese Information für mehr als nur um Pläne zu erstellen. Angebote werden heute bereits mit Hilfe von Daten aus 3D Dateien erstellt, dies entspricht dem Gedanken von 5D BIM und der Integration der Kosten. Baustellenlogistik wird das Prinzip von 4D BIM verwendet, hier wird die Zeit als zusätzliche Ebene hinzugefügt. Die geschieht meist in einem geschlossenen System also im eignen Betrieb. Vermehrt werden aber auch Zulieferer direkt in dieses System miteingebunden und haben Zugriff auf diese Informationen.

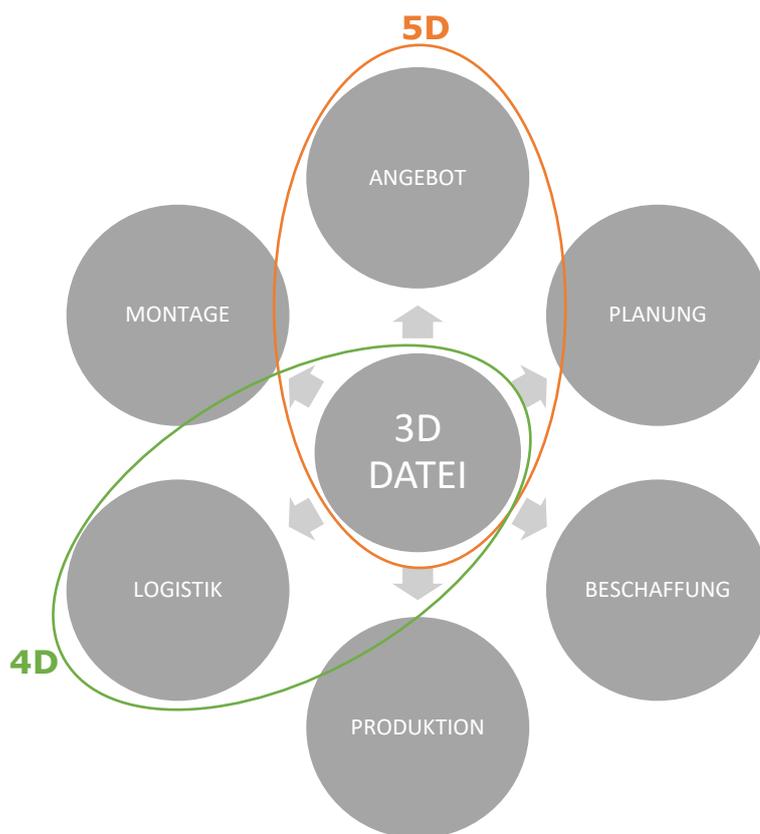


Abbildung 5: Einbindung der 3D Information

Das kollaborative arbeiten, welches eine der Grundideen von BIM ist, wird im Holzbau auch immer mehr angewendet. Dateien werden mit den Architekten und Haustechnikplanern ausgetauscht wo durch eine einfachere und schneller Koordination entsteht. Aber wie bereits erwähnt ist dies auf Grund von fehlenden oder nicht optimalen CAD-Schnittstellen noch sehr umständlich. Hier besteht noch der grösste Bedarf der Entwicklung damit wir BIM komplett umsetzen können.

## 2.1. Wo liegen die Vorteile von BIM?

Das Arbeiten in 3D-Programmen ist im modernen Holzbau heute nicht mehr wegzudenken. Es bietet enorme Vorteile bei der Planung und Umsetzung von Bauprojekten und dies nicht nur bei grossen und komplexen Bauten. Auch bei kleineren Projekten kann die Produktivität erhöht werden.

Die 3D-Dateien werden mehr und mehr in die Arbeitsabläufe integriert. Maschinen können daraus direkt angesteuert werden und auch die Materialbeschaffung kann auf diesen basieren. So können Produktionsabläufe und Materialausnutzung optimiert werden. Viele Materiallieferanten können auch direkt mit diesen Daten weiterarbeiten wodurch die doppelten Arbeiten reduziert werden können.

Auch in der Planung können CAD- und Statik Programme mit einander verlinkt werden und Geometrien direkt ausgetauscht werden. Dies spart Zeit und reduziert mögliche Fehler. Dieser Austausch erfolgt heute schon ziemlich problemlos, da es sich meist um Programme spezifisch für den Holzbau handelt.

Der interne Planungsprozess wird durch die Verlinkung der 3D- und 2D-Dateien auch beschleunigt und die Kontrolle wird vereinfacht. Änderungen werden automatisch oder halbautomatisch in die anderen Dateien übertragen. Die 3D-Dateien werden heute auch vermehrt direkt auf der Baustelle für die Montage verwendet. Sei es für die Verwendung mit einem Tachymeter oder direkt als CAD-Datei für das Montageteam. Hier besteht sicher noch enormes Entwicklungspotenzial durch die voranschreitenden Technologien im IT-Bereich. Die Verwendung von Tablets und Smartphones ist hier sicher erst am Anfang.

Die Koordination mit anderen Mitgliedern des Planungsteam kann durch die Verwendung auch vereinfacht und beschleunigt werden. Teilweise hilft hier nur schon die Darstellung im 3D für die Diskussion und das bessere Verständnis. Der komplette Datenaustausch zwischen den Planern und Unternehmern birgt noch vielmehr Nutzen und sollte in Zukunft sicher verstärkt und gefördert werden.

## 2.2. Wo liegen die Risiken von BIM?

BIM ist ein sehr mächtiges Werkzeug, es muss aber richtig angewendet werden. Gewisse Arbeitsweisen und Vorgänge müssen geändert oder angepasst werden. Zudem ist es wichtig, dass alle Beteiligten die Möglichkeiten und Grenzen von BIM kennen und verstehen. Leider wird das Wort BIM heute sehr viel benutzt ohne überhaupt zu verstehen was es wirklich bedeutet.

Heute wird häufig 3D-CAD mit BIM gleichgesetzt und die Erwartung ist, dass planen im 3D schon BIM ist. Eine vorhandene 3D-Datei bedeutet aber noch lange nicht das nach den Grundsätzen von BIM gearbeitet wird. Es gibt ganz verschieden Gründe wieso ein 3D erstellt wird und auch wie es verwendet wird. Zum einen werden heute 3D's erstellt die nur zur Visualisierung dienen. solche können meist nicht für das Bauen verwendet werden. Ein 3D-Datei, welche für die Produktion verwendet wird, hatte ganz andere Anforderung und einen anderen Detailierungsgrad. Dadurch entstehen Konflikte die nicht verstanden werden. Visualisierungen können sehr schnell erstellt werden und täuschen etwas vor, was in Wirklichkeit noch gar nicht so ist.

Eine weitere Herausforderung ist die Kompatibilität zwischen den verschiedenen Programmen und die Verwendung von Schnittstellen. Hier besteht noch sehr viel Entwicklungsbedarf und eine Zusammenarbeit der verschiedenen Hersteller. Leider wird er Markt heute von der Firma Autodesk mit ihrem Programm REVIT sehr stark dominiert. Dadurch steigt der Druck von Kundenseite, dass alle mit diesem Programm arbeiten. Dies ist aber für den Holzbau nicht sehr praktikabel und auch nicht die Idee von BIM, es sollen verschiedene Programme zusammenarbeiten können. Dadurch könne die Programme auf die Bedürfnisse der Anwender angepasst werden. Ein einziges Programm wird niemals die gesamte Spanne abdecken können.

Um BIM umzusetzen und deren Vorteile richtig zu nutzen muss von Beginn weg eine Strategie erarbeitet werden und diese auch rigoros umgesetzt werden. Dies Bedarf der Einbeziehung aller Beteiligten. Es sollte auch ein sogenannter BIM-Koordinator bestimmte worden oder als separates Mitglied im Planungsteam beauftragt werden. Diese Kosten werden häufig eingespart oder man erwartet dies einfach so von den Planern. Unter diesen Voraussetzungen kann BIM nicht funktionieren. Es werden eine genaue Planung und Kontrollen für die Umsetzung benötigt.

BIM wird von der Kundenseite häufig als Möglichkeit gesehen Geld einzusparen. Es wird aber nicht beachtet, dass für die erfolgreiche Umsetzung andere Wege gegangen werden müssen. Es kann Geld eingespart werden aber die Planung muss viel früher und intensiver betrieben werden. Dies heisst, es muss mehr Geld zu Beginn des Projektes ausgegeben werden.

## 2.3. Was müssen wir verbessern?

Für die Zukunft des Holzbaues wird es sehr wichtig sein, dass wir uns gerade im Bereich BIM weiterbilden und Spezialisten aus diesem Bereich in die Betriebe holen. Dies werden häufig Leute aus dem Architektur- oder Haustechnikbereich sein. Diese sind zwar keine Holzbauspezialisten aber sie verstehen unsere Partner im Planungsteam meist besser als wir Holzbauer. Der Erfolg von BIM hat nicht nur mit der CAD-Software und dem eigentlichen Prozess zu tun. Die richtige Zusammenarbeit ist hier der ausschlaggebende Punkt. Wir müssen uns mehr öffnen und unsere eigenen Teams mehr mit auswertigem Wissen verstärken.

Das Wissen über BIM muss in der gesamten Baubranche verstärkt werden damit die Möglichkeiten und Grenzen besser aufgezeigt und verstanden werden. Dies muss von allen Seiten vorangetrieben werden. Daher ist es wichtig, dass wir unsere Möglichkeiten und Grenzen selber sehr genau kennen und diese auch klar vermitteln können. Dies muss bereits zu Beginn eines Projektes geschehen um die Prozess der beteiligten auf einander abzustimmen.

Im Bereich Software muss sicherlich noch sehr viel getan werden um die bestehenden Hürden abzubauen. Es wird auch zunehmend wichtiger mit verschiedenen Softwares zu arbeiten. Da es Momentan noch nicht möglich ist alles mit unseren Holzbauspezifischen Programmen zu bewältigen. Wir müssen uns auch vermehrt mit unseren Softwareherstellern zusammensetzen und gemeinsam Lösungen suchen. Im CAD/CAM Bereich wurde dies schon sehr erfolgreich umgesetzt, es gibt also keinen Grund es hier nicht auch zu bewältigen. Das vermehrte Arbeiten mit BIM wird sicherlich auch gewisse Arbeitsvorgänge verändern, dies sollte aber als Chance und nicht als eine Bedrohung wahrgenommen werden. Der gesamt Holzbau ist in einem Wandel schon auf Grund der grösseren und komplexeren Projekt die ausgeführt werden. Dies hat unumstritten einen Strukturwandel im Holzbau zur Folge, wir werden uns vermehrt den Grossen Generalunternehmern annähern und in gewissem Masse auch anpassen müssen.

### **3. Fazit**

BIM ist mit Sicherheit eine grosse Herausforderung für die gesamte Bauindustrie. Der Holzbau muss sich aber nicht verstecken oder davor fürchten. Bereits heute erfüllen wird schon viele Prozesse von BIM und wenden diese auch an. Unser hohes Mass an Vorfertigung und Automatisierung entspricht dem Gedanken von BIM. Daher sind wir im Vergleich zu anderen in der Baubranche gut mit dabei. BIM ist für den Holzbau mehr eine Chance als ein Risiko.

BIM ist aber nicht ein Wundermittel und bedarf einer komplexen Koordination zwischen den Beteiligten. Hier besteht eines der Grössten Risiken. Der Prozess wird häufig nicht komplett verstanden und daher auch nicht richtig angewendet. Durch BIM können Kosten eingespart werden aber Kosten werden auch verschoben. Der Kostenaufwand am Beginn des Projektes wird grösser um später wieder eingespart zu werden. Dies muss von allen Beteiligten verstanden und umgesetzt werden.

BIM kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn es richtig angewendet wird. Es muss in die Schulung von bestehendem Personal investiert werden. Ausserdem müssen auch BIM-Spezialisten aus anderen Bereichen das Team verstärken. Es ist genau wie bei anderen automatisierten Prozessen, die Maschine ist nur so gut wie der Anwender.

## **Block D1**

### **NRW Spezifisch:**

Brandschutz | Fachberatung | Initiativen

# «The Cradle» – Kreislauffähiges Bauen mit Holz in Planung, Produktion und Montage

Markus Stepler  
DERIX Gruppe  
Niederkrüchten, Deutschland



# «The Cradle» – Kreislauffähiges Bauen mit Holz in Planung, Produktion und Montage

## 1. Idee und Konzept

### 1.1. Überschrift 2

Über 50 Prozent der weltweiten Abfallproduktion und fast 40 Prozent der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen entfallen auf die Immobilien- und Baubranche. Zeit zum Umdenken! Mit The Cradle entwickelt die Fa. Interboden das erste Holzhybrid-Bürogebäude in der NRW-Landeshauptstadt Düsseldorf. Es wurde in einer nachhaltigen Cradle-to-Cradle®-Bauweise geplant. Dieser Ansatz aus der Natur bedeutet, dass Materialien wieder in den Materialkreislauf zurückgegeben werden können – und damit auch den konsequenten Verzicht auf schädliche Stoffe. Ein digitaler Material Passport verzeichnet die Materialien inklusive der Informationen zu Eigenschaften, Einsatzort und Haltbarkeit. Das Gebäude dient somit als Materiallager. Sollten einzelne Teile ausgetauscht oder The Cradle in ferner Zukunft wieder abgerissen werden, bleibt kaum Müll, da fast alle verbauten Elemente recycelt werden können. Das ist gut für die Natur und die Menschen.



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

Das wohl markanteste Merkmal des Projekts ist der nachwachsende Rohstoff Holz, der bei The Cradle zu einem großen Teil endliche Rohstoffe wie Beton oder Kunststoff ersetzt. Der Vorteil: Im Gegensatz zu herkömmlichen Baumaterialien kann Holz nach der Nutzungsdauer in den Materialkreislauf zurückgeführt und wiederverwertet werden. Zudem ist Holz gesundheitsfördernd, bindet CO<sub>2</sub> und optimiert das Raumklima. Somit ist das Gebäude nicht nur ressourcenschonend, sondern hat auch positive Auswirkungen auf den Nutzer. Neben Holz verbessern grüne Wände und Lehmwände sowie Methoden zur Klimaregulierung, Licht- und Luftverbesserung die Arbeitsumgebung. Komplettiert wird das Gesamtkonzept durch ein nachhaltiges Energiemanagement, Serviceangebote und ein Mobilitätsangebot, das dem gesamten Düsseldorfer Medienhafen zur Verfügung steht.

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

## 2. Kreislaufansätze in der Planung

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

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

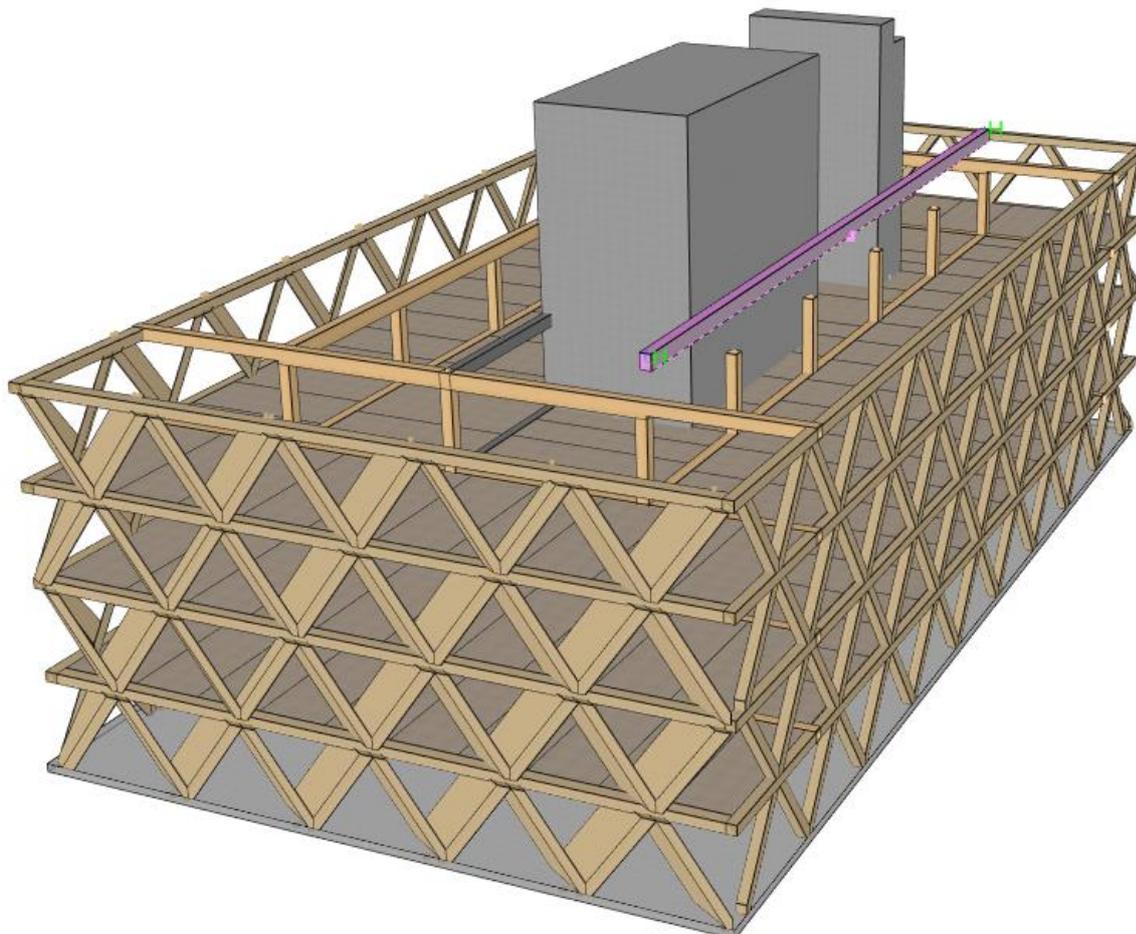


Abbildung 2: Auszug Montagekonzept (DERIX Gruppe)

Das Gebäude wird nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip erbaut, dabei wird sehr viel Wert daraufgelegt, dass alle verwendeten Materialien, auch Verbrauchsgüter, kreislauffähig, also entweder wiedernutzbar oder biologisch abbaubar sind.

Bei den Knotenpunkten in der Fassade handelt es sich um Steckverbindungen, die auch im Zuge eines späteren Rückbaus einfach voneinander getrennt werden können. Die Fassade wird zusätzlich von Prallscheiben vor Witterungseinflüssen geschützt.

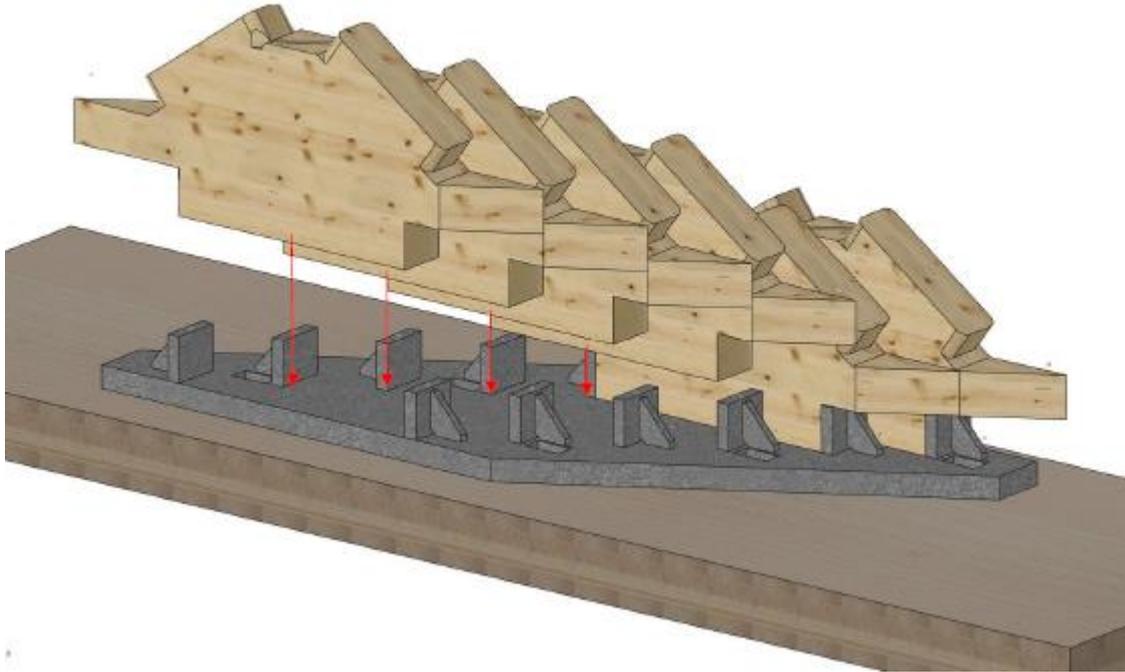


Abbildung 3: Knotendetail tiefe Stütze (DERIX Gruppe)

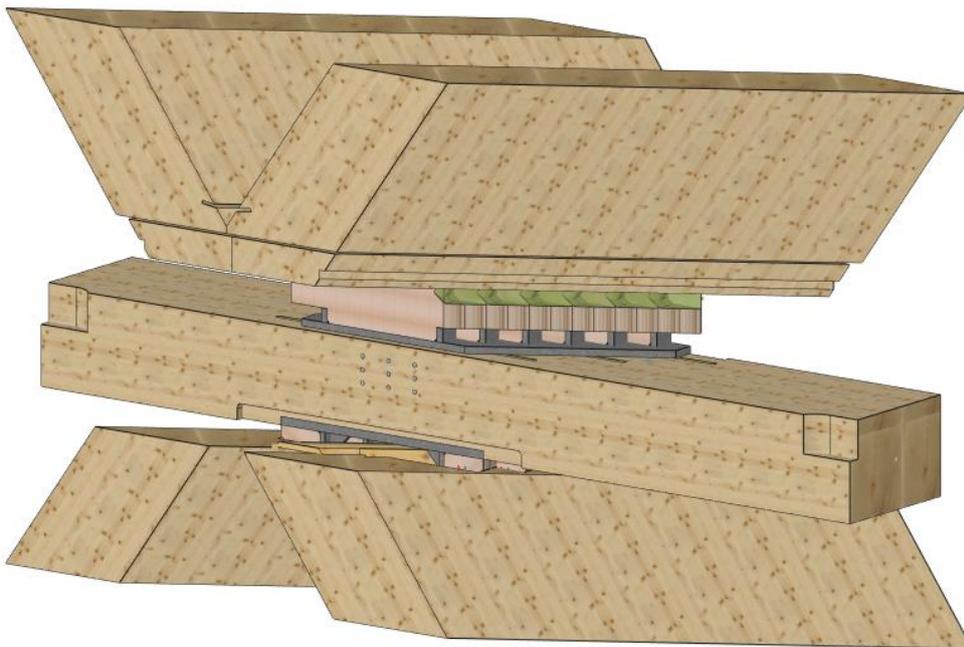


Abbildung 4: Knoten tiefe Stütze (DERIX Gruppe)

Zur späteren Katalogisierung und möglichen Identifikation aller Bauteile wird ein Material Passport bzw. ein Materialkataster angelegt. In dieser Datenbank sind sämtliche Informationen jedes einzelnen Bauteils hinterlegt. Das BIM-Modell bildet hierbei das Herzstück für die relevanten Daten.

Die Anforderungen an die Statik und Ausführungsplanung sind enorm. Hierfür wurde von DERIX ein zusätzliches Expertenteam zusammengestellt, und neben Knippers Helbig auch die Schweizer Fachbüros SJB Kempster Fitze und design-to-production eingebunden.

### 3. Kreislaufansätze in der Produktion und Montage

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

Die Herausforderung ist zudem, durch eine optimierte Zeitplanung zu ermöglichen, dass Verbrauchsgüter wie Verpackungsfolien oder Witterungsschutz nach ihrer ersten Nutzung wiederverwendet werden können. Des Weiteren sind Abläufe so zu planen, dass möglichst viele Bauteile auf einmal transportiert werden können, sodass Treibstoff eingespart werden kann.

Zudem müssen während der Montage verschiedene Kriterien bezüglich der Bauprozesse befolgt werden, welche in der Planung mit einbezogen werden müssen.

Durch die Anwendung von Lean Construction werden Optimierungen in Produktions- und Montagezeit, damit einhergehend die Optimierung von Wirtschaftlichkeit sowie der Ressourcennutzung erreicht.

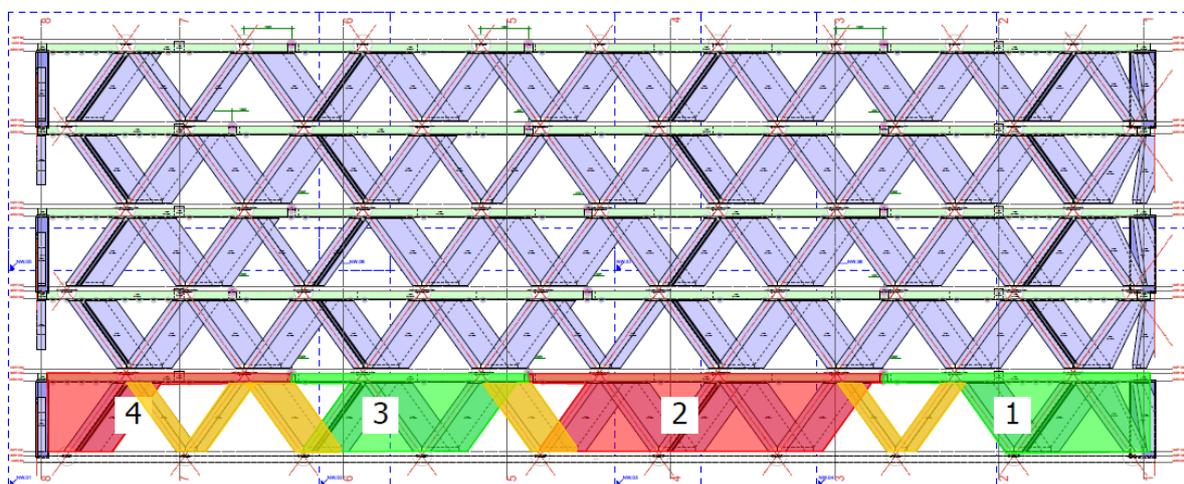


Abbildung 5: Vorelementierung Fassadenstützen (DERIX Gruppe)



Abbildung 6: Vorelementierte Fassadenstützreihe (DERIX Gruppe)



Abbildung 7: Schema Transport- und Montageschutz (Hebballenvlies) (DERIX Gruppe)

Ebenso wird bereits in der Planungsphase, d.h. auch vor Produktionsbeginn, ein Demontagekonzept für das Gebäude erstellt. Da alle Bauteile der Holzkonstruktion durch Steck- oder Schraubverbindungen montiert werden, ist es theoretisch möglich, diese gemäß den C2C-Bestimmungen zerstörungsfrei zurückzubauen.

Der Rückbau erfolgt in denselben Bauabschnitten wie bereits die Montage, in umgekehrter Reihenfolge. Die Ablaufplanung eines Geschosses lautet wie folgt:

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

#### 4. Kreislaufwirtschaft im Holzbau beginnt jetzt

Im Zuge der Planungen für «the cradle» und auch aus der Erfahrung mit anderen zirkulär geplanten Projekten (vgl. «the circl» Amsterdam oder «Triodos Bank» Zeist), geht die DERIX-Gruppe neue Wege und führt 2021 eine generelle Rücknahmeverpflichtung für alle Bauteile ein.

Diese Rücknahmeverpflichtung ist Bestandteil jedes Angebotes für Brettschichtholz- und X-LAM-Elemente. Es gibt einige Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die zurückzunehmenden Bauteile, insbesondere eine durchdachte Planung und zirkuläre Konzeption betreffend. Mit der Rücknahmeverpflichtung schafft es die DERIX-Gruppe, Anreize für Bauherren und Planer zu setzen, ihre Neubauten nach zirkulären Planungsansätzen auszurichten.



Abbildung 8: Rücknahmekreislauf von Massivholzelementen bei der DERIX Gruppe

# **Bauen mit Holz in den GKL 4 und 5 in Nordrhein-Westfalen**

Jost Rübel  
Ministerium für Heimat, Kommunales,  
Bau und Gleichstellung  
Düsseldorf, Deutschland



# Bauen mit Holz in den GKL 4 und 5 in Nordrhein-Westfalen

## 1. Vorbemerkung

Regelmäßig wird in der Öffentlichkeit der Eindruck erweckt, die Bauvorschriften seien schuld an langen Genehmigungsverfahren, steigenden Baukosten und fehlendem preisgünstigen Wohnraum. Auch Großprojekte sind in Deutschland kaum noch möglich, auch hier sind die Bauvorschriften wieder schuld. Dasselbe gilt für den Holzbau, hier sollen es die Brandschutzvorschriften sein, die einen Holz-Bauboom verhindern.

Es wird sie kaum wundern, dass ich als Vertreter einer obersten Bauaufsichtsbehörde diese pauschale Kritik nicht teile. Gerade beim Holzbau verhält es sich so, dass sich nach meiner Kenntnis ausnahmslos alle Bauminister der Länder für eine Änderung der Bauvorschriften einsetzen, um das Bauen mit Holz zu unterstützen. Es gibt somit einen breiten Konsens innerhalb der Bauministerkonferenz, die Errichtung von Holzgebäuden in den Gebäudeklassen 4 und 5 in den jeweiligen Landesbauordnungen zu ermöglichen. Und wir sind auf einem guten Weg, dies auch bald zu erreichen.

Ich möchte an dieser Stelle daran zu erinnern, dass bis zu 3-geschossige Holzgebäude seit vielen Jahren nach den Landesbauordnungen der Länder errichtet werden dürfen. In Nordrhein-Westfalen ist dennoch der Anteil an Holzgebäuden in diesem Gebäudesektor gering – an den Bauvorschriften kann es diesmal nicht liegen.

In meinem Beitrag möchte ich anhand der nordrhein-westfälischen Rechtslage aufzeigen, wie das Bauen mit Holz in den Gebäudeklassen (GKL) 4 und 5 ermöglicht werden soll. Dazu bedarf es aber einer Vorbemerkung:

Bauvorschriften sind grundsätzlich baustoffneutral. Einzelne Baustoffe werden in Bauvorschriften nicht behandelt, sondern es werden ganz allgemein Anforderungen an die Brennbarkeit von Baustoffen gestellt. Und hier gehört Holz zu den brennbaren Baustoffen, die in den tragenden und raumabschließenden Bauteilen in Gebäuden der GKL 4 und 5 nach den Bauvorschriften der Länder nicht verwendet werden dürfen. Dies kann nicht einfach dadurch geändert werden, dass brennbare Baustoffe ganz allgemein in diesen Gebäudeklassen zugelassen werden, weil dann neben Holz auch alle anderen brennbaren Baustoffe zulässig wären, beispielsweise Kunststoffe. Dies würde aber zu einer gravierenden Absenkung des Sicherheitsniveaus in Gebäuden führen und dies ist weder aus fachlicher noch aus politischer Sicht erwünscht. Es bedarf somit bauordnungsrechtlicher Regelungen, die den Einsatz brennbarer Baustoffe in tragenden und raumabschließenden Bauteilen der GKL 4 und 5 ermöglichen und gleichzeitig das bauordnungsrechtliche Sicherheitsniveau wahren. Solche Regelungen werden üblicherweise in Form von Technischen Baubestimmungen in den Ländern eingeführt und zwar über die Verwaltungsvorschriften Technische Baubestimmungen (z.B. VVTB NRW).

## 2. Regelungen für die GKL 4 und 5 in Nordrhein-Westfalen

### 2.1. Landesbauordnung 2018 (BauO NRW 2018)

Zunächst ist Nordrhein-Westfalen mit der BauO NRW 2018 den anderen Ländern gefolgt und hat die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFH HolzR – als technische Baubestimmung eingeführt. Damit sind nach der BauO NRW 2018 Holzgebäude in der GKL 4 mit hochfeuerhemmenden Bauteilen zulässig.

Darüber hinaus hat man sich mit dem neuen § 26 Abs. 3 BauO NRW 2018 an eine Regelung aus Baden-Württemberg angelehnt, das als erstens Land eine «Öffnungsklausel» für die Verwendung brennbarer Baustoffe in den GKL 4 und 5 eingeführt hatte. Damit hat

Nordrhein-Westfalen mit in Kraft treten der BauO NRW 2018 zum 01.01.2019 als weiteres Land eine «Öffnungsklausel» für Holzgebäude auch in der GKL 5 im Bauordnungsrecht eingeführt, noch bevor es eine vergleichbare Regelung in der Musterbauordnung gab.

Was ist unter dem Begriff «Öffnungsklausel» eigentlich zu verstehen?  
Dazu muss man sich mit dem Wortlaut des Gesetzes beschäftigen:

*§ 26 Abs. 3 BauO NRW 2018:*

*Abweichend von Absatz 2 Satz 4 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchabschnitten, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.*

Brennbare Baustoffe sind also nur zulässig, wenn

- a) die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und
- b) im Brandfall Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchabschnitten, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.

## **2.2. Wie kann die Einhaltung der Anforderungen des § 26 Abs. 3 BauO NRW nachgewiesen werden?**

§ 26 Abs. 3 BauO NRW 2018 beschreibt eine Bauart (...die so hergestellt und eingebaut werden soll, dass im Brandfall Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchabschnitten, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können). Nach § 17 BauO NRW 2018 müssen Bauarten entweder einer Technischen Baubestimmung nach § 88 Absatz 2 Nummer 2 entsprechen (geregelter Bauarten) oder sie dürfen bei der Errichtung, Änderung und Instandhaltung baulicher Anlagen nur angewendet werden, wenn für sie

1. eine allgemeine Bauartgenehmigung durch das Deutsche Institut für Bautechnik oder
2. eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung durch die oberste Bauaufsichtsbehörde erteilt worden ist.

Beim Nachweis der Feuerwiderstandsdauer kann auf eingeführte Technische Baubestimmungen zurückgegriffen werden, beim Nachweis der Verhinderung der Brandübertragung bislang nur auf die M-HFHolzR 2004, die ausschließlich die Holztafelbauweise in der GKL 4 regelt. Solange eine Bauart von dieser Technischen Baubestimmung abweicht bzw. solange eine Bauart nicht nach Technischen Baubestimmung ausgeführt werden kann, ist entweder eine allgemeine oder vorhabenbezogene Bauartgenehmigung erforderlich.

Allerdings wurde die M-HFHolzR 2004 umfangreich überarbeitet, die neue Muster-Holzbaurichtlinie 2020 (M-HolzBauRL) liegt vor und ist auch bereits notifiziert. Die M-HolzBauRL könnte zwar jetzt in den Ländern eingeführt werden, allerdings muss mindestens zeitgleich eine neue Fassung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmung (MVV TB) vorliegen, da die M-HolzBauRL sonst nicht angewendet werden kann. Das Notifizierungsverfahren zur Neufassung der MVV TB Fassung 2020/2, die als Vorlage für die Länderregelungen dient, wird erst im November 2021 beendet, so dass dann beide Regelwerke als technische Baubestimmung von den Ländern eingeführt werden kann. In Nordrhein-Westfalen wird dies so beabsichtigt.

Als weitere technische Baubestimmung, die für den Nachweis der Verhinderung der Brandübertragung in Betracht käme, ist die DIN 4102-4, die ebenfalls «geregelter» Bauarten enthält. Der Teil 4 der Norm wird derzeit überarbeitet, auch mit dem Ziel vermehrt Bauteile in Holzbauweise aufzunehmen. Für den Fall, dass es irgendwann zwei eingeführte Technische Baubestimmungen mit Bauarten für den Holzbau geben sollte, gilt der allgemeine juristische Grundsatz, dass bei gleichrangigen Vorschriften immer die höhere Anforderung gilt.

## 2.3. Muster-Holzbaurichtlinie 2020

Die M-HolzBauRL ist kein gänzlich neues Regelwerk, sondern eine Fortschreibung der M-HFHolzR 2004. Auf Grundlage der derzeit vorliegenden Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben und baupraktischen Empfehlungen hat die Projektgruppe Brandschutz – ein Gremium, das der Fachkommission Bauaufsicht in Brandschutzfragen zuarbeitet – die Regelungen der bisherigen Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFHolzR) fortgeschrieben. Wesentliche Konstruktionsvorschläge basieren auf einem im Auftrag der Fachkommission Bauaufsicht durchgeführten Forschungsvorhaben. [1]

Die Regelungen der M-HFHolzR 2004 für Gebäude der GKL 4 in Holzrahmen- und Holztafelbauweise werden im Wesentlichen beibehalten. Allerdings wurden einige Erleichterungen, die in der Verbändeanhörung vorgeschlagen wurden, in die Richtlinie übernommen. Zusätzlich wird die Richtlinie um Massivholzbauweisen und Holzfassaden für mehrgeschossige Gebäude in den GKL 4 und 5 ergänzt.

### 2.3.1 Erleichterungen bei Gebäuden der GKL 4 in Holzrahmen- und Holztafelbauweise

Die Brandschutzbekleidung bedarf keines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses mehr mit der Klassifizierung K<sub>2</sub>60. Zukünftig genügt es, wenn die Brandschutzbekleidung durch Anordnung einer zweilagigen Bekleidung der Dicke von 2 x 18 mm mit Gipsplatten des Typs GKF nach DIN 18180 in Verbindung mit DIN EN 520 bzw. Gipsfaserplatten mit einer Mindestrohddichte von 1000 kg/m<sup>3</sup> nach europäisch technischer Bewertung ausgeführt wird. In einer neuen Tabelle werden die Verbindungsmittel und -abstände für eine Befestigung der Brandschutzbekleidung in die Holzunterkonstruktion geregelt. Durch Aufnahme dieser Regelungen wird eine vereinfachte Bemessungs- bzw. Nachweismöglichkeit (Plattenbeschaffenheit inklusive Regelungen für die Unterkonstruktion und Verbindungsmittel) für Brandschutzbekleidungen erreicht.

Auch muss die Brandschutzbekleidung nur noch raumseitig angebracht werden, Bauteilseiten, die nicht von Feuer beaufschlagt werden können, müssen demnach nicht mit Brandschutzbekleidung versehen werden (z.B. Bauteilstirnseiten).

Eine weitere Erleichterung für die Brandschutzbekleidung wurde bei Anschlüssen von Wand- oder Deckenbauteilen aufgenommen. Anstelle des bisher geforderten Fugenversatzes der Brandschutzbekleidung (Stufenfalz) darf nunmehr die Bekleidung auch stumpf gestoßen werden, sofern in der Bauteilfuge ein Streifen aus mineralischen Dämmstoffen komprimiert eingebaut wird, der den Rauchdurchtritt im Brandfall wirksam verhindert. Durch den stumpf gestoßenen Bauteilanschluss werden die Vorfertigung der Holzelemente und das Zusammenfügen der Bauteile auf der Baustelle erleichtert.

Neu geregelt ist, dass hochfeuerhemmende Stützen nur mit einer Brandschutzbekleidung versehen werden müssen, soweit sie nicht hohlraumfrei sind. Massive Stützen und Träger benötigen keine Brandschutzbekleidung.

### 2.3.2 Anforderungen an Gebäude der GKL 4 und 5 in Massivholzbauweise

Auf Basis von Erkenntnissen aus Forschungsvorhaben und Erfahrungen aus der Praxis hat die Projektgruppe Brandschutz zusätzlich eine Regelung für die Zulässigkeit für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 in Massivholzbauweise erarbeitet.

Aus Sicht der Projektgruppe Brandschutz war es notwendig, einige «einschränkende» Regelungen in der M-HolzBauRL 2020 vorzunehmen, damit dem Sicherheitsniveau der Landesbauordnungen der Länder entsprochen werden kann. Eine Ausweitung des Anwendungsbereichs der M-HolzBauRL 2020 ist allerdings möglich, sobald entsprechende Ergebnisse aus Forschungsvorhaben vorliegen. Hierzu hat die Bauministerkonferenz eigens eine Projektgruppe unter Leitung des Landes Baden-Württemberg, die PG Muster-Holzbaurichtlinie, eingerichtet. Einer der Aufgaben der Projektgruppe dürfte es sein, den Anwendungsbereich der Richtlinie auf Holztafelbauweise in der GKL 5 zu erweitern.

Folgende Regelungen sieht die M-HolzBauRL 2020 für die Massivholzbauweise vor:

- Vertikale Beschränkung auf Standardgebäude der GKL 4 und 5 mit Nutzungseinheiten bis 200 m<sup>2</sup> Größe

Danach sind nur Gebäude mit einer Höhe von max. 22 m (Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum zulässig ist) in Massivholzbauweise zulässig, die keine Sonderbauten und keine Mittel- oder Großgaragen sind. Mit der Flächenbegrenzung der Nutzungseinheiten auf 200 m<sup>2</sup> Größe soll ein Vollbrand auf eine durch die Feuerwehr zu beherrschende Größe begrenzt werden.

- Vertikale Nichtbrennbare Brandwände und Treppenraumwände in der GKL 5

Die M-HolzBauRL legt fest, dass in Gebäuden der GKL 5 Brandwände und Wände notwendiger Treppenräume nichtbrennbar ausgeführt werden müssen. Dies wird für erforderlich erachtet, um bei einem Brandereignis ausreichend lange den Brandüberschlag auf angrenzende Gebäude zu verhindern bzw. um den Treppenraum ausreichend lange als Angriffsweg für die Feuerwehr sicherzustellen. Mit der Ausbildung von nichtbrennbaren Treppenraumwänden in konventioneller Stahlbeton- oder Mauerwerksbauweise wird gewährleistet, dass auch bei einem länger andauernden Brandereignis der Treppenraum als geschützter Rückzugsweg für die Feuerwehreinsatzkräfte erhalten bleibt, selbst wenn konstruktive Bauteile in den angrenzenden Nutzungseinheiten am Verbrennungsvorgang beteiligt sind.

- Vertikale Bekleidung der Oberflächen von Massivholzbauteilen

Auch wenn vielfach der Wunsch nach möglichst viel sichtbaren Holzoberflächen in Holzgebäuden besteht, so ist die Begrenzung der brennbaren Oberflächen in Räumen durchaus sinnvoll. [2] In Brandversuchen hat sich gezeigt, dass brennbare Bauteiloberflächen im Brandfall eine erhöhte Brandausbreitungsgeschwindigkeit begünstigen. Neben einer höheren Wärmefreisetzung und einem schnelleren Erreichen von Flash-Over-Bedingungen kommt es zu einer Vergrößerung des Rauchgasvolumens. Im Brandraum nicht umgesetzte Pyrolysegase entzünden sich unter Beimischung von Sauerstoff vor der Fassade, wodurch sich auch die Gefahr eines schnelleren Brandüberschlags in höhergelegene Geschosse ergibt. [3]

Um den nachteiligen Einfluss immobiler Brandlasten auf den Brandverlauf zu begrenzen und einer schnellen Brandausbreitung entgegenzuwirken, sind nach der M-HolzBauRL die brennbaren Bauteiloberflächen mit einer nichtbrennbaren Bekleidung zu versehen. Je Raum darf entweder die Decke holzsichtig gelassen werden oder es dürfen maximal 25 % der Wände und Stützen des Raumes ohne Bekleidung errichtet werden. Bei der geforderten Bekleidung handelt es sich nicht um eine Brandschutzbekleidung, wie sie bei der gekapselten Holzrahmen- und Holztafelbauweise erforderlich ist, sondern als Bekleidung genügt beispielsweise eine mindestens 18 mm dicke Gipsplatte.

- Vertikale Rauchdichtigkeit von raumabschließend feuerwiderstandsfähigen Bauteilen

Raumabschließende Bauteile wie Geschosdecken, Trennwände zwischen Nutzungseinheiten sowie notwendige Flurwände müssen die Rauchausbreitung im Brandfall wirksam verhindern. Der Fokus liegt hier insbesondere auf den Bauteilanschlüssen, die hinreichend rauchdicht ausgebildet sein müssen.

Die M-HolzBauRL enthält Konstruktionsprinzipien auf Basis bislang vorliegender Ergebnisse, mit denen nach dem Stand der heutigen Erkenntnisse eine ausreichende Rauchdichtigkeit von Bauteilanschlüssen erreicht werden kann. Wesentlich für die Rauchdichtigkeit ist in diesem Zusammenhang die kraftschlüssige Verbindung der Bauteile, die z.B. durch eine Verschraubung quer zur Fuge gewährleistet wird, so dass offene Fugenspalte minimiert und eingebrachte Abdichtungsmaterialien ausreichend komprimiert werden.

Die M-HolzBauRL regelt die Rauchdichtigkeit von Bauteilen wie folgt:

- Vertikale Rauchdichtigkeit von Wänden

Von einer ausreichenden Rauchdichtigkeit der Elementfugen von Wandbauteilen (Fugen der zusammengefügt Wandelemente) kann ausgegangen werden, wenn mindestens eine Wandseite mit einer Bekleidung aus 18 mm dicken Gipsplatten oder mit einer bekleideten Vorsatzschale versehen wird. Eine Wand kann auch unbekleidet bleiben, sofern die Elementfugen ausreichend rauchdicht ausgeführt werden, z.B. wenn die Elemente mit einer doppelten Nut-Feder-Verbindung durch eine kraftschlüssige Verschraubung bzw. mit außenseitig aufgebrachtem Koppelbrett zusammengefügt werden.

Die Rauchdichtigkeit der Bauteilfuge bei Wandanschlüssen (Anschluss Wand/Wand) ist ausreichend erfüllt, wenn unbekleidete Wände stumpf gestoßen werden und in die Stoßfuge ein mindestens 20 mm dicker Steinwolle-Dämmstreifen eingelegt und durch eine kraftschlüssige Verschraubung quer zur Fuge komprimiert wird.

- Vertikale Rauchdichtigkeit von Decken

Von einer ausreichenden Rauchdichtigkeit der Elementfugen von Massivholzdecken kann ausgegangen werden, wenn ein mehrschichtiger Fußbodenaufbau aus Schüttung, Estrich und Trennlagen ausgebildet wird, so dass auf eine unterseitige Bekleidung der Decke verzichtet werden kann.

Sofern die Elementfuge des Deckenbauteils oberhalb einer raumabschließenden Wand verläuft, ist die Stoßfuge der Deckenbauteile mit einem mind. 20 mm dicken Steinwolle-Dämmstreifen auszufüllen, der durch die kraftschlüssige Verbindung der Deckenbauteile miteinander zu komprimieren ist.

Beim Anschluss einer unbekleideten Decke an eine durchlaufende massive Wand (z.B. Treppenraumwand) ist die Bauteilfuge an der Stirnseite des Massivholzbauteils mit einem Steinwolle-Dämmstreifen hinreichend auszustopfen und der Fußbodenaufbau stirnseitig mit einem nichtbrennbaren Estrichranddämmstreifen abzuschließen.

### **2.3.3 Anforderungen an Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5**

Bei Gebäuden der GKL 4 und 5 müssen Oberflächen von Außenwänden und Außenwandbekleidung gemäß § 28 BauO NRW 2018 mindestens schwer entflammbar sein, um eine Brandausbreitung über die Fassade ausreichend lang zu begrenzen. Die Anforderung kann von einer Holzfassade grundsätzlich nicht erfüllt werden, da bei witterungsbeanspruchten Holzbauteilen die schwerentflammbare Eigenschaft sich durch eine Behandlung nicht dauerhaft erreichen lässt.

Erfahrungen aus Löscheinsätzen der Feuerwehr haben gezeigt, dass eine wirksame Brandbekämpfung einer brennenden (Holz-)Fassade nur dann möglich ist, wenn der Brandherd schnell lokalisiert, das Brandereignis sich nicht großflächig über den Hinterlüftungsspalt der Außenwandbekleidung ausbreiten und die Fassade von der Feuerwehr zu Löscharbeiten erreicht werden kann. [4]

Nach der M-HolzBauRL ist die Verwendung von Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen bei Gebäuden der GKL 4 und 5 möglich, sofern die Begrenzung einer Brandausbreitung durch geeignete konstruktive Maßnahmen nachgewiesen wird und wirksame Löscharbeiten für die Feuerwehr ermöglicht werden.

In der M-HolzBauRL werden dazu im einzelnen folgende Anforderungen an die Ausbildung der Außenwandbekleidung gestellt:

- Vertikale Nichtbrennbare Trägerplatte in der Hinterlüftungsebene

Auf eine Außenwand ist eine mindestens 15 mm dicke nichtbrennbare Trägerplatte (z.B. Faserzementplatte) aufzubringen, es sei denn, die Außenwand besteht bereits aus nichtbrennbaren Baustoffen.

- Vertikale Dämmstoffe

Dämmstoffe müssen nichtbrennbar sein.

- Vertikale Lüftungsspalt

Die Tiefe des Hinterlüftungsspalts darf max. 50 mm analog zur Technischen Regel «Hinterlüftete Außenwandbekleidungen» (MVVTB, Anhang 6) betragen.

– Vertikale Horizontale Brandsperren

Für eine Unterbindung des Kamineffekts in der Hinterlüftungsebene sind geschossweise ausreichend auskragende horizontale Brandsperren anzuordnen, die für eine Unterbrechung des Hinterlüftungsspalts und der Außenwandbekleidung sorgen. Die Brandsperren sind in Höhe der Geschosdecken auf der nichtbrennbaren Trägerplatte anzubringen.

Das Maß der horizontalen Auskragung der Brandsperre ist abhängig von der Materialität der Brandsperre und der jeweiligen Konstruktionsart der Außenwandbekleidung. Auf Basis von Forschungsergebnissen werden im Anhang der M-HolzBauRL 2020 Details zur Ausbildung der Brandsperren aufgezeigt. [5]

Besondere Vorkehrungen zur Begrenzung der Brandausbreitung sind im Bereich von Gebäudeinnenecken zu treffen. Um einen Brandüberschlag über Eck zu verhindern, ist entweder die Brandsperre in einer größeren Auskragungstiefe auszubilden oder die brennbare Außenwandbekleidung ist zu beiden Seiten der Innenecke mit mindestens 1 m breiten nichtbrennbaren Fassadenplatten zu unterbrechen.

– Vertikale Brandsperren

Für eine wirksame Begrenzung der Brandausbreitung über die Fassade sind auch vertikale Brandsperren erforderlich. Dazu ist die brennbare Außenwandbekleidung im Bereich einer Brandwand mindestens für den Abschnitt von 1,00 m durch nichtbrennbare Baustoffe (z.B. nichtbrennbare Fassadenplatte auf Metallunterkonstruktion) zu unterbrechen. Der Hinterlüftungsspalt darf über die Brandwand nicht hinweggeführt werden, sondern ist mindestens in Dicke der Brandwand mit einem im Brandfall formstabilen, nichtbrennbaren Dämmstoff auszufüllen.

Im Bereich von Gebäudeaußenecken sind besondere Vorkehrungen zur Begrenzung der Brandausbreitung zu treffen, dafür ist der Hinterlüftungsspalt im Eckbereich der Außenwandbekleidung mit einer Verblockung über Eck zu auszufüllen.

– Wirksame Löscharbeiten für die Feuerwehr

Damit die Feuerwehr im Brandfall wirksame Löscharbeiten vornehmen kann, muss sie für einen Löschangriff von außen jede Gebäudeseite, die mit einer Außenwandbekleidung aus Holz oder Holzwerkstoffen versehen ist, erreichen können. Dafür sind gegebenenfalls für rückwärtig angeordnete Gebäude bzw. brennbare Innenhoffassaden entsprechende Zu- oder Durchfahrten für die Feuerwehr gemäß der Richtlinie über «Flächen für die Feuerwehr» (VVTB NRW, Technische Regel A 2.2.1.1) herzustellen.

### **2.3.4 Anforderungen an die Installationsführung**

Es fehlen bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise für die Durchführung von Installationen durch raumabschließende Holzbauteile, da Klassifizierungsprüfungen ausschließlich für leichte Trennwände und herkömmliche Massivbauteile durchgeführt wurden. Deshalb gibt es aus Sicht der Projektgruppe Brandschutz derzeit keine ausreichenden Erkenntnisse zur Installationsführung im Holzbau, die zu einer Erweiterung der technischen Regeln führen könnten.

Von daher sind die Anforderungen der bisherigen M-HFHolzR an die Führung von haustechnischen Installationen für die gekapselte Holzrahmen- und Holztafelbauweise in die M-HolzBauRL unverändert übernommen worden.

In der Massivholzbauweise sind die haustechnischen Installationen grundsätzlich außerhalb der Holzbauteile zu führen. Für die Verlegung von Installationen bieten sich insbesondere separat geführte Installationsebenen an, z.B. in Form von Wand-Vorsatzschalen, abgehängten Unterdecken oder Sockelleistenkanälen.

### **2.3.5 Anforderung an die Überwachung der Bauausführung**

Die Errichtung von Gebäuden in Massivholzbauweise erfordert nach Auffassung der Projektgruppe Brandschutz, insbesondere im Hinblick auf die Umsetzung der Anforderungen an den Brandschutz, eine besondere Sachkunde und Sorgfalt.

Eine Bauüberwachung durch die untere Bauaufsichtsbehörde oder einen ggf. eingeschalteten Prüfsachverständigen (wie es die gegenwärtige Richtlinie über Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise (M-HFH HolzR) vom Juli 2004 vorsieht) ist nach Auffassung der Projektgruppe Brandschutz nicht mehr zielführend. Im Gegensatz zur M-HFH HolzR setzt die M-HolzBauRL nicht mehr zwingend voraus, dass Bauteile mit brandschutztechnischer Bekleidung bereits vorgefertigt und mit bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis (ursprünglich in Form eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses) auf die Baustelle kommen. Die M-HolzBauRL geht davon aus, dass solche Bauteile entsprechend den Regelungen der Richtlinie erst unmittelbar auf der Baustelle zusammengefügt werden. Das schafft mehr Flexibilität, erschwert aber auch die Bauüberwachung, die ohnehin nur stichprobenartig erfolgen kann, noch zusätzlich.

Die Projektgruppe Brandschutz hat daher die Regelung der bisherigen M-HFH HolzR – dass die ordnungsgemäße Bauausführung nach dieser Richtlinie durch die Bauaufsichtsbehörde oder den Prüfsachverständigen/Prüfsachverständigen für Standsicherheit zu überwachen und zu bescheinigen ist, nicht in die M-HolzBauRL übernommen, da eine ständige Anwesenheit auf der Baustelle durch Bauaufsichtsbehörde oder Prüfsachverständigen nicht geleistet werden kann.

Stattdessen ist in der M-HolzBauRL vorgesehen, dass zusätzlich zu den Bauvorlagen vor Baubeginn Unterlagen zu erstellen und auf der Baustelle vorzuhalten sind, um eine Ausführung des Bauvorhabens in Übereinstimmung mit dieser Richtlinie zu dokumentieren und zu ermöglichen. Zu den Unterlagen gehören insbesondere

- Detailzeichnungen zum Aufbau der Bauteile und allen relevanten Ausführungsdetails
- Verwendbarkeits- und Anwendbarkeitsnachweise
- ggfs. rechnerische Nachweise.

Weiterhin ist vorgesehen, dass der Bauherr einen Bauleiter bzw. einen geeigneten Fachbauleiter für Holzbau und für Trockenbau zu bestellen hat, der auch die Durchführung der Anforderungen dieser Richtlinie auf der Grundlage der o.a. besonderen Planunterlagen überwacht.

Zusätzlich wird darauf hingewiesen, dass die Ausführung der Bauart nach dieser Richtlinie der Bestätigung der Übereinstimmung durch den Anwender der Bauart (Unternehmer) nach § 16 a Abs. 5 MBO (= § 17 Abs. 5 BauO NRW) bedarf. Die Bestätigung beinhaltet die Übereinstimmung mit der Ausführungsplanung und die Bestätigung der Einhaltung dieser technischen Regel.

### 3. Neue Regelungen für Sonderbauten

Auch bei den Sonderbauvorschriften zeigen sich die Bemühungen der Länder den Holzbau zu fördern.

Die neue Muster-Industriebaurichtlinie 2019 enthält zwar keine Regelungen für Holzgebäude in den GKL 4 und 5 aber es wurde ermöglicht, dass erdgeschossige Industriebauten in Holz errichtet werden dürfen und erdgeschossige Industriebauten sind mit Abstand der weitverbreitetste Gebäudetyp unter den Industriebauten. In Nordrhein-Westfalen wird die Muster-Industriebaurichtlinie mit der VVTB NRW Fassung 2020 als Technische Baubestimmung eingeführt.

Ebenfalls neu gibt es in Nordrhein-Westfalen eine neue Fassung der Schulbaurichtlinie, wonach in Gebäuden mit einer Höhe bis zu 13 m tragende und raumabschließende Bauteile hochfeuerhemmend (also aus Holz) sein dürfen, deren Geschosse

- a) entweder eine Fläche von jeweils nicht mehr als 600 m<sup>2</sup> haben oder
- b) durch Wände, die den Anforderungen des § 29 Absatz 3 bis 5 BauO NRW 2018 entsprechen, in Abschnitte von jeweils nicht mehr als 600 m<sup>2</sup> unterteilt sind.

Die neue Schulbaurichtlinie NRW weitet damit die Möglichkeit in der GKL 4 in Holz zu bauen gegenüber der BauO NRW 2018 aus.

## 4. Zusammenfassung

Mit der neuen M-HolzBauRL steht den Ländern eine technische Regel zur Verfügung, mit der das Angebot für den Holzbau in den GKL 4 und 5 verbessert wird.

Die M-HolzBauRL kann fortgeschrieben werden, sobald die für die Weiterentwicklung des Holzbaus erforderlichen Ergebnisse aus Forschungsvorhaben bzw. Brandprüfungen vorliegen. Die Arbeitsgemeinschaft der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) hat deshalb eine neue Projektgruppe Muster-Holzbau-Richtlinie eingerichtet.

Belastbare Prüfergebnisse, namentlich über die Rauchdichtigkeit von Bauteilen und Bauteilanschlüssen bei einer ETK-Beanspruchung über eine Dauer von 90 Minuten, liegen der Projektgruppe Brandschutz bislang nicht vor. Deshalb beabsichtigt die Bauministerkonferenz ein Forschungsvorhaben zur Rauchdichtigkeit von Holzbauteilen und deren Bauteilanschlüsse zu initiieren. Kalibriert werden soll der Rauchdurchtritt an dem Rauchdurchtritt von herkömmlichen Massivkonstruktionen (z.B. Rauchdurchtritt bei Anschluss Mauerwerkswand an Betondecke). Im Besten Fall kann aus dem Ergebnis des Forschungsvorhabens eine Prüfnorm für den Rauchdurchtritt durch raumabschließende Bauteile entwickelt werden.

Insgesamt erwarte ich, dass sich durch Ergebnisse aus laufenden Forschungsvorhaben weitere Potentiale für den Holzbau ergeben.

## 5. Literatur

- [1] Peter, Mandy. Erweiterungsmöglichkeiten des Bauordnungsrechts im Hinblick auf den mehrgeschossigen Holzbau. Abschlussbericht zum DIBt-Forschungsvorhaben im Auftrag der Fachkommission Bauaufsicht, München 2018
- [2] Merk, M. (2020). Die Muster HolzBauRichtlinie – erweiterte Regelungen für das Bauen mit Holz bis zur Hochhausgrenze. Bautechnik. <https://doi.org/10.1002/bate.202000069>
- [3] Werther, Norman. Einflussgrößen auf das Abbrandverhalten von Holzbauteilen und deren Berücksichtigung in empirischen und numerischen Beurteilungsverfahren. Dissertation Technische Universität München, 2016
- [4] Wellisch, Alexander. Urbaner Holzbau in Hamburg. Deutsche Feuerwehr-Zeitung 5/19, S. 356-358
- [5] Merk, Michael, et al. Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben, Technische Universität München, 2014

# **Aufstockungen in Holzbauweise – wie sieht es mit dem Brandschutz aus? Aktuelle Projekte in NRW**

Tobias Wiesenkämper  
Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure PartGmbH  
Essen, Deutschland



# Aufstockungen in Holzbauweise – wie sieht es mit dem Brandschutz aus? Aktuelle Projekte in NRW

## 1. Holzbau in NRW seit Einführung der LBO 2018

Die seit Januar 2019 in NRW gültige Landesbauordnung öffnet dem Bauen mit Holz neue Möglichkeiten bei mehrgeschossigen Gebäuden in den für NRW neuen Gebäudeklassen 4 und 5. Die Fassung der Landesbauordnung vom 2. Juli 2021 enthält einige Änderungen und Korrekturen im Vergleich zur Fassung vom 21. Juli 2018.

Die Akzeptanz für den Baustoff Holz steigt und die Anzahl der Projekte wächst stetig.

Zum ressourceneffizienten und nachhaltigen Bauen gehört sowohl die Nutzung bestehender Strukturen als auch die Verwendung von nachwachsenden Baustoffen.

Der Baustoff Holz spielt bei der Nachverdichtung durch Aufstockungen des urbanen Raumes seine Vorteile gegenüber massiven Baustoffen aus. Zu nennen ist da im Wesentlichen das geringere Gewicht, welches statische Vorteile für die Bestandsbauteile bietet. Weiterhin ist der hohe Vorfertigungsgrad und dadurch bedingt die witterungsunabhängige trockene und schnelle Bauweise ideal für Baustellen im städtischen Raum.

Aufstockungen gehen häufig mit der Erhöhung der Gebäudeklasse einher. Mit der Gebäudeklasse 4 (Fußbodenhöhe maximal 13m über Gelände und Nutzungseinheiten maximal 400m<sup>2</sup>) wurde in NRW erstmalig auch die Anforderung «hochfeuerhemmend» eingeführt.

Hochfeuerhemmende Bauteile dürfen aus brennbaren Baustoffen bestehen, weisen eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten auf und sind allseitig mit einer brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen zu versehen. Dämmstoffe sind aus nichtbrennbaren Baustoffen auszuführen (Vgl.: LBO NRW § 26 Absatz 2 Satz 3 Nummer 3, Satz 4 Halbsatz 2).

Diese Anforderungen wurden bereits 2004 mit der «Muster-Richtlinie für brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise» (M-HFHolzR) genauer definiert. Diese Richtlinie beinhaltet lediglich die Holztafelbauweise, nicht jedoch die Massivholzbauweise. Sie ist derzeit in NRW über die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen NRW (VV TB NRW) mit Bezug auf die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) eingeführt.

Das DIBt hat im Juni 2021 die «Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise» – MHolzBauRL (Fassung Oktober 2020) veröffentlicht. Darin werden brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile in Holztafelbauweise für Gebäude der Gebäudeklasse 4 sowie an Bauteile in Massivholzbauweise für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 beschrieben. Weiterhin werden Anforderungen an Außenwandbekleidungen aus Holz und Holzwerkstoffen bei Gebäuden der Gebäudeklassen 4 und 5 definiert. Leider beinhaltet die Richtlinie keine Kombination der Massivholz- mit der Holztafelbauweise.

Die bauordnungsrechtliche Einordnung wird mit der Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen – Ausgabe 2020/2 erwartet. Im Nachgang ist dann eine Einführung über die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen NRW (VV TB NRW) in NRW zu erwarten.

Gerade bei Aufstockungen in Holzbauweise sind wesentliche Punkte bereits bei der Planung zu beachten. An drei ausgewählten Projekten werden einige Besonderheiten aus der Praxis erläutert.

## 2. Aktuelle Projekte in NRW

### 2.1. Aufstockung einer Blockbebauung

Die bisher dreigeschossige Blockbebauung der Wohnungsgenossenschaft Duisburg-Süd eG sollte um ein Staffelgeschoss erweitert werden.

Die Oberkante des Staffelgeschossfußbodens liegt ca. 9,50m über dem Gelände, weshalb das Gebäude nun in Gebäudeklasse 4 eingeordnet werden musste.



Abbildung 1: Aufstockung einer Blockbebauung [Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure PartGmbH]

Gemäß Landesbauordnung waren die Anforderungen an Geschossdecke und Trennwände hochfeuerhemmend und an die Treppenhauswände hochfeuerhemmend mit zusätzlicher mechanischer Beanspruchung zu erfüllen.

Die Planung und Ausführung gemäß BauO NRW erfolgte mit einer brandschutztechnischen beratenden Unterstützung durch das Ingenieurbüro Römling aus Essen.

Aufgrund der teils zurückspringenden Außenwände des Staffelgeschosses und durch die Tatsache, dass die tragenden Innenwände nicht immer direkt über den Tragachsen des darunter befindlichen Bestandes liegen, wurde eine lastverteilende Brettsper Holzplatte mit einer Stärke von 220mm über der vorhandenen Stahlbetondeckenplatte angeordnet.

Zum Höhenausgleich und zur exakten Definition der lastabtragenden Punkte wurden Schwellen angeordnet. Die Brandschutzanforderung konnte sowohl durch die vorhandene Stahlbetondecke als auch über die neue Brettsper Holzdecke erbracht werden.

Alle tragenden und aussteifenden Wände sind aus 100mm starken Brettsper Holzelementen gefertigt. Die Schall- und Brandschutzanforderungen an die Trennwände und Treppenhauswände wurden durch die Verwendung von Bauteilaufbauten mit entsprechenden bauaufsichtlichen Prüfzeugnissen erreicht.

Hier beispielhaft dargestellt die Ausführung der Treppenhauswände.

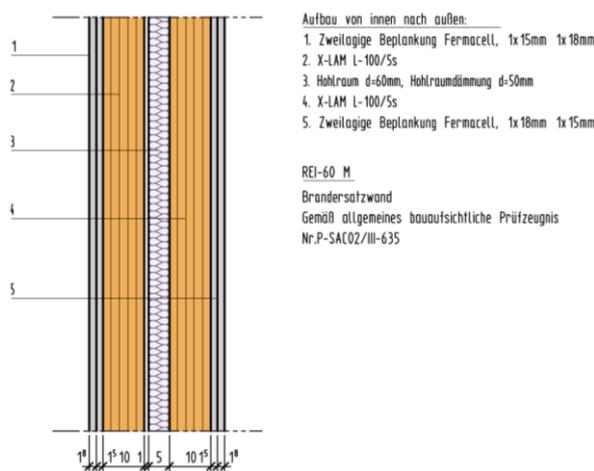


Abbildung 2: Systemschnitt Treppenhauswand REI60-M gemäß abP

Durch die Kapselung mit einer zweilagigen brandschutztechnisch wirksamen Bekleidung aus Gipsfaserplatten wird ein Entzünden der Holzwand über die Dauer von 60 Minuten verhindert. Faktisch besitzt die Massivholzwand eine weitere Tragfähigkeitsreserve über die geforderten 60 Minuten hinaus, die mit einer Heißbemessung unter Berücksichtigung der Brandschutzschicht gemäß EC5 ermittelt werden kann.

Die Dachdecke des Pultdaches besteht ebenfalls aus Brettsperrholz in 160 mm Stärke. Gemäß BauO NRW 2018 gibt es zunächst keine Anforderung an den Feuerwiderstand. Da die Dachdecke jedoch in Teilbereichen die Wände mit Brandschutzanforderungen aussteift, wurde Sie ebenfalls für eine Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten ausgelegt.

Die Aufstockung der benachbarten Blockbebauung ist bereits in Planung und soll nach dem gleichen Prinzip im kommenden Jahr umgesetzt werden.

## 2.2. Zweistöckige Aufstockung eines Pionierhauses

Das denkmalgeschützte ehemalige Pionierhaus, das Verwaltungsgebäude einer Eisenhütte im Ruhrgebiet wurde durch die Urbane Nachbarschaft Imbuschplatz gGmbH revitalisiert und wieder einer Mischnutzung mit Büroräumen zugeführt. Es sollten zwei Geschosse aufgestockt werden, um die Flächen zu erweitern.

Gemäß § 2 (3) BauO NRW ist das Objekt in die Gebäudeklasse 5 einzustufen, da sich die Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist (3.Obergeschoss), im Mittel mehr als 13 m über der Geländeoberfläche befindet.

Die tragenden und aussteifenden Bauteile des Bestandsgebäudes sind feuerbeständig aus nichtbrennbaren Baustoffen ausgeführt und genügen so den Anforderungen der BauO NRW 2018.

Das vorhandene 2. Obergeschoss aus einer leichten Stahlkonstruktion wurde zunächst rückgebaut. Vorhandene Bauteile und Fundamente wiesen genügend Reserven für eine zweistöckige Aufstockung auf.

Die Genehmigung der erforderlichen Abweichungen und Kompensationsmaßnahmen zur BauO NRW 2018 erfolgte über das Brandschutzkonzept, aufgestellt von «brandwerk solution Sachverständige Ingenieurgesellschaft mbH» aus Essen.

Die Aufstockung wurde als Skelettbau in Holzbauweise geplant und ausgeführt. Die tragenden und aussteifenden Bauteile, Decken, Stützen und Unterzüge sind aus Holz errichtet worden. Im zweiten Obergeschoss sind in Abstimmung mit der Feuerwehr die sichtbaren Holzstützen über die Anforderungen der BauO NRW 2018 hinaus mit einer Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten heiß auf Abbrand bemessen, während die holzsichtigen Unterzüge für eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten ausgelegt sind.



Abbildung 3: Aufstockung Pionierhaus [Ripkens Wiesenkämper Beratende Ingenieure PartGmbH]

Eine Herausforderung stellte das Fehlen von entsprechenden Zulassungen für Haupt-Nebenträger-Anschlüsse für die Feuerwiderstandsklasse R90 dar. Keiner der Hersteller konnte zur Zeit der Planung mit einer Zulassung über die Feuerwiderstandsklasse R60 hinaus aufwarten. Alle Hersteller waren jedoch bei entsprechenden Brandprüfungen und bereits im Zulassungsprozess. Die Zulassungen für R90 bzw. R120 werden in Kürze erwartet. Ein Ausweichen auf gekreuzte Vollgewindeschrauben stellte keine Alternative dar, da diese zum jetzigen Zeitpunkt gemäß EC5 nur für eine Branddauer von 60 Minuten normativ geregelt sind. In der zukünftigen Normung findet allerdings eine Branddauer von 120 Minuten unter analogen Eingangsvoraussetzungen Berücksichtigung.

Das Treppenhaus wurde in Massivbauweise um die zwei weiteren Geschosse ergänzt und genügt somit den Anforderungen feuerbeständig und nicht brennbar sowie der Bauart einer Brandwand. Die Holztafelbauaußenwände sind mit nichtbrennbaren Gipsfaserplatten innen wie außen beplankt und weisen einen Feuerwiderstand von 90 Minuten auf.

### 2.3. Aufstockung eines medizinischen Zentrums

Das medizinische Zentrum im Sauerland ist derzeit dreigeschossig und unterkellert. Nun soll es um zwei weitere Geschosse aufgestockt werden, um den größer werdenden Flächenbedarf zu decken.

Es wurde einst mit der Option zur Aufstockung um ein weiteres Geschoss geplant. So wurden in der Ursprungsstatik die Belastungen für eine Etage in Massivbauweise bereits berücksichtigt. Durch den Vorteil der leichteren Holzbauweise kann nun eine Erweiterung um zwei Geschosse realisiert werden.

Ursprünglich wurde das Gebäude gemäß BauO NRW 2000 als «Gebäude mittlerer Höhe» beurteilt. Nach der derzeit gültigen Landesbauordnung handelt es sich nunmehr um ein Gebäude der Gebäudeklasse 5.

Das Brandschutzkonzept, erstellt durch Neumann Krex & Partner sieht vor, dass die Treppenhöhlen in Massivbauweise weiter nach oben geführt werden und brandschutztechnisch separiert werden.

Die vorhandenen Bauteile der unteren Geschosse wurden bei der Errichtung gemäß der BauO NRW 2000 bereits feuerbeständig F90-A ausgeführt.

Aus statischen Gründen soll die Aufstockung in Holzbauweise im 3. Obergeschoss mit feuerbeständiger bzw. mit feuerhemmender Qualität im 4. Obergeschoss erfolgen. Sowohl der geringere Feuerwiderstand als auch die Holzbauweise an sich stellen Abweichungen den Vorgaben der §§ 27 und 31 Abs. 1 BauO NRW i. V. m. § 26 Abs. 2 BauO NRW dar, was aber aus schutzzielorientierter Sicht durch entsprechende Kompensationsmaßnahmen Zustimmung findet.

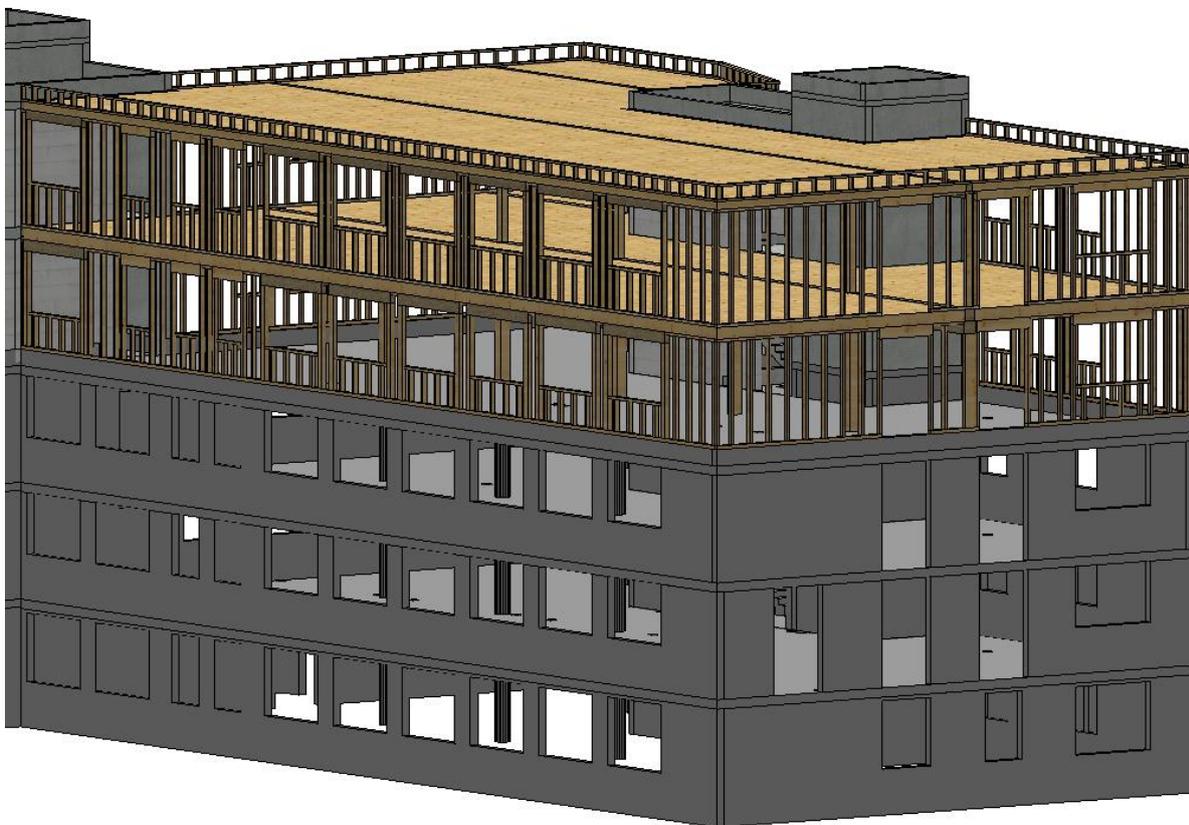


Abbildung 4: Aufstockung medizinisches Zentrum [Ripkens Wiesenkämper Beratende Ing. PartGmbH]

Weiterhin sollen die Anforderungen der Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL, Stand: Oktober 2020) berücksichtigt werden. Es ist eine Kombination aus Holztafelbauwänden und Massivholzdecken geplant, was leider auch in der neuen Muster-Holzbaurichtlinie nicht abgedeckt wird. Daher werden die Anforderungen der Muster-Holzbaurichtlinie (MHolzBauRL, Stand: Oktober 2020) hinsichtlich der Detailausbildung und Kapselung übernommen und an die geplante Bauweise angepasst und im Brandschutzkonzept detailliert beschrieben.

Es sind Holztafelbauwände mit Decken aus Brettspertholz (Massivholzdecken) vorgesehen. Die Brettspertholzdecken werden für den erforderlichen Feuerwiderstand von R90 für die neue Geschosdecke bzw. R30 für die Dachdecke auf Abbrand bemessen und zusätzlich von der Unterseite zwecks Kapselung beplankt.

Durch den geplanten Bodenaufbau und die unterseitige doppelagige Beplankung wird die Rauchdichtigkeit und der Raumabschluss sichergestellt. Da die Dachdecke die Wände des 4.OG aussteift, muss sie der gleichen Feuerwiderstandsklasse wie die Wände entsprechen.

Die Außenwände des 3. Obergeschosses werden als Holztafelbauwand, als klassifiziertes/zugelassenes Bauteil in REI90–K<sub>2</sub>-60 errichtet; mit einem WDVS aus nichtbrennbaren Baustoffen (Mineralwolle). Die Außenwände des 4. Obergeschosses werden als Holztafelbauwand, als klassifiziertes/zugelassenes Bauteil in REI30–K<sub>2</sub>-30 errichtet; mit einem WDVS aus nichtbrennbaren Baustoffen (Mineralwolle). Für die Innenwände wird ein zugelassenes Wandsystem des Holztafelbaus in der entsprechenden Feuerwiderstandsklasse und Kapselflasse vorgesehen.

Alle Anschlussdetails Decke/Wand, Unterzug/Stütze, sowie Fensterleibungen werden analog der MHolzBauRL mit einer Stufenfalzausbildung der Gipswerkstoffplatten erstellt.

Die Planung des Bauvorhabens ist abgeschlossen und die Ausführung ist für das kommende Jahr geplant.

### **3. Fazit**

In NRW ist die Ausführung von Aufstockungen in Holzbauweise in den Gebäudeklassen 4 und 5 möglich. Ein interdisziplinäres Planungsteam aus Architekt, Tragwerksplaner und Brandschutzplaner sowie einer aufgeschlossenen Genehmigungsbehörde erleichtern die Planung und Durchführung. Die detaillierte Planung der Bauteile und der Anschlüsse hinsichtlich des Brandschutzes muss dabei bereits in den frühen Leistungsphasen erfolgen.

Die Einführung der «Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise – MHolzBauRL (Fassung Oktober 2020)» wird in NRW voraussichtlich in absehbarer Zeit erfolgen. Eine Regelung erfolgt nur für sogenannte «Standardgebäude» im Holztafelbau und Massivholzbau. Eine Mischung der Bauweisen ist nicht geregelt, so dass die Richtlinie auf viele Bauvorhaben nicht ohne Anpassung der Details angewendet werden kann und somit ein Brandschutzkonzept als Beurteilungsgrundlage für die Bauaufsicht erforderlich wird.

Die Verwendung von Sichtholz in Gebäudeklasse 4 und 5 ist nur mit Abweichungen zur BauO NRW 2018 durch ein schutzzielorientiertes Brandschutzkonzept ggfs. mit Kompensationsmaßnahmen möglich. Bei Anschlüssen mit erforderlichen Feuerwiderstandsklassen ab 90 Minuten und gleichzeitigem Sichtholzanspruch sind zukünftig neue Lösungen durch Zulassungen und innerhalb der Normung für unbekleidete Bauteile erforderlich. Hersteller und Normungsgremien sind dort bereits aktiv, so dass entsprechende Lösungen in Kürze zur Verfügung stehen werden.

## **Block D2**

### **Recht**

# **Lernen aus der Corona-Krise – Ansprüche und Risiken von Bauverträgen**

Dr. Matthias Orlowski  
Mütze Korsch Rechtsanwaltsgesellschaft mbH  
Düsseldorf, Deutschland



# Lernen aus der Corona-Krise – Ansprüche und Risiken von Bauverträgen

Der Beginn und die Fertigstellung eines Bauvorhabens sowie die terminliche Taktung des Bauablaufes sind sowohl für den Auftraggeber als auch für den Auftragnehmer von großer Bedeutung. Bereits kleinste Veränderungen gegenüber der Planung können empfindliche Störungen des Bauablaufes zur Folge haben. Diese Störungen können mannigfaltige Ursachen haben und der Risikosphäre des Auftraggebers (beispielsweise verspätete Baugenehmigung, verspätete Ausführungsplanung, fehlerhafte/unvollständige Planungen, verspätete Fertigstellung von Vorgewerken etc.), der Risikosphäre des Auftragnehmers (unzureichend Besetzung der Baustelle, unzureichende Versorgung der Baustelle mit Materialien/Geräten, mangelhafte Ausführung, verspätete Ausführung etc.) oder auch keiner der Risikosphären einer der Vertragspartner zuzuordnen sein.

Das **severe acute respiratory syndrome coronavirus 2** (kurz «SARS-CoV-2») ist ein neuartiges Virus, das den Menschen infizieren und die neue Atemwegserkrankung **coronavirus disease 2019** («COVID-19») hervorrufen kann, umgangssprachlich auch als «Corona» bezeichnet. Der Ursprung von COVID-19 wird derzeit in Wuhan (China) verortet, wo das Krankheitsbild erstmals Ende 2019 festgestellt wurde, sich im Januar 2020 in der Volksrepublik China zur Epidemie entwickelte, sich schließlich weltweit ausbreitete und von der WHO am 11. März 2020 als Pandemie eingeordnet wurde, also als eine länder- und kontinentübergreifende Ausbreitung einer Krankheit ohne örtliche Beschränkung. Seither ist die «Corona-Pandemie» fester Bestandteil jeder Nachrichtensendung. Mitte September 2021 zählte Google rund 4,0 Mrd. Treffer für das Akronym COVID-19, deutlich mehr als z.B. Tschernobyl (rund 2,0 Mio.) oder Trump (rund 728 Mio.).

Die Sorgen in der deutschen Bauindustrie waren und sind immens. Wenn bereits kleinste Veränderungen erhebliche Folgen für den Bauablauf haben können, erscheint eine COVID-19-Pandemie umso bedrohlicher.

In diesem Beitrag sollen die möglichen Ansprüche der Bauvertragspartner, insbesondere des Auftragnehmers in der Corona-Krise und die mit dieser verbundenen Risiken beleuchtet werden. Dieser Betrag fokussiert sich im Wesentlichen auf VOB/B-Bauverträge, da diese in der Vertragspraxis dominieren.

Für den Auftragnehmer, dessen Bauablauf durch die Corona-Pandemie beeinträchtigt wurde, stellt sich die Frage, ob er vom Auftraggeber eine Verlängerung der Bauzeit, ob er während einer Corona-bedingten Unterbrechung der Baustelle vorläufig seine Leistungen abrechnen und gegebenenfalls den Bauvertrag kündigen kann, ob ihm Schadensersatz- und/oder Entschädigungsansprüche gegen den Auftraggeber zustehen und schließlich, ob er gegenüber dem Auftraggeber trotz einer auf die Corona-Pandemie zurückzuführenden Nichteinhaltung von Terminen auf Vertragsstrafen und/oder Schadensersatz wegen Verzugs haftet.

## 1. Anspruch auf Verlängerung der Bauzeit (§ 6 VOB/B)

### § 6 VOB/B – Behinderung und Unterbrechung der Ausführung

(1) <sup>1</sup>Glaut sich der Auftragnehmer in der ordnungsgemäßen Ausführung der Leistung behindert, so hat er es dem Auftraggeber unverzüglich schriftlich anzuzeigen. <sup>2</sup>Unterlässt er die Anzeige, so hat er nur dann Anspruch auf Berücksichtigung der hindernden Umstände, wenn dem Auftraggeber offenkundig die Tatsache und deren hindernde Wirkung bekannt waren.

(2) 1. Ausführungsfristen werden verlängert, soweit die Behinderung verursacht ist:

- a) durch einen Umstand aus dem Risikobereich des Auftraggebers,
- b) durch Streik oder eine von der Berufsvertretung der Arbeitgeber angeordnete Aussperrung im Betrieb des Auftragnehmers oder in einem unmittelbar für ihn arbeitenden Betrieb,
- c) durch höhere Gewalt oder andere für den Auftragnehmer unabwendbare Umstände.

2. Witterungseinflüsse während der Ausführungszeit, mit denen bei Abgabe des Angebots normalerweise gerechnet werden musste, gelten nicht als Behinderung.

(3) <sup>1</sup>Der Auftragnehmer hat alles zu tun, was ihm billigerweise zugemutet werden kann, um die Weiterführung der Arbeiten zu ermöglichen. <sup>2</sup>Sobald die hindernden Umstände wegfallen, hat er ohne weiteres und unverzüglich die Arbeiten wieder aufzunehmen und den Auftraggeber davon zu benachrichtigen.

(4) Die Fristverlängerung wird berechnet nach der Dauer der Behinderung mit einem Zuschlag für die Wiederaufnahme der Arbeiten und die etwaige Verschiebung in eine ungünstigere Jahreszeit.

[...]

### 1.1. Ordnungsgemäße Behinderungsanzeige / Entbehrlichkeit

Der Anspruch auf Verlängerung der Bauzeit setzt grundsätzlich eine **ordnungsgemäße Behinderungsanzeige** voraus, wobei es für die Anzeige grundsätzlich genügt, wenn der Auftragnehmer nachvollziehbar annimmt, dass er in der Ausführung seiner Leistungen behindert ist. In dieser Behinderungsanzeige muss der Auftragnehmer alle Tatsachen beschreiben, auf deren Grundlage der Auftraggeber mit hinreichender Klarheit die Gründe der Behinderung nachvollziehen kann. Hierzu muss der Auftragnehmer so konkret und detailliert wie möglich Art und Ausmaß der Behinderung beschreiben. Er muss darstellen, auf welche Bereiche der Baustelle sich die Behinderung auswirkt und wie weit die Behinderung geht. Er muss darüber informieren, ob die Fortführung der Arbeiten gar nicht mehr, nur teilweise oder nur wesentlich langsamer möglich ist. Sofern ein Nachunternehmer des Auftragnehmers behindert ist, treffen ihn die gleichen Anforderungen an die Darlegungslast.

Die Behinderungsanzeige muss jedenfalls so detailliert sein, dass der Auftraggeber in die Lage versetzt wird, nachvollziehen zu können, dass die Verzögerungen nicht auf Fehlentscheidungen des Auftragnehmers beruhen, sondern tatsächlich durch die Corona-Pandemie hervorgerufen werden; dies gilt umso mehr, wenn der Auftragnehmer bereits bis zur Corona-Pandemie verzögert geleistet hat. Die Behinderungsanzeige ist keine bloß lästige Förmelerei, sondern sie soll es dem Auftraggeber ermöglichen, im Falle einer tatsächlich bestehenden Behinderung entscheiden zu können, ob, mit welchen Mitteln und in welchem Umfang er der Behinderung entgegen wirken kann und möchte.

Wenn beispielsweise der Auftragnehmer Behinderung anzeigt, weil bestimmte, in der Baubeschreibung vereinbarte Baumaterialien bei seinem Lieferanten (und auch bei anderen Verkäufern) nicht lieferbar ist, kann der Auftraggeber dieser Behinderung dadurch entgegenwirken, dass er einem alternativen Baustoff oder einer anderen, zuvor vertraglich nicht vereinbarten Art der Ausführung zustimmt. Wenn der Nachunternehmer mitteilt, dass er nicht leisten könne, z.B. weil sich seine Mitarbeiter sämtlich in Quarantäne befinden, soll der Hauptunternehmer entscheiden können, ob er während der Behinderung die Arbeiten

z.B. mit eigenen Mitarbeitern fortführen kann. Alle diese Entscheidungen kann der Auftraggeber nur dann treffen, wenn er eine ordnungsgemäße, detaillierte Behinderungsanzeige erhalten hat.

Allgemeine Behinderungsbehauptungen, wie z.B.: «[...] bekanntlich besteht eine Corona-Pandemie, so dass wir in der Ausführung unserer Leistungen behindert sind.» genügen diesen Anforderungen selbstverständlich nicht.

§ 6 Abs. 1 VOB/B sieht grundsätzlich die **Schriftform** vor. Die ganz herrschende Meinung lässt insoweit jedoch eine mündliche Anzeige ausreichen, da die Schriftform im Wesentlichen Beweis Zwecken dient. Auch wenn daher eine mündliche Behinderungsanzeige ausreichen mag, ist dem Auftragnehmer aus Gründen der Beweissicherung die Schriftform sehr zu empfehlen, insbesondere um in einem etwaigen Streitfall belegen zu können, dass seine Behinderungsanzeige ordnungsgemäß war.

Zudem muss die Behinderungsanzeige **unverzüglich** erfolgen, also gemäß der Definition in § 121 BGB «ohne schuldhaftes Zögern». Hintergrund ist insoweit, dass die frühzeitige Behinderungsanzeige den Auftraggeber in die Lage versetzt, schnellstmöglich Abhilfe zu schaffen. Eine verspätete Behinderungsanzeige des Auftragnehmers kann Schadensersatzansprüche gegenüber dem Auftraggeber und einen Mitverschuldenseinwand (§ 254 BGB) gegen seine Ansprüche aus der Verzögerung begründen (Ingenstau/Korbion/Leupertz/von Wietersheim, VOB, 21. Aufl. 2020, § 6 Abs. 1 VOB/B Rn. 7).

Gemäß § 6 Abs. 1 S. 2 VOB/B ist eine (ordnungsgemäße) Behinderungsanzeige nicht notwendig, «wenn dem Auftraggeber offenkundig die Tatsache und deren hindernde Wirkung bekannt waren». Das Unterlassen einer Behinderungsanzeige wegen vermeintlicher **Offenkundigkeit** ist für den Auftragnehmer – insbesondere in der Corona-Pandemie – mit erheblichen Risiken verbunden. Was für den Auftragnehmer offenkundig erscheinen mag, ist es für den Auftraggeber in der Regel nicht. Offenkundigkeit meint hier die positive Kenntnis des Auftraggebers sowohl von den hindernden Umständen (diese kann aufgrund der flächendeckenden Berichterstattung der Medien über die Corona-Pandemie noch möglicherweise zu bejahen sein) und auch von den konkreten Auswirkungen auf die Baustelle. Am letzteren fehlt es in der Regel, da der Auftraggeber in die konkreten Bauabläufe nicht einbezogen ist (Beyer/Hoffmann NJOZ 2020, 609, 614).

Die **Darlegungs- und Beweislast** für die ordnungsgemäße und unverzügliche Behinderungsanzeige bzw. die Offenkundigkeit der hindernden Umstände und deren Wirkung trägt insoweit der Auftragnehmer.

## 1.2. Behinderungstatbestand: Konkrete hindernde Wirkung (§ 6 Abs. 2 VOB/B)

Für einen Anspruch auf Verlängerung der Bauzeit ist eine ordnungsgemäße Behinderungsanzeige bzw. deren Entbehrlichkeit noch nicht ausreichend, sondern der Anspruch setzt voraus, dass der Auftragnehmer tatsächlich konkret behindert wird. Die in § 6 Abs. 2 VOB/B benannten Behinderungstatbestände sind hierbei teils dem Risikobereich des Auftraggebers (so ausdrücklich Nr. 1 lit. a)), teils grundsätzlich dem Risikobereich des Auftragnehmers (Nr. 1 lit. b)), teils sind sie aber auch dem Risikobereich keiner der Vertragspartner zuzuordnen (Nr. 1 lit. c) und Nr. 2).

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Corona-Pandemie in der Regel nicht dem Risikobereich des Auftraggebers zuzuweisen ist und auch keinen Streik und auch keine Aussperung darstellt. Denkbar ist jedoch, die Corona-Pandemie den Begriffen «höhere Gewalt oder andere für den Auftragnehmer unabwendbare Umstände» zuzuordnen.

Unter **höherer Gewalt** «versteht die höchstrichterliche Rechtsprechung ein betriebsfremdes, von außen durch elementare Naturkräfte oder durch Handlungen dritter Personen herbeigeführtes Ereignis, das nach menschlicher Einsicht und Erfahrung unvorhersehbar ist, mit wirtschaftlich erträglichen Mitteln auch durch äußerste, nach der Sachlage vernünftigerweise zu erwartende Sorgfalt nicht verhütet oder unschädlich gemacht werden kann und auch nicht wegen seiner Häufigkeit vom Betriebsunternehmen in Kauf zu nehmen ist» (BGH, Urteil vom 22. April 2004 – III ZR 108/03, NJW 2005, 1185).

Mit der Einordnung der Corona-Krise als Pandemie durch die WHO ist diese als höhere Gewalt im Sinne des § 6 Abs. 2 Nr. 1 lit. c) VOB/B zu qualifizieren, denn

- die Pandemie und ihre Folgen sind ein von außen kommendes, betriebsfremdes Ereignis;
- der Auftragnehmer konnte die Corona-Pandemie und ihre Folgen nicht vorhersehen, da das Ausmaß dieser Pandemie von Experten als sehr ungewöhnlich bezeichnet wird;
- der einzelne Unternehmer kann zudem die Pandemie auch bei Anwendung äußerst vernünftiger Weise zu erwartender Sorgfalt nicht abwenden.

Dementsprechend nimmt die derzeit absolut herrschende Meinung zumindest für vor der Corona-Pandemie abgeschlossene Bauverträge an, dass es sich um höhere Gewalt handelt.

Bei **Neuverträgen**, also bei Verträgen die kurz vor oder nach Einstufung als Pandemie geschlossen wurden, wird teilweise vertreten, dass es sich bei den Auswirkungen der Pandemie nicht mehr um höhere Gewalt handeln würde (so Beyer/Hoffmann NJOZ 2020, 609, 614; Kues/Thomas, IBR 2020, 1035). Notwendige Konsequenz wäre, dass der Auftragnehmer bei einem solchen Neuvertrag keinen Anspruch auf Bauzeitverlängerung hätte, selbst wenn er oder seine Nachunternehmer durch die noch andauernde (möglicherweise auch eine zukünftige) Corona-Pandemien behindert werden. Fest gemacht wird die Ablehnung höherer Gewalt daran, dass die Corona-Pandemie **vorhersehbar** sei.

Dies greift zu kurz: Wenn der Auftragnehmer im Rahmen einer ordnungsgemäßen Behinderungsanzeige verpflichtet ist, konkret zu benennen, aus welchem Grund, in welchem Umfang und in welchem Bereich der Baustelle er an der Ausführung seiner Leistungen behindert ist, muss dies auch für die Vorhersehbarkeit der Auswirkungen der Pandemie gelten. Maßgebend muss daher sein, was der Auftragnehmer bei Vertragsschluss für seine Baustelle konkret vorhersehen kann. Die bloße Kenntnis, dass die Pandemie noch nicht beendet ist und sich möglicherweise auf die Bauabläufe der Baustelle auswirken kann, erscheint nicht ausreichend. Diese Auffassung lässt sich auch an anderen Behinderungstatbeständen des § 6 Abs. 2 VOB/B fest machen, hier insbesondere am Behinderungstatbestand der Nr. 2 (umgangssprachlich als «Schlechtwetter» bezeichnet) also einem weiteren Behinderungstatbestand, der keinem Risikobereich der Vertragspartner zugewiesen ist. Wenn dort Witterungseinflüsse während der Ausführungszeit, «mit denen bei Abgabe des Angebotes normalerweise gerechnet werden musste», nicht als Behinderung gelten, muss diese Wertung auch bei der Auslegung des Begriffs «höhere Gewalt» berücksichtigt werden. «Einfache» Grippeinfektionen in der kalten Jahreszeit werden sicherlich keine höhere Gewalt darstellen, wohl aber eine Pandemie, selbst wenn diese im Zeitpunkt des Vertragsschlusses bereits begonnen hat oder noch andauerte.

Anderenfalls müsste auch bei Altverträgen die Nichtvorhersehbarkeit der Corona-Pandemie kritisch hinterfragt werden, denn der Deutsche Bundestag hatte sich in seiner Drucksache 17/17051 bereits im Januar 2013 sehr detailliert mit einer Risikoanalyse «Pandemie durch Virus MODI-SARS» auseinandergesetzt, also einer Pandemie, hervorgerufen durch ein SARS-Coronavirus. Wenn also für die Erfüllung des Tatbestandsmerkmals «höhere Gewalt» die Auswirkungen einer Pandemie völlig unvorhersehbar sein müssten, wäre dieses Tatbestandsmerkmal auch bei Altverträgen aufgrund dieser öffentlich zugänglichen Risikoanalyse des Deutschen Bundestages möglicherweise nicht mehr gegeben.

Richtig erscheint daher, dass eine Pandemie und insbesondere ihre Auswirkungen auf die konkrete Baustelle auch bei solchen Neuverträgen in der Regel unvorhersehbar sind.

Gleichwohl ist den Vertragspartnern zu empfehlen, mit Blick auf die noch andauernde Corona-Pandemie (sowie etwaige zukünftige Pandemien) entsprechende Regelungen in den Vertrag aufzunehmen.

Damit der Auftragnehmer die Behinderung und ihre konkreten Auswirkungen auf die konkrete Baustelle im Streitfall darlegen und beweisen kann, muss er während der Behinderung alles daran setzen, zu dokumentieren, wie sich die Corona-Pandemie konkret auf die jeweilige Baustelle auswirkt/ausgewirkt hat:

- Welche konkreten Arbeiten sind behindert und warum?

- Welche konkreten Arbeiten können gar nicht, welche nur zeitlich verzögert oder mit zusätzlichen Erschwernissen ausgeführt werden?
- Seit wann besteht die Behinderung und wie lange wird sie voraussichtlich noch andauern?
- Mögliche Behinderungen aus dem Risikobereich des Auftragnehmers:
  - Welche Mitarbeiter können/konnten aus welchen konkreten Gründen (behördliche Anordnung, Einreiseverbot, Quarantäne, Krankheit etc.) nicht arbeiten?
    - Doppelschichten/Mehrschichtbetrieb?
    - Wochenend-/Feiertagsarbeit?
    - Einsatz anderer Mitarbeiter?
    - Einsatz von Leiharbeitern und/oder Nachunternehmern?
    - Einsatz eigener Mitarbeiter, wenn der Nachunternehmer nicht leisten kann?
  - Welche Baumaterialien waren aus welchen konkreten Gründen nicht verfügbar?
    - Corona-bedingte Lieferschwierigkeiten für Bauprodukte?
    - Produktionsausfälle des Herstellers? – Wahl gleichwertiger Produkte eines anderen Herstellers oder alternativer Produkte?
    - Lieferschwierigkeiten für Bauprodukte (z.B. bei Lieferungen aus China) – alternative Lieferwege?
    - Verwendung (alternativer) Baumaterialien?
- Mögliche Behinderungen aus dem Risikobereich des Auftraggebers:
  - Verzögerungen des Baugenehmigungsverfahrens
  - Verzögerungen bei der Bereitstellung von Ausführungsplänen
  - Notwendige Vorarbeiten / Vorgewerke werden nicht rechtzeitig fertiggestellt
- Mögliche Behinderungen aus dem Risikobereich keiner Vertragspartei: z.B. behördliche Stilllegung der Baustelle
- Welche konkreten Auswirkungen hat/hatte dies auf die Abläufe auf der Baustelle?

Die Darlegungs- und Beweislast für die hindernde Wirkung trägt der Auftragnehmer (BGH, Urteil vom 21. Oktober 1999 – VII ZR 185/98, ZfBR 2000, 248).

### **1.3. Rechtsfolge: Verlängerung der Ausführungsfristen (§ 6 Abs. 4 VOB/B)**

Liegen diese Voraussetzungen insgesamt vor, hat der Auftragnehmer Anspruch auf Verlängerung der Ausführungsfristen gemäß § 6 Abs. 4 VOB/B für die Dauer der Behinderung/Unterbrechung zuzüglich eines Zuschlags für die Wiederaufnahme der Arbeiten und eine etwaige Verschiebung in die ungünstige Jahreszeit.

### **1.4. Besondere Pflichten des Auftragnehmers (§ 6 Abs. 3 VOB/B)**

Während der Behinderung ist der Auftragnehmer verpflichtet, seine Arbeiten, soweit möglich, weiterzuführen. Der Auftragnehmer hat hierbei alles zu tun, was ihm billigenderweise zugemutet werden kann, um die Weiterführung der Arbeiten zu ermöglichen (§ 6 Abs. 3 VOB/B). Ist er nur in bestimmten Leistungsbereichen behindert, muss er die Arbeiten anderen Orts auf der Baustelle fortführen, sofern dies möglich ist, auch wenn das vom vertraglich geschuldeten Bauablauf zunächst so nicht vereinbart oder vorgesehen war.

Die Grenze der Zumutbarkeit ist davon abhängig, wer die hindernden Umstände zu vertreten hat.

Bei **vom Auftragnehmer zu vertretenden Umständen** muss der Auftragnehmer jede nur mögliche Anstrengung unternehmen, um die Leistung so bald wie möglich fortzuführen und die Verzögerung aufzuholen. Ihm ist insoweit zuzumuten, auch erhebliche Kosten aufzuwenden (Ingenstau/Korbion/Leupertz/von Wietersheim, VOB, 21. Aufl. 2020, § 6 Abs. 3 VOB/B Rn. 3).

Bei **vom Auftraggeber zu vertretenden Umständen** muss der Auftragnehmer die Baustelle zumindest sichern und kostenneutrale Optimierungen des Bauablaufs vornehmen; gegen Zahlung einer zusätzlichen Vergütung muss er in der Regel die Arbeitsleistung der vorhandenen Kapazitäten durch Überstunden und/oder Wochenendarbeit erhöhen; der Einsatz zusätzlicher Kapazitäten kann von ihm jedoch nicht verlangt werden (Ingenstau/Korbion/Leupertz/von Wietersheim, VOB, 21. Aufl. 2020, § 6 Abs. 3 VOB/B Rn. 6).

Bei **von keinem Vertragspartner zu vertretenden Umständen** muss der Auftragnehmer sich zusätzlich auf eine unverzügliche Weiterführung der behinderten oder unterbrochenen Bauleistung vorbereiten, indem er Material und Geräte bereithält, den Fortgang des Bauablaufes plant etc. (Ingenstau/Korbion/Leupertz/von Wietersheim, VOB, 21. Aufl. 2020, § 6 Abs. 3 VOB/B Rn. 7485440).

Die Auswirkung einer Pandemie sind zwar in der Regel von keinem Vertragspartner zu vertreten, jedoch muss der Auftragnehmer bei Behinderungen, die zumindest seinen Risikobereich betreffen (Materialbeschaffung, Vorhaltung von Arbeitskräften und Geräten) belegen können, dass und in welchem Umfang er sich bemüht hat, die Auswirkungen der Behinderung selbst abzuwenden.

Fällt die pandemiebedingte Behinderung weg, ist der Auftragnehmer verpflichtet, unverzüglich die Arbeiten wieder aufzunehmen; sofern eine Arbeitsaufnahme unter Beachtung behördlicher Auflagen (z.B. bestimmter Schutzmaßnahmen) möglich ist, muss der Auftragnehmer die Arbeiten wieder unverzüglich fortführen (Diehr ZfBR 2020, 444, 445).

Verletzt der Auftragnehmer diese Pflichten schuldhaft, kann er gegenüber dem Auftraggeber gemäß § 6 Abs. 6 VOB/B Schadensersatzpflichtig werden.

## 2. Ansprüche bei Unterbrechung der Ausführung

### § 6 VOB/B – Behinderung und Unterbrechung der Ausführung

(1) [...]

(2) [...]

(3) [...]

(4) [...]

(5) Wird die Ausführung für voraussichtlich längere Dauer unterbrochen, ohne dass die Leistung dauernd unmöglich wird, so sind die ausgeführten Leistungen nach den Vertragspreisen abzurechnen und außerdem die Kosten zu vergüten, die dem Auftragnehmer bereits entstanden und in den Vertragspreisen des nicht ausgeführten Teils der Leistung enthalten sind.

(6) <sup>1</sup>Sind die hindernden Umstände von einem Vertragsteil zu vertreten, so hat der andere Teil Anspruch auf Ersatz des nachweislich entstandenen Schadens, des entgangenen Gewinns aber nur bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit. <sup>2</sup>Im Übrigen bleibt der Anspruch des Auftragnehmers auf angemessene Entschädigung nach § 642 BGB unberührt, sofern die Anzeige nach Absatz 1 Satz 1 erfolgt oder wenn Offenkundigkeit nach Absatz 1 Satz 2 gegeben ist.

(7) <sup>1</sup>Dauert eine Unterbrechung länger als 3 Monate, so kann jeder Teil nach Ablauf dieser Zeit den Vertrag schriftlich kündigen. <sup>2</sup>Die Abrechnung regelt sich nach den Absätzen 5 und 6; wenn der Auftragnehmer die Unterbrechung nicht zu vertreten hat, sind auch die Kosten der Baustellenräumung zu vergüten, soweit sie nicht in der Vergütung für die bereits ausgeführten Leistungen enthalten sind.

Unterbrechung der Ausführung bedeutet, dass die Arbeit des Auftragnehmers nicht weitergeführt wird; bloße Verzögerung der Arbeiten insgesamt oder die Einstellung bei einzelnen Teilleistungen genügen insoweit nicht (OLG Düsseldorf, Urteil vom 29. Januar 2008 – I-21 U 22/07, BauR 2009, 1941).

### 2.1. Vorläufige Abrechnung (§ 6 Abs. 5 VOB/B)

Hat der Auftragnehmer die Behinderung ordnungsgemäß angezeigt (oder ist die Anzeige ausnahmsweise entbehrlich – § 6 Abs. 1 S. 2 VOB/B) und ist die Ausführung der Leistung des Auftragnehmers für voraussichtlich längere Zeit unterbrochen, ohne dass dauernde Unmöglichkeit vorliegt, kann der Auftragnehmer gemäß § 6 Abs. 5 VOB/B die Abrechnung nach den Vertragspreisen verlangen und zudem die Kosten vergütet erhalten, die ihm bereits entstanden und in den Vertragspreisen nicht enthalten sind, also beispielsweise Aufwendungen für Materialbeschaffung und anteilige Baustelleneinrichtung).

### 2.2. Kündigung des Bauvertrages (§ 6 Abs. 7 VOB/B)

Beide Vertragsparteien können den Bauvertrag kündigen, wenn die Unterbrechung bereits seit drei Monaten fortbesteht (§ 6 Abs. 7 VOB/B), aber auch bereits dann, wenn von vorneherein feststeht, dass eine Unterbrechung von mehr als drei Monaten unvermeidbar ist; letztes wird aus dem Restgedanken des § 323 Abs. 4 BGB abgeleitet (Kues, in: Leinemann/Kues, VOB/B; § 6 Abs. 6 VOB/B Rn. 275).

Dass eine Unterbrechung von mehr als drei Monaten unvermeidbar ist, wird bei Pandemien wohl nur selten im Vorherein feststehen, da sich – so zumindest die aktuellen Erfahrungen – die Rechtslage jederzeit ändern kann. Denkbar wäre allerdings insoweit ein Kündigungsrecht, wenn ein umfassender Lock-Down von den Behörden verfügt wird für eine Dauer bis mindestens nach Ablauf der drei Monate.

Die Kündigungserklärung muss **schriftlich** erfolgen.

Das Kündigungsrecht ist ausgeschlossen, wenn Unterbrechungen eintreten, die bei Abschluss des Bauvertrages bereits bekannt waren oder mit denen gerechnet werden musste (Beyer/Hoffmann, NJOZ 2020, 609, 614). Das Kündigungsrecht kann daher bei Bauverträgen, die nach der Einstufung von COVID-19 als Pandemie geschlossen wurden, wieder streitig sein. Auch insoweit bietet sich eine klarstellende vertragliche Regelung an.

## 3. Schadensersatz wegen schuldhafter Behinderung (§ 6 Abs. 6 VOB/B)

Der Auftragnehmer kann den Auftraggeber wegen Behinderung auch auf Schadensersatz in Anspruch nehmen (§ 6 Abs. 6 VOB/B). Dieser Anspruch setzt jedoch neben einer **ordnungsgemäßen Behinderungsanzeige** (oder deren Entbehrlichkeit wegen Offenkundigkeit) und dem Vorliegen eines **Behinderungstatbestandes** insbesondere ein Vertretenmüssen des Auftraggebers voraus. In Betracht kommt insoweit ein eigenes Verschulden des Auftraggebers oder ein ihm nach § 276 BGB zurechenbares Verschulden seiner Verrichtungsgehilfen, insbesondere der Vorgewerke. Eine coronabedingte, schuldhaftige Behinderung durch den Auftraggeber wird indes in den seltensten Fällen vorliegen. In Erwägung gezogen werden könnte, ein Vertretenmüssen des Auftraggebers aber möglicherweise dann, wenn er positive Kenntnis davon hat, dass Mitarbeiter, die er auf die Baustelle entsendet, an COVID-19 erkrankt sind, hierdurch (nachweisbar!) die Mitarbeiter des Auftragnehmers gleichfalls infiziert werden und sich hiernach in einer behördlich angeordneten Quarantäne befinden.

Liegen die Voraussetzungen des Anspruchs nach § 6 Abs. 6 VOB/B vor, kann der Auftragnehmer vom Auftraggeber Schadensersatz verlangen, den Ersatz eines entgangenen Gewinns allerdings nur bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit.

Schadensersatzansprüche gemäß § 6 Abs. 6 VOB/B sind aber grundsätzlich auch in umgekehrter Richtung denkbar, nämlich dann, wenn der Auftragnehmer die Behinderung schuldhaft herbeigeführt hat und hierdurch dem Auftraggeber ein Schaden entstanden ist.

## 4. Entschädigungsanspruch gemäß § 642 BGB

### § 642 BGB – Mitwirkung des Bestellers

(1) Ist bei der Herstellung des Werkes eine Handlung des Bestellers erforderlich, so kann der Unternehmer, wenn der Besteller durch das Unterlassen der Handlung in Verzug der Annahme kommt, eine angemessene Entschädigung verlangen.

(2) Die Höhe der Entschädigung bestimmt sich einerseits nach der Dauer des Verzugs und der Höhe der vereinbarten Vergütung, andererseits nach demjenigen, was der Unternehmer infolge des Verzugs an Aufwendungen erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwerben kann.

### 4.1. Behinderungsanzeige / Offenkundigkeit (§ 6 Abs. 1 VOB/B)

§ 6 Abs. 6 Satz 2 VOB/B stellt klar, dass neben dem Schadensersatzanspruch gemäß § 6 Abs. 6 Satz 1 VOB/B die Vorschrift des § 642 BGB wonach der Auftragnehmer bei Vorliegen der dortigen Voraussetzungen angemessene Entschädigung verlangen kann, unberührt bleibt, sofern (zusätzlich zur gesetzlichen Regelung) die Voraussetzungen des § 6 Abs. 1 VOB/B vorliegen. Deshalb muss der Auftragnehmer entweder die Behinderung ordnungsgemäß und unverzüglich anzeigen oder die Behinderungsanzeige offenkundig und damit entbehrlich sein.

### 4.2. Unterlassene Mitwirkungshandlung des Auftraggebers

Entschädigungsansprüche des Auftragnehmers nach § 642 BGB kommen in Betracht, wenn der Auftraggeber sich mit einer erforderlichen Mitwirkungshandlung in Annahmeverzug befindet. Als unterlassene Mitwirkungshandlung des Auftraggebers kommen insoweit vorliegend beispielsweise fehlende Pläne in Betracht, wenn der vom Auftraggeber beauftragte Planer aufgrund der Pandemie seine Planungsleistungen nicht erbringen kann; denkbar sind beispielsweise aber auch Verzögerungen der Baugenehmigung, wenn das Genehmigungsverfahren pandemiebedingt, länger als gewöhnlich dauert.

Für den Annahmeverzug des Auftraggebers ist zwar ein Verschulden nicht erforderlich, jedoch müsste die unterlassene Mitwirkungshandlung zumindest in die Risikosphäre des Auftraggebers fallen; hieran fehlt es, wenn die Mitwirkungshandlung aufgrund höherer Gewalt unterbleibt. Anders könnte dies möglicherweise zu beurteilen sein, wenn sich eine pandemiebedingte Betriebsstilllegung als «Umstand aus dem Risikobereich des Auftraggebers» im Sinne des § 6 Abs. 1 Nr. 1 lit. a) VOB/B darstellt.

### 4.3. Rechtsfolge: Entschädigung

Sollten die Voraussetzungen des § 642 BGB ausnahmsweise vorliegen, beschränkt sich der Entschädigungsanspruch des Auftragnehmers allerdings auf die Dauer des Wartens; für die Wiederaufnahme der Arbeiten und die Mehraufwendungen nach der Verschiebung der Ausführung erhält der Auftragnehmer nach dieser Vorschrift keine Entschädigung (BGH, Urteil vom 30. Januar 2020 – VII ZR 33/19; Urteil vom 26. Oktober 2017 – VII ZR 16/17).

Bei der Bemessung der Höhe der Entschädigung sind zu berücksichtigen

- die Dauer des Annahmeverzuges,
- die Höhe der vereinbarten Vergütung und
- die Ersparnisse des Auftragnehmers durch den Annahmeverzug oder die anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft.

## 5. Anspruch des Auftraggebers auf Vertragsstrafen

### 5.1. Wirksame Vertragsstrafenregelung

Ein möglicher Anspruch des Auftraggebers auf eine Vertragsstrafe setzt zunächst eine wirksame Regelung voraus; insbesondere unter dem Gesichtspunkt einer Kontrolle nach dem Recht der Allgemeinen Vertragsbedingungen ist manche vereinbarte Vertragsstrafenregelung von vorneherein unwirksam.

Aber auch wenn die Vertragsstrafe an sich nicht zu beanstanden ist, kann sie durch Geschehnisse während des Bauablaufes hinfällig geworden sein. Zwar kann die bloße Verschiebung eines Fertigstellungstermins jedenfalls bei terminneutraler Formulierung der Vertragsstrafe dazu führen, dass auch der verschobene Fertigstellungstermin durch die Vertragsstrafe abgesichert werden soll (BGH, Urteil vom 30. März 2006 – VII ZR 44/05, BauR 2006, 1128), jedoch kann die Vertragsstrafenvereinbarung möglicherweise hinfällig werden, wenn die Parteien eines Bauvertrages einvernehmlich den Fertigstellungstermin verschieben, ohne für den verschobenen Termin die Vertragsstrafe neu zu vereinbaren (OLG Hamm, Urteil vom 12. Juli 2017 – 12 U 156/16, NJW 2018, 1026). Auch wird eine Vertragsstrafe nicht verwirkt, wenn es zu erheblichen Verzögerungen gekommen ist und dadurch eine durchgreifende Neuorganisation des Bauablaufes erforderlich wurde (KG, Urteil vom 8. April 2014 – 27 U 105/13, NJW-RR 2014, 1236). Auch sollen Endtermin und Vertragsstrafe hinfällig werden, wenn die Verbindlichkeit des Fertigstellungstermins vom Zeitpunkt des Baubeginns abhängt und mit der Ausführung aufgrund auftraggeberseits bedingter Verzögerungen nicht fristgerecht begonnen werden kann (OLG München, Beschluss vom 26. Januar 2012 – 9 U 2772/11 Bau).

## 5.2. Nichteinhaltung des Termins

Liegt eine wirksame Vertragsstrafenregelung vor und ist sie auch nicht durch andere Ereignisse auf der Baustelle hinfällig geworden, muss der Auftragnehmer den vertragsstrafenbewährten Termin nicht eingehalten haben.

## 5.3. Verzug des Auftragnehmers

Vertragsstrafen wegen Nichteinhaltung des Termins setzen den Verzug des Auftragnehmers und damit ein **Verschulden** voraus. Zwar wird das Verschulden des Auftragnehmers grundsätzlich vermutet, wenn er den vereinbarten Termin nicht eingehalten hat, jedoch kann der Auftragnehmer den Entschuldungsbeweis führen, insbesondere wenn er ordnungsgemäß dokumentiert hat, dass er aufgrund der Corona-Pandemie die Überschreitung des Termins nicht zu vertreten hat.

Problematisch ist insoweit jedoch, dass bereits ein geringes Mitverschulden des Auftragnehmers eine Entschuldigung wegen höherer Gewalt ausschließen kann (Leinemann, in: Leinemann/Kues, VOB/B, 7. Auflage, § 6 Rn. 47; Beyer/Hoffmann, NJOZ 2020, 609, 614).

Bei der Betriebsschließung aufgrund der Corona-Pandemie muss der Auftragnehmer beispielsweise darlegen können, dass er alle notwendigen und auch die von Behörden/Experten empfohlenen Schutzmaßnahmen umgesetzt hat, dass er seine Arbeitnehmer über die Corona-Schutzmaßnahmen umfassend belehrt und deren Umsetzung vor Ort kontrolliert hat etc. Alle diese Bemühungen zur Abwehr der Corona-Pandemie kann der Auftragnehmer nur durch eine lückenlose und umfassende Dokumentation darlegen und beweisen.

Im Rahmen des Verschuldens/Mitverschuldens ist zu berücksichtigen, dass sich der Auftragnehmer ein etwaiges Verschulden seiner **Erfüllungsgehilfen** gemäß § 278 BGB zu rechnen lassen muss. Erfüllungsgehilfe im Sinne des § 278 BGB ist, wer nach den tatsächlichen Gegebenheiten des Falles mit dem Willen des Schuldners bei der Erfüllung einer diesem obliegenden Verbindlichkeit als Hilfsperson tätig wird.

Nach dieser Definition sind jedenfalls die **Lieferanten** des Auftragnehmers nicht seine Erfüllungsgehilfen, denn die Lieferung erfolgt im Rahmen des zwischen dem Auftragnehmer und seinem Lieferanten geschlossenen Kaufvertrags. Die Lieferung ist daher nicht in den werkvertraglichen Pflichtenkreis des Unternehmers gegenüber dem Bauherrn einbezogen (BGH, Urteil vom 2. April 2014 – VIII ZR 46/13, NJW 2014, 2183; Urteil vom 9. Februar 1978 – VII ZR 84/77, NJW 1978, 1157 m.w.N.; a.A. OLG Karlsruhe, Urteil vom 27. Februar 1997 – 11 U 31/96, BauR 1997, 847 = NJW-RR 1997, 1240); dies gilt jedenfalls, solange der Lieferant nicht an der Erfüllung der Leistungspflichten des Auftragnehmers mitwirkt (OLG Koblenz, Urteil vom 2. November 2017 – 1 U 725/16).

Gleiches gilt für die Lieferkette Lieferant – Vorlieferant – Händler (BGH, Urteil vom 19. Juni 2009 – V ZR 93/08, NJW 2009, 2674; Urteil vom 14. Januar 2009 – VIII ZR 70/08, NJW 2009, 1660; Urteil vom 15. Juli 2008 – VIII ZR 211/07, NJW 2008, 2837).

Anders sieht dies jedoch für die **Nachunternehmer** des Auftragnehmers aus: Der Nachunternehmer wird mit Willen des Auftragnehmers bei der Erfüllung der ihm obliegenden Bauleistungen als Hilfsperson tätig, so dass sich der Auftragnehmer ein etwaiges Verschulden seiner Nachunternehmer gemäß § 278 BGB voll zurechnen lassen muss.

## 6. Schadensersatzanspruch wegen Verzugs

Sofern die Verzugsvoraussetzungen, insbesondere ein Verschulden des Auftragnehmers, vorliegen, kann der Auftraggeber vom Auftragnehmer Schadensersatz gemäß § 286 BGB verlangen. Sofern auf den Vertrag die VOB/B Anwendung findet, umfasst dieser Schadensersatzanspruch gemäß § 5 Abs. 4 i.V.m. § 6 Abs. 6 VOB/B den entgangenen Gewinn jedoch nur dann, wenn der Auftragnehmer vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt hat. Dies wird im Rahmen einer coronabedingten Behinderung/Verzögerung in der Regel zu verneinen sein.

## 7. Ergebnisse

Bei einer von der Corona-Pandemie hervorgerufenen Behinderung/Unterbrechung der Bautätigkeit kann der Auftragnehmer grundsätzlich die Verlängerung der Bauzeit verlangen; dies setzt neben einer ordnungsgemäßen und unverzüglichen Behinderungsanzeige (oder deren Entbehrlichkeit) eine gleichfalls umfassende Dokumentation sämtlicher konkreter Behinderungsereignisse auf der Baustelle voraus. Bei einer Unterbrechung der Ausführung kommen darüber hinaus eine vorläufige Abrechnung (§ 6 Abs. 5 VOB/B) sowie möglicherweise eine Sonderkündigung des Bauvertrages (§ 6 Abs. 7 VOB/B) in Betracht.

Schadensersatzansprüche wegen schuldhafter Behinderung gemäß § 6 Abs. 6 VOB/B stehen dem Auftragnehmer in der Regel nicht zu, weil es meist an einem Verschulden des Auftraggebers fehlen wird. Auch Entschädigungsansprüche nach § 642 BGB wird es aufgrund coronabedingter Behinderungen in der Regel nicht geben, jedenfalls sofern die erforderliche Mitwirkungshandlung des Auftraggebers aufgrund höherer Gewalt unterbleibt.

Auftragnehmern ist zu empfehlen, in Neuverträgen zu regeln, dass die Auswirkungen der Pandemie höhere Gewalt darstellt und dass das Kündigungsrecht des § 6 Abs. 7 VOB/B auch bei pandemiebedingten Unterbrechungen gilt. Allerdings werden diese Regelungen zur Folge haben, dass die Privilegierung der VOB/B gemäß § 310 Abs. 1 S. 3 BGB entfällt, weil die VOB/B dann nicht mehr «ohne inhaltliche Abweichungen insgesamt einbezogen ist», so dass auch alle Klauseln der VOB/B einer AGB-rechtlichen Inhaltskontrolle unterliegen.

Umgekehrt kann der Auftragnehmer etwaige Vertragsstrafen- und Verzugserschadensersatzansprüche des Auftraggebers jedenfalls dann abwehren, wenn er aufgrund der von ihm erstellten Dokumentation der eingetretenen Behinderungstatbestände und deren Ursachen den Entlastungsbeweis führen kann.

Auch die Corona-Pandemie zeigt, wie wichtig eine lückenlose und umfassende Dokumentation der Geschehnisse auf der Baustelle für den Auftragnehmer sein kann.

Es gilt also: Wer schreibt, der bleibt!

# Baubetriebliche Aspekte von Bauablaufstörungen

Prof. Dr.-Ing Michael Ehlers  
Hochschule Osnabrück  
Beratung im Baubetrieb, Rietberg  
Osnabrück, Deutschland



# Baubetriebliche Aspekte von Bauablaufstörungen

## 1. Hintergrund von Bauablaufstörungen

Eine Einleitung zu den Grundlagen von Störungen und Kosten.

### 1.1. Was ist eine Störung?

Nahezu jeder am Bau Beteiligte, sei es ein Auftraggeber oder ein Auftragnehmer, wurde in der Vergangenheit schon mit dem Thema «Bauablaufstörung» konfrontiert. Dieses wird sich mit großer Wahrscheinlichkeit auch in Zukunft nicht ändern.

In der Regel geht es in Gesprächen oder sogar gerichtlichen Auseinandersetzungen zu diesem Thema um die monetären und zeitlichen Folgen von Bauablaufstörungen. Dabei ist festzustellen, dass der Begriff «Bauablaufstörung» oftmals synonym mit dem Begriff «Behinderung» oder «Behinderung der Ausführung» verwendet wird.

Ebenso scheint es für viele mit der Bauabwicklung befasste Personen klar zu sein, dass die Folge immer die Zahlung von Geld (i.d.R. des AG an den AN) und die Verlängerung der Bauzeit ist.

Hier ist eine Abgrenzung nötig. Denn nicht jede Störung ist eine Baubehinderung und nicht jede Baubehinderung führt automatisch zu einer Verlängerung der Bauzeit. Ebenso ist nicht jede Störung die unmittelbare Folge einer Vertragsverletzung durch einen Vertragspartner.

Der Begriff Störung bezeichnet zunächst einmal nur die Abweichung des geplanten Bauablaufs vom tatsächlichen Bauablauf. Eine solche Abweichung kann zu Ansprüchen auf die Zahlung von Geld oder die Verlängerung der Bauzeit führen, muss es jedoch nicht. In der folgenden Abbildung kann man den grundsätzlichen Zusammenhang erkennen.

Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers  
Beratung im Baubetrieb

HOCHSCHULE OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

### Was ist eine Störung?

**Gestörter Bauablauf** ist Abweichung des tatsächlichen „Ist-Bauablauf“ vom ursprünglich geplanten „Soll-Bauablauf“

**Störung** = unvorhergesehenes Ereignis

**Behinderung** = Störung bzw. Ereignis mit **negativen Folgen** für den Bauablauf, ohne diesen vollkommen unmöglich zu machen.

**Bauzeitverlängerung** = Folge einer oder mehrerer Behinderungen derart, dass **vertraglich fixierte Termine** nicht eingehalten werden können und sich der Fertigstellungstermin eines Abschnittes oder der Gesamtmaßnahme verschiebt.

© Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers 4

Abbildung 1: Störung, Behinderung, Bauzeitverlängerung

Kommt es bei der Bauabwicklung zu einer Störung kann das zu einer Behinderung der Ausführung führen.

Eine Behinderung, d.h. eine Störung mit einem negativen Einfluss auf die Bauzeit kann die gesamte Bauzeit verlängern, sofern Bauleistungen oder Teilleistungen auf dem sog. kritischen Weg liegen. Sofern dieses nicht der Fall ist, können sich die Dauern von Bauabschnitten oder einzelnen Leistungen verlängern, ohne die Gesamtbauzeit zu beeinflussen.

## 2. Wer kann stören?

Störungen können von den Vertragspartnern, von Dritten oder auch durch unvorhersehbare Ereignisse, wie z.B. die Witterung hervorgerufen werden.

Diese einzelnen Fälle sind voneinander zu unterscheiden, weil je nach Sachverhalt unterschiedliche Folgen möglich sein können.

Zusätzlich ist zu unterscheiden, ob es sich bei den Störungen um sog. «Vertragskonforme», «Vertragswidrige» oder «neutrale» Störungen handelt, weil auch dieses Einfluss auf die Folgen hat.

"Vertragskonforme" AG-Störungen	"Vertragswidrige" AG-Störungen	"neutrale" Störungen	"Vertragskonforme" AN-Störungen	"Vertragswidrige" AN-Störungen
<b>VOB/B</b>				
§1 Abs. 3 einseitiges Leistungsänderungsrecht des AG	<b>Pflichtverletzung; fehlende Mitwirkung</b> -nicht rechtzeitige Bereitstellung des Baugrundstückes  -fehlende/verspätete Planlieferung	Streik Aussperrung Höhere Gewalt	<b>Wahrnehmung unternehmerischer Freiheiten</b> die sich zwar auf den Bauprozess, nicht aber die Vertragsfristen auswirken	<b>Pflichtverletzung des AN durch Tun oder Unterlassen</b> - nicht fristgerechter Baubeginn - keine angemessene Förderung - nicht fristgerechte Fertigstellung
§1 Abs. 4 Recht des AG zur Anordnung von Zusatzleistungen			berechtigte Leistungsverweigerung	

Abbildung 2: Arten von Störungen (hier VOB/B1)

In Abhängigkeit dieser Zusammenhänge ergeben sich jeweils unterschiedliche Folgen.

### 2.1. Störungen des AG

Der AG kann stören in dem er von seinem Recht zur Anordnung von zusätzlichen oder geänderten Leistungen Gebrauch macht.

Die Folge daraus ist ein Vergütungsanspruch des Auftragnehmers. Es kann durch die zusätzlichen oder geänderten Leistungen auch zu einer Bauzeitverlängerung kommen

Der AG kann den Bauablauf stören, in dem er sich vertragswidrig verhält. Daraus kann ein Bauzeitverlängerungsanspruch und ein Schadenersatzanspruch resultieren. In einem solchen Fall ist eine Behinderungsanzeige entsprechend § 6 Abs. 1 VOB/B Anspruchsvoraussetzung

Nimmt der AG die vom AN angebotene Leistung nicht an, kommt er in den Verzug der Annahme und es kann daraus ein Bauzeitverlängerungsanspruch entstehen. Zusätzlich ein Entschädigungsanspruch entsprechend § 642 BGB.

### 2.2. Neutrale Störungen

Sofern es z.B. durch Witterung, Streik oder ähnliches zu einer Störung der Abwicklung kommt kann ein Anspruch auf die Verlängerung der Ausführungsfristen entstehen.

Anspruchsvoraussetzung ist auch in einem solchen Fall die Behinderungsanzeige entsprechend § 6 Abs. 1 VOB/B.

Finanzielle Folgen aus einer neutralen Störung tragen die Parteien jeweils für sich.

<sup>1</sup> **Abgrenzung:** Hier nur VOB/B; im Baurecht des BGB sind verschiedene Dinge anders geregelt, manche im Gegensatz zur VOB/B nicht.

## 2.3. Störungen des AN

Sofern der Unternehmer seine unternehmerische Freiheit für die Ausführung der Leistung wahrnimmt, folgt daraus weder ein Bauzeitverlängerungsanspruch noch ein Anspruch des AG. Begeht der Unternehmer eine Pflichtverletzungen kann es sein, dass der AG einen Schadenersatzanspruch erhält. Ebenfalls kann es sein, dass die Zahlung einer vertraglich vereinbarten Vertragsstrafe fällig wird.

Der Gesamtzusammenhang ist der folgenden Abbildung zu entnehmen:

"Vertragskonforme" AG-Störungen	"Vertragswidrige" AG-Störungen	"neutrale" Störungen VOB/B	"Vertragskonforme" AN-Störungen	"Vertragswidrige" AN-Störungen
<b>Rechtsfolgen für AN</b>		<b>Rechtsfolgen</b>		<b>Rechtsfolgen für AG</b>
§6 Abs. 2 VOB/B Bauzeitverlängerungsanspruch	§6 Abs. 2 VOB/B Bauzeitverlängerungsanspruch	§6 Abs. 2 VOB/B Bauzeitverlängerungsanspruch		§§ 273, 320 BGB Zurückbehaltungsrecht gegen Abschlagsrechnungen
Anspruchsvoraussetzung gem. § 6 Abs. 1 VOB/B Behinderungsanzeige	Anspruchsvoraussetzung gem. § 6 Abs. 1 VOB/B Behinderungsanzeige	Anspruchsvoraussetzung gem. § 6 Abs. 1 VOB/B Behinderungsanzeige		Anspruchsvoraussetzung: Leistung die abgerechnet wird ist nicht erbracht
§ 2 VOB/B: Vergütungsanpassung	§ 6 Abs. 6 VOB/B Schadenersatzanspruch	Die monetären Folgen trägt jede Partei selbst		§ 6 Abs. 6 VOB/B Schadenersatzanspruch
Anspruchsvoraussetzungen: Anordnung muss vorliegen ggf. Mehrkostenanzeige (§2 Abs. 6 VOB/B)	Anspruchsvoraussetzungen: Behinderungsanzeige schuldhaftes Handeln Schaden ist eingetreten			Anspruchsvoraussetzungen: AN befindet sich in Verzug - <b>Achtung</b> Fristenregelungen beachten
	§ 6 Abs. 6 VOB/B u § 642 BGB Entschädigungsanspruch			§ 11 VOB/B Vertragsstrafe
	Anspruchsvoraussetzungen: Behinderungsanzeige AN ist leistungsbereit und leistungswillig AG kommt mit Annahme der Leistung in Verzug			Anspruchsvoraussetzungen: wirksame Vereinbarung liegt vor - <b>Achtung</b> Fristenregelungen beachten
				§ 5 Abs. 4 i.V. mit § 8 Abs. 3 VOB/B Schadenersatzanspruch begründende Kündigung
				Anspruchsvoraussetzungen: AN befindet sich in Verzug - <b>Achtung</b> Fristenregelungen beachten

Abbildung 3: Folgen von Störungen

## 3. Kosten von Bauablaufstörungen

Kosten von Bauablaufstörungen können aus einer veränderten Ausführung vertraglich vereinbarter Leistungen entstehen. Das können z.B. eine langsamere Ausführung, eine Ausführung zu anderen Tageszeiten, Winterbaumaßnahmen, etc. sein.

Weitere Kosten können entstehen, wenn die Bauzeit sich insgesamt verlängert. In einem solchen Fall steigen i.d.R. auch die sog. Baustellengemeinkosten. Sofern diese Kosten betroffen sind müssen diese Kosten konkret ermittelt werden. Zu beachten ist, dass die Basis dieser Kostenermittlung in den meisten Fällen in erster Linie die Kalkulation der Baumaßnahme ist. Nach aktueller Rechtsprechung zeichnet sich ab, dass zunehmend die Betrachtung der tatsächlich erforderlichen Kosten als Maßstab gesehen wird.

Die Ermittlung der Kosten von Störungen ist dabei für jede einzelne Störung gesondert zu betrachten. Insbesondere sind die jeweiligen Anspruchsgrundlagen Vergütung, Entschädigung und Schadenersatz zu unterscheiden.

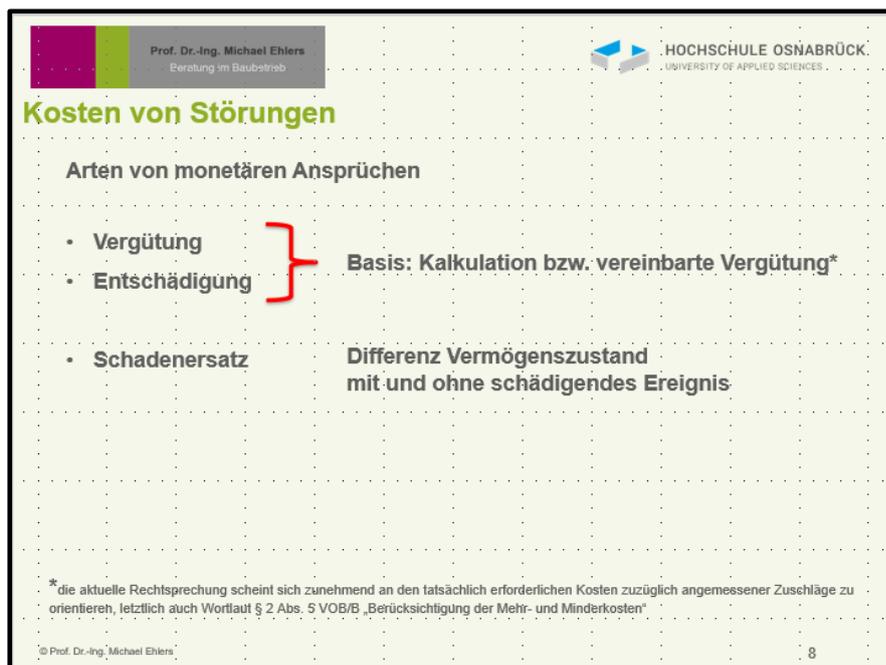


Abbildung 4: Unterscheidung Anspruchsgrundlage

### 3.1. Zusätzliche und geänderte Leistungen

Störungen können wie oben beschrieben aus vertraglich erlaubten Anordnungen des Auftraggebers resultieren. Hierbei handelt es sich nach den Regeln der VOB/B entweder um geänderte oder zusätzliche Leistungen. Grundlage sind die Anordnungsrechte nach § 1 Abs. 3 bzw. Abs. 4. VOB/B.

- (3) Änderungen des Bauentwurfs anzuordnen, bleibt dem Auftraggeber vorbehalten.
- (4) Nicht vereinbarte Leistungen, die zur Ausführung der vertraglichen Leistung erforderlich werden, hat der Auftragnehmer auf Verlangen des Auftraggebers mit auszuführen, außer wenn sein Betrieb auf derartige Leistungen nicht eingerichtet ist. Andere Leistungen können dem Auftragnehmer nur mit seiner Zustimmung übertragen werden.

Abbildung 5: VOB/B Auszug § 1 Abs. 3 und 4

Ordnet der Auftraggeber eine Änderung der Bauausführung an, können sich die Einzelkosten für die betreffenden Leistungen ändern.

Gleichzeitig kann es sein, dass die Änderung auf die Art und Weise der Leistungserbringung Einfluss hat. So kann es zu einer gegenüber der vertraglich vereinbarten Leistung aufwendigeren Ausführung kommen, die eine längere Ausführungsdauer verursacht.

Nach dem § 2 Abs. 5 hat ein Unternehmer bei einer angeordneten Leistungsänderung den Anspruch auf einen neuen Preis unter Berücksichtigung der Mehr- und Minderkosten der Ausführung. Bei der Kalkulation des neuen Preises hat der Unternehmer alle preisbeeinflussenden Dinge zu berücksichtigen. Dieses betrifft insbesondere auch Kosten aus einer veränderten Bauzeit. Derartige Kosten sind in einen Nachtragspreis einzurechnen.

Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers  
Beratung im Baustrieb

HOCHSCHULE OSNÄBRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Kosten von Störungen

**Sonderfall Verlängerung der Bauzeit durch**

**Ausführung geänderter Leistungen**

**Kosten können entstehen durch:**

- evtl. Veränderung der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) durch andere, z.B. durch höhere Materialpreise, geänderten Aufwand im Lohn oder langsamere Bauausführung
- eine evtl. Verlängerung der Bauzeit

**Vergütung:**

Basis der Kostenermittlung ist die Kalkulation / der vereinbarte Preis, sowie nach aktueller Rechtsprechung die tatsächlichen erforderlichen Mehrkosten zuzügl. angemessener Zuschläge.

© Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers 9

Abbildung 6: geänderte Leistungen

Dieses ist von besonderer Bedeutung, weil eine Preisvereinbarung abschließend ist und es nicht die Möglichkeit eines Nachtrages zum Nachtrag gibt, wenn zu einem späteren Zeitpunkt evtl. festgestellt wird, dass die geänderte Leistung auch die Bauzeit beeinflusst. In dem Fall ist es nicht möglich einen weiteren Nachtrag für die zusätzlichen Kosten aus einer verlängerten Bauzeit zu stellen. Sofern ein Einfluss auf die Bauzeit im Moment der Kalkulation nicht abgeschätzt werden kann, sollte der Unternehmer einen entsprechenden Vorbehalt zu dem möglicherweise noch auftretenden Gemeinkosten erklären.

Ähnlich verhält es sich mit zusätzlichen Leistungen. Auch diese können neben den eigentlichen Einzelkosten der Teilleistung die Bauzeit beeinflussen.

Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers  
Beratung im Baustrieb

HOCHSCHULE OSNÄBRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Kosten von Störungen

**Sonderfall Verlängerung der Bauzeit durch**

**Ausführung zusätzlicher Leistungen**

**Kosten können entstehen durch:**

- zusätzliche EKT durch die Ausführung vorher nicht vereinbarter Leistungen
- eine evtl. Verlängerung der Bauzeit

**Vergütung:**

Basis der Kostenermittlung sind die Kosten der zusätzlichen Leistungen und evtl. Rückgriff auf Kalkulation bei vergleichbaren Leistungen, sowie in Kalkulation enthaltene Zuschläge

Nach aktueller Rechtsprechung die tatsächlichen erforderlichen Kosten zuzügl. angemessener Zuschläge (vgl. BGH: VII ZR 34/18)

© Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers 10

Abbildung 7: zusätzliche Leistungen

Die Kosten für eine z.B. längere Vorhaltung der Baustelleneinrichtung sind gesondert zu ermitteln und können in das jeweilige Nachtragsangebot als Einzelkosten eingerechnet werden. Bei der Preisbildung können dann noch die entsprechenden (angemessenen) Zuschlagsätze für die AGK oder Gewinn<sup>2</sup> beaufschlagt werden.

Bei den evtl. zusätzlichen Kosten für eine längere Bauzeit ist zu beachten, dass es nicht ausreichend ist einfach die Zuschlagsätze der Kalkulation fortzuschreiben<sup>3</sup>. Diese Zuschlagsätze können evtl. Anteile für die Baustellengemeinkosten beinhalten. Eine einfache Fortschreibung würde evtl. zu einer «doppelten» Berechnung von BGK-Anteilen führen.

### 3.2. Der Entschädigungsanspruch

Basis eines Entschädigungsanspruches ist ein Annahmeverzug des Auftraggebers. Sofern ein Unternehmer leistungsbereit und leistungswillig ist und der Auftraggeber die ihm angebotene Leistung nicht annimmt, gerät dieser in den Verzug der Annahme. Als Folge daraus hat der Unternehmer einen Anspruch auf eine Entschädigung entsprechend des § 642 BGB.

Für die Betrachtung dieses Sachverhaltes ist das Urteil VII ZR 16/17 des BGH vom 26.10.2017 von besonderer Bedeutung. Hier hat der BGH geurteilt, dass ein Unternehmer eine Entschädigung für das Vorhalten seiner Ressourcen/Produktionsmittel für den Zeitraum des Verzuges bekommt. Zu diesen Kosten dürfen angemessene Zuschläge für Wagnis, Gewinn und Allgemeine Geschäftskosten (AGK) addiert werden.

Wichtig ist, dass der BGH hier gravierende Einschränkungen des Anspruchs insofern macht, dass z.B. weitergehende Kosten, die zwar durch den Verzug aber erst nach Beendigung anfallen vom Entschädigungsanspruch nicht erfasst sind. Ebenfalls hat ein Unternehmer sich anrechnen zu lassen, was er infolge des Verzuges durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft erwerben kann.

Damit unterscheidet sich die Kalkulation eines solchen Nachtrages deutlich von der Kalkulation für geänderte und zusätzliche Leistungen.

<p>BGH</p> <p>Urteil</p> <p>vom 26.10.2017</p> <p>VII ZR 16/17</p> <p>BGB § 642</p> <p>1. § 642 BGB gewährt dem Unternehmer eine angemessene Entschädigung dafür, dass er während der Dauer des Annahmeverzugs des Bestellers infolge Unterlassens einer diesem obliegenden Mitwirkungshandlung Personal, Geräte und Kapital, also die Produktionsmittel zur Herstellung der Werkleistung, bereithält.)*</p> <p>2. Mehrkosten wie gestiegene Lohn- und Materialkosten, die zwar aufgrund des Annahmeverzugs des Bestellers, aber erst nach dessen Beendigung anfallen, nämlich bei Ausführung der verschobenen Werkleistung, sind vom Entschädigungsanspruch nach § 642 BGB nicht erfasst.)*</p> <p>3. Bei dem Entschädigungsanspruch aus § 642 BGB handelt es sich um einen verschuldensunabhängigen Anspruch eigener Art, auf den die Vorschriften zur Berechnung des Schadensersatzes (§§ 249 ff. BGB) nicht anwendbar sind.</p> <p>4. Die Höhe eines Entschädigungsanspruch aus § 642 Abs. 2 BGB bestimmt sich nach der Höhe der vereinbarten Vergütung und umfasst auch die in dieser Vergütung enthaltenen Anteile für Wagnis, Gewinn und Allgemeine Geschäftskosten.</p> <p>BGH, Urteil vom 26.10.2017 - VII ZR 16/17</p> <p>vorhergehend:</p> <p>KG, Urteil vom 10.01.2017 - 21 U 14/16</p> <p>LG Berlin, 22.12.2015 - 3 O 460/13</p>
---

Abbildung 8: BGH VII ZR 16/17 v. 26.10.2017, Leitsätze (Quelle IBR online)

<sup>2</sup> In der aktuellen Fassung der KLR Bau wurde der Begriff Wagnis und Gewinn durch „Gewinn“ ersetzt.

<sup>3</sup> Hintergrund ist, dass die Zuschlagsätze oft Anteile für die BGK enthalten. Insgesamt gibt es weitere zu beachtende Zusammenhänge die mit der Art der Kalkulation zusammen hängen (s.u.). Zusätzlich gibt es Unterschiede bei vorausbestimmten Zuschlägen, die die BGK unabhängig von der Bauzeit berücksichtigen.

## 4. Die Baustellengemeinkosten

Einen wesentlichen Anteil der Kosten von Bauablaufstörungen machen oftmals die sogenannten Baustellengemeinkosten aus.

Insgesamt lassen sich Baustellengemeinkosten in einmalige und zeitabhängige Kosten aufsplitten.

Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers  
Beratung im Baubetrieb

HOCHSCHULE OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

### Kosten von Störungen

**Kalkulation der Baustellengemeinkosten im Falle einer Bauzeitverlängerung**

**Unterscheidung nach:**

- einmaligen Kosten
- zeitabhängigen Kosten

© Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers 15

Abbildung 9: Kosten Bauzeitverlängerung, zeitabhängig, einmalig

Einmalige Kosten betreffen z.B. die Einrichtung und das Räumen der Baustelle. Als zeitabhängig werden Kosten bezeichnet, die z.B. monatlich anfallen. Hierunter fallen beispielsweise Gehälter der Bauleitung, Mietkosten von Containern oder die Vorhaltung von Geräten. Eine wesentliche Folge von Bauablaufstörungen ist oft eine Verlängerung der Bauzeit. In der Folge entstehen i.d.R. Kosten durch das längere Vorhalten der Baustelleneinrichtung bzw. des Baustellenpersonals.

Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers  
Beratung im Baubetrieb

HOCHSCHULE OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

### Kosten von Störungen

**Kosten einer Bauzeitverlängerung betreffen i.d.R. die zeitabhängigen Kosten, z.B.**

- Baustelleinrichtungsgegenständen
- Personalkosten

**Diese Kosten sind gesondert zu ermitteln bzw. voneinander abzugrenzen**

**Es handelt sich dann um EKT für die Bauzeitverlängerung.**

**Diesen Kosten sind bei der Nachtragskalkulation angemessene Zuschläge für AGK und Gewinn hinzuzurechnen.**

© Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers 13

Abbildung 10: Kosten Bauzeitverlängerung,

Sofern ein Auftragnehmer daraus einen Anspruch auf die Zahlung von Geld hat, sind die zeitabhängigen Kosten für die entsprechenden Zeiträume zu ermitteln. Diese Kosten sind dann Einzelkosten der Teilleistung «Bauzeitverlängerung». Ihnen sind für die Preisbildung dann entsprechende Zuschläge für AGK und evtl. Gewinn hinzuzurechnen, um die Gesamtkosten einer Bauzeitverlängerung zu ermitteln.

Wichtig ist die gesonderte Ermittlung nach den o.g. Anspruchsgrundlagen, weil die Kostenermittlung für einzelne Kostenbestandteile in Abhängigkeit des Anspruchs (Vergütung, Entschädigung, Schadenersatz) voneinander abweichende Ergebnisse ergeben kann.

Wichtig ist, wie bereits oben beschrieben, dass die ursprünglich in einer Zuschlagskalkulation ermittelten Zuschlagsätze nicht einfach fortgeschrieben werden dürfen. Möglich ist eine zumindest anteilige Mehrfachberechnung von BGK Anteilen. Das soll im Folgenden kurz an Hand von zwei Beispielen dargelegt werden.

Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers  
Beratung im Baubetrieb

HOCHSCHULE OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Kosten von Störungen

Für eine Ermittlung der Kosten von Bauzeitverlängerungen durch Störungen sind die in der Kalkulation ermittelten Zuschlagsätze für die BGK nicht geeignet, d.h.:

Die evtl. als Zuschlagssatz ermittelten oder kalkulierten Baustellengemeinkosten sind gesondert zu betrachten.

Die ursprünglichen Zuschlagsätze für die Umlage der BGK, AGK, WUG werden nicht einfach fortgeschrieben.

© Prof. Dr.-Ing. Michael Ehlers 14

Abbildung 11: Kosten Bauzeitverlängerung

## 5. Die Kalkulation über die Angebotsendsumme

Die Kalkulation über die Angebotsendsumme ist eine häufig verwendete Art der Preisermittlung von Bauleistungen. Hier werden für die einzelnen Leistungspositionen die sog. Einzelkosten der Teilleistungen ermittelt. Sofern keine Leistungspositionen für die Baustelleneinrichtung vorhanden sind werden die Baustellengemeinkosten gesondert ermittelt. Die Addition dieser beiden Kostenbestandteile ergibt die sogenannten Herstellkosten.

Zu diesen Herstellkosten werden die AGK und evtl. Gewinn in Form von oftmals im Voraus ermittelten Zuschlagsätzen addiert. Ergebnis ist die Nettoangebotssumme<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> In der KLR Bau sind in dieses Schema noch Kosten für Nachlässe und Skonto integriert, Dieses wird hier nicht thematisiert.

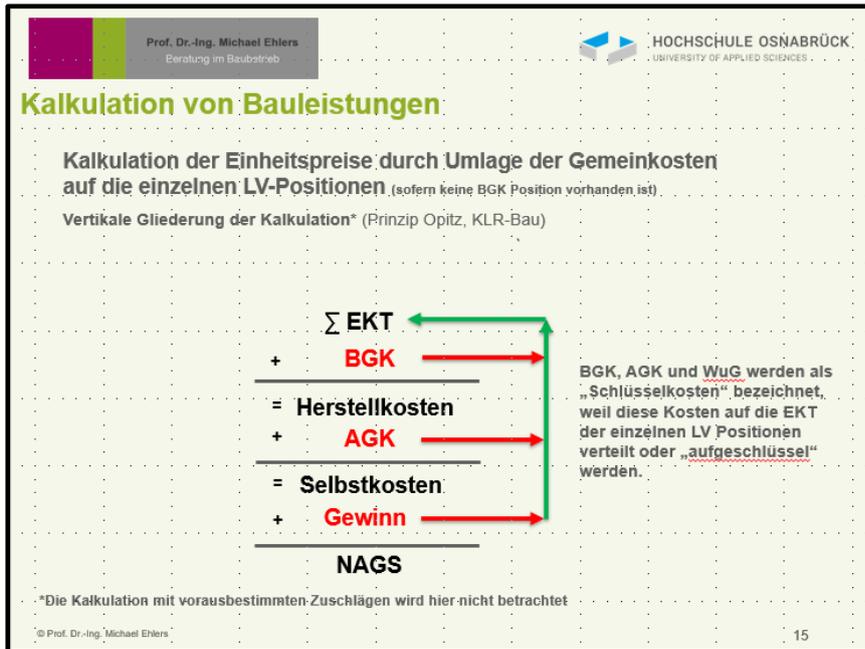


Abbildung 12: Kalkulationsschema nach Prinzip Opitz, vgl. auch KLR Bau

In einem zweiten Rechenschritt werden die Gemeinkosten (BGK, AGK, G) auf die Leistungspositionen umgelegt (aufgeschlüsselt, sog. «Schlüsselkosten»). Damit werden die jeweiligen Einheitspreise berechnet.

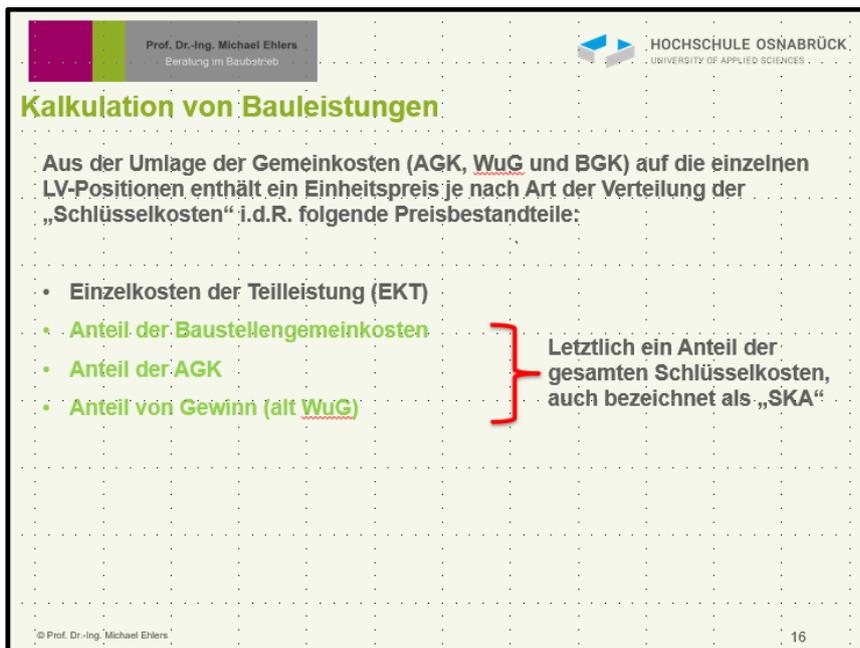


Abbildung 13: Umlage der Schlüsselkosten auf EKT

Den einzelnen EKT werden die Schlüsselkosten entweder mit einem gleichmäßigen % Wert hinzugeschlagen oder den einzelnen Kostenarten (Lohn, Gerät, Mat) werden unterschiedlich hohe Schlüsselkosten hinzugeschlagen. So können bei gleich hoher Angebotsendsumme unterschiedliche Preise in den einzelnen Positionen entstehen.

Schlüsselkosten → Verteilung auf EKT, Variante A: Gleichverteilt über Hauptkostenarten			
Σ EKT	= 700.000 €	EKT	Lohn = 200.000 €
GKdB	= 200.000 €		Gerät = 100.000 €
UGK (=AGK, W+G)	= 100.000 €		Material = 300.000 €
NAGS	= 1.000.000 €		Fremd = 100.000 €
$\text{Zuschlagsatz } z = \frac{\text{Schlüsselkosten}}{\Sigma \text{ EKT}} = \frac{300.000 \text{ €}}{700.000 \text{ €}} = 42,857 \%$			

Abbildung 14: Verteilung Schlüsselkosten, Ermittlung %-Satz

In dem in der Abbildung gezeigten Beispiel haben die EKT eine Höhe von 700.000 €, die auf diese Kosten umzulegenden «Schlüsselkosten» (AGK, WuG, BGK) eine Höhe von insgesamt 300.000 €. Daraus resultiert eine Umlage in Höhe von 42,857 % auf jede Kostenart.

Schlüsselkosten → Verteilung auf EKT, Variante A: Gleichverteilt über Hauptkostenarten			
Zuschlagsatz z = 42,857 %			
EKT	Lohn	= 200.000 € + 42,857 % =	285.714,00 €
	Gerät	= 100.000 € + 42,857 % =	142.857,00 €
	Material	= 300.000 € + 42,857 % =	428.571,00 €
	Fremd	= 100.000 € + 42,857 % =	142.587,00 €
Netto-Angebotssumme (NAGS)			999.459,00
Differenz = 541 € = 0,054 %			

Abbildung 15: Verteilung der Schlüsselkosten, gleich verteilt

Nach der Verteilung der Schlüsselkosten ergibt sich wieder die Nettoangebotssumme. Der Abbildung ist eine kleine Differenz in Höhe von 0,054% zu entnehmen. Dabei handelt es sich um Rundungsdifferenzen, die «normal» sind.

Bei der gleichen Angebotsendsumme 1.000.000 € ist es ebenso möglich die umzulegenden Kosten in Höhe von 300.000 € in einer anderen Art und Weise z.B. ungleichmäßig zu verteilen, ohne dass sich die Angebotsendsumme ändert.

Schlüsselkosten → Verteilung auf EKT, Variante B: Ungleichverteilt über Hauptkostenarten						
Σ EKT	=	700.000 €	EKT	Lohn	= 200.000 €	Z = Rest ←
GkdB	=	200.000 €		Gerät	= 100.000 €	Z = 10%
UGK (=AGK, W+G)	=	100.000 €		Material	= 300.000 €	Z = 10%
NAGS	=	1.000.000 €		Fremd	= 100.000 €	Z = 1%
Zu verteilen	=	300.000 €	davon auf:			
Gerät	10 %	= 10.000 €	} Summe: = 41.000 €			
Material	10 %	= 30.000 €				
Fremd	1 %	= 1.000 €				
Rest auf Lohn	=	300.000 € - 41.000 € = 259.000 €		=	$\frac{259.000 \text{ €}}{200.000 \text{ €}}$	= 129,50 %

Abbildung 16: Verteilung der Schlüsselkosten, ungleich verteilt

Werden einzelne Kostenarten z.B. mit vorausbestimmten Zuschlägen (im Beispiel Gerät 10%, Material 10% und Fremd 1%) beaufschlagt Summe im Beispiel mit 41.000 €, errechnet sich der Zuschlag auf den Lohn durch die Umlage der Differenz von 300.000 € - 41.000 € = 259.000 € zu 129,50 %.

Je nach der gewählten Verteilung sind die einzelnen Einheitspreise beim gleichen Vertrag und bei der gleichen Angebotsendsumme unterschiedlich. Schon daraus folgt, dass eine Fortschreibung der Zuschlagsätze zur Ermittlung der Kosten für eine Bauzeitverlängerung nicht sachgerecht ist.

Nach einer derartigen Kalkulation liegen für die einzelnen Teilleistungen Kostenermittlungen vor, die vielfach auch die Basis aller Nachtragsberechnungen sind. Hier finden sich die Leistungsansätze, Materialkosten, etc..

Nach herrschender Meinung gilt für diese sog. Urkalkulation die widerlegbare Vermutung, dass der Unternehmer die tatsächlichen Kosten der Bauleistung ermittelt hat. Sich diese Kalkulation somit als Basis für die Kostenermittlung von Nachtragsleistungen eignet<sup>5</sup>. Eine solche Kalkulation ist in vielen Fällen damit auch die Basis für die Ermittlung der Kosten von Störungen.

Zu beachten ist jedoch, dass die in den letzten Jahrzehnten übliche Preisfortschreibung der Ur-Kalkulation in den letzten beiden Jahren an Bedeutung zu verlieren scheint und die aktuelle Rechtsprechung sich auch im Sinne des seit dem 01.01.2018 gültigen Bauvertragsrechts im BGB an den tatsächlich notwendigen Kosten für Bauleistungen orientiert

### Abgrenzung:

Insgesamt ist der Sachverhalt sehr komplex und im Rahmen dieser Ausarbeitung sehr kurz dargelegt. Den Lesern wird empfohlen auf die vorhandene, sehr umfangreiche Fachliteratur und die Beratung durch sowohl juristische als auch baubetriebliche ausgebildete Personen zurückzugreifen. Im Rahmen einer solchen Ausarbeitung ist es nicht möglich sämtliche zu berücksichtigenden Umstände abschließend zu behandeln.

<sup>5</sup> Im Baurecht des BGB wird dieses im § 650 c ausdrücklich erwähnt.

# Neuere Rechtsprechung zu den Mängelbeseitigungskosten im Werkvertragsrecht

RiAG Jan-Philipp Budde  
Amtsgericht Detmold  
Detmold, Deutschland



# Neuere Rechtsprechung zu den Mängelbeseitigungskosten im Werkvertragsrecht

## 1. Einleitung

Der nachfolgende Beitrag befasst sich insbesondere mit der Entscheidung des VII. Zivilsenates des Bundesgerichtshofs vom 22.02.2018 – VII ZR 46/17, mit welcher der Bundesgerichtshof seine bisherige Rechtsprechung zu den Mängelbeseitigungskosten im Werkvertragsrecht maßgeblich geändert hat. Es sollen die rechtlichen Grundlagen, die tatsächliche Problematik und die rechtliche Lösung des Bundesgerichtshofs sowie die daran anschließenden Entscheidungen anderer Gerichte vorgestellt werden. Gleichzeitig sollen die Auswirkungen auf die Praxis dargestellt und ein Ausblick auf die Weiterentwicklung der Rechtsprechung gegeben werden.

## 2. Die rechtlichen Grundlagen

### 2.1. Allgemeines

Die vorzustellende Problematik bewegt sich allgemein im Rahmen der Gewährleistungsrechte im Werkvertragsrecht nach §§ 633 ff. BGB. Ist bei einem Gewerk ein Mangel im Sinne des § 633 BGB gegeben und weigert sich der Unternehmer den Mangel im Rahmen der Nacherfüllung zu beseitigen oder schlägt die Nacherfüllung gemäß § 636 BGB fehl, so kann der Besteller bzw. Auftraggeber neben den ihm im Weiteren zustehenden Gewährleistungsrechten gemäß §§ 631, 633, 634 Nr. 4, 636, 280, 281 BGB Schadensersatz statt der Leistung verlangen.

### 2.2. Rechtsprechung bis zur Entscheidung vom 22.02.2018

Bis zu der Entscheidung des VII. Zivilsenats des Bundesgerichtshofs vom 22.02.2018 war es ständige Rechtsprechung des erkennenden Senats, dass der Schadensersatz in einem solchen Fall sowohl nach den tatsächlich angefallenen als auch nach den fiktiven Mängelbeseitigungskosten bemessen werden konnte. Der Besteller bzw. Auftraggeber war berechtigt, von dem Unternehmer die Kosten ersetzt zu verlangen, welche zur Beseitigung des Mangels erforderlich sind. Unerheblich war, ob eine Mängelbeseitigung tatsächlich durchgeführt wird bzw. eine solche vom Besteller bzw. Auftraggeber überhaupt gewünscht ist.

## 3. Sachverhalt der Entscheidung vom 22.02.2018

Die Klägerin (Bestellerin) beehrte von den Beklagten zu 1 und 5 (Unternehmer u. Architekt) aus eigenem und aus abgetretenem Recht Schadensersatz wegen Mängeln an den im Außenbereich eines Einfamilienhauses verlegten Natursteinplatten. Die Klägerin und ihr inzwischen verstorbener Ehemann ließen ab dem Jahr 2003 ein viergeschossiges Einfamilienhaus errichten. Sie beauftragten mit Vertrag vom 24.07.2002 den Beklagten zu 5 mit der Planung der Freianlagen und der Überwachung ihrer Herstellung sowie mit Vertrag vom 16./20.04.2004 unter Einbeziehung der VOB/B (2002) die Beklagte zu 1 mit der Ausführung der Naturstein-, Fliesen- und Abdichtungsarbeiten im Innen- und Außenbereich des Objekts. Die Streithelfer zu 1 und 2 waren mit der Gebäudeplanung betraut. Die Beklagte zu 1 ließ die Natursteinplatten des Typs «Crema Romano» und «Crema Romana», einen römischen Travertin, durch ihre Nachunternehmerin verlegen. Die Klägerin nahm die Arbeiten ab und bezahlte die im Jahr 2005 erstellte Schlussrechnung der Beklagten zu 1. Im Jahr 2007 zeigten sich erste Mängel der Natursteinarbeiten, die sich in der Folgezeit verstärkten. Es kam unter anderem zu Rissen und Ablösungen der Platten, zu Kalk- und Salzausspülungen, Farb- und Putzabplatzungen sowie zu starken Durchfeuchtungen des Putzes.

## 4. Darstellung der vom VII. Zivilsenat aufgeworfenen Problematik

Der VII. Zivilsenat des Bundesgerichtshofs hat anlässlich des vorstehenden Sachverhalts folgende Probleme aufgeworfen:

- Der Besteller, der keine Aufwendungen zur Mängelbeseitigung tätige, habe keinen Vermögensschaden in Form und Höhe dieser (nur fiktiven) Aufwendungen. Sein Vermögen sei im Vergleich zu einer mangelfreien Leistung des Unternehmers nicht um einen Betrag in Höhe solcher (fiktiven) Aufwendungen vermindert.
- Eine Schadensbemessung nach fiktiven Mängelbeseitigungskosten bilde das Leistungsdefizit im Werkvertragsrecht – insbesondere im Baurecht – auch bei wertender Betrachtung nicht zutreffend ab. Vielmehr führe sie häufig zu einer Überkompensation und damit einer nach allgemeinen schadensrechtlichen Grundsätzen nicht gerechtfertigten Bereicherung des Bestellers.

Neben den rechtlichen Erwägungen hat der Bundesgerichtshof damit insbesondere die Problematik im Auge, dass bei einem vermeintlich geringen mangelbedingten Nachteil im Vergleich zu hohen (fiktiven) Mängelbeseitigungskosten bei Nichtdurchführung der Reparatur eine Bereicherung des Bestellers eintritt. Ist der Besteller beispielsweise lediglich mit einem optischen Mangel belastet, etwa Einbau von Fensterbänken in der falschen Farbe, aber ist die Behebung dieses Mangels mit hohen Kosten verbunden, so besteht für den Besteller die Möglichkeit den optischen Mangel als solchen hinzunehmen, gleichzeitig aber vom Unternehmer die Mängelbeseitigungskosten in voller Höhe zu verlangen.

## 5. Die Lösung des VII. Zivilsenats

Der Bundesgerichtshof begegnet der vorstehend dargestellten Problematik mit der Abkehr der bis dahin gefestigten Rechtsprechung zur Bemessung des kleinen Schadensersatzes bei mangelhafter Werkleistung nach §§ 631, 633, 634 Nr. 4, 636, 280, 281 BGB (s. Ziffer 2.).

Der Senat führt hierzu in der Entscheidung vom 22.02.2018 aus, dass aus § 634 BGB folge, dass sich der Ausgleich des verletzten Leistungsinteresses des Bestellers, der das mangelhafte Werk behalten will, daran orientiere, ob er die Mängel beseitigen lasse oder nicht. Sehe der Besteller von der Mängelbeseitigung ab, könne er nach § 634 Nr. 3, 638 BGB als Ausgleich für das verletzte Leistungsinteresse die Vergütung mindern. Diese Wertungen seien bei der Bemessung des Schadens im Rahmen des Schadensersatzanspruches statt der Leistung in Form des kleinen Schadensersatzes zu berücksichtigen. Der Schaden könne deshalb in Anlehnung an §§ 634 Nr. 3, 638 BGB in der Weise bemessen werden, dass ausgehend von der für das Werk vereinbarten Vergütung der Minderwert des Werks wegen des (nicht beseitigten) Mangels geschätzt werde. Maßstab sei danach die durch den Mangel des Werks erfolgte Störung des Äquivalenzinteresses.

Dies hat zur Folge, dass nach der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs sich der Schadensersatzanspruch bei Nichtbeseitigung von Mängeln eines Gewerks nicht mehr nach den fiktiven Beseitigungskosten bemisst, sondern nach dem mangelbedingten Minderwert des ausgeführten Gewerks.

Der Bundesgerichtshof überträgt diese Rechtsprechung zugleich auch auf den Architekten, wobei es sich bei der Haftung des Architekten nicht um einen Schadensersatz statt der Leistung, sondern einen Schadensersatz neben der Leistung handelt, da ein Mangel, der auf einem Planungs- oder Beaufsichtigungsfehler eines Architekten beruht, nicht durch Nacherfüllung beseitigt werden kann. Auch gegenüber dem Architekten kann der Besteller danach im Wege des Schadensersatzes lediglich den Minderwert des Gewerks ersetzt verlangen, wenn eine Mängelbeseitigung nicht erfolgt.

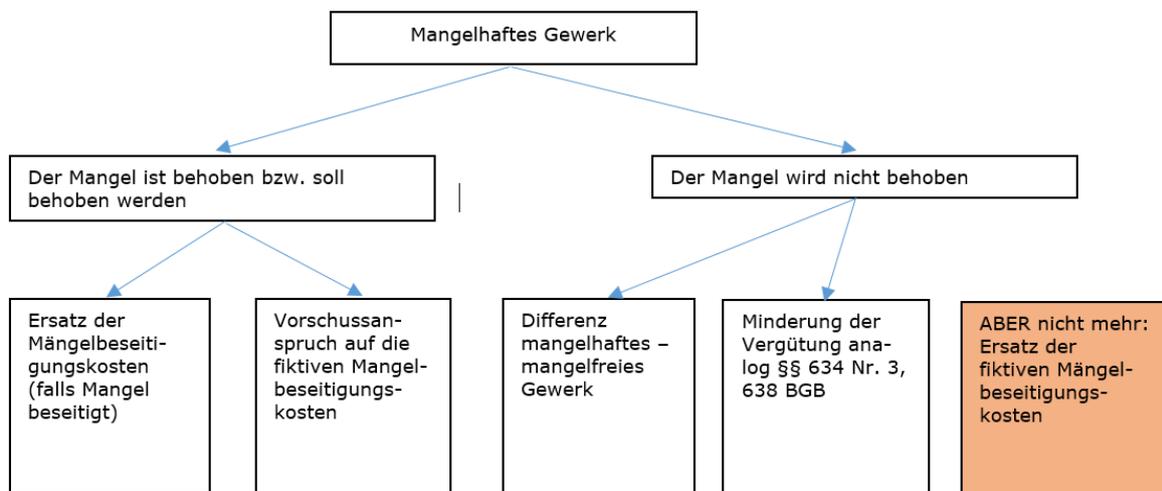
An dieser Stelle soll noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die vorzitierte Rechtsprechung sich allein auf den Fall bezieht, dass tatsächlich keine Mängelbeseitigung erfolgt. Beseitigt der Besteller selbst auf eigene Kosten den vom Unternehmer verursachten Mangel, so kann er weiter vom Unternehmer gemäß §§ 631, 633, 634 Nr. 4, 636, 280, 281 BGB Ersatz der ihm entstandenen Mängelbeseitigungskosten verlangen.

Die oben dargestellte Lösung des Bundesgerichtshofs führt zu einer weiteren Problematik. Was geschieht, wenn der Besteller den Mangel zwar beseitigen möchte, aufgrund mangelnder finanzieller Mittel hierzu jedoch nicht in der Lage ist? In einem solchen Fall wäre der Besteller faktisch an der Beseitigung des Mangels gehindert.

Im Regelfall stellt sich diese Problematik nicht. So steht dem Besteller im Rahmen seiner werkvertraglichen Gewährleistungsrechte die Möglichkeit offen, nach §§ 631, 633, 634 Nr. 2, 637 Abs. 3 BGB einen Vorschuss zur Mängelbeseitigung zu verlangen. Etwas anderes gilt allein dann, wenn der Besteller bereits Schadensersatz verlangt hat. Insoweit geht die herrschende Auffassung davon aus, dass bei Übergang zum Schadensersatzverlangen ein Vorschussanspruch nach § 637 BGB ausgeschlossen ist.

Hierzu führt der Bundesgerichtshof indes in seiner Entscheidung vom 22.02.2018 aus, dass der Sinn und Zweck des Gesetzes es rechtfertigt, dem Besteller den Vorschussanspruch auch dann noch zuzubilligen, wenn er bereits Schadensersatz statt der Leistung in Form des kleinen Schadensersatzes verlangt habe. Aus § 634 Nr. 2, 637 BGB ergebe sich, dass der Schutz des Leistungsinteresses im Werkvertragsrecht einen Vorschussanspruch des Bestellers erfordere, um diesem Nachteil und Risiken einer Vorfinanzierung der Mängelbeseitigung abzunehmen.

Die maßgeblichen Fallgestaltungen in Bezug auf die vorstehende Lösung des Bundesgerichtshofs sollen nachfolgend noch einmal im Rahmen eines Schaubilds dargestellt werden:



## 6. Auswirkungen für die Praxis

Diese Rechtsprechung hat nicht zu unterschätzende Auswirkungen sowohl für Besteller, Unternehmer und Architekt sowie auch für die instanzgerichtliche Rechtsprechung.

### 6.1. Der Unternehmer/Architekt

Die nunmehr vom VII. Zivilsenat initiierte Rechtsprechung stärkt in erster Linie die Position des Unternehmers bzw. des Architekten. Die vom Bundesgerichtshof in Bezug genommene Gefahr einer Überkompensation ist nunmehr gebannt. Vor dem Hintergrund der noch weiter differenzierten Ausgestaltung der Gewährleistungsrechte wird es aber von wesentlicher Bedeutung sein, dass Unternehmer/Architekt und Besteller im Falle vermeintlich mangelhafter Werkleistung entsprechend kommunizieren. Soweit der Besteller an den Unternehmer/Architekt ein Schadensersatzverlangen aufgrund mangelhafter Werkleistung heranträgt, sollte die erste Frage stets sein, ob eine Reparatur erfolgt ist bzw. erfolgen soll. Ist dies nicht der Fall, so wird sich in einigen Fällen der im Raum stehende Schadensersatzbetrag um ein Vielfaches reduzieren, so dass eher eine – in den meisten Fällen zu bevorzugende – gütliche Einigung möglich ist. Weitestgehend unerheblich ist, dass die Ernsthaftigkeit der Mängelbeseitigungsabsicht des Bestellers im Ergebnis kaum zu überprüfen sein dürfte. Wie ausgeführt steht dem Besteller insoweit ohnehin nur ein Vorschussanspruch zu. Der Besteller ist dem folgend bereits vertraglich zur Abrechnung über den Vorschuss und zu etwaigen Rückzahlung eines nicht verbrauchten Vorschusses verpflichtet.

## 6.2. Der Besteller

Der Besteller wird durch die Änderung der Rechtsprechung zunächst schlechter gestellt. Ihm wird die Möglichkeit genommen, Schadensersatz in Form der fiktiven Mängelbeseitigungskosten auch bei Nichtdurchführung einer Mängelbeseitigung zu verlangen. Jedoch wird der Besteller nicht rechtlos gestellt. Ihm verbleiben die bereits oben dargestellten Möglichkeiten (Schadensersatz in Bezug auf den Minderwert des Werks und Minderung des Werklohns), den in seinem Vermögen eingetretenen Vermögensschaden zu kompensieren. Gleichsam besteht nicht die Gefahr, dass eine Mängelbeseitigung allein deswegen nicht durchgeführt werden kann, weil es an finanziellen Mitteln fehlt. Dem wirkt der vom Bundesgerichtshof entwickelte schadensrechtliche Vorschussanspruch entgegen. Wie unter 6.1 ausgeführt wird es wesentlich auf die hinreichende und offene Kommunikation zwischen Unternehmer/Architekt und Besteller ankommen.

## 6.3. Die Rechtsprechungspraxis

Im Bereich der Rechtsprechung führt die neue Rechtsprechung dazu, dass in den entsprechenden Fällen überwiegend ein Sachverständigengutachten zur Bestimmung des Minderwertes des streitgegenständlichen Gewerkes eingeholt werden müssen. Konkrete Anhaltspunkte für eine Schadensschätzung nach § 287 ZPO werden in der Regel nicht gegeben sein. Insoweit bestanden bei der Bemessung des Schadensersatzes nach den fiktiven Mängelbeseitigungskosten mehr Möglichkeiten, eine Entscheidung auch ohne Gutachten, so etwa nur über einen Kostenvoranschlag oder dem Ausgangsangebot, zu treffen. Dies ist nach der Entscheidung des Bundesgerichtshofs in den entsprechenden Fällen nicht mehr möglich.

## 7. Ausblick

Zunächst ein kurzer Rückblick auf die jüngere Vergangenheit nach der Entscheidung des Bundesgerichtshofs vom 22.02.2018:

Wie zu erwarten haben einige Instanzgerichte die Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs bereits aufgegriffen (LG Münster, Urteil vom 18.03.2020 – 116 O 53/18; LG Flensburg, Urteil vom 07.02.2020 – 2 O 14/17).

Da sich die vom VII. Senat des Bundesgerichtshofs aufgeworfene Problematik entgegen der originären Entscheidung vom 22.02.2018 grundsätzlich im Bereich des allgemeinen Schadensrechtes bewegt, sind vereinzelt Gerichte auch dazu übergegangen, die Rechtsprechung auf weitere Rechtsgebiete, insbesondere das Kaufrecht, auszudehnen. Im Bereich des Kaufrechts liegt eine analoge Anwendung bereits aus dem Grund nah, dass das kaufrechtliche Gewährleistungsrecht und das werkvertragliche Gewährleistungsrecht im Wesentlichen systematisch gleich aufgebaut sind. Diese Übertragung der Rechtsprechung des VII. Zivilsenats hat der V. Zivilsenat zum Anlass genommen, eine Anfrage nach § 132 Abs. 3 GVG an den VII. Zivilsenat stellen, ob er vor dem Hintergrund der in der Anfrage geäußerten rechtsdogmatischen Bedenken und Argumente des V. Zivilsenates an seiner Rechtsprechung festhalten möchte. Der VII. Zivilsenat hat diese Anfrage mit Beschluss vom 08.10.2020 bejaht.

Vor diesem Hintergrund war eigentlich davon ausgegangen worden, dass der V. Zivilsenat eine Vorlage zum Großen Zivilsenat des Bundesgerichtshofs veranlassen würde. Entgegen der Erwartungen hat der V. Zivilsenat jedoch von einer Vorlage abgesehen und in der Sache entsprechend seiner bisherigen Rechtsprechung entschieden.

Die Rechtsprechung des VII. Zivilsenats begründet mit Urteil vom 22.02.2018 hat damit weiterhin Bestand und ist im Werkvertragsrecht stets im Auge zu behalten und bei Fragen bezüglich fiktiver Mängelbeseitigungskosten zu berücksichtigen.

## **Sponsoren und Aussteller**



Studentenwohnheim 'Adohi Hall', Arkansas | USA



© Corné van O'Grachtien

Quartier Prinz-Eugen-Park, München | D



© Ziller Seasons

Hotel MalisGarten, Zell am Ziller | A



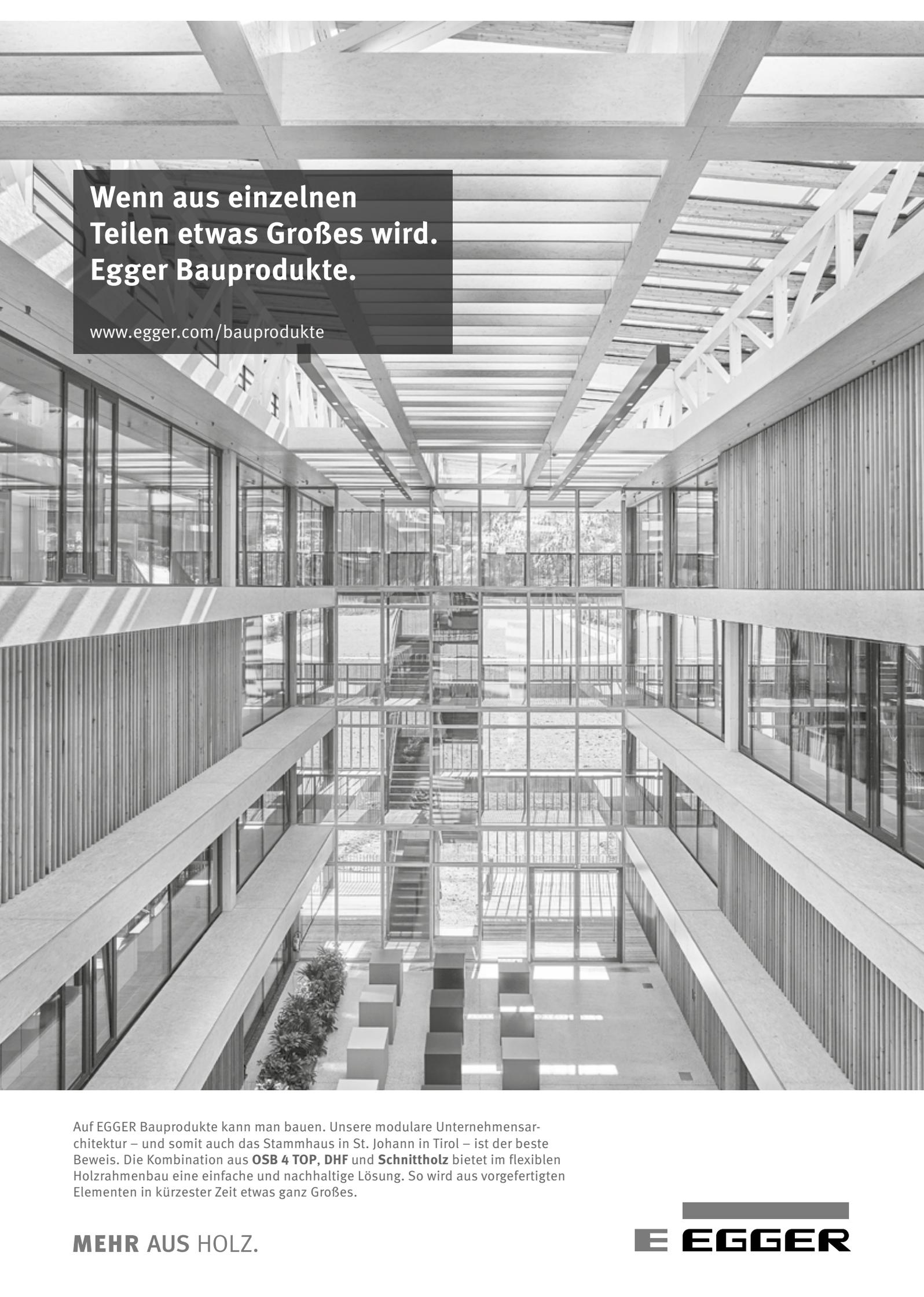
© David Steiner

Privates Doppelwohnhaus Mut zur Lücke, Innsbruck | A

## Komplettanbieter für Massivholzprodukte und innovative Baulösungen

Mit unseren Massivholzprodukten und innovativen Baulösungen werden weltweit Gebäude unterschiedlichster Verwendung durch Kunden und Partnerbetriebe errichtet. Modernste CNC-Technologie ermöglicht jegliche Bearbeitung unserer massiven Holzbauprodukte. Die kompetente binderholz Technikabteilung unterstützt Sie bei der Erarbeitung verschiedenster Gebäudekonzepte und der technischen Planung. Für durchdachte Massivholzbaulösungen beraten Sie unsere Ingenieure mit fundiertem Fachwissen.

Sägeprodukte | Holzbauprodukte: Brettsperrholz BBS, Brettschichtholz, Massivholzplatten, Konstruktionsvollholz | DIY-Produkte | Pressspanpaletten und -klötze | Biobrennstoffe | Pferdestreu



Wenn aus einzelnen  
Teilen etwas Großes wird.  
Egger Bauprodukte.

[www.egger.com/bauprodukte](http://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**



# ISOCELL

ISOCELL GmbH & Co KG

Gewerbestraße 9

5202 Neumarkt am Wallersee | Österreich

Tel: +43 6216 4108-0 | Fax: +43 6216 7979

office@isocell.at

## WIR SCHÜTZEN VOR WASSER: VON OBEN...

Der Schutz vor Niederschlag ist ein essentielles Element im Gebäudebau. Hochwertige Produkte schützen bei Wetterkapriolen, nicht nur in der Bauphase.

**Bauzeitschutz, Transportschutz und Luftdichtheitsschicht** in einem Produkt vereint. Vollflächig klebend, rutschfest durch Anti-Slip-Ausrüstung, robust und wasserdicht durch den doppelten Funktionsfilm. Der **variable sd-Wert** garantiert optimale Rücktrocknung.

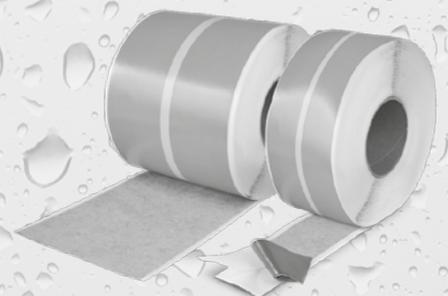


Hochwertige Dachbahnen für **regensichere** und **erhöht regensichere** Unterdächer.



## & VON UNTEN

Der Wunsch nach Barrierefreiheit stellt neue Anforderungen an den Bau. Hochwertige Butyl- oder Bitumenklebepänder in Verbindung mit streichbarer Abdichtung sind **auch bei komplexen Übergängen eine sichere Lösung.**



AIRSTOP PLASTO Band



VERARBEITUNGSVIDEO

Das AIRSTOP PLASTO Band wurde in Kombination mit der OMEGA PoBit Dichtpaste gemäß der Richtlinie Bauwerksabdichtung-Anschluss an bodentiefe Fenster und Türen, Teil 2 auf Stauwasserdichtheit geprüft. (HFA 2281/2019/G-BF)



Dauerhafte  
Schönheit



Hohe  
Stabilität

**JamesHardie® Fassadenlösungen**

- + Dauerhafte Schönheit
- + Wirtschaftliche Konstruktionen
- + Einfach zu verarbeiten

**fermacell® Gipsfaser-Platten**

- + Hohe Stabilität
- + Herausragender Brand- und Schallschutz
- + Einlagig statt zweilagig

Wirtschaftliche Lösungen für den ein- und mehrgeschossigen Holzbau für Decke, Wand und Boden im Innenbereich sowie Fassaden im Außenbereich.

© 2021 James Hardie Europe GmbH.

™ und ® bezeichnen registrierte und eingetragene Marken der James Hardie Technology Limited und James Hardie Europe GmbH.

# Bester Schutz vor Bauschäden und Schimmel

Luftdichtung und Witterungsschutz

## SOLITEX<sup>®</sup> ADHERO

Hält Ihre Konstruktion trocken.

Diffusionsfähiges und maximal schlagregendichtes System.

Extrem alterungs- und hitzebeständig.

Haftet sofort auf tragfähigen Untergründen.



Intelligente Luftdichtung

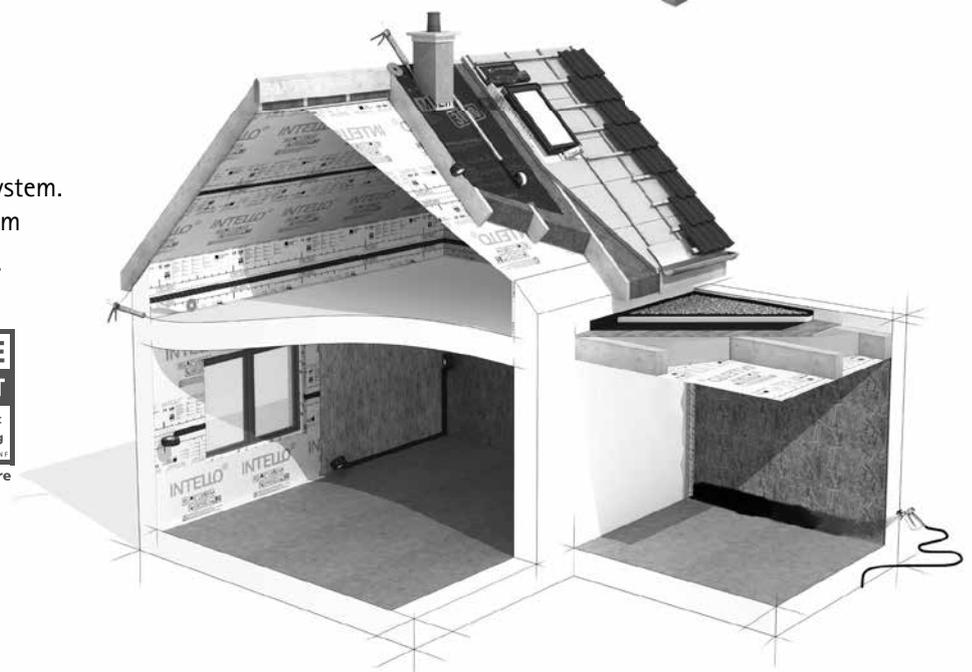
## INTELLO<sup>®</sup>

Macht Ihre Bauteile besonders sicher.

Hydrosafe Hochleistungs-Dampfbrems-System.

100-fach feuchtevariabel  $s_d$  0,25 bis >25 m

DIBt-Zulassung für normgerechtes Bauen.



European Technical Approval  
ETA - 18 / 1146



Nach den Kriterien des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten beim Umweltbundesamt



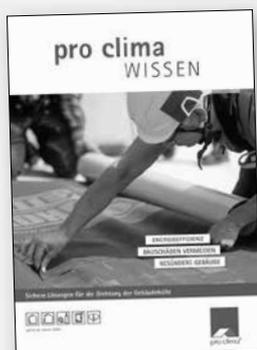
proclima.de/100jahre



Nach den Kriterien des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten beim Umweltbundesamt

## 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.



### pro clima WISSEN

Planungshandbuch zeigt genau wie es geht  
Über 400 Seiten Details, Konstruktionen, Bauphysik, Systeme u. v. m.

Kostenfrei anfordern

0 62 02 - 27 82.0, [info@proclima.de](mailto:info@proclima.de),  
[proclima.de/wissen](http://proclima.de/wissen)

[proclima.de](http://proclima.de)



**HASSLACHER  
NORICA TIMBER**

From **wood** to **wonders**.

# Qualität & Innovation

**KONTAKT:**

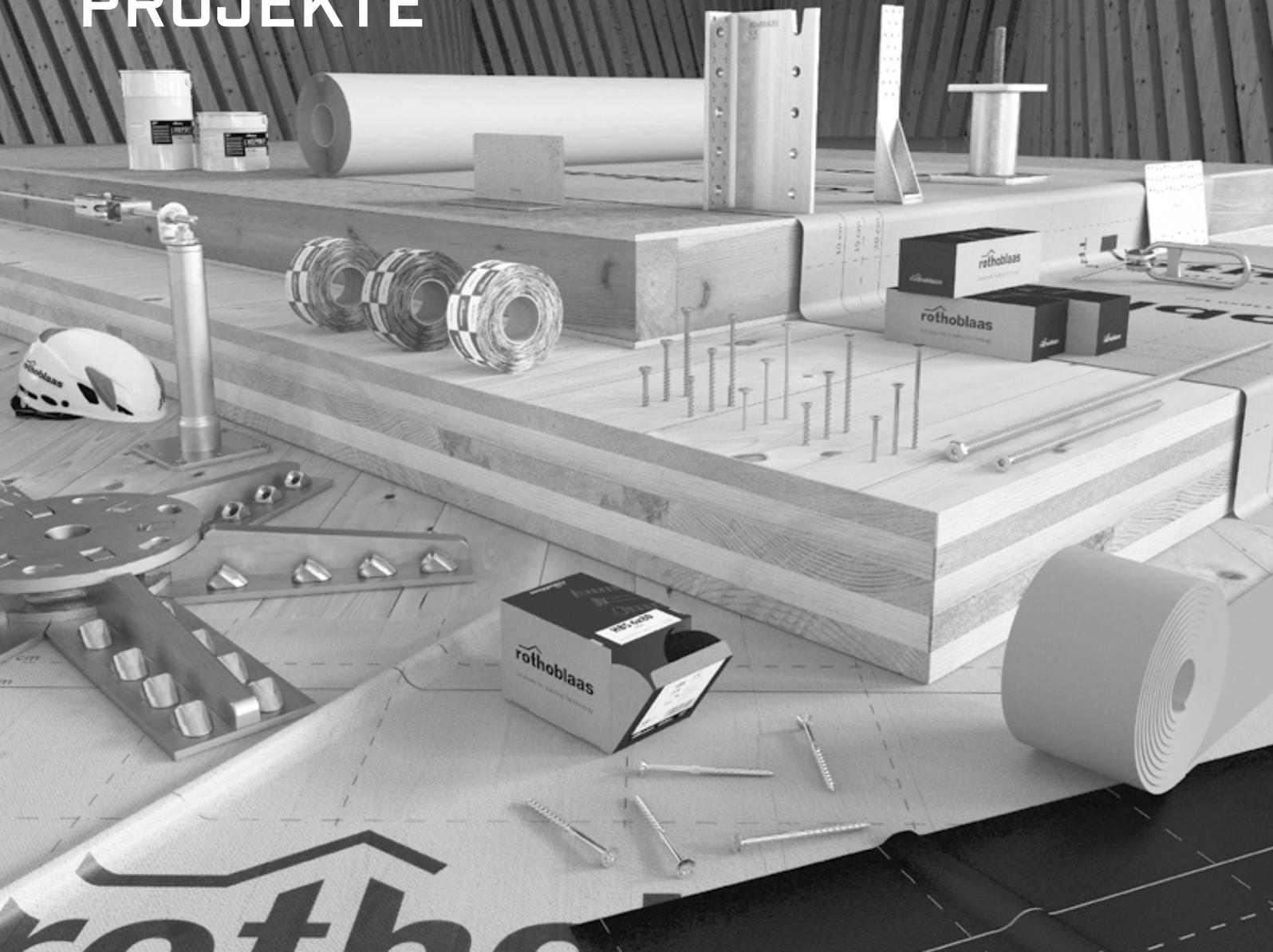
HASSLACHER NORICA TIMBER

T +43 4769 22 49-0

info@hasslacher.com

hasslacher.com

# DIE RICHTIGE LÖSUNG FÜR IHRE PROJEKTE



- VERBINDUNGSTECHNIK
- LUFTDICHTHEIT UND BAUABDICHTUNG
- SCHALLDÄMMUNG
- ABSTURZSICHERUNG
- WERKZEUGE UND MASCHINEN

Rothoblaas hat sich als **multinationales Unternehmen** der technologischen Innovation verpflichtet und avancierte innerhalb weniger Jahre zum weltweiten Bezugspunkt im Bereich Holzbau und Sicherheitssystemen. 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. All diese Aspekte tragen zu einer neuen Kultur des nachhaltigen Bauens bei, die auf die Steigerung des Wohnkomforts und die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgelegt ist.

Für weitere Informationen:  
[www.rothoblaas.de](http://www.rothoblaas.de)

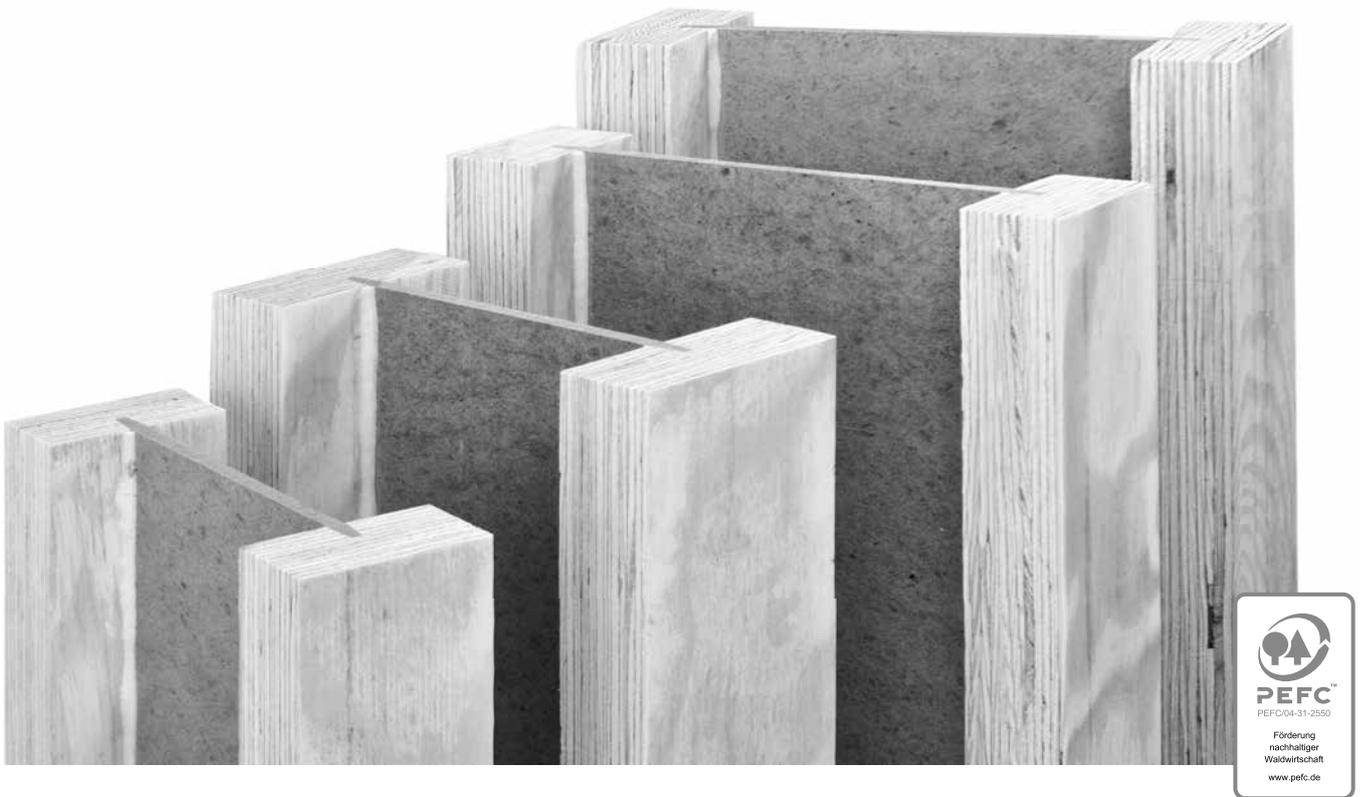


**rothoblaas**

Solutions for Building Technology

# STEICO Stegträger

Optimierte Holzkonstruktionen für Wand, Dach und Decke



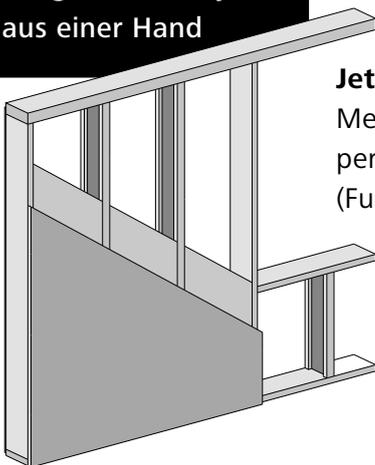
## Das sind STEICO Stegträger

Stegträger nutzen die wertvolle Ressource Holz besonders effizient.

Ihr Prinzip ist aus dem Stahlbau bekannt, wo Material- und Gewichtsersparnis schon immer wichtig waren. Dort werden sie meist als „I-Träger“ und „Doppel-T-Träger“ bezeichnet.

STEICO hat das Prinzip auf den Holzbau übertragen. Die Gurte bestehen aus hochleistungsfähigem Furnierschichtholz, die Stege aus schubfesten Natural Fiber Boards.

Ein ganzes Bausystem  
aus einer Hand



Jetzt auf [www.steico.com](http://www.steico.com)

Mehr Informationen über Stegträger und das perfekte Zusammenspiel mit dem STEICO Bausystem (Furnierschichtholz und Holzfaser-Dämmstoffe)

## Die Vorteile

### Hohe Wirtschaftlichkeit

Die Materialeffizienz sorgt für ein hervorragendes Kosten-Nutzen-Verhältnis im Vergleich zu rechteckigen Holzquerschnitten.

### Hohe Energieeffizienz

Beim Einsatz in der Gebäudehülle reduziert der schlanke Steg die Wärmebrücken und verbessert die U-Werte.

### Hohe Form- und Dimensionsstabilität

Keinen Trocknungsschwind und kein Verdrehen. Der Stegträger bleibt dauerhaft gerade.

DAS NATURBAUSYSTEM



# VOLLKOMMENEN AKUSTISCHEN KOMFORT



## NOVATOP ACOUSTIC

Akustische Paneele Aus  
Massivholz

Sie vervollkommen die  
akustischen Eigenschaften  
des Raumes.

Sie bieten mannigfaltige  
Kombinationen der Profile  
und der Absorber.

Für Sport- und Turnhallen  
geprüft.



## 3D Bibliothek

Standard PBR / 8K



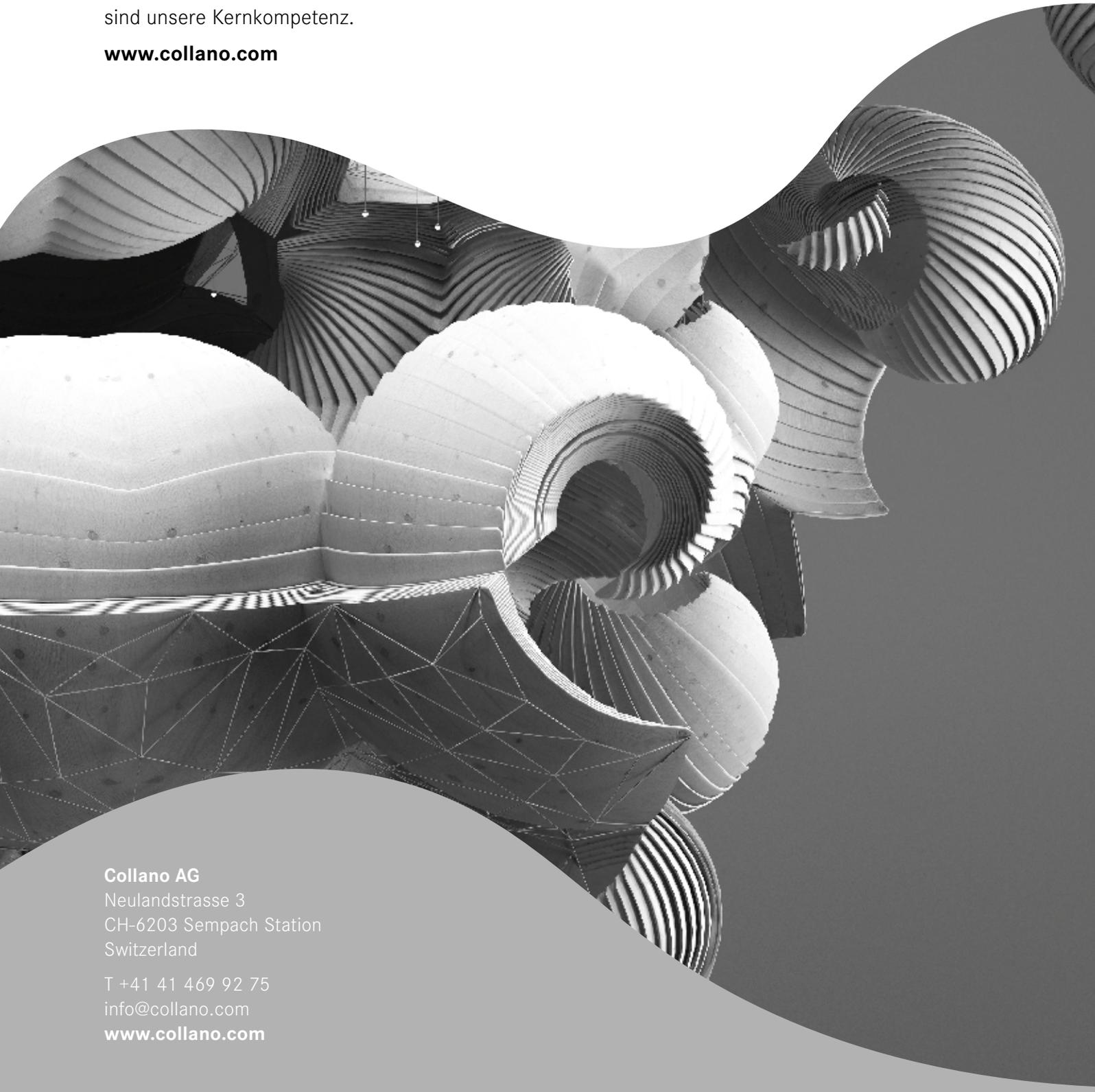
KONTAKT  
MIT DER NATUR



# Klebstoff-Verbindungen mit Holz

Wo immer Holz am Bau seine Rolle nachhaltig spielt, ist Collano die verbindende Kraft. Mit exakt jenen Fähigkeiten, die es dafür braucht. Zukunftsfähige Klebelösungen sind unsere Kernkompetenz.

**[www.collano.com](http://www.collano.com)**



**Collano AG**  
Neulandstrasse 3  
CH-6203 Sempach Station  
Switzerland  
T +41 41 469 92 75  
[info@collano.com](mailto:info@collano.com)  
**[www.collano.com](http://www.collano.com)**



ERLUS<sup>e</sup>

NEWS  
2021

## Ergoldsbacher **Level RS**<sup>®</sup>

### Der neue Glattziegel für flach geneigte Dächer ab 10°!

Der Ergoldsbacher Level RS<sup>®</sup> ist bereits der dritte Spezialist für flach geneigte Dächer. Auffallend ist seine klare, kantige Form mit geradem Abschluss. Bedeutend ist seine tiefe Ringverfaltung mit 3-fachem Kopf- und Seitenfalz. Durch diese formtechnische Besonderheit läuft das Wasser perfekt auf dem Ziegel ab. So bleibt selbst bei flachen Dachneigungen (im Halbverband verlegt: Regeldachneigung 16°, Mindestdachneigung 10°) die Unterkonstruktion trocken. Der neue Ergoldsbacher Level RS<sup>®</sup> ist die echte Lösung: ein regensicherer Dachziegel, der kein wasserdichtes Unterdach braucht!



[www.erlus.com/news](http://www.erlus.com/news)





# BRANDSCHUTZ IM HOLZBAU

Geprüfte Anwendungen  
mit Hilti



FORUM  
HOLZBAU  
URBAN KÖLN

20./21. Oktober 2021

## **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.

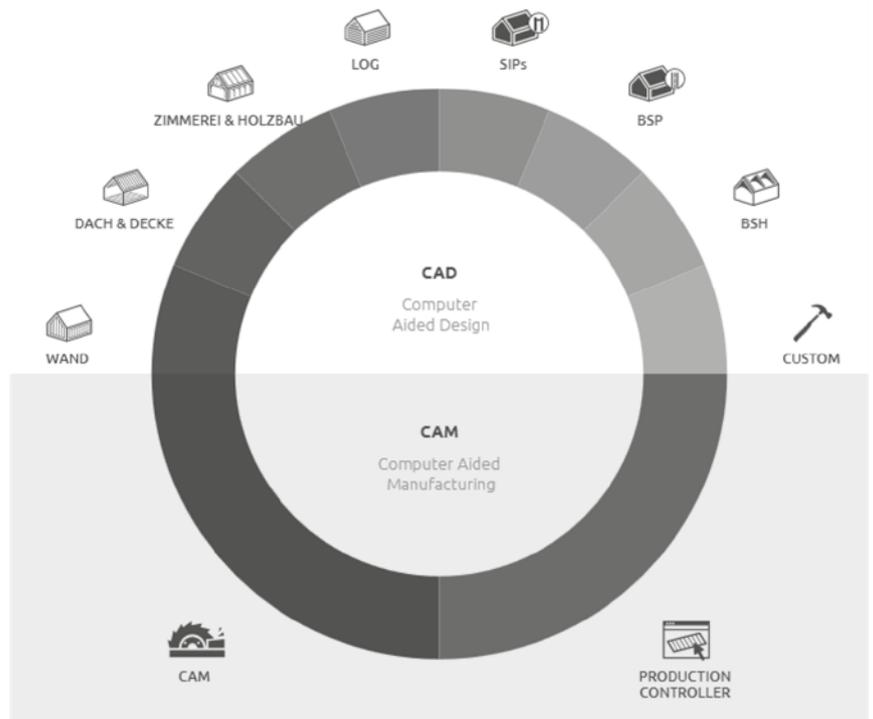
## Einfach CAD

hsbcad – CAD/CAM für den  
Holzbau auf der Basis von  
AutoCAD Architecture®  
und Autodesk Revit®

hsbcad ist die intelligente 3D-CAD-Lösung für alle Bereiche des Holzbaus. hsbcad basiert auf AutoCAD Architecture® oder Autodesk Revit - den weltweit führenden CAD-Plattformen. Auf dieser Grundlage vereint **hsbcad** den **gesamten Planungsprozess** im Holzbau und HolzFertighausbau **in einer Lösung** und in einem dynamischen und durchgängigen Konzept: **BIM** (Building Information Modeling). BIM unterstützt Sie dabei, Ihr 3D-Modell intelligent, konsequent und produktiv zu nutzen. Digitalisieren Sie mit unserem Fertigungsleitstand **hsbmake** Ihren Produktionsprozess und teilen Sie mit **hsbshare** Ihre digitalen Modelle mit Ihren Projektbeteiligten. hsbcad bietet **Datenfluss** von der Architektur über den Verkauf bis hin zur Arbeitsvorbereitung und CNC-Fertigung – **eine Lösung für alles!**

## 1 Lösung für alle Bereiche

hsbcad bietet innerhalb einer  
Oberfläche für alle Bereiche des  
Holzbaus eine einheitliche Lösung

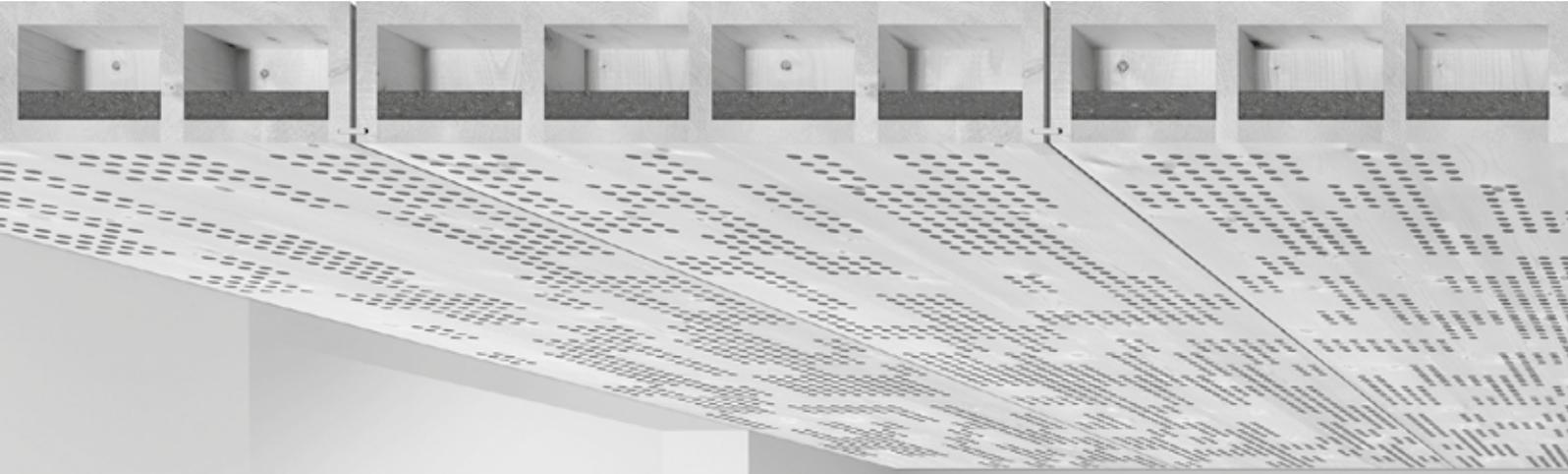


## Wir sind für SIE da

Besuchen Sie unseren Stand im Foyer.

Wir freuen uns auf ein Gespräch mit Ihnen!





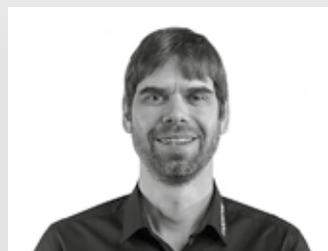
## Alles in einem Element:

- |  |  |
|--|--|
|  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](mailto:info@lignatur.ch)



Erfahren Sie mehr unter:

[www.lignatur.ch](http://www.lignatur.ch)



# Der Schweizer Maschinenbauer für's Holz.

TechnoWood AG  
CH-9656 Alt St. Johann

Interessiert?



Weitere Informationen  
finden Sie hier.

**VELUX®**

# VELUX Flachdach-Fenster von Grund auf neu



reddot winner 2021

Abb. Flachdach-Fenster FLACH-GLAS

Neue Generation



Flachdach-Fenster  
FLACH-GLAS

- Klare Linien für eine harmonische Integration
- Für flach geneigte Dächer: 2° – 15°

Neue Generation



Flachdach-Fenster  
KONVEX-GLAS

- Hochwertiges Design mit gebogener Verglasung
- Für flache Dächer: 0° – 15°

CurveTech

Die neue Generation VELUX Flachdach-Fenster überzeugt mit modernem Design und einer einzigartigen Konstruktion – wahlweise in 2-fach- oder 3-fach-Verglasung für individuelle Anforderungen. Dank sehr schlanker Rahmenprofile gelangt bis zu 52% mehr Tageslicht in den Raum. Vollständig rahmenlose Oberelemente sorgen für noch einfacheres Abfließen von Regenwasser und Schmutz. Bedienbar auf Knopfdruck und kombinierbar mit VELUX INTEGRA® Hitzeschutz-Markisen.

Entdecken Sie die neue Generation Flachdach-Fenster.

[www.velux.de/flachdach](http://www.velux.de/flachdach)



Maximaler  
Tageslichteinfall



Passender  
Hitzeschutz



Verbesserte  
Energiebilanz



Leichte  
Montage

Sieger in der Kategorie »BESTE PRODUKT-INNOVATION ROHBAU«

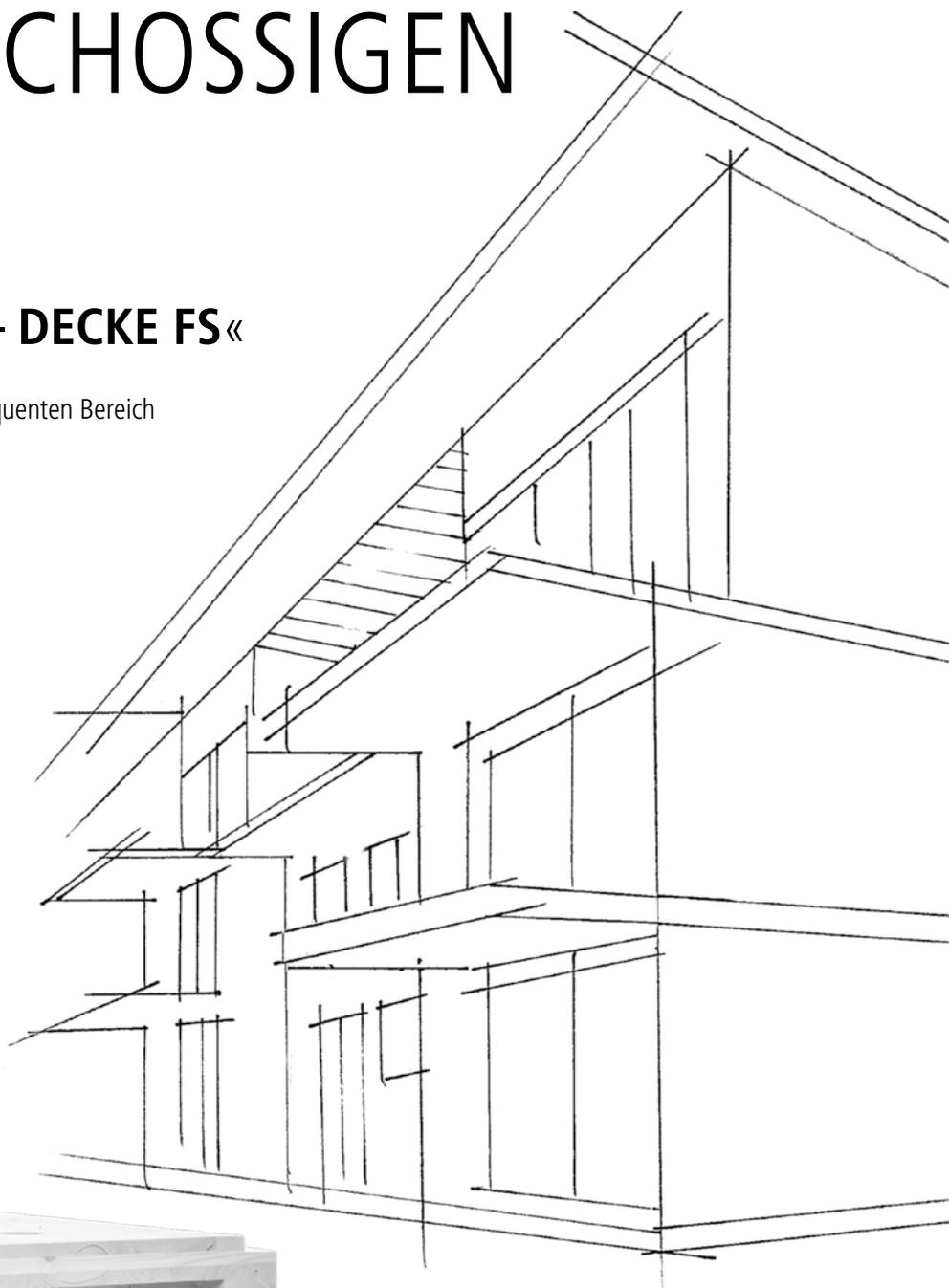
# DIE LÖSUNG FÜR DEN MEHRGESCHOSSIGEN HOLZBAU

»best wood **CLT BOX – DECKE FS**«

- \_ erhöhter Schallschutz auch im tieffrequenten Bereich
- \_ Brandschutz bis **F90/REI90**
- \_ große Spannweiten möglich

## + SCHNEIDER-PLUS

- \_ Erstellen von Brand- und Schallschutzkonzepten
- \_ kostenlose Statiksoftware
- \_ Konstruktionskataloge für luftdichte Anschlüsse



LINK ZUR BOX



*best wood*<sup>®</sup>  
**SCHNEIDER**

[www.schneider-holz.com](http://www.schneider-holz.com)

# GUTEX PYRORESIST

für den mehrgeschossigen Wohnungsbau  
und die urbane Nachverdichtung



## Ökologische Dämmstoffe aus Holz.

Holzfaserdämmplatten sind leistungsstarke Dämmstoffe mit vielen positiven Eigenschaften, für die aber bisher galt: Sie glimmen und schwelen. Ganz anders die Innovation GUTEX Pyroresist: Unsere neu entwickelte Produktlinie ist nach DIN EN 13501-1 nicht nur schwerentflammbar (Baustoffklasse C), sondern auch nicht glimmend nach DIN EN 16733. Somit vergrößert GUTEX die Einsatzmöglichkeiten von Holzfaserdämmplatten in Bauteilkonstruktionen enorm!

Erfahren Sie mehr unter [www.pyroresist.de](http://www.pyroresist.de)

GUTEX Holzfasерplattenwerk

Gutenberg 5 | D-79761 Waldshut-Tiengen | Telefon: + 49 7741 6099-0 | [info@gutex.de](mailto:info@gutex.de)

 **GUTEX**<sup>®</sup>  
DÄMPLATTEN 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](http://www.knauf.de)

[www.knaufinsulation.de](http://www.knaufinsulation.de)

**KNAUF**

# AGEPAN<sup>®</sup> SYSTEM

... macht's  
fester!



## EIN PLUS FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT AGEPAN<sup>®</sup> THDmax Vario

- + Wandbeplankung und Dämmung für hinterlüftete Fassaden
- + Zeitsparende Fertigung durch großformatige Platten
- + Umweltfreundlich und nachhaltig, da aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz

[www.sonaearauco.com/agepan](http://www.sonaearauco.com/agepan)

**SONAE  
ARAUCO**  
Taking wood further

# Zukunftswerkstatt Bau

Aktiv-Workshop für innovative Teams

## Mitarbeiter

„Nach der Zukunftswerkstatt sprach sich die gute Arbeitsatmosphäre schnell rum - drei neue Mitarbeiter haben wir gewonnen.“

Juniorchef Statikbüro

Wie das geht?  
Einfach anrufen:  
0231 - 222 63 73

## Team

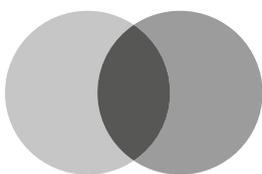
„Seit der Zukunftswerkstatt kann ich beruhigt in den Urlaub fahren und mich voll auf mein Team verlassen.“

Inhaber Zimmereibetrieb

## Strategie

„Das war genau der richtige Zeitpunkt! Jetzt haben wir eine Bürostrategie, die uns zukunftsfähig macht“

Geschäftsführung Architekturbüro



**BauMediatorin**  
**www.zukunftswerkstatt-bau.de**



Dipl.-Bauing./Baumediatorin **Tanja Hauptstock**

Foto: SCHAMP & SCHMALÖER Architekten Stadtplaner PartGmbB

# INNOVATION IM HOLZVERBUND

## Erhöhung der Tragfähigkeit mit Polymerverguss

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

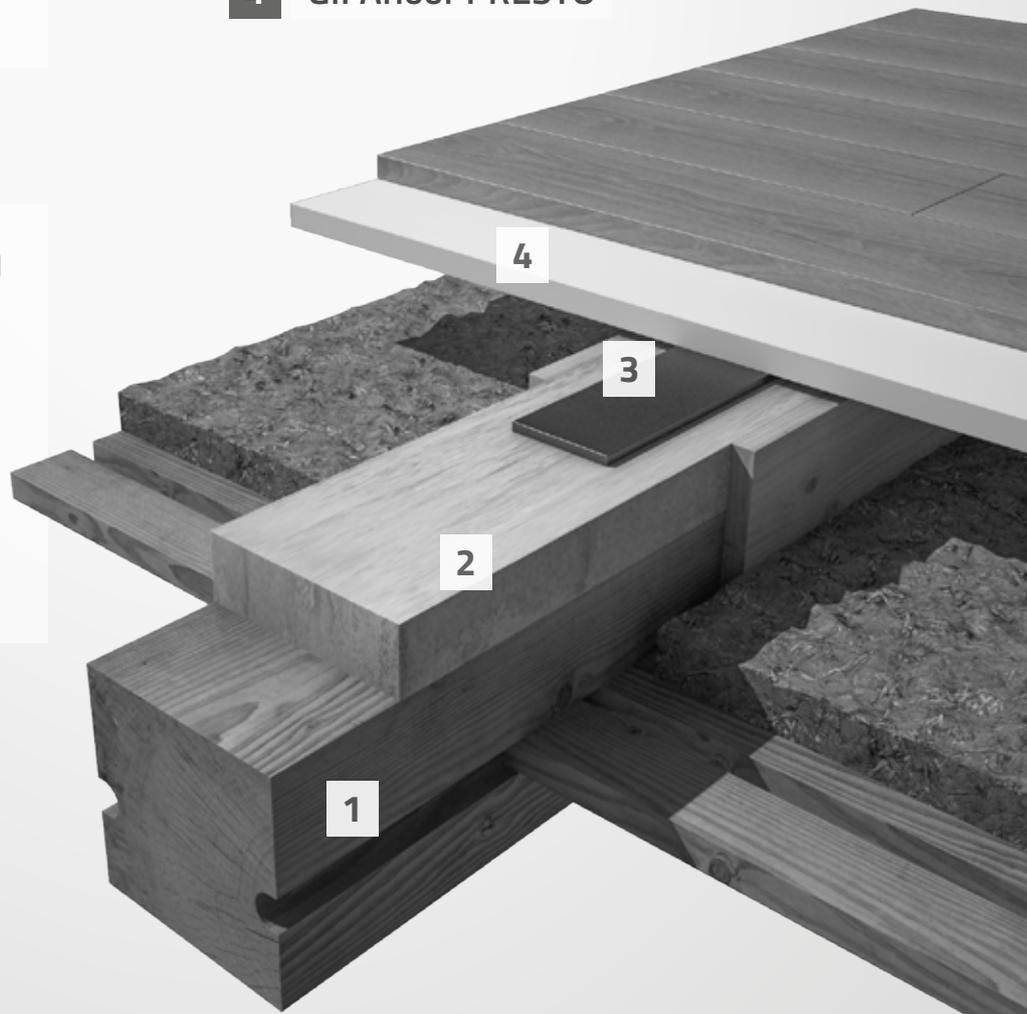
- Geringer Eingriff in den Bestand
- Erhalt der historischen Deckenbalkenuntersicht
- Geringe Aufbauhöhe
- Einfache Verarbeitung
- Querstöße ohne Hinterfüterung
- Höhenausgleich
- Kleine Baustelleneinrichtung

1 Holzbalken

2 COMONO®

3 schwimmendes Auflager

4 GIFAfloor PRESTO



# URBAN STYLE: DAS HAUT IN AMSTERDAM



**Brüninghoff ist Pionier im effizienten Bauen mit Holz.** Das Unternehmen mit Hauptsitz in Heiden im Münsterland und vier weiteren Niederlassungen in Deutschland steht für hybride Baulösungen mit den Materialien Stahl, Beton, Aluminium in Verbindung mit Glas – und vor allem Holz. Aktuell produziert Brüninghoff die Fertigelemente für eines der spektakulärsten Bauprojekte in Europa: **HAUT.**

HAUT hat Kultstatus. Schon jetzt, obwohl sich das Gebäude noch im Bau befindet. Mit **73 Metern Höhe** wird es in Kürze der höchste hölzerne Wohnturm der Niederlande sein. Einzigartig in seiner Architektur.

**Außergewöhnlich in seiner Nachhaltigkeit. Dank Holz.**



## **Bundes-Gütegemeinschaft Montagebau und Fertighäuser (BMF) e.V.**

Die BMF wurde 1961 mit dem Ziel gegründet, die Qualität der Produkte und Prozesse ihrer Mitgliedsunternehmen sicherzustellen und neue Standards im Bereich des Fertigbaus zu setzen. Sie ist eine vom RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. anerkannte Gütegemeinschaft und vereint rund 130 Mitglieder aus dem In- und Ausland.

Die RAL Gütezeichen der BMF-Mitglieder stehen für Produkte und Dienstleistungen, die klar definierte Qualitätskriterien erfüllen. In den RAL Güte- und Prüfbestimmungen sind diese Kriterien fest verankert und für alle Interessenten öffentlich zugänglich. Die Anforderungen der RAL Gütezeichen werden regelmäßig durch eine unabhängige Überwachungs- und Zertifizierungsstelle, die BMFcert GmbH, geprüft und bieten ein hohes Maß an Sicherheit für den Endverbraucher. Bauherren können die RAL Gütesicherung des Herstellers als Grundlage für ihre Hausfinanzierung nutzen. Auch bei öffentlichen Ausschreibungen wird dieser Standard als Vergabekriterium herangezogen.

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).

[www.guetesicherung-bau.de](http://www.guetesicherung-bau.de)

## FERTIGUNGSORGANISATION UND MASCHINENANSTEUERUNG IM HOLZBAU AUF BASIS VON BTL-DATEN



Mit mehr als 30 Jahren Erfahrung liefern wir maschinenneutrale CAM/CNC-Lösungen für den Holzbau. Wir sind Spezialisten auf dem Gebiet der CNC-Ansteuerung.

### **Fertigungsorganisation**

Wir liefern die komplette Fertigungsorganisation in der Werkstatt und haben die volle Kontrolle über die Fertigungswege.

### **Brettsperrholzverarbeitung**

Unsere Plattenoptimierung für BSH garantiert bestmögliche Materialausnutzung bei minimalem Verschnitt.

### **BTL-Import**

Wir verarbeiten BTL-Daten aus den unterschiedlichsten CAD-Programmen. Andere Schnittstellen sind möglich.

### **Staboptimierung**

Wir berechnen die optimale Anordnung der Balken in dem Stab, sodass möglichst wenig Restmaterial entsteht.

Wir können Maschinen der unterschiedlichsten Hersteller und unterschiedlicher Generationen in einem System miteinander verknüpfen und in Fertigungslinien zusammenarbeiten lassen.

# Betonhohldecke trifft Holzwand

## Mehrgeschossiger Hybridbau – schnell, flexibel, wirtschaftlich

Mit der Hybridbauweise entstehen Gebäude mit optimaler ökologischer und bauphysikalischer Qualität, die die Stärken der Baustoffe Beton und Holz kombiniert – ideal geeignet für hohe Anforderungen und größere Holzgebäude.

Dennert hat dazu die bewährte DX-Decke entscheidend weiterentwickelt. Besonders bei Schallschutz und Schwingungsverhalten sind bei Holzbalkendecken bekanntlich nur mit sehr hohem Aufwand zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Gegenüber diesen herkömmlichen Decken verfügt die bahnbrechende DX-Betonfertigdecke nicht nur über einen ausgezeichneten Schallschutz, sondern auch über eine wesentlich bessere Aufnahme von Einzellasten, größere Spannweiten und einen höheren Brandschutz.

Die in die Decke integrierten Hohlräume sorgen für die besondere Leichtigkeit und Holzbau-Kompatibilität der Geschossdecken. Sie können außerdem bei Bedarf optimal als Versorgungs- und Kabelkanäle verwendet werden, ohne die Statik der Decke zu beeinträchtigen.

### Individuell vorproduziert, blitzschnell montiert

Jedes DX-Deckenelement wird individuell und präzise, exakt nach Plan, im Werk gefertigt und just-in-time an die Baustelle geliefert und in kurzer Zeit montiert. Dabei werden alle Besonderheiten – wie beispielsweise integrierte Stürze, Rundungen, Durchbrüche für Versorgungsleitungen,

passgenaue Auflagen für Treppen u. a. – bereits im Werk in die Deckenplatten integriert. Ein speziell entwickeltes Verschlusssystem verspannt die einzelnen DX-Deckenplatten miteinander.

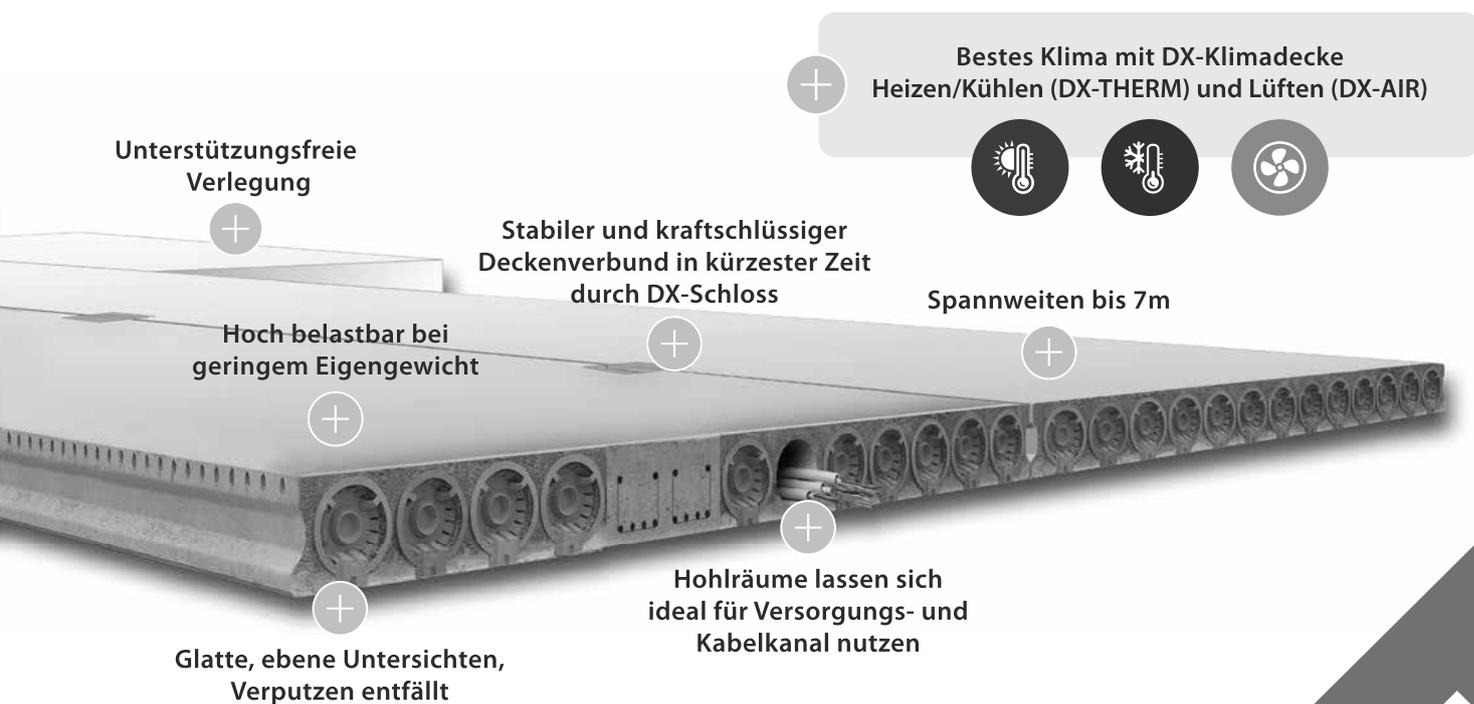
So entsteht in kürzester Zeit ein extrem stabiler und kraftschlüssiger Deckenverbund. Die Decke ist sofort belastbar und begebar. Zudem erfüllt die innovative DX-Decke alle Anforderungen an Feuerschutz, Belastbarkeit und Luft- und Trittschalldämmung mit Bestwerten.

### Multifunktionales Deckenkonzept

Die DX-Decken gibt es auch als energieeffiziente, behagliche Raumklimadecken mit integrierter Flächenheizung bzw. -kühlung (DX-THERM). Die wohlige Wärme wird in Form von Wärmestrahlungswellen gleichmäßig in jeden Winkel des Raumes geführt. Die Heizschlangen werden bereits im Werk in den Deckenspiegel der Fertigdecke eingegossen und auf der Baustelle mit dem Heizkreislauf verbunden.

Mit einer reversiblen Wärmepumpe wird im Sommer aus der DX-Klimadecke eine flächendeckende Raumkühlung, ohne lästige Geräusche oder Zugerscheinungen.

Eine weitere Option ist die wahlweise Ausstattung für den schnellen und wirtschaftlichen Einbau einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage (DX-AIR).





## 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](http://www.derix.de)

# Immer eine **STARKE VERBINDUNG**

## SYSTEMINNENECKE CLT

Eines unserer neuen Produkte ist die Systeminnenecke CLT. In Kombination angewendet ermöglicht sie eine starke Verbindung von Wandknotenpunkten. Zudem ist die Systeminnenecke eine unschlagbare Lösung für Holz - Holz Verbindungen.



Anwendungsbeispiel der Systeminnenecke CLT mit der KonstruX

## KONSTRUX VOLLGEWINDESCHRAUBEN

KonstruX Vollgewindeschrauben maximieren die Tragfähigkeit einer Verbindung durch den hohen Gewindeauszieh Widerstand in beiden Bauteilen. Zeit- und kostensparende Alternative gegenüber traditionellen Anschlüssen oder Holzverbindern wie Balkenschuhen, Balkenträgern usw.



KonstruX, Senkkopf verzinkt

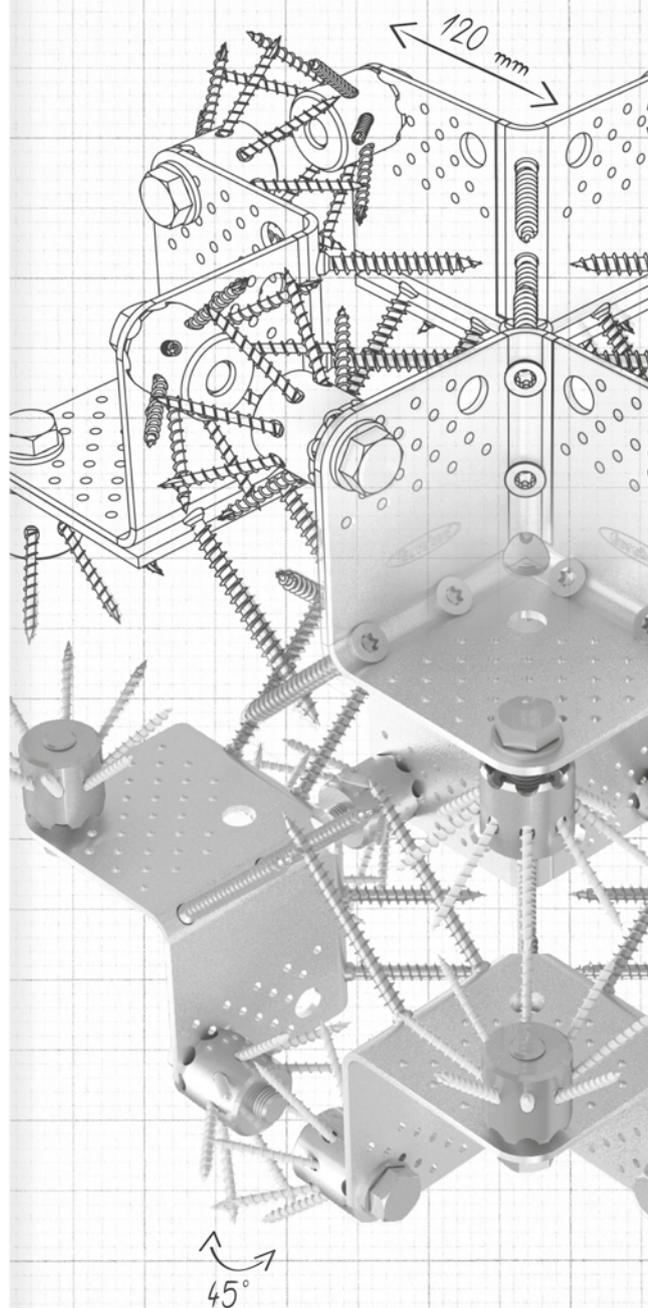
## HEBEANKER HEBE**FIX** & KUGELTRAGBOLZEN

Für die Anwendung mit einem Kugeltragbolzen wurde Hebe**Fix** konzipiert. Vorgefertigte Wandelemente können problemlos mit dem Hebeanker angehoben und transportiert werden. Die Verwendung mit Schrauben erlaubt es, den Hebeanker mehrfach einzusetzen.

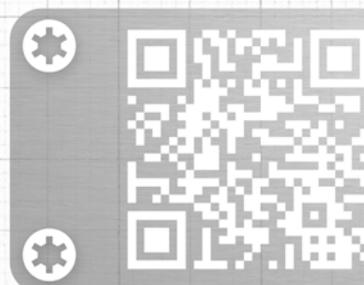


Anwendungsbeispiel für den Hebe**Fix** in Kombination mit dem Kugeltragbolzen

# Eurotec®



► Erfahren Sie mehr über unseren Ingenieurholzbau!





[baustoffe.fnr.de](http://baustoffe.fnr.de)

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V.

# *Wir fördern klimafreundliche Innovationen für die holzbasierte Wirtschaft*

*im Auftrag des BMEL*

[fnr.de/projektfoerderung](http://fnr.de/projektfoerderung)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



## FunderPlan Verlegeplatte

- rundum laufende Nut/Feder
- Formschlüssige fugenlose Verbindung
- schnelles Endlosverlegen
- „fliegende Stöße“ realisierbar
- auch für Feuchtebereich geeignet
- auf Wohngesundheit geprüft
- Wohnraumgewinn durch schlanken Aufbau

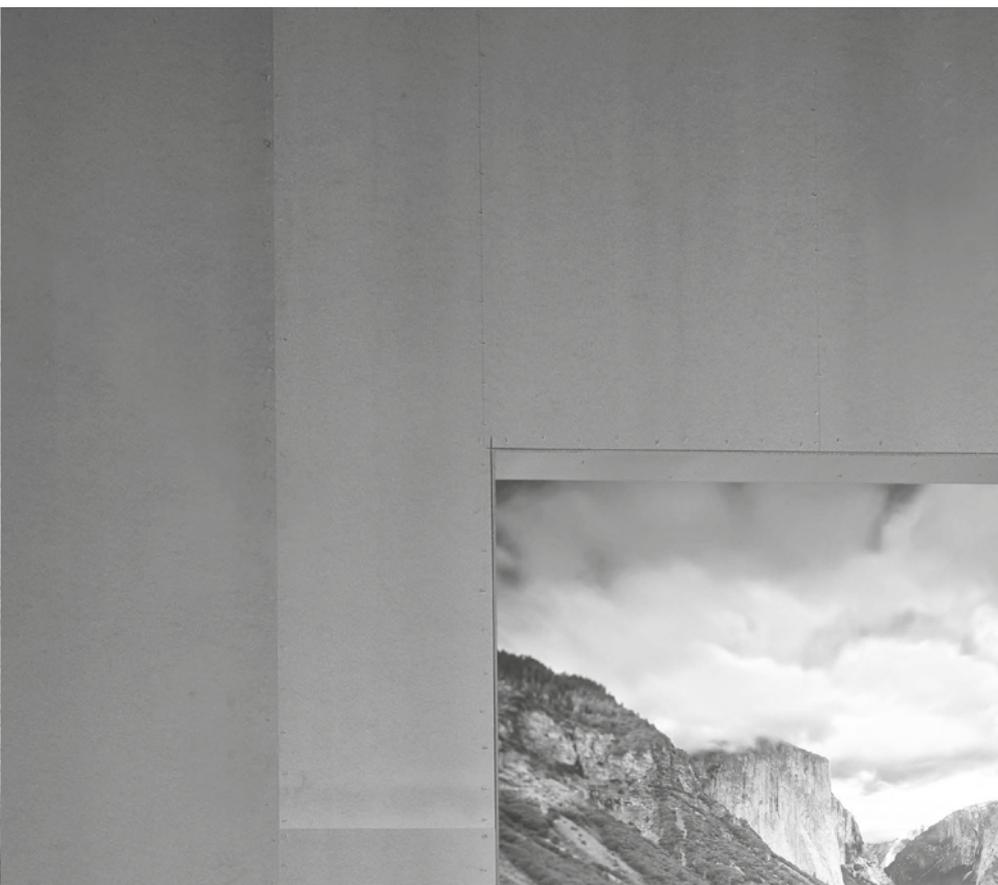
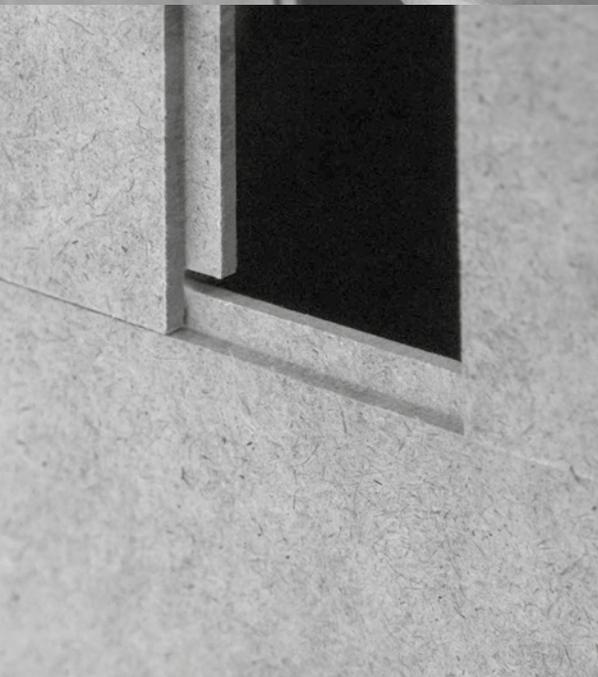
Fundermax GmbH  
Mobil: +49 (0) 151 558 70 545  
thomas.graf@fundermax.biz  
www.fundermax.at



For you to create



# Fundermax



# Gaulhofer

 Fenster zum Wohnfühlen

# HANDWERK IN PERFEKTION

Mit Fenstern von Gaulhofer

Ob Neubau oder Sanierung: Fenster nehmen als bewegliche Bauteile zentrale Bedeutung für die Wohnatmosphäre ein.

Gaulhofer Deutschland GmbH & Co KG  
Fenster und Türen  
Gutenbergstraße 9  
85646 Anzing | [gaulhofer.com](http://gaulhofer.com)

+49(0)8121 9302-0  
[gaulhofer.deutschland@gaulhofer.com](mailto:gaulhofer.deutschland@gaulhofer.com)





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](http://www.ghad.de)



[www.hbs-berga.de](http://www.hbs-berga.de)



# HBS

B E R G A

## Bausysteme aus Holz

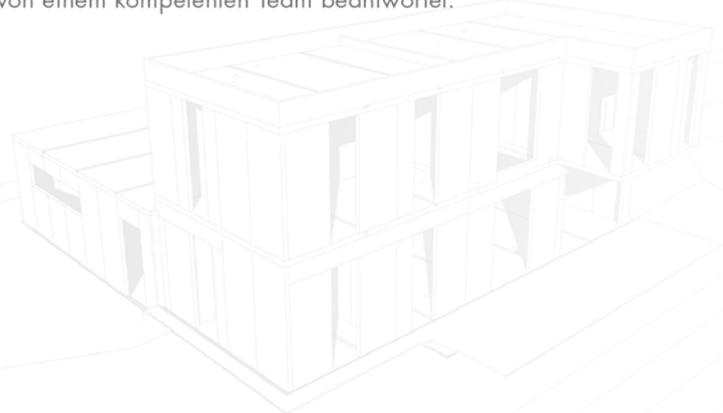
- **Dach-/ Wand- und Deckenkonstruktionen**
- **Modernste CNC-Maschinen und Fertigungsprozesse**
- **Beratung und Unterstützung für Architekten, Planer und Holzbaubetriebe bei individuellen Projekten**

Als Hersteller von Brettsperrholz bietet HBS Berga großformatige Massivholzelemente welche als Wand-, Decken- und Dachbauteile eingesetzt werden können.

Diese Bauteile sind standardmäßig in den Abmessungen von 3,50 m x 16,00 m herstellbar, Überlängen sind auf Anfrage möglich. Die Bauteilstärken liegen zwischen 60 mm und 280 mm, i.d.R in 20 mm Schritten. Sonderstärken sind ebenfalls auf Anfrage möglich.

Der montagefertige Zuschnitt der Bauteile erfolgt entsprechend der Kundenvorgaben auf modernen Abbund-CNC-Maschinen. Neben der Herstellung von Brettsperrholz unterstützt HBS-Berga auch bei der Planung von Massivholzgebäuden.

Für die statische Bemessung steht eine Bemessungssoftware zur Verfügung und Fragen zur Konstruktion oder Bauphysik werden von einem kompetenten Team beantwortet.



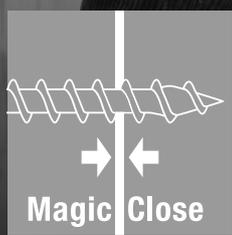
**HBS Berga GmbH & Co. KG**  
**Ahornweg 1 • 06536 Berga**  
**+49 34651 451-0 • [info@hbs-berga.de](mailto:info@hbs-berga.de)**



**NEU**



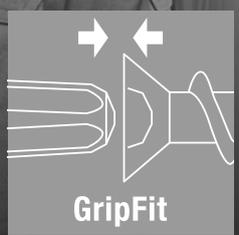
**HECO-TOPIX®-plus:  
Macht die Besten besser.**



Zusammenzieh-Effekt  
ganz ohne Vorspannen.



Optimierte Gewindesteigung  
für jede Schraubenlänge.



Einhändig arbeiten geht  
jetzt auch mit Edelstahl.

# HELLA

Jalousien. Markisen. Rollläden.

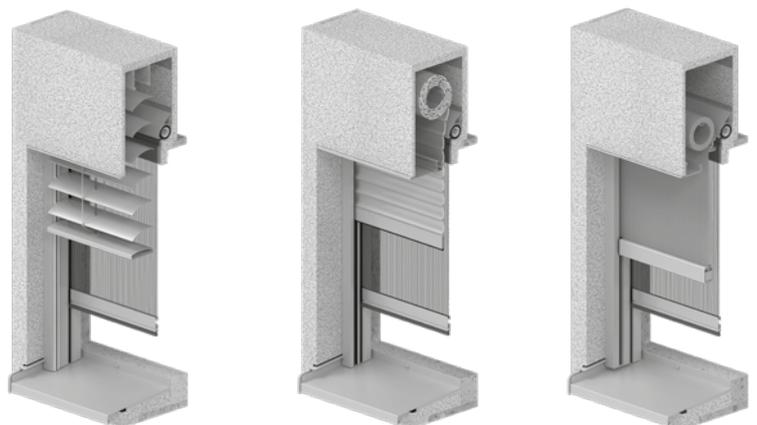


## EINFACH PERFEKT INTEGRIERT

### HELLA TRAV®Integral

Ob Sonnenschutz, Insektenschutz oder Anschlussprodukte, HELLA TRAV®Integral ist die perfekte Lösung speziell für den Holzbau. In die Wandöffnung wird ein fertiger Baukasten eingesetzt, der das Fenster und den Sonnenschutz nahtlos integriert. Wärmebrücken, Wassereintritt, Putzrisse und andere Konstruktionsfehler sind dabei praktisch ausgeschlossen. Einfach gesagt: das rundum-sorglos-Paket für den Holzbau-Profi.

[www.hella.info](http://www.hella.info)



# 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.**



**XWORKS**  
Holzkonstruktion Schicht für Schicht

## CROSS-WORKS

Brettsper Holz der Holzwerke van Roje

Holzwerke van Roje GmbH & Co. KG  
Ignatz-van-Roje-Platz 1  
D-56587 Oberhonnefeld-Gierend

[www.vanroje.de](http://www.vanroje.de)  
[www.cross-works.eu](http://www.cross-works.eu)



*Wir bringen Holz in Form*

natur  verbunden



**holzius**  
VOLLHOLZHAUS

Urbaner Holzbau  
ökologisch – nachhaltig – CO<sup>2</sup> neutral

[www.holzius.com](http://www.holzius.com)

Architekten: architekturagentur

Fotos: Jürgen Pollak



## 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](http://www.keim.com)



KLH®

NEU  
ERSCHIENEN -  
TIMBER ARCH  
VOL. 02

Unser Ansprechpartner für Deutschland:

**ABA HOLZ**  
**van Kempen GmbH**

ABA HOLZ VAN KEMPEN GMBH  
Streitheimer Straße 22 | 86477 Adelsried  
info@aba-holz.de | www.aba-holz.de | www.klh.at



- PIONIER IN DER HERSTELLUNG VON BRETTSPERRHOLZ
- MEHR ALS ZWEI JAHRZEHNTE ERFAHRUNG
- DAS ORIGINAL MIT MEHR ALS 38 000 PROJEKTEN WELTWEIT
- INTERNATIONALES PROJEKTMANAGEMENT
- LÖSUNGSORIENTIERTER PROJEKTPARTNER
- VON STATISCHER VORBEMESSUNG BIS ZUR WERKPLANUNG

KLH MASSIVHOLZ GMBH | 8842 Teufenbach-Katsch | Gewerbestraße 4  
Tel +43 (0)3588 8835 | office@klh.at | www.klh.at

Alessandra Chemello, www.orsenigochemello.com | KLH UK, www.klhuk.com | Emma Cross Photograph  
Dirk Wilhelmy, www.wilhelmyfotografie.de | Pedro Pegenaute, www.pedropegenaute.com | (c) aap  
Peter Wössnig, www.wossnig.de | T u S Modulhaus, Arch. Oliver Seindl, www.modulhaus.at | Alex Filz |  
Takharu Takematsu & F.P.A  
(c) J. Konstantinov | KLH, www.klh.at | Rendering, ©LSI architects, www.lsiarchitects.com

# LIGNOPRO®

Holzbeschichtungen für die industrielle Anwendung

## Vom Produkt zur Lösung.

Koch & Schulte hat mit LIGNOPRO® eine Produktreihe entwickelt, die individuelle Beschichtungslösungen für typische Anwendungsszenarien industrieller Anwender bietet.

Basierend auf unseren langfristig bewährten Holzbeschichtungen, steht LIGNOPRO® für individuell auf die anwendungsspezifischen Anforderungen angepasste Formulierungen. Neben den hervorragenden primären Holzschutzeigenschaften, sind die Produkte auch auf die optimale Maschinengängigkeit abgestimmt.

Mit unseren innovativen und maßgeschneiderten Produkten konnten wir bereits viele bekannte Hersteller überzeugen

*Adding value to your wood!*

### Kontakt:

Adam Maciejewski  
Verkaufsleiter | Sales Manager

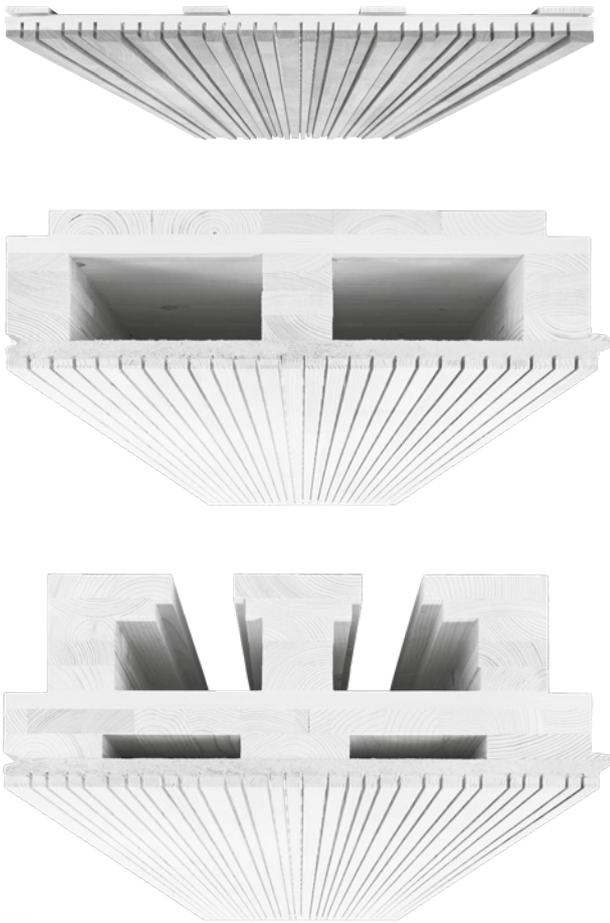
+49 171 23 72 832

[a.maciejewski@kochundschulte.de](mailto:a.maciejewski@kochundschulte.de)

[www.kochundschulte.de](http://www.kochundschulte.de)

# LIGNO® – Konfigurierbares Brettsperrholz

Decken-, Dach- und Wandbauteile,  
Echtholz-Akustikpaneele.



## Installationen

Oberseitige Leitungsführung:  
längs und/oder quer



## Dämmung

Erhöhter Schallschutz – auch tieffrequent,  
integrierte Wärmedämmung



## Brandschutz

Feuerwiderstand bis REI 90,  
Entflammbarkeit bis B-s1-d0



## Tragfähigkeit

Variable Steghöhen für Spannweiten bis 18m,  
Statik mit Schwingungsnachweis



## Raumakustik

Integrierter Akustikabsorber  
aus natürlicher Holzfaser



## Installationsraum / Zusatzabsorber

Unterseitige Leitungsführung  
und optionaler Zusatzabsorber



## Sichtoberflächen

Echtholz-Oberflächen – geschlossen  
und in verschiedenen Profilierungen



## Baubiologie

natureplus®-zertifizierte  
gesundheitliche Unbedenklichkeit

**LIGNO ■ TREND®**

Für eine nachhaltige Holz-Baukultur.

Landstraße 25 | 79809 Weilheim | Deutschland  
Tel.: +49 (0) 7755-9200-0 | Fax: -55  
E-Mail: [info@lignotrend.com](mailto:info@lignotrend.com)

Weitere Informationen  
und Fachberatung für Ihr Projekt:  
[www.lignotrend.com](http://www.lignotrend.com)



# **WEVO-SPEZIALHARZ**

## **EP 32 S/B 22 TS**

### **ZUGELASSEN FÜR TRAGENDE ZWECKE:**

**Filigrane und unsichtbare Verbindungen  
in Holzbaustoffen:**

- **EINKLEBEN VON STAHLSTÄBEN**
- **EINKLEBEN VON BLECHEN (HBV & HSK)**

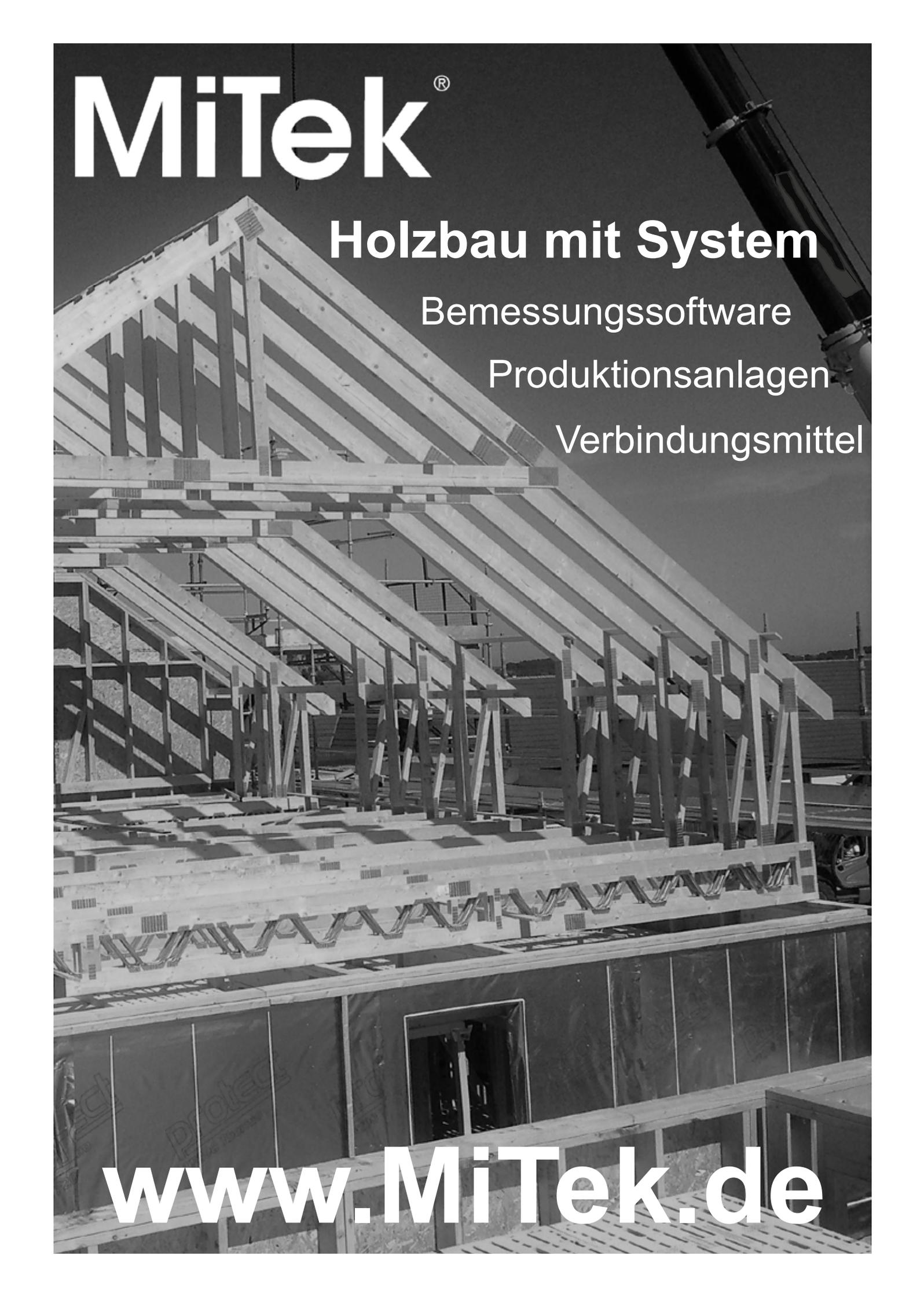
**Weitere Anwendungen:**

- **SANIERUNG VON TRAGENDEN HOLZBAUTEILEN**
- **PRESSFREIE VERKLEBUNGEN**

#### **Beratung und Vertrieb:**

**Lübbert Warenhandel GmbH**  
Traberweg 2  
22159 Hamburg  
Telefon +49 (0) 40 226 59 22 70  
[info@holzleime.de](mailto:info@holzleime.de)

**LÜBBERT WARENHANDEL**  
[www.holzleime.de](http://www.holzleime.de)



# MiTek<sup>®</sup>

**Holzbau mit System**

Bemessungssoftware

Produktionsanlagen

Verbindungsmitel

[www.MiTek.de](http://www.MiTek.de)

# Großzügige Architektur im mehr- geschossigen Holzbau

**Integrierter  
Brandschutz**

—  
**Flexible Spannweiten**

—  
**Schlanke  
Decken**

**SLIM-FLOOR  
HBV-DECKEN  
MIT DELTABEAM<sup>®</sup>**



Schnittholz



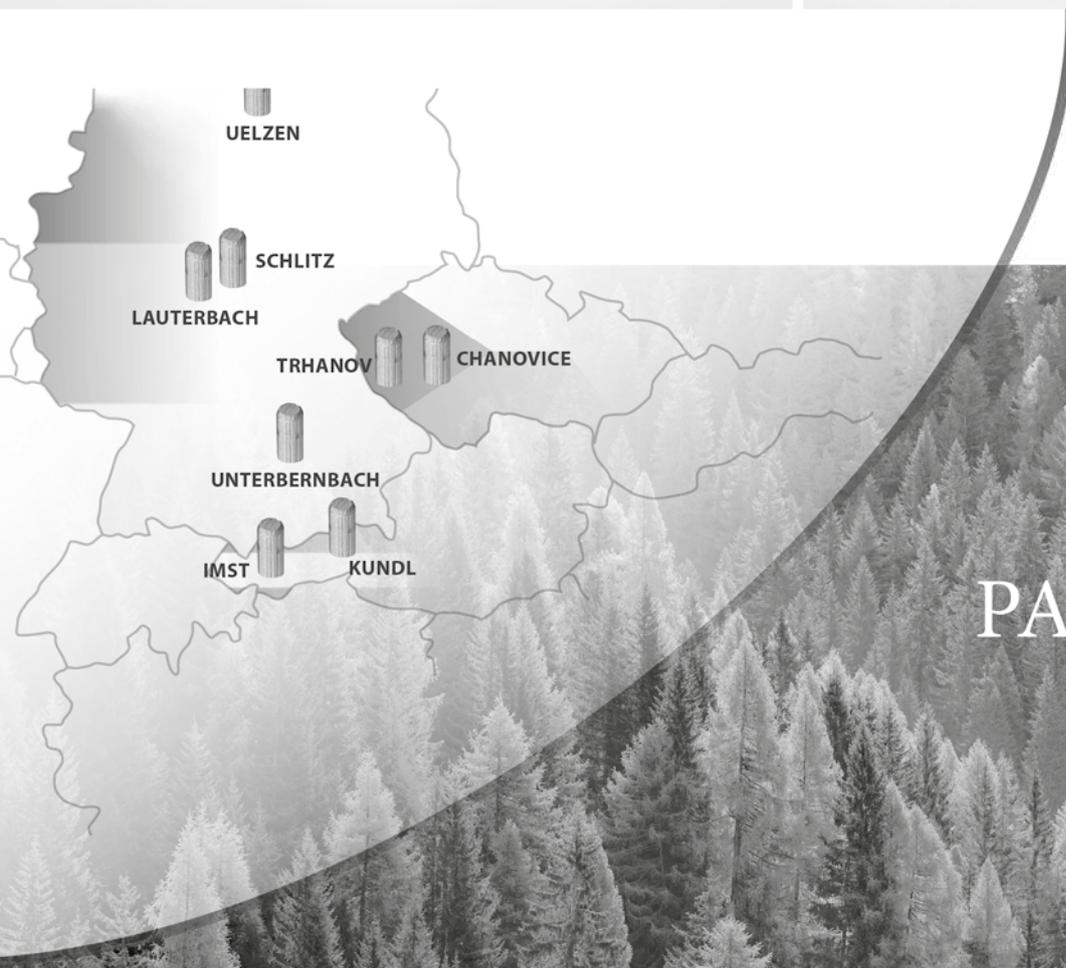
Massivholzplatten



Brettsperrholz - CLT



Brettschichtholz



 **PFEIFER**

PASSION FOR  
TIMBER

[pfeifergroup.com](http://pfeifergroup.com)

# Das Holzverbinder Programm mit dem Extra an Genauigkeit und Qualität



**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](http://www.pitzl-connectors.com)

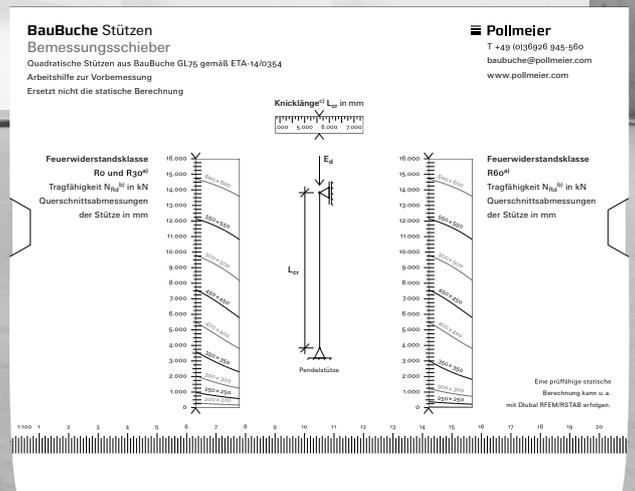


## Mehrgeschosser aus BauBuche

Das Suurstoffi 22  
von Burkard Meyer  
Architekten BSA

Jetzt NEU: der Bemessungsschieber zur Ermittlung  
der Stützen-Querschnitte aus BauBuche!

Kostenfrei erhältlich. Fordern Sie Ihr Exemplar direkt  
per Email an [baubuche@pollmeier.com](mailto:baubuche@pollmeier.com)!



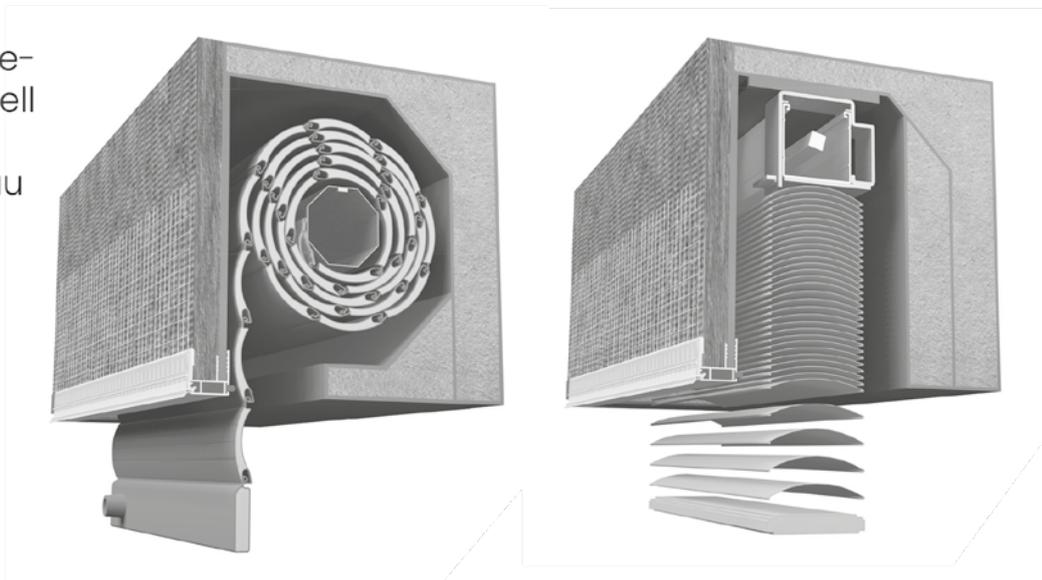
Bauherr: Zug Estates AG, [www.zugestates.ch](http://www.zugestates.ch)  
Architekt: Burkard Meyer Architekten BSA, [www.burkardmeyer.ch](http://www.burkardmeyer.ch)  
Holzbau: Erne AG Holzbau, [www.erne.net](http://www.erne.net)  
Fotografie: Bernhard Strauss, [www.bernhardstrauss.com](http://www.bernhardstrauss.com)



# ÖKO LINE

## Die nachhaltige Alternative

Rollladen-  
und Raffstore-  
kästen speziell  
für den  
Holzhausbau  
entwickelt

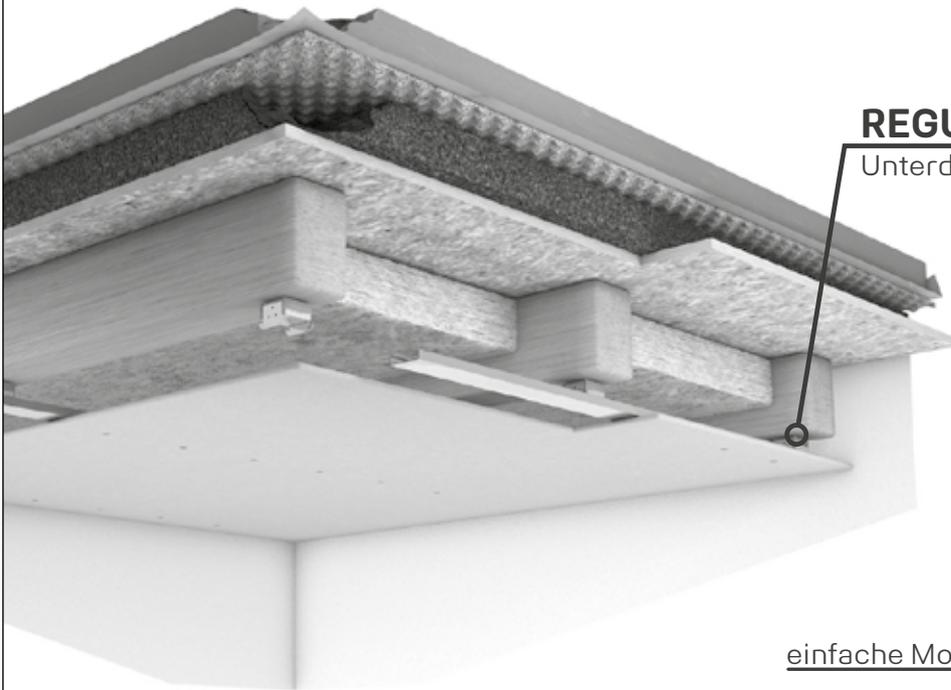


- || Ökologisch hochwertige Ausführung aus nachwachsenden Rohstoffen
- || Stabiles, selbsttragendes Kastensystem
- || Hohe Flexibilität des Kastensystems zur einfachen Anpassung an unterschiedliche Wandaufbauten
- || Dauerhafter Schutz der Dämmung durch einzigartige Sandwichbauweise
- || Hervorragende Wärme- und Schalldämmung
- || Statikelemente verfügbar
- || Erhältlich als Einbau-, Aufsatz- oder Vorbaukasten

PRIX Systeme GmbH  
Tel. 0 82 45 9 98 90-00  
[www.prix.de](http://www.prix.de)



# KLEINES BAUTEIL GROSSE WIRKUNG



**REGUFOAM hangers**

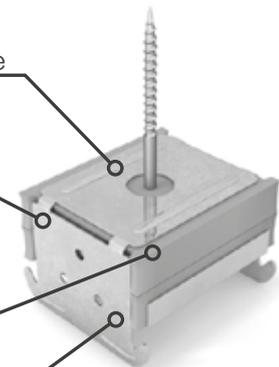
Unterdeckenabhängung

einfache Montage

sicher und tragfähig

verschiedene Belastungsklassen

tieffrequent abstimmbar



## MEHRGESCHOSSIGER HOLZ- UND HYBRIDBAU IM URBANEN RAUM

Seit geraumer Zeit realisiert Rubner Holzbau Projekte im urbanen Raum und bietet Lösungen in den Bereichen Hybridbau und mehrgeschossigem Holzbau. Jahrzehntelange Erfahrung erlaubt es Architekten, immer größer und höher zu bauen. Wie aktuell bei „Roots“ in der Hamburger HafenCity, mit 65 m Höhe und 20 Geschossen (davon 16 in Holzbauweise) Deutschlands höchstes Holzhaus. Die werksseitige Vorfertigung, skalierbare Produktionskapazitäten, die just-in-time-Lieferung aller Bauelemente und – wenn gewünscht – unsere Beratung bereits in der Planungsphase verkürzen die Rohbauzeit und sind die Grundlage für eine kosten- und termintreue Umsetzung – im Neubau, bei energetischen Sanierungen, Fassadengestaltungen, Aufstockungen und bei der urbanen Nachverdichtung.



Mehrgeschossiger Holzbau, Walden 48, Berlin (DE)



Deutschlands höchstes Holzhaus „Roots“, Hamburg (DE). 65 m, 20 Etagen, 16 in Holzbauweise.



Wohnanlage Variowohnen, Bochum (DE)



Schulzentrum mit Sporthalle, Gloggnitz (AT)

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 Holzbaumaschinen 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 2021** ist u.a.:

- V40 in 64k Technologie
- erweiterte Schnittstellen
- Darkmode
- eigenes Wiki, S+S Forum

**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



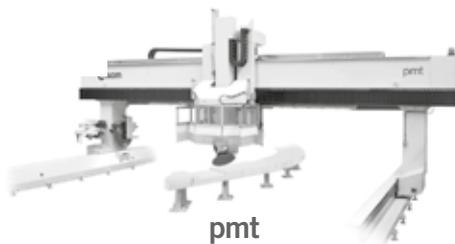
# INNOVATIVE TECHNOLOGIEN FÜR DIE ZUKUNFT IM HOLZBAU

SCM entwickelt hochtechnologische CNC-Anlagen für die Bearbeitung von Strukturbalken, X-Lam/BSP-Wandelementen und Dämmplatten. Diese werden mit höchster Produktivität, Präzision und Zuverlässigkeit bearbeitet. Die innovativen Lösungen sind speziell für die industrielle Produktion von großformatigen **Brettsperreholzelementen mit Abmessungen bis zu 16.000x3.600x400 mm** sowie **Leimbinder und Strukturträger mit Querschnitten bis zu 1.250x500 mm** konzipiert.

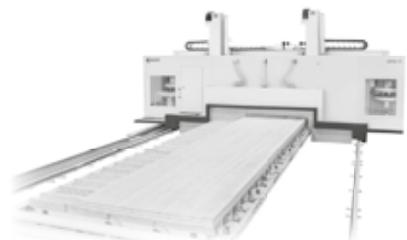
**You will never work alone!** Von der Investitionsplanung über die Inbetriebnahme, Produktionsbegleitung bis hin zur Wartung der Maschine, SCM begleitet Sie in allen Phasen des Maschinenlebens.



oikos xl



pmt



area xl

ERFAHREN SIE MEHR



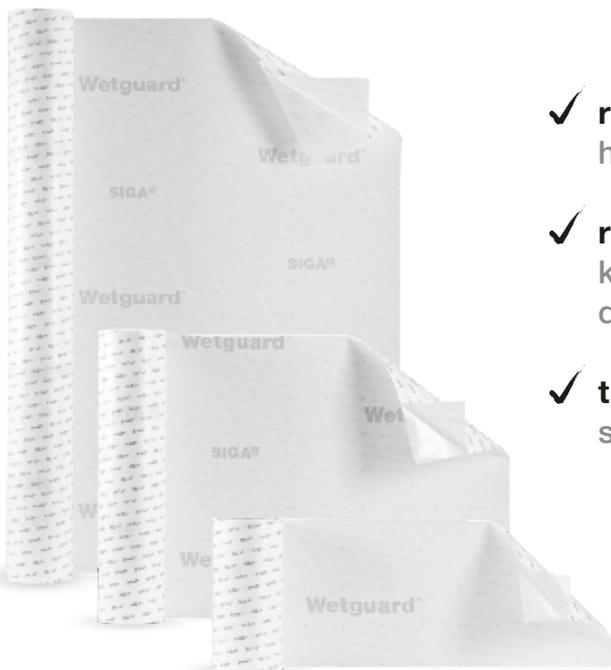
# Wetguard® 200 SA

Vollflächig selbstklebende Feuchteschutz-Membrane für Holzelemente

**SIGA** 1966



Erfahre mehr am  
SIGA-Messestand  
oder auf [siga.swiss](http://siga.swiss)



- ✓ **regensicher und diffusionsfähig**  
hohe Sicherheit bei Feuchtigkeit
- ✓ **robust und abriebfest**  
keine Beschädigung während  
der Bauphase
- ✓ **transparent und rutschfest**  
schnell und sicher arbeiten

[siga.swiss](http://siga.swiss)

## PRÄZISE und MASSIV



### SWISS KRONO **MAGNUMBOARD®** OSB

- Ökologische Holzbauweise, nachhaltig, schnell und flexibel
- Mit großformatigen, fugenfreien und direkt beschichtbaren Elementen (18,00 x 2,80 m)

[swisskrono.com/de](https://www.swisskrono.com/de)



### DAS MASSIVE HOLZBAUSYSTEM

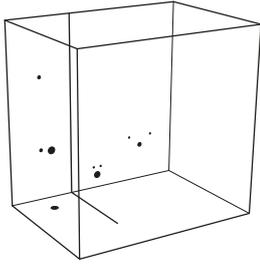
- Ressourcen schonend, kurze Transportwege
- Emissionsarm, formaldehydfrei verleimt
- Made in Brandenburg
- SWISS KRONO Bauteil-Planer

[timberplanner.com](https://www.timberplanner.com)

# TJIKO

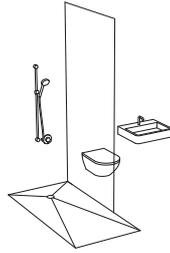
---

DAS BAD ALS FERTIG ANWENDBARES PRODUKT



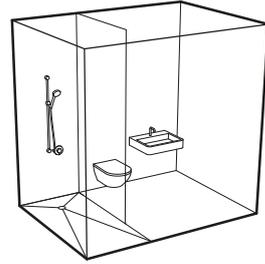
MODELL

+



KONFIGURATION

=



IHR TJIKO BAD

## UNSER PRODUKTVERSprechen

---

- INTEGRIERTE PLANUNG
- MODERNES PRODUKTDESIGN
- MAXIMALE EFFIZIENZ
- PLUG & PLAY MONTAGE
- ZUFRIEDENE BEWOHNER



---

TJIKO GMBH | EDUARD-RÜBER-STRASSE 7 | 83022 ROSENHEIM | +49 8031 2715373  
KONTAKT@TJIKO.DE | WWW.TJIKO.DE

WUN

WUNBO

Vertrieb FORUM **HOLZBAU**, Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Schweiz  
T +41 32 372 20 00, [info@forum-holzbau.com](mailto:info@forum-holzbau.com), [www.forum-holzbau.com](http://www.forum-holzbau.com)

Bearbeitung und Satz: Simone Burri, Katja Rossel, Katharina Uebersax

© 2022 by FORUM **HOLZBAU**, Biel/Bienne, Schweiz  
ISBN 978-3-906226-37-8